



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
& ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
Τομέας Ηλεκτροεπιστήμης

ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΚΑΙ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΔΙΚΤΥΩΝ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ
ΓΙΑ ΑΝΟΙΚΤΗ ΠΑΡΟΧΗ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΙΩΑΝΝΗ Α. ΠΙΚΡΑΜΜΕΝΟΥ

Διπλωματούχου Ηλεκτρολόγου Μηχανικού και
Τεχνολογίας Υπολογιστών,
Πολυτεχνικής Σχολής,
Πανεπιστημίου Πατρών

ΑΘΗΝΑ, ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2000

Πρόλογος

Και έφτασε το σωτήριο έτος 2000, να μας θυμίσει πως έχουμε καταναλώσει στα θρανία ούτε λίγο ούτε πολύ 22 χρόνια από την ζωή μας. Ήρθε λοιπόν η στιγμή να έρθουν και οι σπουδές στο όριο τους, με την απόκτηση του ανώτερου διπλώματος που μπορεί κάποιος να αποκτήσει με τις σπουδές, του διδακτορικού. Από μικρός έδωσα μεγάλη σημασία στην αγωνία των γονιών μου να γίνω καλός μαθητής, να τελειώσω άξια το σχολείο, να πάω καλά στις εξετάσεις, να σπουδάσω, να μορφωθώ για να γίνω ικανός πολίτης. Και εγώ ξεπέρασα κάθε προσδοκία τους φτάνοντας μέχρι το τέρμα των δυνατοτήτων που μου παρείχε το σύγχρονο ακαδημαϊκό οικοδόμημα. Η αγωνία τους μου κέντρισε το ενδιαφέρον, η αγάπη τους με στήριξε, και με περίσσια πίστη και θέληση καταλήξαμε στην ώρα της συγκομιδής.

Δεν θα υπήρχε τίποτε προς θερισμό όμως αν το περιβάλλον δεν ήταν φιλικό και γόνιμο προς τη σπορά. Αξιομνημόνευτο ρόλο σε αυτό έπαιξαν οι άνθρωποι που ανέλαβαν να με διαπαιδαγωγήσουν και να με μορφώσουν, δάσκαλοι, καθηγητές αλλά και φίλοι. Δεν θα ξεχάσω ποτέ τον καθηγητή μου στο πολυτεχνείο της Πάτρας κ. Β. Μακιά, τα αστεία του, το μάθημα του, την «Δαντική» του εξέταση, αλλά κατά τα άλλα παράδειγμα ζωής και σταδιοδρομίας.

Κυρίαρχο ρόλο στην πορεία μου σαν υποψήφιος διδάκτορας, αλλά και σαν μέλος της ευρωπαϊκής ερευνητικής κοινότητας, αποτέλεσε ο κ. καθηγητής Ε. Ν. Πρωτονοτάριος. Δυναμικός και δραστήριος, δεν άφηνε κανέναν χαλαρό, «σύροντας» κατ' ανάγκη τον εκάστοτε να τραβήξει στον δρόμο μπροστά. Με το εύρος των γνώσεων του αλλά και της επιτυχημένης έως σήμερα πορείας του, αποτέλεσε προπύργιο για την αποδοχή του κάθε νέου ερευνητή ισότιμα στην μεγάλη ευρωπαϊκή ερευνητική οικογένεια, αποτελούμενη από κορυφαία πανεπιστήμια αλλά και επιχειρήσεις παγκοσμίου κύρους. Η αξιοπιστία και το κύρος του ήταν ικανά να δώσουν την απαραίτητη ώθηση σε οποιονδήποτε είχε την παραμικρή αμφισβήτηση για την δυνατότητα επιτυχούς και ασκίαστης από την καθημερινότητα διεκπεραίωσης των μεταπτυχιακών του σπουδών. Για μένα αποτέλεσε σημείο αναφοράς και περιχαράκωσης, αποτελώντας άνθρωπο κλειδί για την σταδιοδρομία μου και τον ευχαριστώ για αυτό.

Αναμφισβήτητα ο επιβλέπων καθηγητής μου Ι. Σ. Βενιέρης είχε πιο ουσιαστικό και συνάμα καταλυτικό ρόλο, μιας και ήταν αυτός που είχε τον ρόλο του καθοδηγητή από τη μία αλλά και του ακροατή από την άλλη. Ακροατή λογικών και παράλογων, προβλημάτων και επιτυχιών, περιτόλων σχεδίων αλλά και αγωνιών. Με την φιλική και ζωντανή φυσιογνωμία του, την έντονη δραστηριότητα του και την αξιοζήλευτη σταδιοδρομία του, αποτέλεσε πόλος έλξης για κάθε υποψήφιο διδάκτορα, και πραγματικά αισθάνομαι τυχερός που έτυχα να είμαι υπό την επίβλεψη του και που έχω την δυνατότητα να διατρανώω σε κάθε ευκαιρία μια τέτοια συνεργασία.

Σημαντικό ρόλο στην πορεία μου προς την απόκτηση του διδακτορικού διπλώματος έπαιξε και η συνεργασία μου με τον καθηγητή Γ. Αγγελόπουλο. Δουλεύοντας μαζί και επιλύοντας προβλήματα κάθε φύσης, αποτέλεσε τον στυλοβάτη στις δύσκολες και ζοφερές στιγμές που η έλλειψη οι ιδεών και ο χρόνου φάνταζαν κλοιός που έσφιγγε, αλλά και τον φίλο που μοιραζόταν πρόθυμα κάθε επιτυχία ή χαρμόσυνη είδηση.

Φυσικά να μην ξεχνάμε και το άμεσο περιβάλλον, τα παιδιά από το εργαστήριο που ουκ ολίγες φορές φάγαμεν και ήπιαμεν από κοινού άρτο και οίνο, αλλά ... και αλλαξο-μπαλιές. Ένα μεγάλο ευχαριστώ σε όλους, τον Προκόπη πρώτα από όλα σαν συνεργάτη και φίλο, επίσης τον Σωτήρη, τον Οδυσσέα, τον Αντρέα, τον Χάρη, τον Τάσο και τον Τασούλη για τις ωραίες στιγμές που περάσαμε και ου θα επαναλάβουμε πολλάκις υπό διαφορετικούς τίτλους, αλλά και τον μέγα Κώστα τον ακαταμάχητο, την Βιβή, τον Γιώργο, τον Δημήτρη, τον Γιάννη (τζούνιορ), τον Μανόλη τον Βάιο, τον Κώστα, την Νέλη και τον Φάνη, την Ελένη, τον Βαγγέλη και τον Γιάννη για τις ωραίες ημέρες που περάσαμε παρέα μπροστά στις οθόνες των υπολογιστών μας προσπαθώντας να τις κάνουμε ωραιότερες. Ας μην ξεχνάμε και τους παλιούς, που μας καθοδήγησαν και μας βοήθησαν να μπούμε στο κλίμα πιο εύκολα, τον Κώστα, τον Στράτο, το Νίκο, αλλά και τον Ηγούμενο, τον Μπάμπη, τον Σπύρο, τον Γιώργο και τον Γιώργο όπως και τον Γιάννη (σένιορ).

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τους κ.κ. καθηγητές Στασινόπουλο, Ουζούνογλου, Συκά, Θεολόγου, Μήτρου, Αναγνώστου, για την καλή συνεργασία που κατά καιρούς είχαμε και την περισσή τους αγάπη, όσο και την Ροδούλα, τον Σταύρο, τον Γιώργο, τον Λάμπρο για την συνεργασία και την παρέα τους.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένεια μου που με στήριξε και με αγκάλιασε με θαλπωρή και κατανόηση στο μεγάλο και επίπονο αυτό βήμα της ζωής μου.

Κι όλα ξεκίνησαν από ένα βραβείο της Ελληνικής Μαθηματικής Εταιρίας και μια χαμένη ευκαιρία για την απόλυτη διάκριση. Ήταν άνοιξη του 1990...

«...«Θα μπορούσαμε κάποτε να ξεπεράσουμε τον Δεύτερο Νόμο της θερμοδυναμικής;» Αυτό ακριβώς το ερώτημα θέτει κατ' επανάληψη σ' έναν γιγάντιο υπολογιστή ο πολιτισμός, στο *Last Question* (Τελευταία Ερώτηση) του Asimov. Ο υπολογιστής απαντά: «Τα δεδομένα δεν επαρκούν». Περνούν δισεκατομμύρια χρόνια, άστρα και γαλαξίες πεθαίνουν ενώ ο υπολογιστής που συνδέεται απευθείας με τον χωροχρόνο εξακολουθεί να συλλέγει δεδομένα. Τέλος, δεν υπάρχει πλέον άλλη πληροφορία να συλλεχθεί, δεν «υπάρχει» τίποτα πια: όμως ο υπολογιστής εξακολουθεί να υπολογίζει και να ανακαλύπτει συσχετίσεις. Τελικά βρίσκει την απάντηση. Δεν υπάρχει πια κανείς να το μάθει, αλλά ο υπολογιστής γνωρίζει τώρα πως να υπερβεί το Δεύτερο Νόμο. Και εγένετο φως... Για τον Asimov η εμφάνιση ζωής ή η γέννηση του σύμπαντος είναι ένα αντι-εντροπικό, αντι-φυσικό συμβάν...»

ΤΟ ΒΕΛΟΣ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ,
P. Convey, R. Highfield,
Εκδόσεις Κάτοπτρο, Νοέμβριος 1991.

Στους γονείς μου.

Πίνακας περιεχομένων

Κεφάλαιο 1ο Εισαγωγή	17
1 . 1 . Δίκτυα πρόσβασης δενδροειδούς δομής.....	17
1 . 2 . Λειτουργικότητα του Δικτύου Πρόσβασης Ευρείας Ζώνης	23
1.2.1. Τμήμα Χρήστη.....	25
1.2.2. Τμήμα Ελέγχου.....	27
1.1.3. Τμήμα Διαχείρισης.....	31
1 . 3 . Δομή διατριβής.....	36
1 . 4 . Βιβλιογραφία	37
Κεφάλαιο 2ο Πρωτόκολλο Ελέγχου Πρόσβασης Μέσου (MAC) προσανατολισμένο στην εξυπηρέτηση Διαφοροποιημένων Υπηρεσιών (DS) σε περιβάλλον Υβριδικού Οπτικού-Ομοαξονικού Δικτύου (HFC).	41
2 . 1 . Εισαγωγή	41
2 . 2 . Διαφοροποίηση υπηρεσίας σε δίκτυα πρόσβασης δενδροειδούς τοπολογίας	43
2 . 3 . Λειτουργική σχεδίαση του πρωτοκόλλου Ελέγχου Πρόσβασης Μέσου προσανατολισμένη σε παροχή διαφοροποιημένων υπηρεσιών.....	46
2 . 4 . Εκτίμηση επίδοσης συμπεριφοράς του πρωτοκόλλου Ελέγχου Πρόσβασης Μέσου	52
2 . 5 . Μοντέλο προσομοίωσης.....	60
2.5.1. Διαμορφωτής - Αποδιαμορφωτής	60
2.5.2. Κεντρικό επικεφαλής σύστημα	63
2.5.3. Συνολικό σύστημα.....	65
2 . 6 . Συμπεράσματα	67
2 . 7 . Αναφορές.....	67
Κεφάλαιο 3ο Περιγραφή του σημείου προσαρμογής V_{B5.2}.....	69
3 . 1 . Ανάλυση όρων	69
3.1.1. Αρχή Παροχής Ανοιχτού Δικτύου.....	69
3.1.2. Κόμβος Παροχής Υπηρεσιών.....	71
3.1.3. Δίκτυο Πρόσβασης.....	74
3.1.4. Πρότυπα.....	75
3 . 2 . Ιστορική αναδρομή του σημείου προσαρμογής V _{B5}	77

3 . 3 .	Εξέλιξη του Σημείου Προσαρμογής V_B σε ένα παγκόσμιο περιβάλλον πολλαπλών χρηστών	79
3 . 4 .	Αρχές ελέγχου των διεργασιών μεταξύ των Δικτύου Πρόσβασης και Κέντρου Ανταλλαγής πάνω από το Σημείο Προσαρμογής V_B	83
3 . 5 .	Χαρακτηριστικά του σημείου προσαρμογής V_{B5}	85
3.5.1.	Γενικά.....	85
3.5.2.	Το σημείο προσαρμογής $V_{B5.1}$	86
3.5.3.	Το σημείο προσαρμογής $V_{B5.2}$	87
3 . 6 .	Μηνύματα του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης (B-BCCP)	91
3 . 7 .	Αντιστοίχιση μηνυμάτων του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης με αυτά πρωτοκόλλων σηματοδοσίας.....	99
3 . 8 .	Αναφορές.....	101
Κεφάλαιο 4ο Μελέτη εκτίμησης επίδοσης του ποσοστού πλήρωσης του καναλιού σηματοδοσίας του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης υπό μεταβαλλόμενο φορτίο		105
4 . 1 .	Χαρακτηριστικά του υπό μελέτη συστήματος	105
4 . 2 .	Περιγραφή χαρακτηριστικών κίνησης πακέτων χρήστη.	107
4 . 3 .	Περιγραφή του μηχανισμού Ελέγχου Αποδοχής Κλήσης.....	108
4 . 4 .	Συνθήκες μελέτης.....	110
4.4.1.	1 ^η συνθήκη: πλήθος και χαρακτηριστικά των κλάσεων υπηρεσίας	110
4.4.2.	2 ^η συνθήκη: χαρακτηριστικά κλήσης χρήστη.....	112
4.4.3.	3 ^η συνθήκη: στρατηγική χρησιμοποίησης των πόρων του συστήματος.....	112
4.4.4.	4 ^η συνθήκη: χαρακτηριστικά των μηνυμάτων του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης (B-BCCP).....	113
4 . 5 .	Μελέτη εκτίμησης επίδοσης.....	116
4.5.1.	Μελέτη 1 ^η : αποκλειστικά τηλεφωνία Σταθερού Ρυθμού.....	117
4.5.2.	Μελέτη 2 ^η : αποκλειστικά τηλεφωνία Κυμαινόμενου (Σταθερού – Μεταβαλλόμενου) Ρυθμού	117
4.5.3.	Μελέτη 3 ^η : αποκλειστικά τηλεφωνία βασισμένη σε Πρωτόκολλο Διαδικτύου	120
4.5.4.	Μελέτη 4 ^η : μείξη όλων των κλάσεων υπηρεσίας.....	121
4.5.5.	Προσομοίωση	126
4 . 6 .	Συμπεράσματα.....	129
4 . 7 .	Αναφορές.....	130
Κεφάλαιο 5ο Συσχέτιση του σημείου προσαρμογής $V_{B5.2}$ με το Παγκόσμιο Σύστημα Κινητών Τηλεπικοινωνιών (UMTS).....		133

5.1. Εισαγωγή	134
5.2. Αρχιτεκτονική Γενικευμένου Συστήματος Κινητών Επικοινωνιών	138
5.3. Περιγραφή λειτουργιών κλήσης.....	140
5.4. Περιγραφή των μέσων προσαρμογής του Επίγειου Ασύρματου Δικτύου Πρόσβασης του Γενικευμένου Συστήματος Κινητών Επικοινωνιών.....	142
5.5. Προτεινόμενη αρχιτεκτονική με την εμπλοκή του σημείου προσαρμογής V _{B5.2}	145
5.6. Συμμόρφωση του σημείου προσαρμογής V _{B5.2} με τις συστάσεις για το Παγκόσμιο Σύστημα Κινητών Τηλεπικοινωνιών.....	149
5.7. Αντιστοίχιση Μηνυμάτων	154
5.8. Το παράδειγμα της μεταπομπής κλήσης	156
5.8.1. Αρχιτεκτονική του Παγκόσμιου Συστήματος για τις Κινητές Επικοινωνίες (GSM).....	157
5.8.2. Μεταπομπή Κλήσης (Handover).....	159
5.8.3. Εμπλοκή του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης..	163
5.9. Συμπεράσματα.....	167
5.10. Αναφορές.....	168
Κεφάλαιο 6ο Υποστήριξη Κλάσεων Υπηρεσίας Πρωτοκόλλου Δέσμευσης Πόρων (RSVP) από το σύστημα V_{B5.2}	171
6.1. Εισαγωγή	171
6.2. Αρχιτεκτονική Ενοποιημένων Υπηρεσιών (IS) Πρωτοκόλλου Διαδικτύου.....	173
6.2.1. Περιγραφή Ροής Πακέτων και Υπηρεσίας	174
6.2.2. Μοντέλο Ενοποιημένων Υπηρεσιών	174
6.2.3. Δομικό Στοιχείο Ελέγχου Κίνησης Πακέτων.....	177
6.2.4. Πρωτόκολλο Δέσμευσης Πόρων (RSVP)	178
6.2.5. Μηνύματα και Αντικείμενα του Πρωτοκόλλου Δέσμευσης Πόρων	180
6.2.6. Οι Ενοποιημένες Υπηρεσίες στα δίκτυα Πρωτοκόλλου Διαδικτύου – πρωτοκόλλου Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης	183
6.3. Υποστήριξη της λειτουργίας του Πρωτοκόλλου Δέσμευσης Πόρων από την λειτουργική αρχιτεκτονική του V _{B5}	184
6.3.1. Αντιστοίχιση λειτουργικών επιπέδων	184
6.3.2. Διαλειτουργικότητα μεταξύ Πρωτοκόλλου Δέσμευσης Πόρων και Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης	186
6.3.3. Αντιστοίχιση μηνυμάτων	188
6.4. Συμπεράσματα.....	192
6.5. Αναφορές.....	193

Κεφάλαιο 7ο Υλοποίηση και αξιολόγηση του συστήματος διαχείρισης του $V_{B5.2}$	195
7.1. Το Σύστημα Διαχείρισης του V_{B5}	195
7.2. Λειτουργική αρχιτεκτονική του συστήματος V_{B5}	197
7.3. Υλοποίηση της λειτουργικής οντότητας V_{B5}	200
7.4. Μοντέλο Πληροφορίας και Αντικείμενα Διαχείρισης του V_{B5}	205
7.5. Υλοποίηση και εκτίμηση επίδοσης συστήματος διαχείρισης	210
7.5.1. Πλατφόρμα <i>OSIMIS</i>	211
7.6. Συμπεράσματα	215
7.7. Παράδειγμα χρήσης του συστήματος διαχείρισης	215
7.7.1. Επίδειξη λειτουργικότητας του $V_{B5.1}$	217
7.7.2. Επίδειξη λειτουργικότητας του $V_{B5.2}$	226
7.8. Αναφορές	230
Ελληνικό Ευρετήριο Όρων	233
Αγγλικό Ευρετήριο Όρων	247

Πίνακας περιεχομένων σχημάτων

Σχήμα 1 Διάγραμμα κατηγοριοποίησης του βαθμού διείσδυσης της οπτικής ίνας στον τοπικό συνδρομητικό βρόχο δικτύου πρόσβασης βασισμένου σε χάλκινο δισύρματο καλώδιο.....	18
Σχήμα 2 Δίκτυο πρόσβασης δενδροειδούς δομής.....	19
Σχήμα 3 Αρχιτεκτονική λειτουργικών οντοτήτων ενός Παθητικού Οπτικού Δικτύου βασισμένου σε τεχνολογία Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης.....	21
Σχήμα 4 Αρχιτεκτονική αναφοράς για το Παγκόσμιο Σύστημα Κινητών Τηλεπικοινωνιών (UMTS).....	23
Σχήμα 5 Περιγραφή της σύστασης του Δικτύου Πρόσβασης από λειτουργικά δομικά στοιχεία.....	24
Σχήμα 6 Το Πρότυπο Αναφοράς πρωτοκόλλων του Ψηφιακού Δικτύου Ενοποιημένων Υπηρεσιών Ευρείας Ζώνης.....	25
Σχήμα 7 Λειτουργική δομή του Στοιχείου Δικτύου (Network Element (NE)).	27
Σχήμα 8 Τυπικό σύστημα Υβριδικού Οπτικού-Ομοαξονικού δικτύου (HFC).	42
Σχήμα 9 Περιγραφή λειτουργίας αλγορίθμου πλήρωσης οκτάδας δυαδικών ψηφίων (byte) αίτησης νέων αδειών εκπομπής από τον Διαμορφωτή - Αποδιαμορφωτή.....	49
Σχήμα 10 Συμπεριφορά του μηχανισμού της On-Off πηγής.....	52
Σχήμα 11 Συνάρτηση κατανομής πιθανότητας (pdf) της καθυστέρησης πρόσβασης για 85% φορτίο.....	54
Σχήμα 12 Συνάρτηση κατανομής πιθανότητας της καθυστέρησης πρόσβασης για 110% φορτίο.....	55
Σχήμα 13 Εξέλιξη του μεγέθους της ενδιάμεσης μνήμης στο χρόνο για 110% συνολικό φορτίο.....	57
Σχήμα 14 Μέση καθυστέρηση προς συνολικό φορτίο.....	58
Σχήμα 15 Μέση καθυστέρηση ανά Διαμορφωτή - Αποδιαμορφωτή για 85% φορτίο....	59
Σχήμα 16 Υλοποίηση του μηχανισμού του τερματικού χρήστη στο περιβάλλον προσομοίωσης.....	61
Σχήμα 17 Υλοποίηση του μηχανισμού του κεντρικού επικεφαλής συστήματος στο περιβάλλον προσομοίωσης.....	64
Σχήμα 18 Υλοποίηση του συνόλου του μηχανισμού στο περιβάλλον προσομοίωσης....	66
Σχήμα 19 Αρχή Ανοιχτής Παροχής Δικτύου με χρήση του V_{B5}	70
Σχήμα 20 Πρότυπο σύστημα εφαρμογής του σημείου προσαρμογής V_{B5}	71
Σχήμα 21 Εξέλιξη των συστημάτων Κόμβου Παροχής Υπηρεσιών προς την πλήρη υποστήριξη υπηρεσιών Στενής (NB) και Ευρείας Ζώνης (BB) με χρήση του Σημείου Προσαρμογής V_{B5}	72
Σχήμα 22 Διασύνδεση λειτουργικών οντοτήτων στον Κόμβο Παροχής Υπηρεσιών.....	73
Σχήμα 23 Πιθανές εκδοχές υλοποίησης του σημείου προσαρμογής V_B	78
Σχήμα 24 Λειτουργική δομή στο Δίκτυο Πρόσβασης με σημείο προσαρμογής V_{B5}	81
Σχήμα 25 Λειτουργική αρχιτεκτονική του σημείου προσαρμογής $V_{B5.1}$	87
Σχήμα 26 Διαστρωμάτωση των λειτουργικών οντοτήτων του $V_{B5.2}$	88
Σχήμα 27 Αρχιτεκτονική αναφοράς του σημείου προσαρμογής $V_{B5.2}$: φυσική θέση του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης (B-BCCP).....	88
Σχήμα 28 Λειτουργική αρχιτεκτονική του σημείου προσαρμογής $V_{B5.2}$	89

Σχήμα 29 Αλληλεπίδραση των συστημάτων σηματοδοσίας με την λειτουργική οντότητα Ελέγχου Κλήσης (CC).....	91
Σχήμα 30 Διάγραμμα ανταλλαγής μηνυμάτων κατά τη διαδικασία εγκατάστασης μιας κλήσης.	93
Σχήμα 31 Διάγραμμα ανταλλαγής μηνυμάτων κατά την διαδικασία μετατροπής των χαρακτηριστικών μιας κλήσης.	95
Σχήμα 32 Διάγραμμα ανταλλαγής μηνυμάτων κατά την διαδικασία απεγκατάστασης μιας κλήσης.	96
Σχήμα 33 Διάγραμμα ανταλλαγής μηνυμάτων κατά την διαδικασία προσθήκης τρίτου μέρους σε μία εν εξελίξει κλήση μεταξύ δύο (ή περισσότερων) μερών.	97
Σχήμα 34 Διάγραμμα ανταλλαγής μηνυμάτων κατά την διαδικασία αποκοπής τρίτου μέρους σε μία εν εξελίξει κλήση μεταξύ δύο (ή περισσότερων) μερών ή όλων των μερών.	98
Σχήμα 35 Φυσική υλοποίηση του σημείου προσαρμογής V_{B5}	106
Σχήμα 36 Σχηματικό διάγραμμα περιγραφής λειτουργίας πηγής Έναρξης – Διακοπής.	108
Σχήμα 37 Ποσοστό χρησιμοποίησης του καταλαμβανόμενου εύρους ζώνης του καναλιού σηματοδοσίας από τα μηνύματα του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης (B-BCCP) ανάλογα με την κατηγορία μηνυμάτων σε σχέση με το μέγεθος των μηνυμάτων αυτών.	116
Σχήμα 38 Συνολικός αριθμός χρηστών για την κλάση 4 σε συνάρτηση με την τιμή του ορίου μετάπτωσης κατάστασης (th).	119
Σχήμα 39 Διαφορά των αριθμών χρηστών μεταξύ των κλάσεων 4 και 3 ως προς τις τιμές του ορίου μετάπτωσης κατάστασης.	120
Σχήμα 40 Εξέλιξη του αριθμού των αιτήσεων χρηστών σε σχέση με το ποσοστό φόρτισης του κοινά διαμοιραζόμενου μέσου και του ορίου μετάβασης κατάστασης (th).	122
Σχήμα 41 Σχετική διαφορά μεταξύ των αριθμών χρηστών ως προς το ποσοστό πλήρωσης του κοινά διαμοιραζόμενου μέσου και του ορίου μετάβασης κατάστασης.	123
Σχήμα 42 Ελεύθερο εύρος ζώνης του καναλιού του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης (B-BCCP) σε συνάρτηση με την τιμή του ορίου μετάβασης κατάστασης (th) για διάφορες τιμές του ποσοστού πλήρωσης του εύρους ζώνης του κοινά διαμοιραζόμενου μέσου.	125
Σχήμα 43 Λειτουργική αρχιτεκτονική οντοτήτων στο περιβάλλον προσομοίωσης.	126
Σχήμα 44 Χρονικό στιγμιότυπο του ποσοστού μη πλήρωσης του αποδιδόμενου εύρους ζώνης του καναλιού μεταφοράς μηνυμάτων του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης για κάθε διερχόμενο μήνυμα.....	127
Σχήμα 45 Χρονικό στιγμιότυπο του ποσοστού μη πλήρωσης του αποδιδόμενου εύρους ζώνης του καναλιού μεταφοράς μηνυμάτων του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης για κάθε διερχόμενο μήνυμα για την περίπτωση της κατά περίπτωση ομαδοποίησης μηνυμάτων.	129
Σχήμα 46 Αρχιτεκτονική Παγκόσμιου Συστήματος Κινητών Τηλεπικοινωνιών (UMTS).	136
Σχήμα 47 Η γενική περιγραφή της αρχιτεκτονικής του Γενικευμένου Συστήματος Κινητών Επικοινωνιών.	138
Σχήμα 48 Αρχιτεκτονική διασύνδεσης των λειτουργικών οντοτήτων του Γενικευμένου Συστήματος Κινητών Επικοινωνιών.....	139
Σχήμα 49 Μεταπομπή κλήσης μεταξύ γειτονικών Υποσυστημάτων Ασυρμάτων Δικτύων.	140

Σχήμα 50 Αναπροσαρμογή διαδρομής κλήσης από τον Πηγαίο Ασύρματο Σταθμό Δικτύου (SRNS) στον Προορισμού (DRNS) υπό τον έλεγχο του Δικτύου Κορμού.....	143
Σχήμα 51 Διαστρωματική αρχιτεκτονική στοίβας πρωτοκόλλων του τμήματος χρήστη.....	143
Σχήμα 52 Διαστρωματική αρχιτεκτονική στοίβας πρωτοκόλλων του τμήματος ελέγχου.....	144
Σχήμα 53 Διαστρωματικός και διατμηματικός διαχωρισμός πρωτοκόλλων και εφαρμογών που σχετίζονται με το I_u σημείο προσαρμογής.....	145
Σχήμα 54 Πρότυπο Δίκτυο Πρόσβασης σύμφωνα με τον οργανισμό προτυποποίησης Δικτύου Πρόσβασης Πλήρους Υπηρεσιών (FSAN).....	146
Σχήμα 55 Προτεινόμενη αρχιτεκτονική για την εμπλοκή του σημείου προσαρμογής $V_{B5.2}$ σε περιβάλλον ασύρματων δικτύων πρόσβασης.....	147
Σχήμα 56 Λειτουργική αρχιτεκτονική ασύρματης πρόσβασης με χρήση του σημείου προσαρμογής $V_{B5.2}$	148
Σχήμα 57 Αρχιτεκτονική λειτουργικής οντότητας Δικτύου Πρόσβασης προς υποστήριξη της δρομολόγησης και διευθυνσιοδότησης μηνυμάτων σηματοδοσίας.....	150
Σχήμα 58 Διαστρωματική αρχιτεκτονική των πρωτοκόλλων του συστήματος με χρήση υποστρώματος κρυπτογράφησης.....	154
Σχήμα 59 Λειτουργική αρχιτεκτονική Παγκόσμιου Συστήματος για τις Κινητές Επικοινωνίες (GSM).....	157
Σχήμα 60 Διαγράμματα ανταλλαγής μηνυμάτων για την περίπτωση της επιτυχούς μεταπομπής κλήσης (handover) στο Παγκόσμιο Σύστημα Κινητών Επικοινωνιών για τις περιπτώσεις (α) συγχρονισμένου και (β) μη συγχρονισμένου Κινητού Σταθμού.....	160
Σχήμα 61 Διάγραμμα ανταλλαγής μηνυμάτων κατά την διαδικασία μεταπομπής κλήσης (handover) υποθέτοντας παθητικό Αναμεταδότη Σταθμού Βάσης, με την εμπλοκή ενός βελτιωμένου Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης.....	165
Σχήμα 62 Διάγραμμα ανταλλαγής μηνυμάτων κατά την διαδικασία μεταπομπής κλήσης υποθέτοντας ενεργητικό Αναμεταδότη Σταθμού Βάσης, με την εμπλοκή ενός βελτιωμένου Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης.....	167
Σχήμα 63 Διάγραμμα συσχέτισης των λειτουργικών οντοτήτων που σχετίζονται με το Πρωτόκολλο Δέσμευσης Πόρων.....	177
Σχήμα 64 Λειτουργική συσχέτιση εξυπηρετητή (Host) και δρομολογητή (Router) με βάση το Πρωτόκολλο Δέσμευσης Πόρων (RSVP).....	179
Σχήμα 65 Διαστρωματική δομή των λειτουργικών οντοτήτων.....	185
Σχήμα 66 Υποστήριξη των κλάσεων υπηρεσίας του Πρωτοκόλλου Δέσμευσης Πόρων με αφοσιωμένες συνδέσεις πρωτοκόλλου Ασύγχρονου τρόπου Μετάδοσης δένδροειδούς μορφής.....	187
Σχήμα 67 Διάγραμμα ανταλλαγής μηνυμάτων για την εγκατάσταση και απεγκατάσταση κλήσης. (s: source (πηγή), d: destination (προορισμός)).....	189
Σχήμα 68 Διάγραμμα ανταλλαγής μηνυμάτων για την εγκατάσταση νέου μέρους σε μια σύνοδο.....	190
Σχήμα 69 Διάγραμμα ανταλλαγής μηνυμάτων για την κατάργηση της συνόδου με αίτημα της πηγής.....	191
Σχήμα 70 Η λειτουργική διάταξη των επιμέρους Συστημάτων Λειτουργιών σε ένα σύστημα διαχείρισης με βάση τις αρχές του Δικτύου Διαχείρισης Τηλεπικοινωνιών.....	196
Σχήμα 71 Περιβάλλον πλαισίωσης της λειτουργικής οντότητας του V_{B5}	197

Σχήμα 72 Περιβάλλον Συστήματος Λειτουργιών.	198
Σχήμα 73 Λεπτομερής αναπαράσταση των λειτουργιών του συστήματος διαχείρισης όπως υλοποιήθηκε στο σύστημα V_{B5}	199
Σχήμα 74 Λειτουργική περιγραφή του Στοιχείου Δικτύου και των λειτουργικών οντοτήτων του.	201
Σχήμα 75 Στοιβά πρωτοκόλλων του V_{B5} βασισμένων στο πρωτόκολλο Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης για Σηματοδοσία (SAAL).	205
Σχήμα 76 Συνολική άποψη της διαστρωματικής αρχιτεκτονικής του συστήματος διαχείρισης.	206
Σχήμα 77 Πλαισίωση των λειτουργικών οντοτήτων του V_{B5} στο Μοντέλο Πληροφορίας και το σύστημα διαχείρισης γενικότερα.	206
Σχήμα 78 Παράδειγμα δέντρου αλληλουχίας Μοντέλου Πληροφορίας Στοιχείου Δικτύου.	207
Σχήμα 79 Παράδειγμα συσχέτισης οντοτήτων Μοντέλου Πληροφορίας για το τμήμα σημείου τερματισμού (σύνδεσης).	208
Σχήμα 80 Διάγραμμα Συσχέτισης Αντικειμένων (ERD) του Μοντέλου Πληροφορίας (IM) για το Δίκτυο Πρόσβασης.	209
Σχήμα 81 Διάγραμμα Δέντρου Περιεκτικότητας Αντικειμένων Διαχείρισης ενός Δικτύου Διαχείρισης Τηλεπικοινωνιών.	213
Σχήμα 82 Παράδειγμα αρχικοποίησης συστήματος διαχείρισης που περιλαμβάνει τα Αντικείμενα Διαχείρισης που περικλύονται σε Δίκτυο Πρόσβασης και Κόμβο Παροχής Υπηρεσιών.	214
Σχήμα 83 Σενάριο επίδειξης των δυνατοτήτων του V_{B5}	216
Σχήμα 84 Λίστα πλήκτρων επιλογών του συστήματος διαχείρισης του V_{B5}	217
Σχήμα 85 Παράθυρο διαλόγου αποδέσμευση της Φυσικής Θύρας Χρήστη (PUP).	218
Σχήμα 86 Παράθυρο διαλόγου αποδέσμευση της Φυσικής Θύρας Υπηρεσίας (PSP).	219
Σχήμα 87 Παράθυρο διαλόγου ανάθεσης Νοητών Μονοπατιών (VPs) στο Σημείο Προσαρμογής Χρήστη προς Δίκτυο (UNI).	220
Σχήμα 88 Παράθυρο διαλόγου ανάθεσης Νοητών Μονοπατιών (VPs) στο Σημείο Προσαρμογής Υπηρεσίας (SNI).	220
Σχήμα 89 Παράθυρο διαλόγου ανάθεσης τιμών σε επίπεδο Νοητού Διαύλου (VC).	221
Σχήμα 90 Παράθυρο διαλόγου ανάθεσης τιμών για τη δημιουργία Λογικής Θύρα Υπηρεσίας (LSP) στον Κόμβο Παροχής Υπηρεσιών.	222
Σχήμα 91 Παράθυρο διαλόγου για τη δημιουργία Λογικής Θύρας Χρήστη (LUP) και συσχέτισης της με μια Λογική Θύρα Υπηρεσίας (LSP).	223
Σχήμα 92 Παράθυρο διαλόγου για τη συσχέτιση Νοητού Μονοπατιού Σημείου Προσαρμογής Κόμβου Παροχής Υπηρεσιών (SNI VP) με Λογική Θύρα Υπηρεσίας (LSP).	224
Σχήμα 93 Παράθυρο διαλόγου για τη συσχέτιση Νοητού Μονοπατιού Σημείου Προσαρμογής Χρήστη προς Δίκτυο (UNI VP) με Λογική Θύρα Χρήστη (LUP).	225
Σχήμα 94 Παράδειγμα για τη παρακολούθηση μιας ζεύξης.	225
Σχήμα 95 Παράθυρο διαλόγου για την απόδοση τιμών σε ένα κατά παραγγελία Νοητό Μονοπάτι (OnDemand VP) στον Κόμβο Παροχής Υπηρεσιών.	227
Σχήμα 96 Παράθυρο διαλόγου για την απόδοση τιμών σε κατά παραγγελία ανάθεση πόρων στο Δίκτυο Πρόσβασης.	228
Σχήμα 97 Παράθυρο διαλόγου απεικόνισης τιμών κατά τη σύνδεση χρήστη A με χρήστη B.	229

Πίνακας περιεχομένων πινάκων

Πίνακας 1	Παράμετροι και εγγυήσεις ανά κατηγορία υπηρεσίας.	31
Πίνακας 2	Συνοπτική παρουσίαση μηνυμάτων του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης (B-BCCP) και των στοιχείων πληροφορίας, που αυτά μπορούν να φέρουν, καθώς και το μέγεθος τους, σε ελάχιστο και μέγιστο βαθμό.	92
Πίνακας 3	Αντιστοίχιση μηνυμάτων των πρωτοκόλλου Ψηφιακού Συστήματος Σηματοδοσίας Συνδρομητή αρ. 2 (DSS2) και Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης (B-BCCP).	99
Πίνακας 4	Χαρακτηριστικά κλάσεων υπηρεσίας	107
Πίνακας 5	Χαρακτηριστικά των κλάσεων υπηρεσίας σε σχέση με τους πόρους του συστήματος.	111
Πίνακας 6	Χαρακτηριστικά των μηνυμάτων του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης (B-BCCP) ως προς την χρησιμοποίηση του καταλαμβανόμενου εύρους ζώνης σηματοδοσίας.	114
Πίνακας 7	Απαιτούμενο εύρος ζώνης (kbps) του καναλιού Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης (B-BCCP) σε συνάρτηση του ορίου μετάβασης κατάστασης (th) και του ποσοστού πλήρωσης του κοινά διαμοιραζόμενου μέσου.	124
Πίνακας 8	Αντιστοίχιση μηνυμάτων που σχετίζονται με την οντότητα Ελέγχου Κλήσης μεταξύ Δικτύων Πρόσβασης και Δικτύου Κορμού (core network) Ψηφιακού Δικτύου Ολοκληρωμένων Υπηρεσιών Ευρείας Ζώνης, όπου παρουσιάζονται μόνο τα μηνύματα αυτά που ανήκουν στην ομάδα βασικών μηνυμάτων του σημείου αναφοράς I _u .	155
Πίνακας 9	Αντιστοίχιση μηνυμάτων που σχετίζονται με την οντότητα Ελέγχου Κλήσης μεταξύ Δικτύου Κορμού Ψηφιακού Δικτύου Ολοκληρωμένων Υπηρεσιών Ευρείας Ζώνης και Δικτύων Πρόσβασης, όπου παρουσιάζονται μόνο τα μηνύματα αυτά που ανήκουν στην ομάδα βασικών μηνυμάτων του σημείου αναφοράς I _u .	155
Πίνακας 10	Αντιστοίχιση βασικών μηνυμάτων που σχετίζονται με τον Έλεγχο Κλήσης ή / και Έλεγχο Αποδοχής Κλήσης μεταξύ του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης και των διαφόρων τεχνολογιών.	156
Πίνακας 11	Τα μηνύματα και τα αντίστοιχα στοιχεία πληροφορίας που σχετίζονται με την διαδικασία μεταπομπής κλήσης.	162
Πίνακας 12	Καταγραφή των μηνυμάτων της κατηγορίας BRANCH και των εμπλεκόμενων κατά περίπτωση στοιχείων πληροφορίας.	164
Πίνακας 13	Περιοχές εφαρμογής των κλάσεων υπηρεσίας του πρωτοκόλλου Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης.	183
Πίνακας 14	Διαφορές μεταξύ του Πρωτοκόλλου Δέσμευσης Πόρων και του πρωτοκόλλου σηματοδοσίας Σημείου Προσαρμογής Χρήστη Προς Δίκτυο έκδοση 3.1 για το πρωτόκολλο Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης.	184
Πίνακας 15	Μηνύματα του πρωτοκόλλου Ελέγχου Διαχείρισης Πραγματικού Χρόνου (RTMC) προερχόμενα από το Δίκτυο Πρόσβασης.	203
Πίνακας 16	Μηνύματα του πρωτοκόλλου Ελέγχου Διαχείρισης Πραγματικού Χρόνου (RTMC) προερχόμενα από τον Κόμβο Παροχής Υπηρεσιών.	203

Πίνακας 17 Απόδοση τιμών σε Νοητά Μονοπάτια (VPs) στο Σημείο Προσαρμογής Χρήστη προς Δίκτυο (UNI).	219
Πίνακας 18 Απόδοση τιμών σε Νοητά Μονοπάτια (VPs) στο Σημείο Προσαρμογής Υπηρεσίας (SNI).	220
Πίνακας 19 Απόδοση τιμών σε επίπεδο Νοητού Διαύλου (VC) για τον χρήστη A.	221
Πίνακας 20 Απόδοση τιμών για τη δημιουργία Λογικής Θύρα Υπηρεσίας (LSP) στον Κόμβο Παροχής Υπηρεσιών.	222
Πίνακας 21 Απόδοση τιμών για τη δημιουργία Λογικής Θύρας Χρήστη (LUP) και συσχέτισης της με μια Λογική Θύρα Υπηρεσίας (LSP).	223
Πίνακας 22 Απόδοση τιμών για τη συσχέτιση Νοητού Μονοπατιού Σημείου Προσαρμογής Κόμβου Παροχής Υπηρεσιών (SNI VP) με Λογική Θύρα Υπηρεσίας (LSP).	224
Πίνακας 23 Απόδοση τιμών για τη συσχέτιση Νοητού Μονοπατιού Σημείου Προσαρμογής Χρήστη προς Δίκτυο (UNI VP) με Λογική Θύρα Χρήστη (LUP) [χρήστης A].	225
Πίνακας 24 Απόδοση τιμών σε ένα κατά παραγγελία Νοητό Μονοπάτι (OnDemand VP) στον Κόμβο Παροχής Υπηρεσιών.	227
Πίνακας 25 Απόδοση τιμών για κατά παραγγελία ανάθεση πόρων στο Δίκτυο Πρόσβασης [χρήστης A].	228
Πίνακας 26 Παράθεση τιμών κατά τη σύνδεση χρήστη A με χρήστη B.	228

Κεφάλαιο 1ο Εισαγωγή

“I am told by one of my friends that a fictional creature in a novel was discussing the speed of the flight of birds and proclaimed that: perfect speed is being there.

While I do not know about the other thoughts of this creature, I have thought about this one idea many times. Aside from its physical and philosophical implications, it is appropriate to bring to mind that many of the emerging technologies (such as ATM) are attempting to close the gap (the latency) between being in one place, and then another.

... the issue is not the flight of birds but the movement of messages of information through communication networks...”

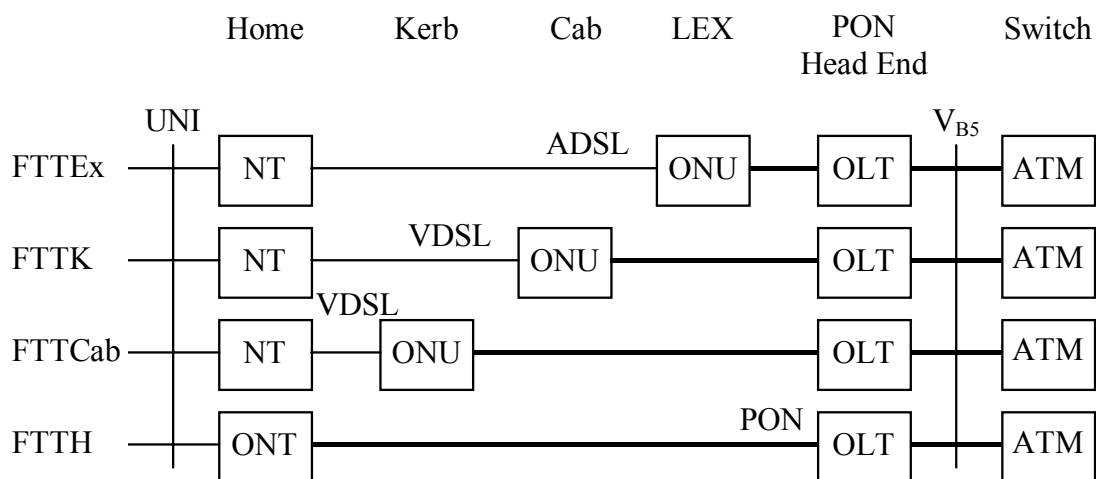
*Uyless Black,
ATM volume I,
Prentice Hall PTR, 1999.*

1.1. Δίκτυα πρόσβασης δενδροειδούς δομής

Τα δίκτυα πρόσβασης αποτελούν το πλέον εξελισσόμενο κομμάτι ενός τηλεπικοινωνιακού δικτύου. Αποτελώντας το τμήμα αυτό του δικτύου που επιτρέπει στους χρήστες να συνδεθούν με το κυρίως δίκτυο και κατ’ ουσία να αποκτήσουν πρόσβαση στους πόρους του, συγκεντρώνει το κύριο βάρος της εξέλιξης των τηλεπικοινωνιακών δικτύων. Αυτό συμβαίνει τη στιγμή που η απαιτήσεις των χρηστών εξελίσσονται με πολύ γρήγορο ρυθμό, λόγω της προόδου στους τεχνολογικούς τομείς των πολυμέσων κατά βάση, τόσο σε εύρος ζώνης αλλά και σε ποιότητα υπηρεσίας. Η υπάρχουσα κατά πλειοψηφία υποδομή χάλκινων δισύρματων καλωδίων που χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο για τηλεφωνία, αλλά παροδικά εξελίσσονται σε παροχή και άλλων υπηρεσιών, όπως η μεταφορά δεδομένων, δεν είναι αρκετή για να καλύψει την επερχόμενη ζήτηση τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών. Μια σειρά από άλλες τεχνολογίες αναπτύχθηκαν για να καλύψουν το χάσμα που

δημιουργείται από τον φυσικό περιορισμό της απόδοσης των δικτύων που βασίζονται σε χάλκινα δισύρματα καλώδια με τις απαιτήσεις που θα δημιουργηθούν από την ραγδαία αυξανόμενη ζήτηση τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών.

Η φωτονική τεχνολογία κατέχει κυρίαρχο ρόλο στις εξελίξεις αυτές της άνθησης της αγοράς τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών. Παρέχοντας δυνατότητα μεταφοράς πολύ μεγάλου όγκου πληροφορίας σε χώρο πολλάκις μικρότερο αυτού του χάλκινου δισύρματος καλωδίου αποτελεί το πρωταρχικό αντικαταστάτη του απαρχαιωμένου δικτύου που βασίζεται στον χαλκό. Λόγο όμως του πολύ υψηλού κόστους του οπτικής τεχνολογίας εξοπλισμού και των περιορισμών που έχει δεν έχει γίνει ακόμα ευρέως διαδεδομένη μέθοδος παροχής τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών. Προς το παρόν περιορίζεται στην αντικατάσταση του χάλκινου τμήματος μεταξύ κρατών ή μεγάλων πελατών των τηλεπικοινωνιακών οργανισμών, από σημεία δηλαδή που διέρχεται πολύ μεγάλη τηλεπικοινωνιακή κίνηση, λόγο του δυσβάσταχτου κόστους. Από την άλλη μεριά, η σχεδόν απεριόριστες σε σχέση με την υπάρχουσα τεχνολογία δυνατότητες των οπτικών ινών, των μέσων δηλαδή που μεταφέρουν το οπτικό σήμα, αποτελούν αποφασιστικό κριτήριο για την αντικατάσταση του χάλκινου δικτύου, μιας και δεν είναι βιώσιμη η λύση της συνεχούς αντικατάστασης των εγκατεστημένων συνδέσεων με νέες συνδέσεις μεγαλύτερης χωρητικότητας ή νεότερης τεχνολογίας κάθε φορά που ξεπερνιούνται οι δυνατότητες τους. Αυτό θα συνεπάγονταν την συνεχή διάνοιξη ορυγμάτων για την εγκατάσταση του νέου εξοπλισμού και την απαξίωση του παλιού, τακτική με τεράστιο κόστος αν αναλογιστούμε τον αριθμό των συνδέσεων που υπάρχουν αυτή τη στιγμή και το συνολικό μήκος εγκατεστημένων χάλκινων καλωδίων που ξεπερνά κατά χιλιάδες φορές την διάμετρο της γης. Για το λόγο αυτό έχουν αναπτυχθεί τεχνικές που συνδυάζουν την οπτική ίνα σαν κοινό φορέα που συγκεντρώνει μεγάλο αριθμό χρηστών και επιμέρους τεχνολογίες για τη πρόσβαση του χρήστη στους πόρους της οπτικής ίνας. Τέτοιες τεχνολογίες εκτός από τον χαλκό είναι το ομοαξονικό καλώδιο αλλά και η ασύρματη πρόσβαση.

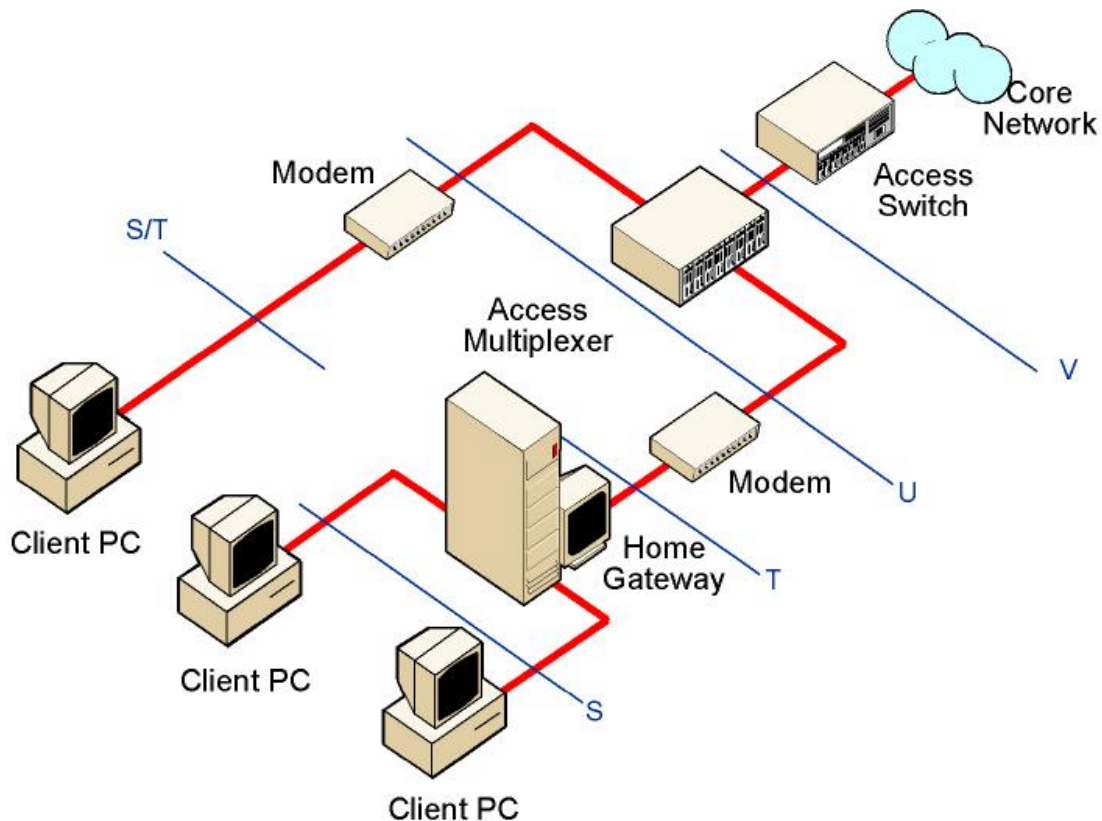


Σχήμα 1 Διάγραμμα κατηγοριοποίησης του βαθμού διείσδυσης της οπτικής ίνας στον τοπικό συνδρομητικό βρόχο δικτύου πρόσβασης βασισμένου σε χάλκινο δισύρματο καλώδιο.

Ένα τέτοιο παράδειγμα παρουσιάζεται στο Σχήμα 1, όπου απεικονίζονται οι δυνατοί συνδυασμοί οπτικής ίνας με τεχνολογία Ψηφιακής Γραμμής Συνδρομητή (Digital

Subscriber Line (DSL)) για διάφορα επίπεδα διείσδυσης της οπτικής τεχνολογίας στον συνδρομητικό τοπικό βρόχο που καλύπτεται από χάλκινα δισύρματα καλώδια. Παρατηρούμε πως το οπτικό κομμάτι του δικτύου μπορεί να καλύψει οποιαδήποτε περιοχή από τη μονάδα Κέντρου Ανταλλαγής (Local Exchange (LEX)), στη μονάδα Συγκεντρωτή Κίνησης (Cabinet (Cab)), στο Πεζοδρόμιο (Kerb) ή ακόμα και στο Σπίτι (Home) το χρήστη, ανάλογα με τις δυνατότητες που έχει η τεχνολογία Ψηφιακής Γραμμής Συνδρομητή να καλύψει τις απαιτήσεις του χρήστη στο εναπομείναν κομμάτι.

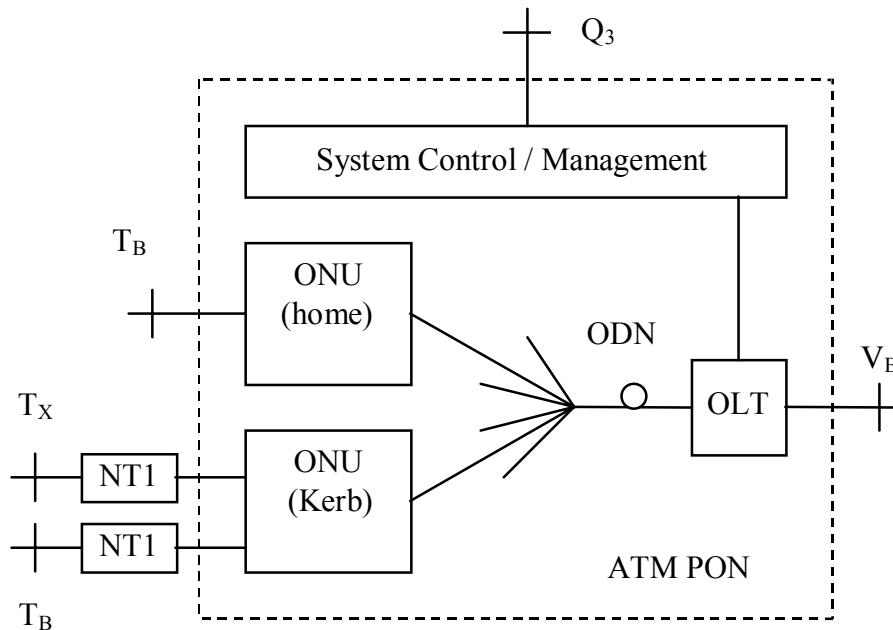
Όλες αυτές οι τεχνολογίες που έρχονται να αντικαταστήσουν τον χαλκό έχουν ως κοινό σημείο αναφοράς την αρχιτεκτονική του δικτύου: αποτελούνται από δίκτυα πρόσβασης δενδροειδούς δομής. Η δενδροειδής δομή είναι η κατεξοχήν αρχιτεκτονική που υποστηρίζει την πολυπλεξία της κίνησης των χρηστών μιας και αποτελείται από βαθμίδες συγκέντρωσης. Η βαθμιαία αυτή δομή επιτρέπει και τον καταμερισμό διάφορων λειτουργιών στα περισσότερα στοιχεία του δικτύου πρόσβασης, ανακουφίζοντας έτσι το κεντρικό σύστημα από το σύνολο των λειτουργιών. Ένα τέτοιο δίκτυο πρόσβασης δενδροειδούς δομής παρουσιάζεται στο Σχήμα 2, όπου γίνεται φανερή η διακριτή κατάτμηση της περιοχής πρόσβασης σε επιμέρους περιοχές, οι οποίες χαρακτηρίζονται τόσο από διαφορετικά σημεία προσαρμογής όσο και από διαφορετική λειτουργικότητα των εμπλεκόμενων οντοτήτων, με τελικό αποτέλεσμα τον συνδυασμό πολλών τελικών χρηστών σε μια πολυπλεγμένη ομάδα που αποκτά πρόσβαση στους πόρους του κυρίως δικτύου. Παρά τη κοινή λειτουργική δομή του δικτύου πρόσβασης των επιμέρους τεχνολογιών υπάρχουν σημαντικές διαφοροποιήσεις από τεχνολογία σε τεχνολογία. Αυτό είναι συνέπεια των διαφορετικών τεχνολογιών και των συγκεκριμένων χαρακτηριστικών τόσο των λειτουργικών οντοτήτων όσο και του φυσικού μέσου κάθε τεχνολογίας.



Σχήμα 2 Δίκτυο πρόσβασης δενδροειδούς δομής.

Ένα από τα κυριότερα δίκτυα πρόσβασης δενδροειδούς δομής είναι το Παθητικό Οπτικό Δίκτυο (Passive Optical Network). Αποτελείται αποκλειστικά από οπτικά λειτουργικά τμήματα, όπως η οπτική ίνα, οπτικούς διαχωριστές και συζεύκτες, οπτικά φίλτρα, κ.ά. Ο προσδιορισμός παθητικό εκπορεύεται από το γεγονός πως δεν απαιτείται η υποστήριξη των λειτουργικών αυτών οντοτήτων από ηλεκτρική ισχύ, μιας και η επιδόσεις του οπτικού δικτύου είναι τέτοιες που το καταστούν αυτοδύναμο αλλά και αξιόπιστο. Επιπρόσθετα, λόγω της οπτικής του φύσης δεν παρουσιάζει ευαισθησία σε ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές από τον περιβάλλοντα χώρο. Ένα τέτοιο δίκτυο πρόσβασης το οποίο βασίζεται σε τεχνολογία Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης (Asynchronous Transfer Mode) παρουσιάζεται στο Σχήμα 3. Σε αυτό το σχήμα διακρίνονται οι επιμέρους λειτουργικές οντότητες που συγκροτούν ένα δίκτυο πρόσβασης και είναι οι:

- Ο Οπτικός Τερματισμός Γραμμής (Optical Line termination (OLT)) αποτελεί το σημείο στο οποίο πολυπλέκεται η ανερχόμενη κίνηση πακέτων και επιμερίζεται ή κατερχόμενη. Αυτή τη μονάδα αποσκοπεί να διαχειριστεί ο χειριστής του συστήματος με χρήση του Συστήματος Ελέγχου / Διαχείρισης (System Control / Management) μέσω του σημείου προσαρμογής Q_3 . Αποτελεί το ακραίο σημείο προς το κυρίως δίκτυο κορμού και επικοινωνεί με αυτό μέσω του σημείου προσαρμογής V_B .
- Το Οπτικό Δίκτυο Διανομής (Optical Distribution Network (ODN)) αποτελεί τον κορμό του δικτύου πρόσβασης δενδροειδούς δομής, ο οποίος διακλαδίζεται προς όλους τους χρήστες.
- Οι χρήστες αντιστοιχίζονται σε Οπτικές Μονάδες Δικτύου (Optical Network Units (ONUs)) και μπορούν να συνδέονται απ' ευθείας σε αυτές από το σπίτι (home) μέσω του σημείου προσαρμογής T_B ή να μοιράζονται τους πόρους μιας κοινής Οπτικής Μονάδας Δικτύου που έχει τοποθετηθεί σε σημείο κοινής πρόσβασης όπως το πεζοδρόμιο. Σε αυτή την περίπτωση χρησιμοποιούνται πρόσθετες μονάδες Τερματισμού Δικτύου (Network Termination (NT1)) για την γεφύρωση των διαφορών που μπορεί να έχει ο τοπικά εγκαταστημένος εξοπλισμός δικτύου στο περιβάλλον του χρήστη με το οπτικό δίκτυο αλλά και διαφορετικά σημεία προσαρμογής για τον ίδιο λόγο.



Σχήμα 3 Αρχιτεκτονική λειτουργικών οντοτήτων ενός Παθητικού Οπτικού Δικτύου βασισμένου σε τεχνολογία Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης.

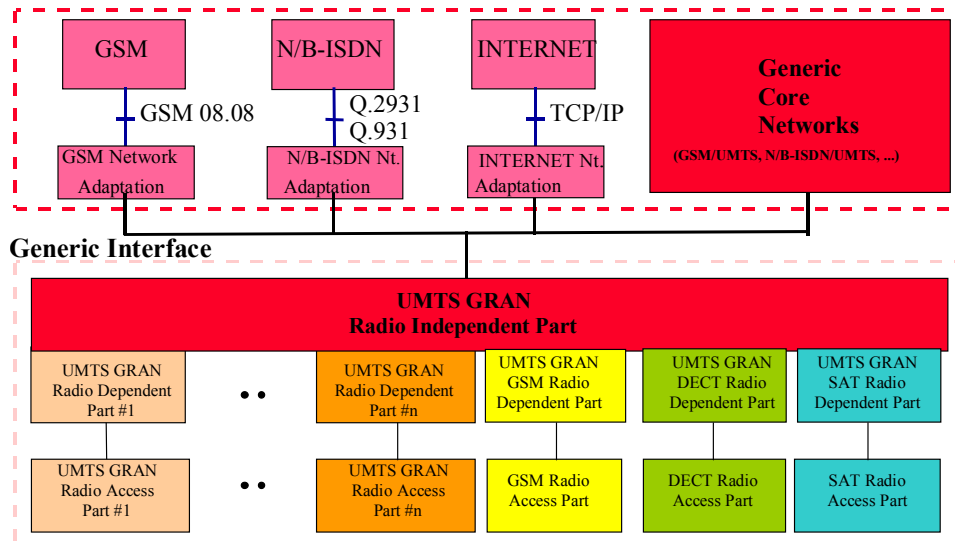
Εξίσου σημαντικό ρόλο σε ένα δίκτυο πρόσβασης έχει η δυνατότητα να υποστηρίζεται ετερογενής εξοπλισμός (από διαφορετικούς κατασκευαστές) τόσο του δικτύου πρόσβασης όσο και του κεντρικού συστήματος. Για να έρθουν σε συνεννόηση λειτουργικά τμήματα του δικτύου θα πρέπει να περιέχουν το ίδιο λογισμικό ή να ακολουθούν την ίδια προσέγγιση για την αντιμετώπιση κάθε προβλήματος. Αυτό θα ήταν εφικτό μόνο αν ο εξοπλισμός προέρχονταν από τον ίδιο κατασκευαστή ο οποίος κατά συνέπεια θα παρείχε λύση για ολόκληρο το δίκτυο πρόσβασης. Η αποδέσμευση των λειτουργικών δομικών στοιχείων ενός δικτύου πρόσβασης από έναν και μόνο κατασκευαστή οφείλεται στην ύπαρξη ανοιχτής αρχιτεκτονικής δικτύου η οποία επιβάλλει ένα κοινό σημείο αναφοράς για τον σχεδιασμό των εμπλεκόμενων οντοτήτων ώστε να είναι σε θέση να προσεγγίσουν κάθε θέμα με τον ίδιο τρόπο άσχετα με τα επιμέρους χαρακτηριστικά που έχει το λογισμικό κάθε οντότητας. Στις αρχές της ανοιχτής αρχιτεκτονικής δικτύου έχει βασιστεί το σημείο προσαρμογής V_{B5} το οποίο μεσολαβεί μεταξύ των λειτουργικών οντοτήτων δικτύου πρόσβασης και κεντρικού συστήματος. Σαν λειτουργική οντότητα Δικτύου Πρόσβασης (Access Network (AN)) αποκαλούμε το σύνολο των λειτουργικών μονάδων που αποτελούν ένα Παθητικό Οπτικό Δίκτυο βασισμένο σε τεχνολογία Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης, ενώ το κεντρικό σύστημα το αποκαλούμε Κόμβο Παροχής Υπηρεσιών (Service Node (SN)) μιας και σε αυτό επικεντρώνεται η πλειοψηφία της λειτουργικότητας που χρειάζεται για να υποστηριχτεί ο τελικός χρήστης.

Η διαφοροποίηση των λειτουργικών οντοτήτων Δικτύου Πρόσβασης και Κόμβου Παροχής Υπηρεσιών συνεπάγεται και διαφορετικά συστήματα διαχείρισης τους. Τα συστήματα διαχείρισης είναι απαραίτητα για να είναι δυνατόν να τεθούν αρχικά τα συστήματα σε λειτουργία ομαλά αλλά και για να ανιχνευθούν και αντιμετωπιστούν πιθανά προβλήματα που πιθανόν να παρουσιαστούν. Η κοινή προσέγγιση στην αντιμετώπιση των διαφόρων θεμάτων και λειτουργιών που παρουσιάζονται σε ένα

σύστημα δικτύου πρόσβασης επιβάλουν την κοινή διαχείριση των συστημάτων. Θα πρέπει να υπάρχει ένας τρόπος ώστε να έρθουν σε επικοινωνία τα συστήματα διαχείρισης των δύο λειτουργικών οντοτήτων Δικτύου Πρόσβασης και Κόμβου Παροχής Υπηρεσιών ώστε να ακολουθήσουν την ίδια προσέγγιση. Για το σκοπό αυτό έχουν αναπτυχθεί ειδικά πρωτόκολλα, τόσο για την πραγματικού χρόνου μεταφορά πληροφορίας διαχείρισης μεταξύ των δύο οντοτήτων όσο και για την μεταφορά πληροφορίας ελέγχου. Το πρωτόκολλο Συντονισμού Διαχείρισης Πραγματικού Χρόνου (Real Time Management Coordination (RTMC)) αποσκοπεί στην μεταφορά πληροφορίας διαχείρισης μεταξύ των δύο λειτουργικών οντοτήτων ενώ το Πρωτόκολλο Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης (Broadband Bearer Channel Control Protocol (B-BCCP)) αποσκοπεί στην μεταφορά πληροφορίας ελέγχου που σχετίζεται με την εγκατάσταση και απεγκατάσταση μιας κλήσης. Το δεύτερο αποτελεί και τον κύριο λόγο διαφοροποίησης μεταξύ των δύο υπαρχόντων σήμερα εκδόσεων του σημείου προσαρμογής V_{B5} : $V_{B5.1}$ και $V_{B5.2}$, με την τελευταία να το περιλαμβάνει.

Ως σημείο προσαρμογής καλείται το όριο μεταξύ δύο λειτουργικών δομικών στοιχείων του δικτύου πρόσβασης, όπως το Δίκτυο Πρόσβασης, ο Κόμβος Παροχής Υπηρεσιών και το τερματικό του χρήστη, τα οποία αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και συνδέονται το ένα στο άλλο. Στην ουσία, ο ορισμός σημείο προσαρμογής περικλείει την στοιβία πρωτοκόλλων και τις λειτουργικές οντότητες που κάνουν εφικτή τη διασύνδεση και αλληλεπίδραση των λειτουργικών δομικών στοιχείων.

Παράλληλα με την δυνατότητα υποστήριξης ενός Παθητικού Οπτικού Δικτύου βασισμένο σε τεχνολογία Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης, το σημείο προσαρμογής V_{B5} θα ήταν σε θέση να υποστηρίξει και οποιαδήποτε άλλη τεχνολογία που βασίζεται στο διαχωρισμό μεταξύ των δύο μερών Δικτύου Πρόσβασης και κεντρικού Κόμβου Παροχής Υπηρεσιών, λόγω της ανοιχτής αρχιτεκτονικής στην οποία βασίζεται. Για να συμβεί κάτι τέτοιο προϋποτίθεται ότι θα έχουν επιλυθεί οι διαφορές μεταξύ των διαφορετικών τεχνολογιών με τρόπο τέτοιο ώστε να είναι σε θέση να εφαρμοστεί το σημείο προσαρμογής V_{B5} χωρίς να μεταβληθεί εκ νέου η δομή του. Αυτό συνεπάγεται την ύπαρξη λειτουργικών οντοτήτων διαλειτουργικότητας (interworking) οι οποίες θα έχουν ως σκοπό την γεφύρωση των διαφορών μεταξύ των διαφόρων τεχνολογιών με το σύστημα αναφοράς στο οποίο βασίζεται το σημείο προσαρμογής V_{B5} . Δεδομένης αυτής της δυνατότητας γεφύρωσης των διαφορών μεταξύ τεχνολογιών, θα μπορούσαμε να συζητήσουμε την εμπλοκή του σημείου αναφοράς V_{B5} σε δίκτυα διαφορετικής τεχνολογίας από αυτή του Παθητικού Οπτικού Δικτύου βασισμένο σε τεχνολογία Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης, ακόμα και για το Παγκόσμιο Σύστημα Κινητών Τηλεπικοινωνιών (Universal Mobile Telecommunications System (UMTS)), το οποίο φιλοδοξεί να καλύψει όλες τις τεχνολογίες σε ένα ενιαίο δίκτυο. Σε αυτό το δίκτυο το σημείο προσαρμογής V_{B5} θα μπορούσε να υποκαταστήσει το I_u σημείο αναφοράς, ή Γενικό Σημείο Προσαρμογής (Generic Interface) όπως φαίνεται στο Σχήμα 4, το ακριβώς αντίστοιχο σημείο προσαρμογής μεταξύ των οντοτήτων δικτύου πρόσβασης και κεντρικού συστήματος σε αυτό το μοντέλο αναφοράς.



Σχήμα 4 Αρχιτεκτονική αναφοράς για το Παγκόσμιο Σύστημα Κινητών Τηλεπικοινωνιών (UMTS).

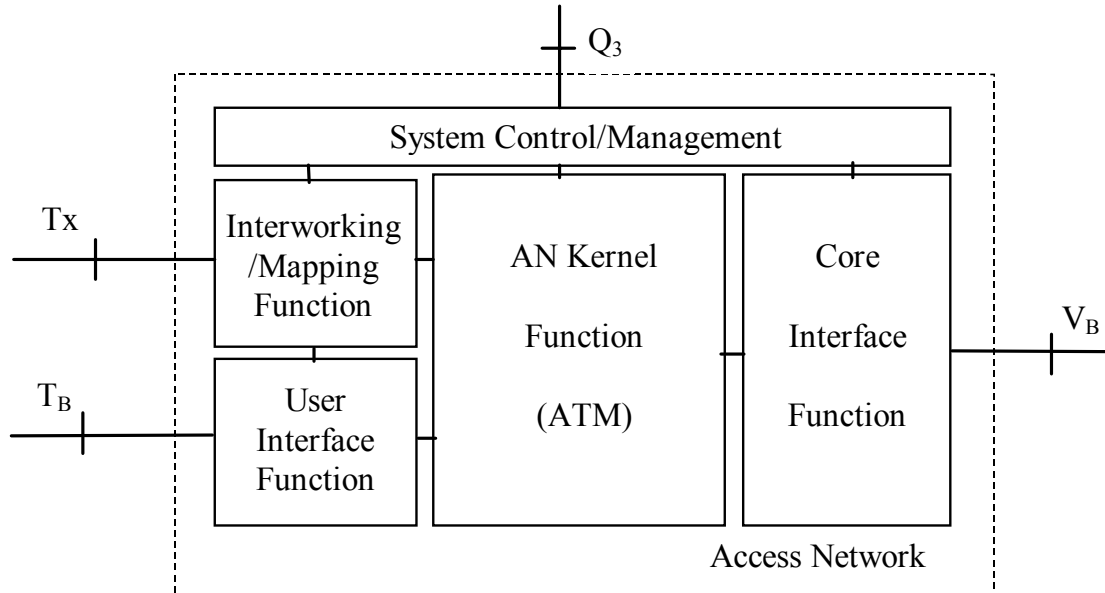
1.2. Λειτουργικότητα του Δικτύου Πρόσβασης Ευρείας Ζώνης

Η κύρια λειτουργία ενός Δικτύου Πρόσβασης Ευρείας Ζώνης (Broadband Access Network (B-AN)) είναι η συλλογή ή πολυπλεξία κίνησης πακέτων από έναν αριθμό από χρήστες και η παρουσίαση της σε ένα κυρίως δίκτυο, αλλά παράλληλα και η διανομή της κίνησης πακέτων που προέρχεται από ένα κυρίως δίκτυο προς τους τελικούς χρήστες. Στο πλαίσιο της τεχνολογίας Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης αυτό συνεπάγεται την πολυπλεξία και αποπολυπλεξία συνδέσεων Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης που δεν είναι άλλες από τα Νοητά Μονοπάτια (Virtual Paths (VPs)) και τους Νοητούς Διαύλους (Virtual Channels (VCs)).

Το Δίκτυο Πρόσβασης αποτελείται από επιμέρους λειτουργικά δομικά στοιχεία, όπως φαίνεται στο Σχήμα 5, των οποίων η λειτουργικότητα περιγράφεται ακολούθως:

- Η λειτουργική οντότητα Λειτουργιών Πυρήνα Δικτύου Πρόσβασης (AN Kernel Functions) περιλαμβάνει την απαραίτητη λειτουργικότητα για τη πολύπλεξη και αποπολυπλεξία των διαφόρων συνδέσεων που υποστηρίζει το Δίκτυο Πρόσβασης.
- Η λειτουργική οντότητα Λειτουργιών Σημείου Προσαρμογής με Χρήστη (User Interface Function) και η λειτουργική οντότητα Λειτουργιών Σημείου Προσαρμογής με Δίκτυο Κορμού (Core Interface Function) αποτελούν τα ακραία σημεία της οντότητας που εκτελεί την γεφύρωση μετάδοσης μεταξύ των εκάστοτε Φυσικών Στρωμάτων καθώς και για τον τερματισμό τους προς την πλευρά του χρήστη και του Κυρίου Δικτύου αντίστοιχα.
- Η λειτουργική οντότητα Λειτουργιών Διαλειτουργικότητας / Αντιστοίχισης (Interworking / Mapping Function) είναι υπεύθυνη για τη σύνδεση στο Δίκτυο Πρόσβασης χρηστών των οποίων τα τερματικά δεν βασίζονται σε τεχνολογία Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης.

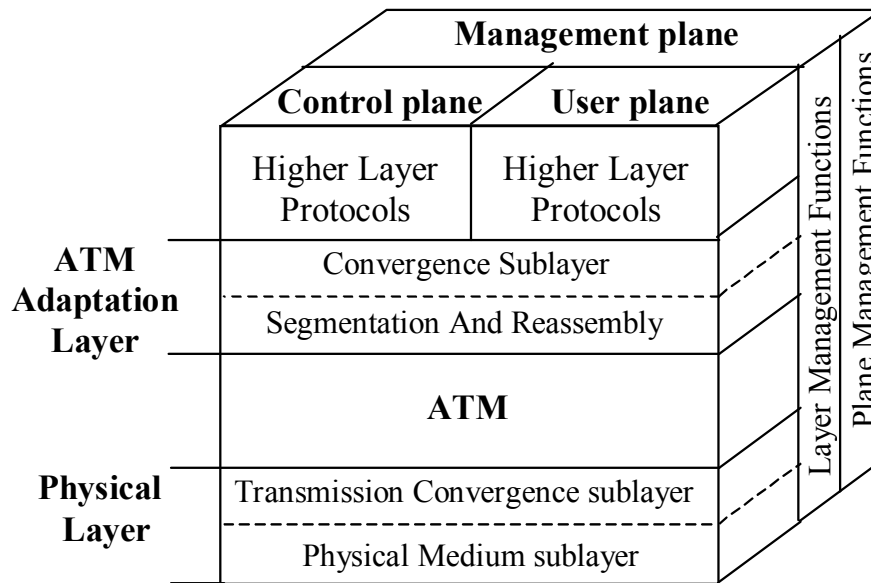
- Τέλος, ο Έλεγχος / Διαχείριση Συστήματος εκτελεί λειτουργίες όπως η διαχείριση σφαλμάτων, η διαχείριση απόδοσης, η διαχείριση τοπολογίας και η διαχείριση εύρους ζώνης που είναι πολύ σημαντικές για τη σωστή λειτουργία του Δικτύου Πρόσβασης.



Σχήμα 5 Περιγραφή της σύστασης του Δικτύου Πρόσβασης από λειτουργικά δομικά στοιχεία.

Η λειτουργικότητα που πρέπει να καλύψουν τα λειτουργικά αυτά δομικά στοιχεία του Δικτύου Πρόσβασης περιγράφεται από το Πρότυπο Αναφοράς πρωτοκόλλων του Ψηφιακού Δικτύου Ενοποιημένων Υπηρεσιών Ευρείας Ζώνης (Broadband-Integrated Services Digital Network (B-ISDN)), όπως αυτό παρουσιάζεται στο Σχήμα 6. Σε αυτό το σχήμα, εκτός των υποκείμενων στρωμάτων του πρωτοκόλλου Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης που υποστηρίζουν τις λειτουργίες του συστήματος του Δικτύου Πρόσβασης, περιγράφεται και η διαφοροποίηση των λειτουργιών του συστήματος σε τρεις κατηγορίες: Επίπεδο Χρήστη (User plane), Επίπεδο Ελέγχου (Control plane) και Επίπεδο Διαχείρισης (Management plane).

Η στοίβα πρωτοκόλλων αποτελείται από: ανώτερα στρώματα (higher layers), το στρώμα Προσαρμογής σε Ασύγχρονο Τρόπο Μετάδοσης (ATM Adaptation Layer (AAL)), το στρώμα Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης και το φυσικό στρώμα (physical layer). Τα στρώματα Προσαρμογής σε Ασύγχρονο Τρόπο Μετάδοσης και φυσικό περιλαμβάνουν και επιμέρους στρώματα, όπως φαίνεται και από το Σχήμα 6, και συγκεκριμένα τα υποστρώματα: Κατάτμησης και Επανένωσης (Segmentation and Reassembly (SAR)) και Σύγκλισης (Convergence) αλλά και τα υποστρώματα Φυσικού Μέσου (Physical Medium (PM)) και Σύγκλισης Μετάδοσης (Transmission Convergence (TC)) αντίστοιχα.



Σχήμα 6 Το Πρότυπο Αναφοράς πρωτοκόλλων του Ψηφιακού Δικτύου Ενοποιημένων Υπηρεσιών Ευρείας Ζώνης.

1.2.1. Τμήμα Χρήστη

Το Τμήμα Χρήστη αναπαριστά τα πρωτόκολλα που μεταφέρουν πληροφορία μεταξύ των χρηστών πάνω από το δίκτυο. Οι υπηρεσίες χρήστη παρέχονται αποκλειστικά από τα ανώτερα στρώματα του τμήματος χρήστη, όπου και βρίσκεται η εξειδικευμένη για αυτό το λόγο λειτουργικότητα. Παρόλα αυτά, το Δίκτυο Πρόσβασης παραμένει σχεδόν διαφανές στα διερχόμενα δεδομένα του χρήστη. Ο απώτερος στόχος του είναι να λειτουργεί κατά τέτοιο τρόπο που να μην καταλαβαίνει ο χρήστης διαφορά από την μεσολάβηση του Δικτύου Πρόσβασης σε σχέση με μια απευθείας σύνδεση του χρήστη με τον Κόμβο Παροχής Υπηρεσιών. Εξαίρεση σε αυτό αποτελεί η λειτουργική οντότητα Λειτουργιών Διαλειτουργικότητας / Αντιστοίχισης λόγω της ύπαρξης σημείων προσαρμογής που δεν είναι σύμμορφα με το πρωτόκολλο Ψηφιακού Δικτύου Ενοποιημένων Υπηρεσιών Ευρείας Ζώνης ή που απεικονίζουν ένα περιβάλλον πολλαπλών τερματικών. Σε αυτή την περίπτωση, αυτές οι λειτουργίες λαμβάνουν χώρα στα επίπεδα φυσικού στρώματος και ζεύξης δεδομένων (data link) του Δικτύου Πρόσβασης, ώστε να γίνει η αντιστοίχιση μεταξύ των επιμέρους τεχνολογιών με το πρωτόκολλο Ψηφιακού Δικτύου Ενοποιημένων Υπηρεσιών Ευρείας Ζώνης. Δύο βασικές λειτουργίες που πρέπει να συμπεριληφθούν στα Δίκτυα Πρόσβασης που χρησιμοποιούν Παθητικά Οπτικά Δίκτυα βασισμένα σε τεχνολογία Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης (ATM Passive Optical Networks (APONs)) και των οποίων η επίδραση στο χρήστη είναι διαφανής είναι οι λειτουργίες διαστασιολόγησης (ranging) και κρυπτογράφησης (encryption).

1.2.1.1. Διαστασιολόγηση

Στην ανοδική κατεύθυνση υπάρχουν πολλές ιδιομορφίες. Η μετάδοση από όλες τις Μονάδες Δικτύου (Network Units) συγκλίνουν στο κοινό διαμοιραζόμενο μέσο, που αποτελείται από οπτικές ίνες, πράγμα το οποίο συνεπάγεται την αναγκαιότητα για διαιτησία της πρόσβασης σε αυτό. Το πρωτόκολλο Ελέγχου Πρόσβασης Μέσου (Medium Access Control (MAC)) είναι αυτό που αναλαμβάνει να καταναείμει το

διαθέσιμο εύρος ζώνης με έναν αποτελεσματικό και ισόνομο τρόπο, παρέχοντας δικαίωμα πρόσβασης σε κάθε Μονάδα Δικτύου με χρήση αδειών πρόσβασης (permits) σε βάση χρονοθυρίδας (slot). Αυτό συνεπάγεται την υλοποίηση μιας μεθόδου ανανέωσης συγχρονισμού με κάθε χρονοθυρίδα, μιας και καθεμία προέρχεται από διαφορετική πηγή και συνεπώς δεν είναι απόλυτα ευθυγραμμισμένη με την καθολική συχνότητα λειτουργίας. Η ανόρθωση της συχνότητας ρολογιού αλλά και η αναπροσαρμογή του κατωφλίου απόφασης που συμβαίνουν λόγω ακριβώς της ποικιλίας των εμπλεκόμενων πηγών αλλά και των διαφορετικών αποστάσεων τους από το Δίκτυο Πρόσβασης, γίνεται με χρήση ενός σύντομου διαστήματος εκμάθησης. Σε αυτό το διάστημα συλλέγονται στοιχεία για τα χαρακτηριστικά κάθε πηγής αλλά και της γραμμής που συνδέει κάθε μια με το Δίκτυο Πρόσβασης τα οποία αποθηκεύονται σε έναν πίνακα αναζήτησης στο σημείο Τερματισμού Γραμμής (Line Termination) που δεν είναι άλλο από το Δίκτυο Πρόσβασης. Με βάση αυτά τα στοιχεία γίνεται η διόρθωση του κατωφλίου απόφασης για τα ψηφιακά δεδομένα σε κάθε χρονική στιγμή με την παροχή μιας πρώτης γενικής εκτίμησης.

Η εξισορρόπηση της απόστασης μεταξύ των διαφόρων πηγών και του Τερματισμού Γραμμής λαμβάνει χώρα διαταράσσοντας ελάχιστα την κανονική ανταλλαγή πληροφορίας με τη χρήση της διαδικασίας διαστασιολόγησης. Αυτή η διαδικασία χωρίζεται σε τρία στάδια: χονδροειδούς (coarse), στατικής, λεπτομερούς (static fine), και δυναμικής (dynamic) διαστασιολόγησης, στάδια τα οποία έχουν διαφορετικά αντικείμενα αλλά και ακρίβεια. Βασική προϋπόθεση της διαδικασίας χονδροειδούς διαστασιολόγησης (coarse ranging) είναι η παρατήρηση της πρώτης μετάδοσης από τις πηγές και ο πρώτος προσδιορισμός της απόστασης χωρίς παράλληλα να διαταραχθεί η κανονική λειτουργία ανταλλαγής πληροφορίας. Έχοντας μια πρώτη εκτίμηση από το πρώτο στάδιο, μπορούμε να κάνουμε ακριβείς εκτιμήσεις κατά το στάδιο της σταθερής, λεπτομερούς διαστασιολόγησης με χρήση ψηφιακών τεχνικών. Τέλος, έχοντας μια πλήρη εικόνα για το κανάλι και την αντίστοιχη πηγή μπορούμε να μεταβούμε στο επόμενο στάδιο της δυναμικής διαστασιολόγησης όπου σε κάθε χρονική στιγμή και για κάθε πηγή αναπροσαρμόζεται η καθυστέρηση μετάδοσης πακέτου ανοδικά λόγω της διακύμανσης της καθυστέρησης μετάβασης μετ' επιστροφής (round trip delay).

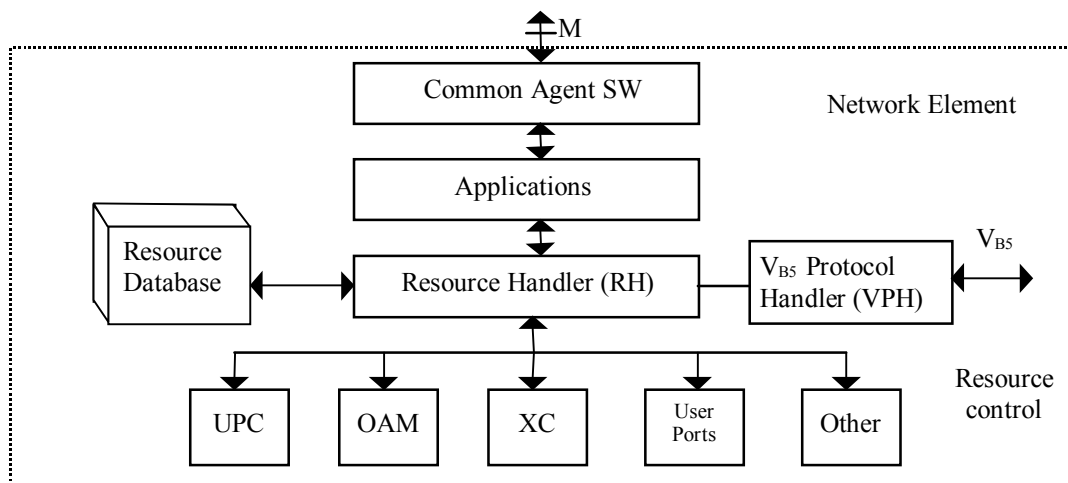
1.2.1.2. Κρυπτογράφηση

Το Παθητικό Οπτικό Δίκτυο χαρακτηρίζεται από παθητικά στοιχεία τα οποία αποτελούν μέρος ενός δενδροειδούς δικτύου διανομής όπου η πληροφορία της καθοδικής διεύθυνσης φτάνει σε όλους ανεξάρτητα τους δέκτες. Οι δέκτες όμως προσπελάζουν αυτή μόνο την πληροφορία που αντιστοιχεί στις συνδέσεις που έχουν εγκαταστήσει με βάση τους ενδείκτες Νοητών Μονοπατιών / Νοητών Διαύλων. Στην περίπτωση της πολλαπλής εκπομπής (multicast), για να αποφευχθεί η αποστολή προς κάθε χρήστη σε διαφορετική σύνδεση (Νοητά Μονοπάτια / Νοητοί Διάυλοι) η πληροφορία, χρησιμοποιείται κλειδί κωδικοποίησης (encryption key) ώστε να έχουν πρόσβαση στη πληροφορία αυτή μόνο οι κατάλληλοι χρήστες. Για να μην χρησιμοποιούνται πολλά κλειδιά, ένα για κάθε Μονάδα Δικτύου, ο Τερματισμός Γραμμής αποστέλλει ένα κλειδί πολλαπλής εκπομπής προς τους συμμετέχοντες χρήστες με βάση το οποίο θα αποκωδικοποιήσουν την εκπεμπόμενη πληροφορία. Με αυτόν τον τρόπο η διαδικασία κρυπτογράφησης στην καθοδική κατεύθυνση έχει τον πρόσθετο ρόλο της συμπλήρωσης της λειτουργίας δρομολόγησης (routing).

1.2.2. Τμήμα Ελέγχου

Το Τμήμα Ελέγχου έχει ως κύριο αντικείμενο την εφαρμογή διατάξεων ελέγχων που σχετίζονται με συνδέσεις. Συγκεκριμένα ασχολείται με την αναγκαία σηματοδότηση για την εγκατάσταση, μετατροπή, απεγκατάσταση και δρομολόγηση μιας σύνδεσης. Διαχειρίζεται τους πόρους του συστήματος και ανά πάσα στιγμή ανταποκρίνεται στις αιτήσεις χρηστών για την ανάθεση πόρων θετικά ή αρνητικά. Για κάθε αποδεκτή αίτηση χρήστη αστυνομεύει τη σύνδεση ώστε να διασφαλίσει τη συμμόρφωση του χρήστη με τις δεσμεύσεις των πόρων που έχει αιτήσει ώστε να διαφυλαχτεί η ισονομία κατανομής των πόρων αλλά και η επίδοση του συνολικού συστήματος στην παροχή μιας δεδομένης ποιότητας υπηρεσίας. Αυτό γίνεται με την εφαρμογή των διατάξεων Ελέγχου Παραμέτρων Χρήστη (User Parameters Control (UPC)).

Η πραγματοποίηση της διασύνδεσης μεταξύ των εμπλεκόμενων μερών πραγματοποιείται στη βάση των Νοητών Μονοπατιών ή των Νοητών Διαύλων ανάλογα με την έκδοση του σημείου V_{B5} προσαρμογής που χρησιμοποιείται. Έτσι, για το σημείο προσαρμογής $V_{B5.1}$ που παρέχει τη δυνατότητα πολύπλεξης σε έναν αριθμό από Σημεία Προσαρμογής Χρήστη (User Network Interfaces (UNIs)) είναι απαραίτητη η σύνδεση με χρήση Νοητών Μονοπατιών μιας και δεν παρέχεται η δυνατότητα συγκέντρωσης σε επίπεδο Νοητών Διαύλων. Σε αντίθεση με το $V_{B5.1}$, το σημείο προσαρμογής $V_{B5.2}$ παρέχει την δυνατότητα συγκέντρωσης σε επίπεδο Νοητών Διαύλων και κατά συνέπεια η διασύνδεση των χρηστών γίνεται σε αυτή τη βάση. Για να γίνει δυνατή η διασύνδεση (cross connect (XC)) στη βάση Νοητών Διαύλων επιβάλλεται η επικοινωνία του Δικτύου Πρόσβασης με τον Κόμβο Παροχής Υπηρεσιών με χρήση του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης. Αυτό χρησιμοποιείται για να υποδείξει την Θύρα Χρήστη (User Port) στο Δίκτυο Πρόσβασης στην οποία θα δρομολογηθεί η σύνδεση αλλά και τους απαιτούμενους πόρους για την επίτευξη της. Οι παράμετροι αυτοί των πόρων φυλάσσονται στη Βάση Δεδομένων των Πόρων (Resource Database) και το V_{B5} πρωτόκολλο ελέγχεται μέσω της μονάδας Χειρισμού του V_{B5} πρωτοκόλλου (V_{B5} Protocol Handler (VPH)). Η απόδοση τιμών στους Ενδείκτες Νοητών Μονοπατιών γίνεται με χρήση των διαδικασιών Λειτουργίας, Επίβλεψης και Διαχείρισης (Operation, Administration and Management (OAM)). Τον κεντρικό έλεγχο των λειτουργικών αυτών μονάδων έχει η οντότητα Χειρισμού των Πόρων (Resource Handler (RH)), η λειτουργίες του τμήματος ελέγχου περιγράφονται από το Σχήμα 7.



Σχήμα 7 Λειτουργική δομή του Στοιχείου Δικτύου (Network Element (NE)).

1.2.2.1. Πρωτόκολλο Ελέγχου Πρόσβασης Μέσου

Το πρωτόκολλο Ελέγχου Πρόσβασης Μέσου χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις που πολλοί χρήστες επιδιώκουν να αποκτήσουν πρόσβαση σ ένα κοινό μέσο και κατά συνέπεια επιβάλλεται η διαιτησία αυτής της διαδικασίας. Σε γενικές γραμμές, η σχεδίαση ενός πρωτοκόλλου Ελέγχου Πρόσβασης Μέσου θα πρέπει να χαρακτηρίζεται από ισονομία (fairness), αποτελεσματικότητα (efficiency), και το πλέον σημαντικότερο δυναμική ανάθεση εύρους ζώνης.

Η υλοποίηση του πρωτοκόλλου Ελέγχου Πρόσβασης Μέσου αλλά και ο ίδιος ο αλγόριθμος λειτουργίας του πρωτοκόλλου επηρεάζονται άμεσα από την αρχιτεκτονική του Δικτύου Πρόσβασης του οποίου θα αποτελέσουν μέρος. Στην περίπτωση των Παθητικών Οπτικών Δικτύων έχουν προταθεί διαφορετικά πρωτόκολλα Ελέγχου Πρόσβασης Μέσου αλλά το επικρατέστερο είναι αυτό της Πολλαπλής Πρόσβασης Διαμοιρασμού Χρόνου (Time Division Multiple Access (TDMA)), κατά το οποίο το εύρος ζώνης του κοινά διαμοιραζόμενου μέσου επιμερίζεται σε χρονοθυρίδες. Αυτές οι χρονοθυρίδες μπορούν να ανατεθούν εκ των προτέρων (pre-assigned) στους χρήστες ή να ανατίθενται κατά παραγγελία (on demand). Χρησιμοποιείται μια διάταξη αιτήσεων δεσμεύσεων, όπου τα εξερχόμενα από τον χρήστη πακέτα εναποτίθενται σε ουρά στη Μονάδα Δικτύου προσωρινά έως ότου λάβουν την άδεια πρόσβασης στο κοινά διαμοιραζόμενο μέσο ώστε να μεταδοθούν προς τον τελικό παραλήπτη. Η εναπόθεση μπορεί να γίνεται σε μοναδική ουρά ή σε περισσότερες, περίπτωση στην οποία μπορούν να εφαρμοστούν διατάξεις απόδοσης προτεραιοτήτων στα πακέτα χρήστη που εναποτίθενται σε διαφορετικές ουρές. Το μέγεθος της κάθε ουράς σε πακέτα χρήστη αποστέλλεται προς τον Τερματισμό Γραμμής σε τακτά χρονικά διαστήματα ώστε να ενημερώνουν για τις υπολειπόμενες άδειες εκπομπής που χρειάζεται το κάθε τερματικό ώστε να αδειάσει η ουρά. Τα χρονικά διαστήματα που ενημερώνεται ο Τερματισμό Γραμμής είναι είτε σε σταθερές θέσεις όταν υιοθετείται δομή πλαισίου ανοδικής κατεύθυνσης είτε με περιοδικό τρόπο όταν δεν έχει τίποτα να στείλει τον Διαμορφωτή - Αποδιαμορφωτή για λόγους αποτελεσματικότητας. Ο αλγόριθμος Ελέγχου Πρόσβασης Μέσου (MAC) αφού εκτελέσει όλους τους απαραίτητους ελέγχους, εκδίδει άδειες πρόσβασης και τις αποστέλλει προς τις Μονάδες Δικτύου. Ακόμα και σε αυτό το επίπεδο, υπάρχουν διαφορετικοί αλγόριθμοι όπου κάποιοι επικεντρώνονται στην άποψη της ελάχιστης πολυπλοκότητας ενώ άλλοι στην καλύτερη επίδοση σε τομείς καθυστέρησης και Διακύμανσης της Καθυστέρησης Πακέτου (Cell Delay Variation (CDV)) σε βάρος της απλότητας του αλγορίθμου.

Ένα πολύ σημαντικό πλεονέκτημα της τεχνικής Πολλαπλής Πρόσβασης Διαμοιρασμού Χρόνου είναι ότι μπορεί να συνδυαστεί με την τεχνική Πολλαπλής Πρόσβασης Διαμοιρασμού Μήκους Κύματος (Wavelength Division Multiple Access (WDMA)) με αποτέλεσμα την αναβάθμιση του συστήματος: με την εισαγωγή δεύτερου μήκους κύματος του φέροντος καναλιού διπλασιάζεται αυτόματα ο αριθμός των χρηστών που είναι σε θέση να υποστηρίξει το σύστημα. Επιπρόσθετα, το επιπλέον μήκος κύματος μπορεί να χρησιμοποιηθεί αποκλειστικά για την παροχή υπηρεσιών πολλαπλής ή καθολικής (broadcast) εκπομπής.

Σε περισσότερο απαιτητικά περιβάλλοντα, όπως είναι αυτά των Παθητικών οπτικών Δικτύων δεύτερης γενιάς (SuperPONs), όπου η καλυπτόμενη απόσταση και κατά συνέπεια η καθυστέρηση μετ' επιστροφής αποκτούν μεγαλύτερες τιμές, δεν καλύπτονται από τον παραπάνω μηχανισμό μιας και αυτός δεν είναι σε θέση να επεκταθεί με έναν άμεσο τρόπο προς αυτή την κατεύθυνση. Μια αποδοτική και με χαμηλό κόστος μέθοδος είναι η χρήση της διάταξης Πολλαπλής Πρόσβασης

Διαμοιρασμού Χρόνου (TDMA) αλλά με την προσθήκη μηχανισμών, διαφορετικών για κάθε προσφερόμενη υπηρεσία: η κίνηση πακέτων που αντιστοιχεί σε υπηρεσίες Σταθερού Ρυθμού (Constant Bit Rate (CBR)) ή Μεταβλητού Ρυθμού πραγματικού χρόνου (real time Variable Bit Rate (rt-VBR)) θα εξυπηρετείται από αυτόκλητες (unsolicited) άδειες, ενώ στην περίπτωση της κίνησης που αντιστοιχεί σε υπηρεσίες Μεταβλητού Ρυθμού μη πραγματικού χρόνου (non real time Variable Bit Rate (non rt-VBR)) ή Διαθέσιμου Ρυθμού (Available Bit Rate (ABR)) θα χρησιμοποιείται ένας μηχανισμός αιτήσεων. Παράλληλα υπάρχουν πολλές διαφορετικές προσεγγίσεις όπου σε κάθε μία δύναται ιδιαίτερη έμφαση σε ένα θέμα, όπως για παράδειγμα στην Τηλεφωνία (Plain Old Telephony System (POTS)), ώστε να υπάρξουν οφέλη από την απλότητα του συνολικού συστήματος.

1.2.2.2. Ταυτοποίηση συνδέσεων και δρομολόγηση

Στα βασισμένα σε τεχνολογία Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης Δίκτυα Πρόσβασης η δρομολόγηση των ροών πληροφορίας των τμημάτων χρήστη, ελέγχου και διαχείρισης πραγματοποιείται στη βάση των Ενδείκτη Νοητού Μονοπατιού / Ενδείκτη Νοητού Διαύλου (Virtual Path Identifier (VPI) / Virtual Channel Identifier (VCI)) που αποτελούν πεδία των πακέτων του πρωτοκόλλου Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης. Η ανάθεση αυτών των τιμών μπορεί να λάβει χώρα για το σημείο προσαρμογής V_{B5} είτε σε ημι-μόνιμη βάση με ανάθεση είτε δυναμικά με χρήση του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης. Το πρώτο συμβαίνει όταν δεν γίνεται πολύπλεξη της κίνησης των χρηστών στο Δίκτυο Πρόσβασης οπότε και χρησιμοποιούνται τα πρωτόκολλα σηματοδοσίας (signalling) για απευθείας επικοινωνία με τον Κόμβο Παροχής Υπηρεσιών μέσω της ανατεθειμένης Σύνδεσης Νοητού Μονοπατιού (Virtual Path Connection (VPC)) που μεταφέρει δεδομένα και μηνύματα σηματοδοσίας διαφανώς από το Δίκτυο Πρόσβασης το οποίο περιορίζεται στις λειτουργίες μεταγωγής. Το δεύτερο, δηλαδή η δυνατότητα πολύπλεξης της κίνησης των χρηστών, συνεπάγεται την ανάγκη δυναμικής ανάθεσης συνδέσεων Νοητών Διαύλων εσωτερικά στο Δίκτυο Πρόσβασης, αλλά και έναν τρόπο ταυτοποίησης των πακέτων πληροφορίας χρήστη αλλά και μηνυμάτων σηματοδοσίας ώστε να προωθηθούν σε διαφορετικές θύρες.

Στην περίπτωση του Παθητικού Οπτικού Δικτύου τεχνολογίας Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης με δενδροειδή δομή δεν ισχύουν τα ίδια με έναν μεταγωγό Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης όπου η δρομολόγηση των πακέτων βασίζεται μόνο στις τιμές των πεδίων Ενδείκτη Νοητού Μονοπατιού / Ενδείκτη Νοητού Διαύλου της επικεφαλίδας. Αυτό συμβαίνει λόγω της φύσης των Δικτύων Πρόσβασης με δενδροειδή δομή, που είναι καθολικής εκπομπής όπου δηλαδή τα μεταδιδόμενα πακέτα καθοδικής φοράς λαμβάνονται από όλες τις Μονάδες Δικτύου και τα πακέτα της ανοδικής φοράς μπορεί να κατευθύνονται σε πολλαπλά σημεία προσαρμογής V_{B5} . Καθόσον το Δίκτυο Πρόσβασης δεν είναι σημείο τερματισμού της πληροφορίας που σχετίζεται με τη σηματοδοσία, το Δίκτυο Πρόσβασης αγνοεί τις τιμές που έχουν οι ενδείκτες συνδέσεων καθώς και τις συσχετίσεις τους με τα συνδιαλεγόμενα μέρη, πληροφορία που ορίστηκε κατά την φάση εγκατάστασης της κλήσης. Η ταυτοποίηση συνδέσεων, η δρομολόγηση και η διευθυνσιοδότηση (addressing) στα Παθητικά Οπτικά Δίκτυα τεχνολογίας Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης είναι θέματα που μοιάζουν με αυτά των μη προσανατολισμένων σε σύνδεση (connectionless) δικτύων. Συγκεκριμένα, σε ένα τέτοιο Δίκτυο Πρόσβασης μπορεί να χρησιμοποιηθεί η ίδια τιμή Ενδείκτη Νοητού Μονοπατιού για τον χαρακτηρισμό διαφορετικών Συνδέσεων Νοητού Μονοπατιού τόσο στο σημείο προσαρμογής T όσο και στο V. Από αυτή την

άποψη η πληροφορία που φέρει η τιμή Ενδείκτη Νοητού Μονοπατιού δεν αρκεί για την σωστή δρομολόγηση και διευθυνσιοδότηση στα Παθητικά Οπτικά Δίκτυα τεχνολογίας Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης. Αυτό το πρόβλημα ξεπερνάτε με την υλοποίηση ενός εσωτερικού στο Δίκτυο Πρόσβασης αλγορίθμου ο οποίος χρησιμοποιείται για την ανάθεση Ενδείκτων Νοητού Μονοπατιού σε διαφορετικές Συνδέσεις Νοητού Μονοπατιού. Οι Ενδείκτες Νοητού Μονοπατιού αποτελούν τους λογικούς πόρους του δικτύου που προσδιορίζουν τον προορισμό του πακέτου καθώς και τον τύπο πληροφορίας που μεταφέρει. Όπως προαναφέρθηκε υπάρχουν δύο τρόποι ανάθεσης τιμών σε Ενδείκτες Νοητού Μονοπατιού: στατικά όπου η συσχέτιση Μονάδας Δικτύου και Ενδείκτη Νοητού Μονοπατιού είναι μονοσήμαντη τόσο προς την πλευρά του χρήστη όσο και προς την πλευρά του δικτύου στο σημείο προσαρμογής V, ή δυναμικά όπου ο αριθμός των Ενδείκτων Νοητού Μονοπατιού για κάθε χρήστη αυξάνεται με την προϋπόθεση της ενδοσυνεννόησης Τερματισμού Γραμμής, που βρίσκεται στο Δίκτυο Πρόσβασης, και Κόμβου Παροχής Υπηρεσιών.

1.2.2.3. Αστυνόμευση

Ο όρος αστυνόμευση (policing) αναφέρεται στις διαδικασίες ελέγχου που επιτηρούν τη διαθεσιμότητα των πόρων που αιτεί ο χρήστης αλλά και τη συμμόρφωση του χρήστη με τις απαιτήσεις αυτές. Κυριότερες εφαρμογές αστυνόμευσης αποτελούν ο Έλεγχος Αποδοχής Κλήσης (Call Admission Control (CAC)) και ο Έλεγχος Παραμέτρων Χρήστη (User Parameter Control (UPC)). Τα πρότυπα που περιγράφουν τις λειτουργίες των εφαρμογών Ελέγχου Αποδοχής Κλήσης και Ελέγχου Παραμέτρων Χρήστη υποθέτουν τοπολογία αφοσιωμένων συνδέσεων από άκρο σε άκρο, και κατά συνέπεια κάθε σύνδεση χρήστη αντιμετωπίζεται ξεχωριστά. Αυτή η προσέγγιση όμως δεν μπορεί να υλοποιηθεί χωρίς μετατροπή ώστε να λάβει υπόψη την πολυπλεγμένη κίνηση που φθάνει στον Κόμβο Παροχής Υπηρεσιών από το Παθητικό Οπτικό Δίκτυο, μιας και η μορφή της κίνησης πακέτων έχει διαταραχθεί (λόγο της πολυπλεξίας) και κατά συνέπεια θα πρέπει να διερευνηθεί σε αυτή τη φάση η επίδραση της στις προσφερόμενες υπηρεσίες. Αυτό γίνεται με χρήση των διαδικασιών ελέγχου ροής (flow control) και ελέγχου συμφόρισης (congestion control) που στα δίκτυα Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης λαμβάνει χώρα σε χαμηλότερα στρώματα σε σχέση με τα παραδοσιακά δίκτυα δεδομένων. Υπάρχουν δε δύο τύποι ελέγχων: ο προληπτικός (preventive) για ευαίσθητες στην καθυστέρηση υπηρεσίες, όπως η Σταθερού Ρυθμού και η Μεταβλητού Ρυθμού πραγματικού χρόνου, και ο αναδραστικός (reactive) για υπηρεσίες με ανοχή σε καθυστερήσεις, όπως η Διαθέσιμου Ρυθμού.

Ο προληπτικός έλεγχος αποσκοπεί στην παροχή προβλεπόμενης τιμής φόρτου του δικτύου όχι μόνο στην σταθερή κατάσταση αλλά και στην περίπτωση της ελεγχόμενης μεταβατικής συμπεριφοράς, στο πλαίσιο της μη ύπαρξης αναδραστικής πληροφορίας. Είναι απόρροια της αναποτελεσματικής εφαρμογής διατάξεων ανάδρασης σε δίκτυα όπου έχουν σταθερή καθυστέρηση διάδοσης αλλά αυξανόμενο ρυθμό μετάδοσης, με αποτέλεσμα η πιθανή διάταξη ανάδρασης να επηρεάζει ολόενα και αυξανόμενο αριθμό μεταδιδόμενων δεδομένων. Παρόλα αυτά, δεν συμβαδίζει με την άποψη της βέλτιστης χρησιμοποίησης της ζεύξης, οπότε και χρησιμοποιείται η διάταξη αναδραστικού ελέγχου με εφαρμογή σε υπηρεσίες με ανοχές σε καθυστερήσεις, με αποτέλεσμα την καλύτερη εκμετάλλευση της ζεύξης και τον περιορισμό του κόστους. Για να συμβούν ο διαχωρισμός αυτός χρησιμοποιούνται ένα σύνολο από παραμέτρους οι οποίες επηρεάζουν και την λήψη των αποφάσεων από τους μηχανισμούς Ελέγχου Αποδοχής Κλήσης και Ελέγχου Παραμέτρων Χρήστη και

οι οποίοι είναι διαφορετικοί από υπηρεσία σε υπηρεσία, όπως φαίνεται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1 Παράμετροι και εγγυήσεις ανά κατηγορία υπηρεσίας.

Service Category	Traffic Description	Guarantees			Use of Feedback Control
		Min Loss (CLR)	Delay/ Variance	Bandwidth	
CBR	PCR	√	√	√	-
rt-VBR	PCR, SCR, MBS	√	√	√	-
nrt-VBR	PCR, SCR, MBS	√	-	√	-
ABR	PCR, MCR+ behavior params.	√	-	√	√
UBR	(PCR)	-	-	-	-

1.2.3. Τμήμα Διαχείρισης

Οι λειτουργίες του Τμήματος Διαχείρισης του δικτύου είναι πρωταρχικής σημασίας για τον οργανισμό παροχής της υπηρεσίας μιας και του επιτρέπουν την αξιόπιστη παροχή υψηλής ποιότητας στις υπηρεσίες που διαθέτει. Λόγο της διαφοροποίησης των οργανισμών λειτουργίας Δικτύου Πρόσβασης, έχουν αναπτυχθεί πολλές διαφορετικές εκδόσεις συστημάτων διαχείρισης ώστε να καλύψουν καθεμία συγκεκριμένα προβλήματα. Η έλλειψη συμβατότητας μεταξύ αυτών των συστημάτων έδωσε αφορμή για την έναυση των διαδικασιών ορισμού της αρχής Δικτύου Διαχείρισης Τηλεπικοινωνιών (Telecommunications Management Network (TMN)). Το Δίκτυο Διαχείρισης Τηλεπικοινωνιών αποτελεί ένα ανεξάρτητο σύστημα πληροφοριών το οποίο επιτρέπει στους οργανισμούς λειτουργίας δικτύων να επιβλέπουν και να ελέγχουν λειτουργικά στοιχεία των τηλεπικοινωνιακών τους δικτύων μέσω προτυποποιημένων σημείων προσαρμογής και πρωτοκόλλων. Το Δίκτυο Διαχείρισης Τηλεπικοινωνιών είναι ένα ξεχωριστό δίκτυο το οποίο διαθέτει σημεία προσαρμογής με ένα τηλεπικοινωνιακό δίκτυο σε αρκετά σημεία ώστε να είναι σε θέση να λαμβάνει πληροφορία από αυτό και να ελέγχει τη λειτουργία του.

Οι περιοχές διαχείρισης διακρίνονται σε πέντε κύριους τομείς:

- επίδοσης (performance),
- σφάλματος (fault),
- τοπολογίας (configuration),
- ασφάλειας (security), και

- λογιστικής (accounting).

1.2.3.1. Διαχείριση Επίδοσης

Η Διαχείριση Επίδοσης (Performance Management) επιτρέπει την αξιολόγηση της συμπεριφοράς των πόρων του συστήματος αλλά και την αποδοτικότητα των δραστηριοτήτων επικοινωνίας. Περιλαμβάνει λειτουργίες οι οποίες αναλύονται στις ακόλουθες:

- (1) Συλλογή στατιστικών πληροφοριών,
- (2) Συντήρηση και επεξεργασία ημερολογιακών αρχείων της ιστορίας του συστήματος,
- (3) Καθορισμός της επίδοσης του συστήματος κάτω από φυσικές και τεχνητές συνθήκες, και
- (4) Μεταβολή των καταστάσεων του συστήματος λόγω της εφαρμογής των δραστηριοτήτων διαχείρισης επίδοσης.

Για να γίνει δυνατή η ολοκληρωμένη υλοποίηση όλων αυτών των λειτουργιών, ώστε να γίνει εφικτή η διαχείριση επίδοσης από άκρο σε άκρο πάνω από ένα πολύπλοκο δίκτυο, η τοπολογία που έχει λάβει υπόψη του το σύστημα διαχείρισης και ο κατασκευαστής του δικτύου θα πρέπει να έχουν σύμφωνη γνώμη για τις μεθοδολογίες και τις τεχνικές μετρήσεων. Ακόμη και τεχνητή λογική θα μπορούσε να συμπεριληφθεί στις τεχνικές σχεδίασης του δικτύου ώστε να επιτευχθεί μία πρόιμη εικόνα της πιθανής κατάπτωσης της επίδοσης του δικτύου.

Στις αρμοδιότητες της Διαχείρισης Επίδοσης περιλαμβάνεται και η επιτήρηση των χαρακτηριστικών των υπηρεσιών που παρέχονται στον χρήστη μέσω του Δικτύου Πρόσβασης. Παρόλο που αυτό θα σήμαινε την επιτήρηση όλων των χαρακτηριστικών της κίνησης πακέτων Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης, επικεντρώνεται ουσιαστικά η έμφαση στο Ρυθμό Απώλειας Πακέτου (Cell Loss Rate (CLR)) στο επίπεδο της Σύνδεσης Νοητού Μονοπατιού. Η Διαχείριση Επίδοσης δραστηριοποιείται στην περίπτωση κατάπτωσης της επίδοσης προς ανόρθωση της σε συνεργασία με τη Διαχείριση Τοπολογίας, αποστέλλοντας εν παραλλήλω μηνύματα συναγερμού στη Διαχείριση Σφάλματος στην περίπτωση που η επίδοση καταπέσει πέραν ενός προκαθορισμένου ορίου. Πέραν της επιτήρησης των Συνδέσεων Νοητού Μονοπατιού, η Διαχείριση Επίδοσης είναι επίσης υπεύθυνη για την συλλογή πληροφοριών για αυτές τις συνδέσεις.

1.2.3.2. Διαχείριση Σφάλματος

Η Διαχείριση Σφάλματος (Fault Management) δίνει μεγαλύτερη έμφαση στον εντοπισμό των σφαλμάτων, την απομόνωση τους και την διόρθωση της προβληματικής λειτουργίας του συστήματος. Οι λειτουργίες της συνίστανται από τις ακόλουθες:

- (1) Συντήρηση και επεξεργασία ημερολογιακών αρχείων σφαλμάτων,
- (2) Λήψη ειδοποιήσεων για τον εντοπισμό σφάλματος και ανταπόκριση σε αυτές,
- (3) Ανίχνευση και ταυτοποίηση σφαλμάτων, και
- (4) Διεξαγωγή μιας σειράς από διαγνωστικές δοκιμές καθώς και η επιδιόρθωση των σφαλμάτων.

Μία εφαρμογή που συμπεριλαμβάνει όλες αυτές τις λειτουργίες Διαχείρισης Σφάλματος σε ένα Δίκτυο Πρόσβασης, που χαρακτηρίζεται από εξοπλισμό προερχόμενο από πολλαπλούς κατασκευαστές και πολλαπλούς οργανισμούς λειτουργίας του, θα πρέπει να χρησιμοποιεί περίπλοκες τεχνικές και να εξαρτάται από την διαφοροποίηση των συστημάτων διαχείρισης για την συντονισμένη χρήση των αναγκαίων λειτουργιών. Η διάγνωση σφαλμάτων σε ένα περιβάλλον όπου ο εξοπλισμός προέρχεται από πολλαπλούς κατασκευαστές προϋποθέτει ότι το σύστημα διαχείρισης και η διαδικασία ενοποίησης όλων αυτών των λειτουργιών έχουν την ίδια άποψη για αυτές τις παραμέτρους συναγερμού. Η φάση ενοποίησης των λειτουργιών Διαχείρισης Σφάλματος θα πρέπει αν συμπεριλάβει και την παροχή ευφούς ανάλυσης αυτών των παραμέτρων, ώστε με την πάροδο του χρόνου να αποκτηθεί εμπειρία ώστε να εξελιχθούν οι διαδικασίες και οι τρόποι ελέγχου σε πιο έμπειρες μορφές.

Τα μηνύματα σφάλματος μεταφέρονται με τα πακέτα Διαχείρισης, Επίβλεψης και Λειτουργίας. Αυτά μεταδίδονται από τα Στοιχεία Δικτύου προς τα ανώτερα στρώματα μέσω του σημείου προσαρμογής Q₃ του συστήματος διαχείρισης. Η Διαχείριση Σφάλματος είναι επίσης υπεύθυνη για την παροχή πληροφορίας για την κατάσταση του Δικτύου Πρόσβασης στις υπόλοιπες λειτουργίες διαχείρισης. Τέλος, η Διαχείριση Σφάλματος περιέχει τις ακόλουθες διαδικασίες:

- (1) Φιλτράρισμα γεγονότων,
- (2) Επιτήρηση μηνυμάτων συναγερμού,
- (3) Παροχή ανάδρασης της λαμβανόμενης πληροφορίας, και
- (4) Δυνατότητα εκτέλεσης της λειτουργίας βολιδοσκόπησης (ping).

1.2.3.3. Διαχείριση Τοπολογίας

Η Διαχείριση Τοπολογίας (Configuration Management) καθορίζει και ασκεί τον έλεγχο πάνω από ανοιχτά συστήματα, συλλέγει δεδομένα από αυτά και παρέχει πληροφορία σε αυτά για την προετοιμασία, αρχικοποίηση, έναρξη και παροχή αδιάλειπτης λειτουργίας και τερματισμού υπηρεσιών διασύνδεσης. Η Διαχείριση Τοπολογίας περιλαμβάνει λειτουργίες οι οποίες:

- (1) Καθορίζουν τις παραμέτρους που ελέγχουν την λειτουργία ρουτίνας του ανοιχτού συστήματος,
- (2) Αντιστοιχίζουν ονόματα με πόρους διαχείρισης και ομάδες από πόρους διαχείρισης,
- (3) Αρχικοποιούν και καταργούν πόρους διαχείρισης,
- (4) Συλλέγουν πληροφορία κατά παραγγελία για την παρούσα κατάσταση του ανοιχτού συστήματος, και
- (5) Λαμβάνουν ανακοινώσεις για σημαντικές τροποποιήσεις της κατάστασης του συστήματος.

Η Διαχείριση Τοπολογίας ενός δικτύου που συντελείται από λειτουργικά τμήματα από πολλαπλούς κατασκευαστές δεν είναι δυνατόν να επιτευχθεί ώσπου να καθοριστεί μια μονοσήμαντη ταυτοποίηση κάθε πόρου διαχείρισης. Αυτό το σχήμα απόδοσης ονομασίας θα πρέπει να επιτρέπει την ανεξαρτησία μεταξύ των οργανισμών που κατασκευάζουν λειτουργικά στοιχεία του δικτύου χρησιμοποιώντας ιεραρχική δομή απόδοσης ονόματος, δομή η οποία περιλαμβάνει την ταυτοποίηση

του οργανισμού στο υψηλότερο επίπεδο και επιτρέπει την μοναδικότητα των ονομάτων εσωτερικά σε ένα οργανισμό που επιτηρείται εκ των έσω. Για λόγους λειτουργικότητας τα χαμηλότερα επίπεδα του σχήματος θα πρέπει να συμμορφώνεται με μία καθολικά αποδεκτή ιεραρχική δομή. Επιπλέον, πληροφορία σχετικά με την τοποθεσία και την τοπολογία είναι απαραίτητη για να γίνει δυνατή: η γραφική αναπαράσταση του συστήματος, η επίτευξη αναθεώρησης της τοπολογίας του συστήματος λόγω παρουσίασης σφάλματος του δικτύου ή ανομοιόμορφα καταναμημένων φορτίων και η επίτευξη παροχής νέων λειτουργικών στοιχείων δικτύου αλλά και υπηρεσιών. Ένας κατάλογος από στοιχεία δικτύου θα πρέπει να υποστηρίζει μια δυνατότητα διαχείρισης αναφοράς, η οποία θα επιτρέπει την αναγνώριση ενός στοιχείου διαχείρισης ενός πολύπλοκου δικτύου και την μετάφραση του σε τοπική ονομασία. Η βάση δεδομένων τοπολογίας πρέπει να περιέχει όλη την πληροφορία που κρίνεται αναγκαία για τους οργανισμούς λειτουργίας του δικτύου. Αυτή η βάση δεδομένων τοπολογίας θα πρέπει να διαχειρίζεται όχι μόνο την παρούσα κατάσταση του δικτύου αλλά και να προγραμματισμένες αλλαγές αλλά και σχέδια για μελέτη, ώστε να διευκολύνει διαδικασίες ανάθεσης και σχεδίασης του δικτύου.

Οι λειτουργίες της Διαχείρισης Τοπολογίας διαχειρίζονται την εγκατάσταση ή τον τερματισμό τόσο των στοιχείων υλικού (hardware) όσο και λογισμικού (software), καθώς επίσης και τις συσχετίσεις μεταξύ των στοιχείων που έχουν ήδη εγκατασταθεί. Η Διαχείριση Τοπολογίας δεν εμπλέκεται μόνο στις διαδικασίες στατικής ανάθεσης, αλλά επίσης στην δυναμική αναθεώρηση της τοπολογίας των ήδη εγκατεστημένων στοιχείων.

Τέλος, η Διαχείριση Τοπολογίας είναι υπεύθυνη για την ανάθεση Νοητών Μονοπατιών αλλά και την ανάθεση εύρους ζώνης, όπως και την ενεργοποίηση και τερματισμό της λειτουργικής οντότητας του Δικτύου Πρόσβασης.

1.2.3.4. Διαχείριση Ασφάλειας

Ο λόγος ύπαρξης της Διαχείρισης Ασφάλειας (Security Management) είναι η υποστήριξη της εφαρμογής των πολιτικών ασφάλειας μέσω λειτουργιών οι οποίες περιλαμβάνουν:

- (1) Την δημιουργία, διαγραφή και έλεγχο υπηρεσιών και μηχανισμών ασφαλείας,
- (2) Την διανομή της σχετιζόμενης με θέματα ασφάλειας πληροφορίας, και
- (3) Την αναφορά γεγονότων που σχετίζονται με θέματα ασφάλειας.

Η εφαρμογή που σχετίζεται με θέματα ασφάλειας και έχει την υψηλότερη προτεραιότητα στο πεδίο της διαχείρισης του δικτύου είναι η απόδοση αρμοδιότητας διοικητικής διαχείρισης του δικτύου, δικτύου που υποστηρίζει την προσπέλαση χρηστών στους πόρους του συστήματος με διαφορετικές βαθμίδες. Η Διαχείριση Ασφάλειας περιλαμβάνει επίσης την κατάτμηση του δικτύου σε επιμέρους τομείς. Διοικητική διαχείριση συνήθως ανατίθεται σε συγκεκριμένα τμήματα του δικτύου τα οποία καθορίζονται από κατανομές με μορφή γεωγραφική, λειτουργική ή με βάση τους χρήστες. Αυτοί οι ορισμοί των κατατμήσεων πρέπει να είναι δυναμικοί ώστε να μπορούν να αλλαχθούν τις στιγμές χαμηλού φορτίου, όπου είναι απαραίτητες λιγότερες ενέργειες διοικητικής διαχείρισης.

Μερικά Δίκτυα Πρόσβασης, όπως η περίπτωση του Παθητικού Οπτικού Δικτύου με δένδροειδή μορφή, απαιτούν επιπλέον λειτουργίες ιδιωτικότητας και ασφάλειας ώστε να διαφυλάξει τους χρήστες από κακόβουλες επιδρομές. Η ιδιωτικότητα

περιλαμβάνει την προστασία της πληροφορίας που αποστέλλει ή λαμβάνει ένας χρήστης από την πρόσβαση της από άλλους χρήστες, καθόσον η ασφάλεια σημαίνει την προστασία της πληροφορίας ώστε να μην τροποποιηθεί από κανέναν. Η Διαχείριση Ασφάλειας είναι υπεύθυνη για τη επιτήρηση και την διαχείριση εξαιρετικών καταστάσεων που σχετίζονται με θέματα προστασίας και ασφάλειας της ροής πληροφορίας διαμέσο του Δικτύου Πρόσβασης.

Επιπρόσθετα, όταν το Δίκτυο Πρόσβασης υπόκειται στη ιδιοκτησία ή σε λειτουργία από περισσότερους του ενός οργανισμούς λειτουργίας δικτύου, η πληροφορία διαχείρισης ανταλλάσσεται μεταξύ των διαφόρων οργανισμών λειτουργίας δικτύου μέσω του σημείου προσαρμογής X. Παρόλο που θα έπρεπε να υπάρχει κάποιες λειτουργίες ασφάλειας σε αυτό το σημείο προσαρμογής, η Διαχείριση Ασφάλειας είναι υπεύθυνη για την απόδοση αρμοδιότητας σε άλλα λειτουργικά συστήματα να έχουν πρόσβαση στην πληροφορία διαχείρισης.

Οι υπηρεσίες κρυπτογράφησης που περιλαμβάνονται στην λειτουργία Διαχείρισης Ασφάλειας μπορεί να παίζουν και ένα άλλο ρόλο στο σύστημα, αυτόν της συμπλήρωσης της υπηρεσίας δρομολόγησης. Σε αυτή την περίπτωση, κάθε χρήστης είναι σε θέση να αποκωδικοποιεί αυτή μόνο τη πληροφορία που αφορά τις συνδέσεις που αυτός υποστηρίζει, με την χρήση ενός κλειδιού κρυπτογράφησης. Οι συνδέσεις προς πολλαπλούς χρήστες μπορούν επίσης να υποστηριχτούν με την παροχή στους τελικούς χρήστες ενός δεύτερου κλειδιού το οποίο θα τους επιτρέψει να αποκρυπτογραφήσουν την πληροφορία.

1.2.3.5. Διαχείριση Λογιστικής

Η Διαχείριση Λογιστικής (Accounting Management) κάνει δυνατή την απόδοση χρεώσεων για την χρήση των πόρων του Δικτύου Πρόσβασης και τον προσδιορισμό του κόστους της χρήσης τους. Η Διαχείριση Λογιστικής περιλαμβάνει λειτουργίες οι οποίες:

- (1) Πληροφορούν τους χρήστες για το κόστος της χρήσης των καταναλωμένων πόρων του συστήματος,
- (2) Επιτρέπουν την οριοθέτηση λογιστικών ορίων και την σύνδεση προγραμματισμένης κίνησης πακέτων με την χρήση των αντίστοιχων πόρων, και
- (3) Επιτρέπουν τον συνδυασμό κοστολογήσεων στις περιπτώσεις χρήσης πολλαπλών πόρων με σκοπό την επίτευξη ενός δεδομένου τηλεπικοινωνιακού στόχου.

Η Διαχείριση Λογιστικής σε ένα περιβάλλον δικτύου που αποτελείται από λειτουργικά στοιχεία πολλαπλών κατασκευαστών οφείλει να συλλέγει πληροφορία από τα διάφορα στοιχεία του δικτύου, συνήθως από τα στοιχεία που σχετίζονται με την εγκατάσταση και τελείωση της εγκατάστασης μιας κλήσης. Επίσης, περιλαμβάνει εφαρμογές εναπόθεσης παραγγελίας. Αυτές οι εφαρμογές επιτρέπουν σε έναν οργανισμό παροχής δικτύου να παραγγείλει νέο εξοπλισμό και να υποθέσει πως αυτός είναι μέρος μιας προγραμματισμένης αναβάθμισης του δικτύου.

Η λειτουργικότητα της περιοχής που σχετίζεται με την λογιστική είναι στενά συνδεδεμένη με τη Διαχείριση Επίδοσης αφού τα δεδομένα στα οποία στηρίζεται η Λογιστική Διαχείριση προέρχονται από τις λειτουργίες επιτήρησης της επίδοσης του συστήματος που υπάρχουν στα διάφορα στοιχεία δικτύου Του Δικτύου Πρόσβασης. Το λειτουργικό σύστημα του Ψηφιακού Δικτύου Ολοκληρωμένων Υπηρεσιών Ευρείας Ζώνης λαμβάνει την πληροφορία που έχει συλλεχθεί από τα στοιχεία

δικτύου του Δικτύου Πρόσβασης μέσω του λειτουργικού συστήματος του Δικτύου Πρόσβασης και πάνω από το σημείο προσαρμογής διαχείρισης X, ώστε να χρεώσει τον χρήστη ανάλογα.

1.3. Δομή διατριβής

Η δομή της διατριβής ακολουθεί τη διαστρωματική αρχιτεκτονική της στοίβας πρωτοκόλλων του Πρότυπου Διασύνδεσης Ανοιχτού Συστήματος (Open System Interconnection (OSI)). Έτσι στο δεύτερο κεφάλαιο ασχολούμαστε με τη σχεδίαση ενός Πρωτοκόλλου Ελέγχου Πρόσβασης (Medium Access Control (MAC)) για υβριδικά δίκτυα Ομοαξονικού – Οπτικού (Hybrid Fiber Coaxial (HFC)), το οποίο είναι προσανατολισμένο στην εξυπηρέτηση κίνησης πακέτων Πρωτοκόλλου Διαδικτύου (Internet Protocol (IP)) με βάση την αρχιτεκτονική Διαφοροποιημένων Υπηρεσιών (Differentiated Services (DS)). Ο προτεινόμενος αλγόριθμος του πρωτοκόλλου για την κάλυψη των διαφορετικών από άποψη απαιτήσεων Ποιότητας Υπηρεσίας (Quality of Service (QoS)) ροών πακέτων και των αντίστοιχων προτεραιοτήτων που τις εξυπηρετούν περιγράφεται λεπτομερώς. Ακολουθώντας περιγράφεται η υλοποίηση του σε περιβάλλον προσομοίωσης PTOLEMY και λαμβάνει χώρα η εκτίμηση της επίδοσης του με βάση τα αποτελέσματα της προσομοίωσης.

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται μια καταγραφή των ορισμών και των εννοιών που εμπλέκονται με το σημείο προσαρμογής V_{B5} καθώς και μια ιστορική αναδρομή για την πορεία που ακολουθήθηκε ως αυτό το σημείο. Εδώ γίνεται εμφανής η διάκριση μεταξύ των δύο εκδόσεων του σημείου προσαρμογής V_{B5} , του $V_{B5.1}$ και του $V_{B5.2}$, με την παράθεση των χαρακτηριστικών τους. Σε αυτά περιλαμβάνεται και ο ορισμός του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης (Broadband - Bearer Channel Control Protocol (B-BCCP)) και η περιγραφή της λειτουργίας του μέσω της παράθεσης της διαδικασίας ανταλλαγής των μηνυμάτων του.

Στο τέταρτο κεφάλαιο προσδιορίζουμε τα χαρακτηριστικά αυτά του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης που καθορίζουν την συμπεριφορά του υπό συγκεκριμένες συνθήκες λειτουργίας του συστήματος. Για να γίνει αυτό καθορίζουμε αρχικά τις συνθήκες λειτουργίας του συστήματος που περιγράφονται από το είδος των υποστηριζόμενων υπηρεσιών και τον δυνατό αριθμό χρηστών για κάθε μία, την στρατηγική αποδοχής κλήσης που πρέπει να ακολουθηθεί, αλλά και τα χαρακτηριστικά των μηνυμάτων του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης που χαρακτηρίζουν την συμπεριφορά του. Έχοντας κάνει διάφορες υποθέσεις εργασίας καταλήγουμε στα χαρακτηριστικά που πρέπει να έχει το Πρωτόκολλο Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης ώστε να αντεπεξέλθει στις δεδομένες συνθήκες λειτουργίας του συστήματος. Τα θεωρητικά αυτά αποτελέσματα επιβεβαιώνονται από πειραματικές μετρήσεις που γίνονται με χρήση εργαλείου προσομοίωσης PTOLEMY και παράλληλα περιγράφεται μια μέθοδος βελτίωσης των επιδόσεων του συστήματος.

Στο πέμπτο κεφάλαιο περιγράφεται η δυνατότητα του σημείου προσαρμογής V_{B5} να παίζει πρωταγωνιστικό ρόλο σε ένα περιβάλλον τεχνολογίας για την οποία δεν είχε πρωταρχικά σχεδιαστεί. Το Παγκόσμιο Σύστημα Κινητών Τηλεπικοινωνιών (Universal Mobile Telecommunications System (UMTS)) αποτελεί την φιλοδοξία της ενοποίησης όλων των ασύρματων δικτύων πρόσβασης σε μία πλατφόρμα όπου θα είναι δυνατή η συνεργασία μεταξύ εξοπλισμού διαφορετικών τεχνολογιών. Σε αυτή την προσπάθεια υπάρχει λόγος να συμπεριληφθεί το σημείο προσαρμογής V_{B5} σαν

ένα από τα δομικά εκείνα στοιχεία που θα διευκολύνουν την διάνοιξη της οδού της ενοποίησης των τεχνολογιών λόγω του ανοιχτού του χαρακτήρα αλλά και επιμέρους χαρακτηριστικών. Σημείο κλειδί για την εδραίωση αυτού του ισχυρισμού αποτελεί η δυνατότητα υποστήριξης θεμάτων κινητικότητας χρήστη που αποτελούν το κατεξοχήν χαρακτηριστικό των ασυρμάτων δικτύων. Σε αυτή την προσπάθεια περιγράφεται η δυνατότητα υποστήριξης της διαδικασίας μεταπομπής κλήσης (handover) για την τεχνολογία του Παγκόσμιου Συστήματος για τις Κινητές Επικοινωνίες (Global System for Mobile telecommunications (GSM)) από το σημείο προσαρμογής $V_{B5.2}$ και συγκεκριμένα περιγράφεται η δυνατή αντιστοίχιση των μηνυμάτων που εμπλέκονται στη διαδικασία μεταπομπής κλήσης με τα κατάλληλα μηνύματα του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης αλλά και οι βελτιώσεις που πρέπει να γίνουν σε αυτό ώστε να αντεπεξέλθει στον νέο του ρόλο.

Στο έκτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η δυνατότητα του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης να συνεργαστεί με δίκτυα Πρωτοκόλλου Διαδικτύου και συγκεκριμένα να υποστηρίξει την λειτουργία του Πρωτοκόλλου Δέσμευσης Πόρων (Resource reSerVation Protocol (RSVP)) για αρχιτεκτονική Ενοποιημένων Υπηρεσιών (Integrated Services (IS)) του Πρωτοκόλλου Διαδικτύου. Εδώ περιγράφονται η αναγκαίες λειτουργικές τροποποιήσεις του τρόπου λειτουργίας του συστήματος του V_{B5} που θα κάνουν εφικτή μια τέτοια συνεργασία καθώς και η υποδομή του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης που θα υποστηρίξει την διασυνεργασία με το Πρωτόκολλο Δέσμευσης Πόρων στη βάση της αντιστοίχισης μηνυμάτων.

Στο έβδομο κεφάλαιο παρουσιάζεται το σύστημα διαχείρισης του V_{B5} . Η λειτουργική περιγραφή του μοντέλου διαχείρισης αλλά και των επιμέρους λειτουργικών οντοτήτων του συστήματος διαχείρισης που καθιστούν το σημείο προσαρμογής V_{B5} διαχειρίσιμη οντότητα αναλύονται λεπτομερώς. Η διαφοροποίηση μεταξύ των δύο εκδόσεων του σημείου προσαρμογής V_{B5} που καθορίζει την πρόσθετη λειτουργικότητα που εισέρχεται λόγω του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης παρουσιάζεται και υπολογίζεται στο μέτρο του δυνατού η επιβάρυνση λόγω αυτής της διαφοροποίησης. Επίσης συμπεριλαμβάνεται μια επίδειξη του συστήματος διαχείρισης από την οποία γίνεται φανερή η διαφορετική λειτουργικότητα μεταξύ του $V_{B5.1}$ και του $V_{B5.2}$.

1.4. Βιβλιογραφία

- [1] ATM Forum, "ATM in Europe: the user Handbook", July 1997.
- [2] ATM Forum White Paper, "ATM Service Categories: The Benefits to the User", May 1996.
- [3] BONAPARTE deliverable 15, " V_{B5} interface High Level Specification", November 1996.
- [4] AC094/EXPERT-VIKING Deliverable DV3, "B-BCCP Simulation and Experiments Definitions", editor: Giannis Pikrammenos, November 1998.
- [5] "The DSL Sourcebook, 2nd edition", www.paradyne.com, Paradyne Corporation, 1999.
- [6] "The Microsoft End-to-End Architecture for Digital Subscriber Line (DSL)", Hardware White Paper, Microsoft, April 1999.

- [7] D. E. McDysan, D. L. Spohn, “*ATM Theory and Application*”, McGraw-Hill, Inc. 1994.
- [8] U. Black, “*Data Networks*”, Prentice-Hall Inc. 1989.
- [9] U. Black, “*ATM Volume I: Foundation for Broadband Networks, 2nd Edition*”, Prentice-Hall Inc. 1999.
- [10] M. dePrycker, “*Asynchronous Transfer Mode, Solutions for Broadband ISDN, 2nd Edition*”, Prentice-Hall Inc. 1993.
- [11] U. Killat, “*Access to B-ISDN via PONs*”, Wiley 1996.
- [12] A. S. Tanenbaum, “*Δίκτυα Υπολογιστών, 2η Έκδοση*”, Prentice-Hall Inc. 1993.
- [13] S. Rao, “*Broadband Access and NI Chain Guidelines*”, ACTS September 1999.
- [14] Ι. Δ. Αγγελόπουλος, Ι. Σ. Βενιέρης, Ε. Ν. Πρωτονοτάριος, “*Στρατηγικές Εισαγωγής της Φωτονικής Τεχνολογίας στον Συνδρομητικό Βρόχο σε περιβάλλον B-ISDN*”, Σελίδα 40, Τεχνική Επιθεώρηση Τεύχος 47, Δεκέμβριος 1995.
- [15] Ι. Σ. Βενιέρης, «*Δίκτυα Ευρείας Ζώνης*», ΕΜΠ, 1998.

Κεφάλαιο 2ο Πρωτόκολλο Ελέγχου Πρόσβασης Μέσου (MAC) προσανατολισμένο στην εξυπηρέτηση Διαφοροποιημένων Υπηρεσιών (DS) σε περιβάλλον Υβριδικού Οπτικού-Ομοαξονικού Δικτύου (HFC).

«Η φυσική επιστήμη μας πληροφορεί πως όλη η δημιουργία είναι χτισμένη πάνω σε στρώματα ενέργειας, που το ένα βρίσκεται μέσα στο άλλο. Το λεπτότερο είναι το εσώτατο στρώμα της δημιουργίας και χτίζει γύρο από τον εαυτό του διάφορες ιδιότητες, με αποτέλεσμα να γίνεται ολοένα και μεγαλύτερο.

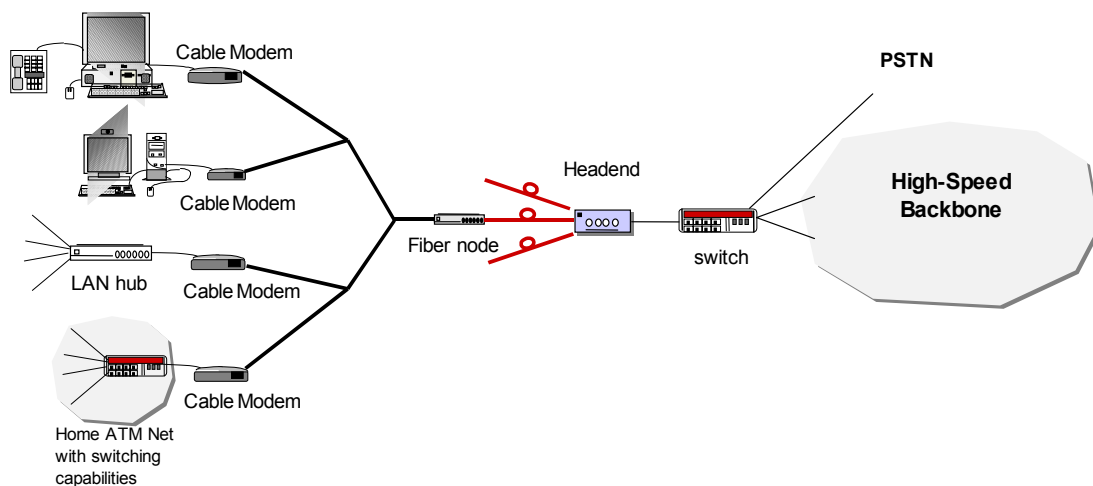
Πρόσφατες ανακαλύψεις στη φυσική δείχνουν ότι στη βάση όλης της δημιουργίας υπάρχουν διάφορα είδη στοιχειωδών σωματιδίων. Η οικογένεια των στοιχειωδών σωματιδίων αυξάνεται συνεχώς, δείχνοντας ότι η δημιουργία ενυπάρχει σε αμέτρητα στρώματα ενέργειας. Τα λεπτά σωματίδια δημιουργούν τα νετρόνια και τα πρωτόνια τα οποία σχηματίζουν τον πυρήνα του ατόμου, ο οποίος με τη σειρά του σχηματίζει το πλήρες άτομο. Τα άτομα σχηματίζουν μόρια και τα μόρια σχηματίζουν τις διάφορες μορφές των φαινομένων και αποτελούν ένα ολόκληρο ορατό σύμπαν. Με αυτόν τον τρόπο η φυσική αποκαλύπτει τα λεπτότερα στρώματα της δημιουργίας...»

*Η ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΤΟΥ ΕΙΝΑΙ ΚΑΙ Η ΤΕΧΝΗ ΤΗΣ ΖΩΗΣ,
Maharishi Mahesi Yogi,
Εκδόσεις Aquarius, 1991.*

2.1. Εισαγωγή

Οι δομές δένδροειδούς τοπολογίας παρουσιάζουν πλεονεκτήματα, από πλευράς κόστους, για τα δίκτυα πρόσβασης ευρείας ζώνης. Το πλεονέκτημα εστιάζεται στο ότι επιτρέπει σε πολλούς χρήστες να χρησιμοποιούν από κοινού τον ακριβό εξοπλισμό του κεντρικού επικεφαλής συστήματος (head-end) και το τμήμα του τροφοδότη (feeder). Επιπρόσθετα, προσφέρουν τη δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης του χάλκινου τελικού τμήματος πρόσβασης προς τους χρήστες κατά την κρίσιμη φάση της εισαγωγής της νέας τεχνολογίας και πιθανόν μετέπειτα. Η επαναχρησιμοποίηση

της υπάρχουσας υποδομής περιορίζει σε μεγάλο βαθμό το μέγεθος της αρχικής επένδυσης καθώς παρέχει τη δυνατότητα βαθμιαίας αύξησης ανάλογα με την ζήτηση της υπηρεσίας. Τυπικά παραδείγματα αποτελούν το σύστημα Υβριδικού Οπτικού-Ομοαξονικού δικτύου (Hybrid Fiber Coaxial (HFC)) και το σύστημα Παθητικού Οπτικού Δικτύου (Passive Optical Network (PON)). Το πρώτο σύστημα βρίσκεται κυρίως εφαρμογή σε συστήματα Καλωδιακής Τηλεόρασης (Cable TV (CATV)) λόγω του ομοαξονικού καλωδίου που χρησιμοποιείται για την διανομή του σήματος από το σημείο τερματισμού της οπτικής ίνας προς τους χρήστες. Το δεύτερο σύστημα χρησιμοποιεί τα βασισμένα σε δισύρματα τηλεφωνικά καλώδια στο τελικό τμήμα πρόσβασης των χρηστών δίκτυα, με την επικουρία της μεθόδου διεύρυνσης του εύρους ζώνης Ψηφιακής Γραμμής Συνδρομητή (x Digital Subscriber Line (xDSL)), μετά το σημείο τερματισμού της Οπτικής Μονάδας Δικτύου (Optical Network Unit (ONU)). Και στα δύο συστήματα, ο διαμοιρασμός του καναλιού ανόδου (από τον τελικό χρήστη προς το δίκτυο) συνήθως χρησιμοποιεί Πολυπλεξία Διαμοιρασμού Χρόνου (Time Division Multiple Access (TDMA)). Η χρήση πρωτοκόλλου Ελέγχου Πρόσβασης Μέσου (Medium Access Control (MAC)) εμπλέκεται σε αυτή την διαδικασία διαμοιρασμού του μέσου, διαιτητεύοντας την πρόσβαση του καταναμημένου κοινού μέσου με την ανάθεση χρονοθυρίδων, στην περίπτωση της Πολυπλεξίας Διαμοιρασμού Χρόνου, στους τελικούς χρήστες ανάλογα με την ζήτηση [5], [6].



Σχήμα 8 Τυπικό σύστημα Υβριδικού Οπτικού-Ομοαξονικού δικτύου (HFC).

Αυτό οδηγεί σε ένα καταναμημένο σύστημα εναπόθεσης σε ουρά, το οποίο χαρακτηρίζεται από τον μακρύ χρόνο αναμονής που απαιτείται για την πληροφορία ελέγχου να περάσει από τα σημεία εναπόθεσης σε ουρά στον ελεγκτή εξυπηρέτησης που βρίσκεται στο κεντρικό επικεφαλής σύστημα. Σε ένα δίκτυο βασισμένο σε δενδροειδή τοπολογία, η κατανομή των χρονοθυρίδων ανόδου βασίζεται σε μία μέθοδο κράτησης η οποία επιτρέπει την δυναμική προσαρμογή της κατανομής του διαθέσιμου εύρους ζώνης ανάλογα με τις διακυμάνσεις της κίνησης. Ο ελεγκτής πρωτοκόλλου Ελέγχου Πρόσβασης Μέσου βασίζεται στις συλλεγμένες αιτήσεις πρόσβασης στο μέσο για την ανάθεση χρονοθυρίδων του καναλιού ανόδου, ανάθεση η οποία γίνεται μέσω αδειών πρόσβασης. Αξίζει να σημειωθεί ότι τη πολιτική εξυπηρέτησης του πρωτοκόλλου Ελέγχου Πρόσβασης Μέσου διακυβερνά

κατανομημένη πολυπλεξία με κεντρικό έλεγχο που βρίσκεται στο κεντρικό σύστημα. Αυτό συνεπάγεται ότι η συλλογή της σχετιζόμενης με τις αφίξεις πληροφορίας όσο και της πληροφορίας του επιπέδου πλήρωσης των ενδιάμεσων μηνυμάτων συνεπάγεται μία σημαντική καθυστέρηση, καθυστέρηση η οποία δεν παρατηρείται στα συστήματα κεντρικής πολυπλεξίας όπου και αντιστοιχεί σε σημεία εναπόθεσης σε ουρά για συστήματα μεταγωγής. Παράλληλα, η λογική απόρριψης πακέτων πρέπει να κατανομηθεί σε όλους τους τερματισμούς των δικτύων, που ισοδυναμούν με οι Διαμορφωτές - Αποδιαμορφωτές, όπου είναι γνωστά τα επίπεδα πλήρωσης των ενδιάμεσων μηνυμάτων αλλά και η ταυτότητα της ροής των προς μετάδοση πακέτων, δηλαδή η εφαρμογή χρήστη που τα παρήγαγε και η απαιτούμενη για αυτά ποιότητα υπηρεσίας. Λόγω του μεγάλου αριθμού από δυνατούς χρήστες, ο χρόνος κράτησης χρονοθυρίδας στο κανάλι ανόδου που αυξάνει σημαντικά αλλά και η στατιστική συμπεριφορά των συναθροιζόμενων ροών πακέτων από τους χρήστες αυτούς, επιδρούν καταστρεπτικά σε ευαίσθητη κίνηση πακέτων για την οποία πρέπει να ληφθεί μέριμνα ώστε να διασφαλιστεί η απαιτούμενη ποιότητα υπηρεσίας. Αυτό προϋποθέτει μία διάταξη προτεραιοτήτων και η στρατηγική Διαφοροποιημένων Υπηρεσιών (Differentiated Services (DS)) της Ομάδας Εργασίας Μηχανικής Διαδικτύου (Internet Engineering Task Force (IETF)) [1] αποτελεί μία πολύ καλή προσέγγιση για την αντιμετώπιση του προβλήματος.

2.2. Διαφοροποίηση υπηρεσίας σε δίκτυα πρόσβασης δένδροειδούς τοπολογίας

Από την άποψη της μηχανικής της κίνησης, τα συστήματα πρόσβασης δένδροειδούς δομής παρουσιάζουν μία εξαιρετικά διαφορετική συμπεριφορά μεταξύ της ανοδικής (από τον χρήστη προς το κυρίως δίκτυο) και καθοδικής (από το κυρίως δίκτυο προς το χρήστη) κατεύθυνσης της ροής πακέτων. Στην καθοδική κατεύθυνση, η φύση καθολικής εκπομπής του μέσου δημιουργεί αντίγραφα του σήματος (στους παθητικούς διαμοιραστές των Παθητικών Οπτικών Δικτύων ή στις απομαστεύσεις (taps) των συστημάτων Υβριδικών Οπτικών-Ομοαξονικών δικτύων (HFC)), δίνοντας πρόσφορο έδαφος για θέματα ιδιαιτερότητας και ασφάλειας. Τέτοια θέματα αντιμετωπίζονται με μεθόδους απόκρυψης, αλλά παραμένουν εκτός του πεδίου δράσης της ακόλουθης εργασίας. Σε αντίθεσή με την καθοδική κατεύθυνση, στην ανοδική η λειτουργία ελέγχου του πρωτοκόλλου Ελέγχου Πρόσβασης Μέσου επιδρά πολυπλέκοντας την κίνηση πακέτων από όλα τα ενεργά τερματικά, όπως συμβαίνει αντίστοιχα στις θύρες εξόδου των κόμβων μεταγωγής. Κάθε ενεργό τερματικό αποκτά δικαίωμα πρόσβασης στο κοινό μέσο ύστερα από κατανομή του διαθέσιμου εύρους ώστε να ικανοποιούνται ισότιμα οι απαιτήσεις όλων των ενεργών τερματικών, με ελάχιστο των απαιτήσεων το αναγκαίο εύρος ζώνης για την ικανοποίηση της ζητούμενης ποιότητας υπηρεσίας για κάθε ενεργό τερματικό. Παρ' όλα αυτά, σε αυτή την περίπτωση η ανοδική κατεύθυνση χαρακτηρίζεται από την κατανομημένη μορφή των σημείων εναπόθεσης σε ουρά και από τις επιπρόσθετες δυσκολίες που παρουσιάζονται στην ανταλλαγή πληροφορίας ελέγχου. Η παρουσία των σημείων εναπόθεσης σε ουρά στα σημεία γέννησης της ανοδικά κινούμενης κίνησης επιτρέπει τον κατάλληλο χειρισμό της, λόγω της γνώσης του είδους της απαιτούμενης ποιότητας υπηρεσίας, πληροφορία όμως που είναι διαθέσιμη μόνο τοπικά στα σημεία αυτά. Αδυναμία αναγνώρισης της προτεραιότητας πακέτου, που συνεπάγεται αδυναμία επίδειξης της ανάλογης συμπεριφοράς, θα επέφερε αλλοίωση της ποιότητας υπηρεσίας σε ευαίσθητη κίνηση πακέτων. Η εφαρμογή οποιουδήποτε προγραμματισμού ή κανόνων προτεραιότητας προϋποθέτει την συνέλιξη της ανοδικά

κινούμενης κίνησης πακέτων από όλες τις πηγές σε ένα κοινό σημείο εξόδου από το σύστημα. Με αυτό τον τρόπο, οι κατηγοριοποιημένες ροές πακέτων σε προτεραιότητες θα αντιμετωπίζονται από τον κεντρικό έλεγχο του πρωτοκόλλου Ελέγχου Πρόσβασης Μέσου σαν αντιπροσωπευτικές ροές από το τερματικό γέννησης τους, οι οποίες διαφοροποιούνται σύμφωνα με την προσυμφωνημένη αλλά και αιτούμενη κατανομή των πόρων του κοινού μέσου.

Η στρατηγική Διαφοροποιημένων Υπηρεσιών που υιοθετήθηκε πρόσφατα από την Ομάδα Εργασίας Μηχανικής Διαδικτύου σαν μία επεκτάσιμη και σχετικά απλή μεθοδολογία κινούμενη προς την κατεύθυνση της εμπλούτισης των υπηρεσιών Πρωτοκόλλου Διαδικτύου με Ποιότητα Υπηρεσίας, είναι σε ικανοποιητικό βαθμό κατάλληλη για την εφαρμογή της σε συστήματα πρόσβασης δένδροειδούς τοπολογίας, όπου η παροχή υπηρεσίας Πρωτοκόλλου Διαδικτύου έχει κυριαρχήσει σαν η πιο δημοφιλής παρεχόμενη υπηρεσία. Η ευθυγράμμιση του συστήματος πρόσβασης με τη μεθοδολογία Διαφοροποιημένων Υπηρεσιών προϋποθέτει την ενσωμάτωση προτεραιοτήτων στην λειτουργία του πρωτοκόλλου Ελέγχου Πρόσβασης Μέσου, έτσι ώστε κάθε συνέλιξη ροών πακέτων να αντιμετωπίζεται ανάλογα με τις απαιτήσεις της. Σε αντίθεση με την περίπτωση του δρομολογητή, δεν είναι δυνατόν να παρέχεται αυτή η λειτουργικότητα διάμεσο μίας αναβάθμισης λογισμικού, επειδή το MAC πρωτόκολλο υλοποιείται κατά κύριο λόγο εντός του υλικού λόγω της πολύ μεγαλύτερης ταχύτητας εκτέλεσης του αλγορίθμου.

Κάθε κλάση ποιότητας υπηρεσίας πρέπει να ανταποκριθεί, διασχίζοντας τα σημεία πολυπλεξίας, στην προκαθορισμένη Συμπεριφορά Άλματος (Per-Hop-Behaviour (PHB)) ενάντια στις ανταγωνιζόμενες ροές πακέτων, ή τουλάχιστον να μην καθυστερήσει σε τέτοιο βαθμό και με τέτοιο τρόπο που να μην είναι δυνατή η ορθή ανάκληση του από το κοινά διαμοιραζόμενο μέσο στον επόμενο πλήρη συμβατό με τη λογική των Διαφοροποιημένων Υπηρεσιών κόμβο. Αυτό καθίσταται πραγματοποιήσιμο στα συστήματα Υβριδικού Οπτικού-Ομοαξονικού δικτύου με την εισαγωγή των κατάλληλων μηχανισμών Διαφοροποιημένων Υπηρεσιών στη λειτουργία ελέγχου του πρωτοκόλλου Ελέγχου Πρόσβασης Μέσου.

Η ανάγκη διαφοροποίησης στην αντιμετώπιση των κλάσεων κίνησης πακέτων στα συστήματα Παθητικών Οπτικών Δικτύων και Υβριδικών Οπτικών-Ομοαξονικών δικτύων [5] είχε γίνει εμφανής πριν από την εξέλιξη της αρχιτεκτονικής Διαφοροποιημένων Υπηρεσιών. Συστήματα που υποστηρίζουν παράλληλα υπηρεσίες για την κίνηση πακέτων ευαίσθητη στη καθυστέρηση και κίνηση πακέτων βέλτιστης προσπάθειας έχουν υλοποιηθεί μέσω των ερευνητικών προγραμμάτων της Ευρωπαϊκής Ένωσης, και συγκεκριμένα στα AROMA [6] και PLANET [7]. Σε αυτές τις προσπάθειες έγινε σαφές ότι δεν ήταν αποδεκτό να αναμιχθούν δύο κλάσης υπηρεσίας χωρίς αυτό να συνεπάγεται μη αποδεκτή απώλεια της ποιότητας της προσφερόμενης υπηρεσίας στην ευαίσθητη στη καθυστέρηση κίνηση πακέτων, λόγω της προληπτικής μορφοποίησης της κίνησης πακέτων που εφαρμόζεται σε αυτό το είδος της κίνησης. Στην κίνηση πακέτων μορφής Πρωτοκόλλου Ελέγχου Μετάδοσης / Πρωτοκόλλου Διαδικτύου (Transport Control Protocol / Internet Protocol (TCP/IP)) από την άλλη μεριά, ο έλεγχος της ροής των πακέτων λαμβάνει χώρα στο επίπεδο μεταφοράς της στοίβας πρωτοκόλλων του Πρότυπου Διασύνδεσης Ανοικτού Συστήματος (OSI), βασιζόμενος στην παρατήρηση απωλειών μεταδοθέντων πακέτων. Με αυτό τον τρόπο, το Πρωτόκολλο Ελέγχου Μετάδοσης αυξάνει βαθμιαία το ρυθμό μετάδοσης πακέτων προς το δίκτυο, έως του σημείου υπερχείλισης των ενδιάμεσων μνημών, που συνεπάγεται και απώλεια των πλεοναζόντων πακέτων, με συνέπεια την έναρξη της διαδικασίας των αναμεταδόσεων. Αυτή ακριβώς η διαδικασία

αναμεταδόσεων θα επικαρπωθεί πλεονάζον εύρος από το κοινό μέσο, αποστερώντας το από άλλες κλάσης υπηρεσίας οι οποίες δεν διαθέτουν αντίστοιχους μηχανισμούς αναμεταδόσεων.

Δεδομένων της ρευστότητας των προτυποποιήσεων για την κίνηση πακέτων με υψηλές απαιτήσεις ποιότητας υπηρεσίας, των αρκετών σχετιζόμενων με τις διαφοροποιήσεις της Συμπεριφοράς Άλματος θεμάτων που παραμένουν ανοιχτά και του γεγονότος ότι το πρωτόκολλο Ελέγχου Πρόσβασης Μέσου προϋποθέτει μεγάλο μέρος του να υλοποιείται στο υλικό, γίνεται προφανής η αναγκαιότητα μιας ευέλικτης στρατηγικής που να μπορεί να εξυπηρετεί ένα έντονα μεταβαλλόμενο περιβάλλον χωρίς να συνεπάγεται τροποποίηση μεγάλης κλίμακας ή πλήρης απαξίωση του εγκατεστημένου εξοπλισμού. Η σχεδίαση του προτεινόμενου πρωτοκόλλου Ελέγχου Πρόσβασης Μέσου ακολουθεί την προσέγγιση της υποστήριξης των γνωστών Συμπεριφορών Άλματος και της προσαρμογής σε ένα ευρύτερο πλαίσιο διαφοροποίησης υπηρεσίας στο πρωτόκολλο Ελέγχου Πρόσβασης Μέσου.

Η αφορμή που οδήγησε στην αρχιτεκτονική Διαφοροποιημένων Υπηρεσιών ήταν η αναδεικνύομενη αναγκαιότητα για τους Οργανισμούς Παροχής Υπηρεσιών Διαδικτύου (Internet Service Providers (ISPs)) να παρέχουν Ποιότητα Υπηρεσίας σε συγκεκριμένες ροές πακέτων κατά την ταυτόχρονη παρουσία απλής κίνησης πακέτων βέλτιστης προσπάθειας χωρίς την εμπλοκή πολύπλοκων διαδικασιών διαχείρισης της πληροφορίας κατάστασης της κίνησης των διαφορετικών ροών πακέτων στους δρομολογητές του κυρίως δικτύου. Η απαιτούμενη ποιότητα υπηρεσίας μπορεί να διασφαλιστεί χρησιμοποιώντας διαδικασίες διαχείρισης μερικών μεταβλητών κατάστασης της κίνησης ροών πακέτων, μεταβλητές οι οποίες σχετίζονται με τις κρατήσεις χρονοθυρίδων στο κοινά διαμοιραζόμενο μέσο αλλά και με την πυκνότητα των ροών πακέτων. Το σημαντικότερο πλεονέκτημα της αρχιτεκτονικής Διαφοροποιημένων Υπηρεσιών έγκειται στο γεγονός ότι κάνει δυνατή την βαθμιαία εισαγωγή πολύπλοκων διαδικασιών όπως αυτές που περιγράφηκαν σε ένα μέσο που εξακολουθεί να χρησιμοποιείται αποδοτικά από την πρωθύστερη εισαγωγή τέτοιων μηχανισμών. Για παράδειγμα, ένας χαμηλού κόστους τρόπος έναρξης της φάσης εισαγωγής της νέας τεχνολογίας θα ήταν, όσον αφορά την συνάθροιση των ροών πακέτων με βάση την συμπεριφορά, αρχίζοντας με την εκτέλεση των βασισμένων σε στατική διαχείριση Συμφωνιών Επιπέδου Υπηρεσίας (Service Level Agreements (SLAs)) σε αργό ρυθμό ενώ παράλληλα η μορφοποίηση της κίνησης πακέτων να λαμβάνει χώρα στις άκρες του δικτύου, επιτείνοντας την πιθανή υλοποίηση λεπτομερέστερων βαθμίδων πολυπλεξίας για αργότερα. Ενδιάμεσοι κόμβοι οι οποίοι δεν είναι συμβατοί με την αρχιτεκτονική Διαφοροποιημένων Υπηρεσιών μπορούν να διαπεραστούν διαφανώς από την κίνηση πακέτων, με τον κίνδυνο όμως του περιορισμού της συνολικής απόδοσης σε περίπτωση που αποδειχθούν σημείο συμφόρησης στη διαδρομή των διερχόμενων πακέτων. Όμως, τα συστήματα κατανεμημένων πολυπλεκτών πρόσβασης που λειτουργούν σε χαμηλή ταχύτητα, όπως τα συστήματα Υβριδικού Οπτικού-Ομοαξονικού δικτύου, βρισκόμενα στην άκρη του δικτύου, δεν μπορούν να θεωρηθούν αξιόπιστα λειτουργώντας με διαφανή τρόπο όσον αφορά την στρατηγική Διαφοροποιημένων Υπηρεσιών, αφού το πρωτόκολλο Ελέγχου Πρόσβασης Μέσου επηρεάζει άμεσα τις επίκαιρες ιδιότητες που χαρακτηρίζουν την εξερχόμενη ροή πακέτων κατά την διέλευση τους. Το πρόβλημα αυτό επιλύεται με την προσέγγιση της χρήσης προτεραιοτήτων πρόσβασης στο μηχανισμό κράτησης χρονοθυρίδων, μηχανισμός ο οποίος μπορεί να προγραμματιστεί ώστε να εναρμονίζεται με τις απαιτούμενες Συμπεριφορές Άλματος με την μορφή της αντιστοίχισης κατηγοριών ροών πακέτων σε προτεραιότητες.

Τοπικός προγραμματισμός σε κάθε τερματικό χρήστη έχει μικρή αξία, μιας και δεν έχει πλήρη εικόνα της υπόλοιπης κίνησης πακέτων με την οποία θα πολυπλεχθεί εν τέλει, σε αντίθεση με τους μηχανισμούς απόρριψης πακέτου που έχουν λόγο παραμονής σε καταναμημένο επίπεδο στους Διαμορφωτές - Αποδιαμορφωτές ώστε να εφαρμόζονται για κάθε ένα χωριστά. Οι λογικά διαχωρισμένες ουρές για κάθε προτεραιότητα αποτελεί μία αναγκαιότητα για την κανονική λειτουργία της διάταξης εφαρμογής προτεραιοτήτων.

Το υλοποιημένο σύστημα, στα πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος AROMA, χρησιμοποιεί σύστημα κατακερματισμού του κοινού μέσου που βασίζεται στην αρχή της Πολλαπλής Πρόσβασης Διαμοιρασμού Χρόνου (Time Division Multiple Access (TDMA)), κατάλληλη για πακέτα Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης. Στο σύστημα αυτό υποστηρίζονται τόσο υπηρεσίες Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης όσο και υπηρεσίες Πρωτοκόλλου Διαδικτύου βέλτιστης προσπάθειας αλλά και βελτιωμένες υπηρεσίες για την παροχή ποιότητας υπηρεσίας. Αυτό προϋποθέτει πολύ περισσότερες λειτουργίες για την αντιστοίχιση των Πρωτοκόλλου Διαδικτύου ροών πακέτων σε Νοητούς Διαύλους / Νοητά Μονοπάτια (VCs / VPs) του Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης με βάση τα πλαίσια του Κλασσικού Πρωτοκόλλου Διαδικτύου (Classical IP (CLIP)). Παρόλα αυτά, δεν θα μας απασχολήσουν αυτές οι επιπλοκές των διαφόρων συστημάτων με τη βασισμένη σε Ασύγχρονο Τρόπο Μετάδοσης λύση του κοινά διαμοιραζόμενου μέσου, αλλά θα θεωρήσουμε απλά το μέγεθος της θυρίδας του Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης σαν ένα μέρος του αποδιδόμενου κατακερματισμού εύρους ζώνης από το πρωτόκολλο Ελέγχου Πρόσβασης Μέσου. Ικανός αριθμός θυρίδων που να είναι σε θέση να συμπεριλάβουν ένα πλαίσιο Πρωτοκόλλου Διαδικτύου μπορούν να αποδοθούν διαδοχικά, αλλά ακόμα και στην περίπτωση που δεν υποστηρίζεται η υπηρεσία Πρωτοκόλλου Διαδικτύου πάνω από Ασύγχρονο Τρόπο Μετάδοσης, μπορούν αν χρησιμοποιηθούν οι λεγόμενες βραχείες θυρίδες (short slots) ώστε να προαχθεί η υπηρεσία υπό το γενικό πλαίσιο της αρχιτεκτονικής Διαφοροποιημένων Υπηρεσιών πάνω από ένα αργό, κοινά διαμοιραζόμενο μέσο, όπως αυτό στο σύστημα Υβριδικού Οπτικού-Ομοαξονικού δικτύου. Το προτεινόμενο πρωτόκολλο Ελέγχου Πρόσβασης Μέσου επιτρέπει την προσωρινή διακοπή της μετάδοσης πακέτων χαμηλής προτεραιότητας στο επίπεδο της θυρίδας (που στην περίπτωση μας αντιστοιχεί σε ένα πακέτο Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης) προς όφελος των ευαίσθητων στην καθυστέρηση πακέτων, πριν επιτρέψει και πάλι την μετάδοση στα πακέτα χαμηλότερης προτεραιότητας. Επιπρόσθετα, όταν το μέγεθος των θυρίδων είναι καθορισμένο, αντιμετωπίζεται με μεγαλύτερη ευκολία από το πρωτόκολλο Ελέγχου Πρόσβασης Μέσου που βρίσκεται υλοποιημένο στο υλικό. Ανάλογες μεθοδολογίες χρήσης θυρίδας Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης συναντώνται επίσης στους κύριους οργανισμούς προτυποποίησης, όπως οι DAVIC 1.3 κι 1.4, DVB/ETSI ETS 300 800, DAVIC και IEEE 802.14 [4].

2.3. Λειτουργική σχεδίαση του πρωτοκόλλου Ελέγχου Πρόσβασης Μέσου προσανατολισμένη σε παροχή διαφοροποιημένων υπηρεσιών

Όπως και στην περίπτωση της κεντρικής πολυπλεξίας, οι ροές πακέτων με απαιτητικές προϋποθέσεις ποιότητας υπηρεσίας (όπως για παράδειγμα Επισπευμένης Προώθησης (Expedited Forwarding (EF)) ή Εξασφαλισμένης Προώθησης (Assured Forwarding (AF))) πρέπει να ταυτοποιηθούν και να τους αποδοθεί η κατάλληλη

μεταχείριση, διαφοροποιημένη από αυτή της κίνησης πακέτων βέλτιστης προσπάθειας. Αυτό λαμβάνει χώρα στον Διαμορφωτή - Αποδιαμορφωτή με την τοποθέτηση των αντίστοιχων πακέτων στις ουρές υψηλότερης προτεραιότητας, από όπου θα προκύψουν αιτήσεις κράτησης χρονοθυρίδας υψηλής προτεραιότητας και εν τέλει, θα ενεργοποιήσουν τους αλγόριθμους υψηλότερης προτεραιότητας του πρωτοκόλλου Ελέγχου Πρόσβασης Μέσου.

Με στόχο την μείωση της πολυπλοκότητας στα ευαίσθητα στο κόστος συστήματα πρόσβασης σε οικιστικές περιοχές, οι υπηρεσίες ομαδοποιήθηκαν ανάλογα με την συμπεριφορά σε κλάσεις με παρόμοιες απαιτήσεις σε ποιότητα υπηρεσίας. Αυτό έρχεται σε συμφωνία με την φιλοσοφία των Διαφοροποιημένων Υπηρεσιών της συνάθροισης των ροών πακέτων για καλύτερη ευελιξία και επεκτασιμότητα. Δεδομένης της διακύμανσης ορισμού των κλάσεων υπηρεσίας και του γεγονότος ότι το πρωτόκολλο Ελέγχου Πρόσβασης Μέσου είναι κυρίως υλοποιημένο στο υλικό, προσδιορίστηκε ότι ικανός αριθμός υλοποίησης των προτεραιοτήτων σε αυτό το στάδιο θα ήταν τέσσερις, αφήνοντας την υλοποίηση λεπτομερέστερων συναθροίσεων ροών πακέτων και περισσότερο επεξεργασμένων αλγορίθμων προώθησης στον δρομολογητή, ο οποίος βρίσκεται στην άκρη εξόδου από το σύστημα Υβριδικού Οπτικού-Ομοαξονικού δικτύου. Μόνο απαραίτητο για το πρωτόκολλο Ελέγχου Πρόσβασης Μέσου είναι να είναι σε θέση να μπορεί να παρέχει ποιότητα υπηρεσίας σε όλες τις ομάδες ροών πακέτων.

Τα χαρακτηριστικά των τεσσάρων διαβαθμίσεων των συναθροίσεων ροών πακέτων, ή αλλιώς των προτεραιοτήτων, είναι τα ακόλουθα:

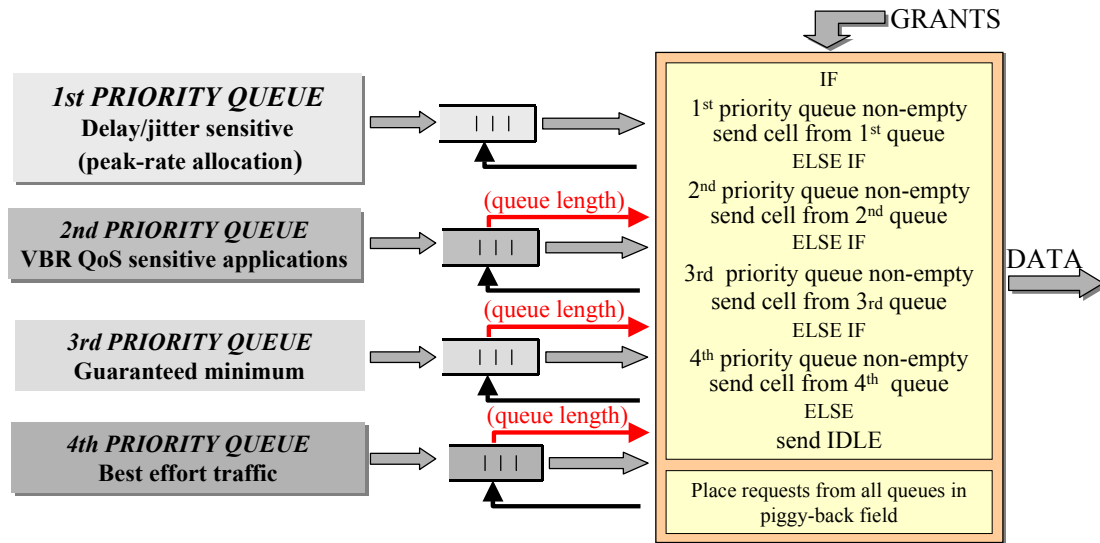
- Η υψηλή (πρώτη) προτεραιότητα είναι αφοσιωμένη στην ευαίσθητη περιοδική κίνηση πακέτων Σταθερού Ρυθμού (CBR). Αυτή η προτεραιότητα εξυπηρετείται με προγραμματισμένες εκ των προτέρων σε κανονικά διαστήματα, διατιθέμενες εκ των προτέρων, χωρίς την προήγηση κάποιας αίτησης άδειας πρόσβασης που εκδίδονται με περιοδικό τρόπο από τον ελεγκτή του πρωτοκόλλου Ελέγχου Πρόσβασης Μέσου. Είναι κατάλληλη για υπηρεσίες με πολύ στενά περιθώρια καθυστέρησης και οι οποίες υποβάλλονται σε αυστηρό έλεγχο της μορφής κίνησης πακέτων, όπως είναι ή υπηρεσία Επισπευμένης Προώθησης (EF) [2].
- Η δεύτερη προτεραιότητα χρησιμοποιείται για πραγματικού χρόνου κυμαινόμενου ρυθμού ροές πακέτων, σε αντιστοιχία με την κλάση Μεταβλητού Ρυθμού πραγματικού χρόνου (rt-VBR) του Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης, όπως υπηρεσίες πραγματικού χρόνου κινούμενης εικόνας (video) ή μετάδοση φωνής πάνω από Πρωτόκολλο Διαδικτύου (Voice over IP (VoIP)), και παρέχεται μαζί με αλγόριθμο αστυνόμευσης μέγιστου ρυθμού για την διασφάλιση της παρεχόμενης ποιότητας υπηρεσίας. Το πρωτόκολλο Ελέγχου Πρόσβασης Μέσου εφαρμόζει έναν αλγόριθμο αστυνόμευσης με τον έλεγχο του ρυθμού πριν εκδώσει τις άδειες εκπομπής. Ο έλεγχος αυτός βασίζεται στην ανάθεση πιστωτικών μονάδων (credits) κατά τη χρονική στιγμή της συνδρομής του χρήστη ή την ώρα της εγκατάστασης της κλήσης, σε κάθε περίπτωση πριν αρχίσει η χρήση του κοινού μέσου από τον χρήστη και η αποστολή ροών πακέτων. Οι πιστωτικές μονάδες μειώνονται κατά ένα για κάθε έκδοση άδειας μετάδοσης, έως ότου εξαντληθούν και ανανεώνονται με επαναφορά των αρχικών τιμών σε περιοδικές χρονικές στιγμές. Θα μπορούσε να συνδεθεί με την ανώτερη κλάση Εξασφαλισμένης Προώθησης (AF) στο πλαίσιο της αρχιτεκτονικής Διαφοροποιημένων Υπηρεσιών. Ο μηχανισμός πιστωτικών μονάδων προφυλάσσει τους σύμφωνους με τα συμβόλαια χρήσης του κοινά

διαμοιραζόμενου μέσου χρήστες από κακόβουλους χρήστες οι οποίοι προσπαθούν να καταχραστούν το εύρος του κοινού μέσου.

- Η τρίτη προτεραιότητα ασχολείται με υπηρεσίες δεδομένων που έχουν υψηλότερες απαιτήσεις από την υπηρεσία βέλτιστης προσπάθειας. Ο έλεγχος της μορφής κίνησης πακέτων για αυτή την κλάση έχει ως σκοπό την ελαχιστοποίηση της απώλειας πακέτων και της παρενόχλησης των υπολοίπων ροών πακέτων με μεγαλύτερη προτεραιότητα. Η διάταξη των πιστωτικών μονάδων (credits) χρησιμοποιείται για να διασφαλιστεί ο ελάχιστος ρυθμός, καθ' όσον διαρκούν οι πιστωτικές μονάδες, ενώ η κίνηση πακέτων που ξεπερνά αυτόν τον ρυθμό αντιμετωπίζεται με τη εξυπηρέτηση του κόνοντας χρήση του μηχανισμού της επόμενης, τέταρτης, προτεραιότητας, που αντιστοιχεί ουσιαστικά σε ροές πακέτων με απαίτηση υπηρεσίας βέλτιστου ρυθμού. Ο μηχανισμός της τρίτης προτεραιότητας είναι κατάλληλος για την υποστήριξη των τριών κατώτερων από τις τέσσερις κλάσεις Εξασφαλισμένης Προώθησης στο πλαίσιο της αρχιτεκτονικής Διαφοροποιημένων Υπηρεσιών [3]. Επιπρόσθετα, οι αλγόριθμοι απόρριψης πακέτου μπορούν να εφαρμοστούν ανεξάρτητα στα σημεία εναπόθεσης σε ουρά στους Διαμορφωτές - Αποδιαμορφωτές.
- Η τέταρτη προτεραιότητα αντιστοιχεί σε υπηρεσίες βέλτιστης προσπάθειας, οι οποίες εμπλέκουν έλεγχο ροής πακέτων βασισμένο σε απώλεια στο επίπεδο μεταφοράς του Πρότυπου Διασύνδεσης Ανοικτού Συστήματος (OSI). Τέτοιες ροές πακέτων μπορούν να αποδειχθούν εξαιρετικά καταστρεπτικές, λόγω του μηχανισμού αναμετάδοσης των απολεσθέντων πακέτων, για τις υπόλοιπες ροές πακέτων υψηλότερων προτεραιοτήτων κατά κύριο λόγο, που χρησιμοποιούν το ίδιο κοινά διαμοιραζόμενο μέσο και που δεν χαίρουν χρήσης αντίστοιχων μηχανισμών αναμετάδοσης όπως του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Μεταφοράς (TCP).

Οι τρεις κατώτερες προτεραιότητες χρησιμοποιούν μηχανισμό κράτησης χρονοθυρίδων πρόσβασης στο κοινά διαμοιραζόμενο μέσο, με βάση τον οποίο ο αριθμός των αδειών πρόσβασης που αποστέλλονται προς τους αιτούντες Διαμορφωτές - Αποδιαμορφωτές βασίζεται στις αιτήσεις που λήφθηκαν από αυτά, ενώ η πρώτη προτεραιότητα χρησιμοποιεί άδειες πρόσβασης χωρίς την προήγηση κάποιας αίτησης από Διαμορφωτές - Αποδιαμορφωτές. Οι αιτήσεις κράτησης αποστέλλονται από τους Διαμορφωτές - Αποδιαμορφωτές προς το κεντρικό επικεφαλής σύστημα ελέγχου με χρήση του πεδίου μίας οκτάδας δυαδικών ψηφίων (byte) από το συνολικό πεδίο του πακέτου που ταξιδεύει ανοδικά προς το σύστημα κεντρικού ελέγχου. Η οκτάδα δυαδικών ψηφίων αυτή κατακερματίζεται σε τρία μέρη, για τις τρεις χαμηλότερες προτεραιότητες που αποστέλλουν αιτήσεις κράτησης χρονοθυρίδας πρόσβασης στο κοινά διαμοιραζόμενο μέσο. Η δεύτερη προτεραιότητα χρησιμοποιεί τα δύο ανώτερα ψηφία της οκτάδας δυαδικών ψηφίων, αυτά με την μεγαλύτερη αριθμητική αξία. Έτσι, μπορεί να ζητήσει το πολύ τρεις νέες αίτησης κράτησης χρονοθυρίδας πρόσβασης στο κοινά διαμοιραζόμενο μέσο, πλέον αυτής που είχε αποδοθεί στον συγκεκριμένο Διαμορφωτή - Αποδιαμορφωτή για την αποστολή του τρέχοντος πακέτου και πλέον πιθανών προηγούμενων αιτήσεων που δεν έχουν ικανοποιηθεί ακόμα. Αντίστοιχα, για την τρίτη και τέταρτη προτεραιότητα αντιστοιχούν τα τρία ενδιάμεσα και τρία κατώτερα ψηφία, επιτρέποντας ένα συνολικό αριθμό επτά νέων αιτήσεων για κάθε προτεραιότητα. Στο κεντρικό επικεφαλής σύστημα ο αριθμός των νέων αιτήσεων προστίθεται, για κάθε προτεραιότητα χωριστά, σε αυτόν των επικείμενων προς εξυπηρέτηση αιτήσεων που έχουν πρωτότερα αποσταλεί από τον συγκεκριμένο Διαμορφωτή - Αποδιαμορφωτή

προς το σύστημα κεντρικού ελέγχου. Ο αλγόριθμος που περιγράφει την λειτουργία του τερματικού χρήστη περιγράφεται στο Σχήμα 9.



Σχήμα 9 Περιγραφή λειτουργίας αλγορίθμου πλήρωσης οκτάδας δυαδικών ψηφίων (byte) αίτησης νέων αδειών εκπομπής από τον Διαμορφωτή - Αποδιαμορφωτή.

Τα αθροίσματα αυτά των αιτήσεων κράτησης χρονοθυρίδας που αντιστοιχούν σε πακέτα εν αναμονή μειώνονται κατά ένα μετά από την έκδοση άδειας εκπομπής προς τον συγκεκριμένο Διαμορφωτή - Αποδιαμορφωτή από το κεντρικό επικεφαλής σύστημα, ιεραρχικά από τη μεγαλύτερη προς τη μικρότερη, ως ακολούθως:

- Αν υπάρχει αίτηση δεύτερης προτεραιότητας από κάποιον Διαμορφωτή - Αποδιαμορφωτή, τότε ελέγχεται αν τον συγκεκριμένο Διαμορφωτή - Αποδιαμορφωτή έχει εξαντλήσει τις πιστωτικές μονάδες που του έχουν αποδοθεί για να ικανοποιήσει τη μεταβαλλόμενη κατά βάση φύση γέννησης κίνησης πακέτων. Αν υπάρχει περιθώριο πιστωτικών μονάδων, τότε αποστέλλεται άδεια εκπομπής στον συγκεκριμένο Διαμορφωτή - Αποδιαμορφωτή, και μειώνεται ο αριθμός των επικείμενων αιτήσεων κράτησης χρονοθυρίδας για τον συγκεκριμένο Διαμορφωτή - Αποδιαμορφωτή κατά ένα. Ο έλεγχος επαναλαμβάνεται στην επόμενη θέση της ενδιάμεσης μνήμης όπου αποθηκεύονται τα εν λόγω αθροίσματα και που αντιστοιχεί στον επόμενο Διαμορφωτή - Αποδιαμορφωτή, ώσπου να συμπληρωθεί ένας ολόκληρος κύκλος. Όταν συμπληρωθεί ο κύκλος και δεν βρεθεί καμία θέση ενδιάμεσης μνήμης μη μηδενική, που συνεπάγεται ότι δεν υπάρχουν επικείμενες αιτήσεις κράτησης χρονοθυρίδας πρόσβασης στο κοινό διαμοιραζόμενο μέσο κατά την τρέχουσα χρονική στιγμή που διεξάγεται ο έλεγχος, τότε ο έλεγχος περνά στην επόμενη προτεραιότητα.
- Για την τρίτη προτεραιότητα ακολουθείται σε γενικές γραμμές η ίδια διαδικασία, με μία εξαίρεση. Όταν ολοκληρωθεί ο έλεγχος διαθεσιμότητας πιστωτικών μονάδων και έχει επιτυχές αποτέλεσμα, γίνεται επιπλέον ο ακόλουθος έλεγχος: αν υπάρχουν επίσης αιτήσεις κράτησης χρονοθυρίδας πρόσβασης στο κοινό διαμοιραζόμενο μέσο για το συγκεκριμένο τερματικό και για την τέταρτη προτεραιότητα, τότε να μειώνεται ο αριθμός των επικείμενων προς εξυπηρέτηση αιτήσεων κράτησης χρονοθυρίδας πρόσβασης στο άθροισμα της τέταρτης

προτεραιότητας αντί σε αυτό της τρίτης προτεραιότητας. Αυτό έχει ως συνέπεια την προαγωγή της τρίτης προτεραιότητας σε βάρος της τρίτης με την απόδοση πλεονάζοντος εύρους, μιας και αυτό που τελικά της αποδίδεται είναι μεγαλύτερο από αυτό για το οποίο έχει αποστείλει αιτήσεις. Με αυτό τον τρόπο αντιμετωπίζονται με μεγαλύτερη επιτυχία ροές πακέτων εκρηκτικής φύσης. Από την άλλη μεριά, ο μηχανισμός πιστωτικών μονάδων διασφαλίζει από τη μία μεριά ότι η τρίτη προτεραιότητα δεν θα καταχραστεί το κοινά διαμοιραζόμενο μέσο εις βάρος των άλλων προτεραιοτήτων και από την άλλη ότι δεν θα αποκλείσει την τέταρτη προτεραιότητα από αυτό. Πλεονάζουσα κίνηση πακέτων από αυτή που επιτρέπουν οι πιστωτικές μονάδες εξυπηρετείται ως κίνηση τέταρτης προτεραιότητας. Αυτό συμβαίνει διότι ενώ δεν εκδίδονται άδειες πρόσβασης στο κοινά διαμοιραζόμενο μέσο για τις αιτήσεις κράτησης χρονοθυρίδας πρόσβασης της προτεραιότητας αυτής, καρπούται των αδειών που εκδίδονται για την τέταρτη προτεραιότητα και τελικά εκπέμπονται τα πακέτα τρίτης εις βάρος αυτών της τέταρτης προτεραιότητας. Όμως η τέταρτη προτεραιότητα μπορεί να αντεπεξέλθει λόγω του μηχανισμού του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Μετάδοσης στα ανώτερα στρώματα του Πρώτου Διασύνδεσης Ανοιχτού Συστήματος αλλά και της φύσης της ροής πακέτων που είναι βέλτιστης προσπάθειας και συνεπώς δεν συνεπάγεται, σε γενικές γραμμές, δέσμευση για το χρόνο εξυπηρέτησης.

- Στην τέταρτη προτεραιότητα δεν υπάρχουν πιστωτικές μονάδες και κατά συνέπεια η εξυπηρέτηση βασίζεται σε κυκλικό έλεγχο των αντίστοιχων αθροισμάτων αιτήσεων κράτησης χρονοθυρίδας πρόσβασης έως πλήρους εξάντλησης τους.

Η εν λόγω οκτάδα δυαδικών ψηφίων, το οποίο για το σύστημα που υλοποιήθηκε στο ερευνητικό πρόγραμμα AROMA χρησιμοποιεί το πεδίο Ελέγχου Λαθών Επικεφαλίδας (Header Error Control (HEC)) του πακέτου πρωτοκόλλου Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης. Το πεδίο αυτό δεν χρειάζεται για τον συγχρονισμό εκπομπής των πακέτων πρωτοκόλλου Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης αφού χρησιμοποιείται ένα επιπρόσθετο πρόθεμα, στο πακέτο πρωτοκόλλου Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης των 53 οκτάδων δυαδικών ψηφίων, για τον συγχρονισμό, λόγω της λειτουργίας του μέσου σε εκρηκτικός τρόπος λειτουργίας (burst mode). Το συνολικό μήκος της χρονοθυρίδας, που αντιστοιχεί στο χώρο που καταλαμβάνει ένα πακέτο πρωτοκόλλου Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης, του ανοδικού ρεύματος στο συγκεκριμένο σύστημα ανέρχεται στα 64 οκτάδες δυαδικών ψηφίων, στα οποία συμπεριέχονται εκτός από το περιεχόμενο του πακέτου και το πρόθεμα για τον συγχρονισμό δυαδικού δυαδικού ψηφίου / οκτάδας δυαδικών ψηφίων (bit / byte). Η ταχύτητα της ανοδικής κατεύθυνσης ανέρχεται σε 3 Mbps και κάθε Διαμορφωτή - Αποδιαμορφωτή έχει την δυνατότητα πρόσβασης στο κοινά διαμοιραζόμενο μέσο σε επίπεδο θυρίδας με θυρίδα κάνοντας χρήση μία εκ των τριών συνολικά διαθέσιμων καναλιών, που γίνονται διακριτά με χρήση διαφορετικών συχνοτήτων και κατά συνέπεια συνεπάγονται τη χρήση διατάξεων Πολυπλεξίας Διαμοιρασμού Συχνότητας (Frequency Division Multiplexing (FDM)). Με αυτό τον τρόπο επεκτείνεται περαιτέρω η δυναμική στατιστική προσαρμογή του φορτίου όλων των χρηστών στα τρία αυτά κανάλια. Άρα ο ελεγκτής πρωτοκόλλου Ελέγχου Πρόσβασης Μέσου δεν αναθέτει απλά μόνο χρονοθυρίδα πρόσβασης στο κοινά διαμοιραζόμενο μέσο, αλλά και το αντίστοιχο κανάλι.

Η δομή του πλαισίου στην καθοδική κατεύθυνση διέπεται από αρκετούς κανόνες που επιβάλει το φυσικό επίπεδο του Πρώτου Διασύνδεσης Ανοιχτού Συστήματος, όπως ο συγχρονισμός, η ευελιξία πάνω από οποιαδήποτε διάταξη διαμόρφωσης και

προσαρμογή των ρυθμών στις συνθήκες εγκατάστασης, κ.ά. Αυτά τα θέματα καλύπτονται από τα σχετικά πρότυπα [4] και δεν θα ασχοληθούμε με αυτά περαιτέρω στην προκειμένη εργασία, αφού εστιάζουμε την προσοχή μας στα θέματα πολυπλεξίας των διαφορετικών κινήσεων πακέτων. Για τη λειτουργία του πρωτόκολλο Ελέγχου Πρόσβασης Μέσου αυτό που έχει σημασία είναι ότι ο αριθμός των αδειών πρόσβασης παρέχεται με περιοδικό τρόπο που αντιστοιχεί στον αριθμό των χρονοθυρίδων του ρεύματος ανόδου για το χρονικό διάστημα που ισούται με την περίοδο αυτή.

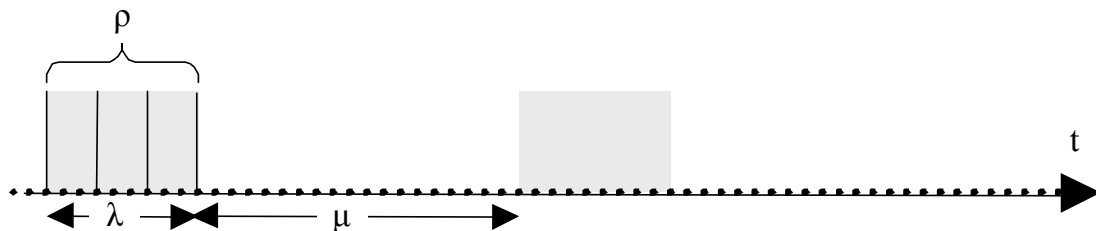
Οι κρατήσεις χρονοθυρίδων πρόσβασης στο κοινά διαμοιραζόμενο μέσο για το πρωτόκολλο Ελέγχου Πρόσβασης Μέσου του συστήματος Υβριδικού Οπτικού-Ομοαξονικού δικτύου γίνονται με χρήση ενός πεδίου αιτήσεων με υπέρθεση (riggy-backed) στην χρονοθυρίδα ανοδικής κατεύθυνσης και συνήθως διευκολύνονται από την ύπαρξη ανταγωνισμού σε ειδικές μικρές χρονοθυρίδες κρατήσεων (reservation mini-slots) [4]. Αυτό το τελευταίο είναι απαραίτητο για την ανακοίνωση της πρώτης άφιξης μίας έκρηξης αφού ο μηχανισμός ανταπάντησης δεν μπορεί να ξεκινήσει από μόνος του αλλά εξαρτάται από την ύπαρξη προηγούμενης κίνησης πακέτων για την αναγγελία των νέων αφίξεων [6]. Παρόλα αυτά, στο σύστημα που υλοποιήθηκε στα πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος AROMA δεν υπάρχει αυτή η περίοδος ανταγωνισμού για την ανακοίνωση των αφίξεων, αλλά άντ' αυτού χρησιμοποιείται αλγόριθμος κυκλικού ελέγχου των αιτήσεων από τους Διαμορφωτές - Αποδιαμορφωτές, που επιλέχθηκε λόγω της απλότητας του χωρίς να συνεπάγεται σημαντικά μειονεκτήματα στο όλο σύστημα. Αυτή η διαφοροποίηση δικαιολογείται από το γεγονός ότι το υπό συζήτηση σύστημα αποσκοπεί σε μία όταν το σύστημα Υβριδικού Οπτικού-Ομοαξονικού δικτύου θα είναι εξαιρετικά διαδεδомένο και οι ομάδες των χρηστών θα είναι μικρότερες σε αριθμό, σε σχέση με σήμερα, και με πολύ μεγαλύτερες ανάγκες σε εύρος ζώνης αλλά και σε νέες υπηρεσίες με υψηλές απαιτήσεις σε ποιότητα υπηρεσίας. Η χρήση ανταγωνισμού από το πρότυπο IEEE 802,14 [4] είναι αναγκαία σε περιπτώσεις όπου μεγάλος αριθμός χρηστών (>100) χρησιμοποιούν από κοινού μέσο περιορισμένου εύρους ζώνης, όπως το ομοαξονικό καλώδιο. Το όφελος από τον έλεγχο πιθανής ύπαρξης νέων αιτήσεων από μη ενεργά τερματικά των χρηστών είναι τόσο σημαντικό ώστε να μην περνά απαρατήρητο, ειδικά για διηγήσιο αριθμό Διαμορφωτών - Αποδιαμορφωτών. Ειδικότερα κάτω από αυστηρές προϋποθέσεις ποιότητας, η πρόγνωση των ορίων της χειρότερης περίπτωσης υπερಿಸχύει και η χρήση του αλγορίθμου κυκλικού ελέγχου μας αποδίδει ένα άνω όριο του χρόνου που απαιτείται για την επισήμανση νέας δραστηριότητας.

Οι πολλαπλές αιτήσεις κράτησης χροθυρίδας πρόσβασης στο κοινά διαμοιραζόμενο μέσο αποτελεί, από την άλλη μεριά, το πλεονέκτημα του υλοποιημένου συστήματος στο ερευνητικό πρόγραμμα AROMA. Είναι απαραίτητες στην περίπτωση που κίνηση πακέτων υψηλότερης προτεραιότητας πρέπει να ανακοινωθούν γρήγορα στο κεντρικό επικεφαλής σύστημα. Αυτό διευκολύνει τον αλγόριθμο στο πρωτόκολλο Ελέγχου Πρόσβασης Μέσου να δώσει προτεραιότητα στα πακέτα υψηλότερης προτεραιότητας κατά την έκδοση αδειών πρόσβασης στο κοινά διαμοιραζόμενο μέσο σε γενικό επίπεδο και όχι απλά μεταξύ των πακέτων του ίδιου τερματικού χρήστη, πράγμα το οποίο έχει πολύ μικρή αξία από μόνο του.

2.4. Εκτίμηση επίδοσης συμπεριφοράς του πρωτοκόλλου Ελέγχου Πρόσβασης Μέσου

Η συμπεριφορά του μηχανισμού πρωτοκόλλου Ελέγχου Πρόσβασης Μέσου μελετήθηκε με τη βοήθεια ενός μοντέλου που δημιουργήθηκε για αυτό το σκοπό με χρήση του εργαλείου προσομοίωσης PTOLEMY [8]. Αυτό το εργαλείο αποτελεί ουσιαστικά ένα περιβάλλον γραφικής αναπαράστασης λειτουργικών οντοτήτων, οι οποίες διασυνδέονται και ανταλλάσσουν πληροφορία σύμφωνα με τους κανόνες που επιβάλλει το περιβάλλον αυτό. Κάθε λειτουργική οντότητα, εκτός από εισόδους και εξόδους από και προς τις υπόλοιπες λειτουργικές οντότητες στα πρότυπα πάντα του περιβάλλοντος προσομοίωσης, περιλαμβάνει και την περιγραφή της λειτουργίας που θα κληθεί να υλοποιήσει. Η περιγραφή αυτή βασίζεται στη γλώσσα C. Το διασυνδεδεμένο σύνολο λειτουργικών οντοτήτων με πλήρη περιγραφή των συνθηκών και παραμέτρων λειτουργίας, μεταφράζεται τελικά σε κώδικα γλώσσας C, ο οποίος και εκτελείται για την συλλογή των αποτελεσμάτων. Τα αποτελέσματα αυτά συλλέγονται σε αρχεία προσωρινής αποθήκευσης, από όπου τελικά θα ανακληθούν για να αναπαρασταθούν γραφικά.

Το σενάριο της προσομοίωσης που υλοποιήθηκε εμπλέκει 10 τερματικά χρηστών, καθένα από τα οποία επιφορτίζεται με ομοιόμορφη κίνηση πακέτων για κάθε προτεραιότητα [9]. Σαν χρονική μονάδα της εκτέλεσης της προσομοίωσης επιλέχθηκε η διάρκεια της χρονοθυρίδας (170.6 μ s), η οποία αντιστοιχεί σε ένα χτύπο του ρολογιού. Για την δημιουργία κίνησης πακέτων, ώστε να μελετήσουμε την απόδοση και την συμπεριφορά του μηχανισμού πρωτοκόλλου Ελέγχου Πρόσβασης Μέσου (MAC) που περιγράψαμε, επιλέχθηκαν πηγές Έναρξης – Διακοπής (On-Off), οι οποίες χαρακτηρίζονται από ένα διάστημα εκπομπής πακέτων και ένα διάστημα σιωπής, όπως φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα.



Σχήμα 10 Συμπεριφορά του μηχανισμού της On-Off πηγής.

Αυτή η συμπεριφορά είναι περιοδική, με την έννοια ότι κάθε $\lambda + \mu$ χρονικές στιγμές επαναλαμβάνεται η ίδια διαδικασία. Σε κάθε διάστημα εκπομπής πακέτων (λ) η πηγή γεννά v πακέτα με ρυθμό $\rho = v / \lambda$. Αυτός ο ρυθμός ονομάζεται Μέγιστος Ρυθμός Μετάδοσης πακέτου (Peak Cell Rate (PCR)), και χαρακτηρίζει κάθε πηγή. Στην περίπτωση μας, η χρονική στιγμή που θα γεννηθεί ένα πακέτο, βρισκόμενοι εντός της περιόδου εκπομπής πακέτου (λ), αποτελεί τυχαίο προϊόν συνάρτησης κανονικής εκθετικής κατανομής της πιθανότητας να γεννηθεί το πακέτο αυτό σε κάποιο σημείο του χρονικού διαστήματος λ . Κατά συνέπεια, τα πραγματικά μεγέθη με τα οποία γεννά η πηγή δεν είναι αυστηρώς καθορισμένα, αλλά για ένα αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα η μέση διάρκεια της περιόδου εκπομπής στο χρονικό αυτό διάστημα θα ισούται με λ και αντίστοιχα η μέση διάρκεια σιωπής με μ . Στο υπό μελέτη σύστημα, ο

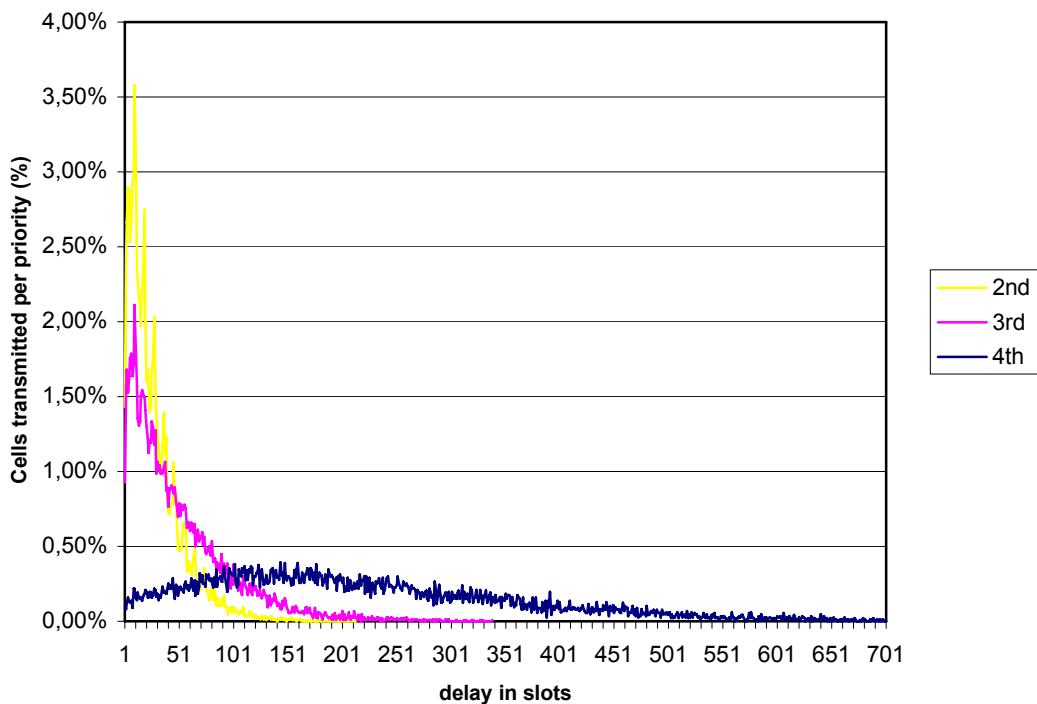
τυχαίος αριθμός των πακέτων που γεννούνται κάθε $\lambda + \mu$ περίπου στιγμές και ο οποίος αριθμός πρέπει να είναι μικρότερος του ρ , θα μπορούσε να χαρακτηρίζει το μήκος πακέτων Πρωτοκόλλου Διαδικτύου σε χρονοθυρίδες τα οποία και χαρακτηρίζονται από γεωμετρικά κατανεμημένο μήκος πακέτου. Το μήκος των πακέτων Πρωτοκόλλου Διαδικτύου μεταφράζεται σε χρονοθυρίδες του συστήματος, οι οποίες αντιστοιχούν σε πακέτα πρωτοκόλλου Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης, δηλαδή 48 οκτάδες δυαδικών ψηφίων ωφέλιμης πληροφορίας.

Στην προκειμένη προσομοίωση δεν υλοποιήθηκε ο μηχανισμός των πιστωτικών μονάδων, μιας και δεν θα είχε έννοια η απόπειρα αστυνόμευσης πλήρως συμβατών με τα συμβόλαια κίνησης τους πηγών [9], [10]. Στην πραγματικότητα, η λειτουργική μονάδα που υλοποιεί τον μηχανισμό αυτό συμπεριλήφθηκε στο μοντέλο προσομοίωσης, αλλά η αρχική τιμή που αποδόθηκε στις πιστωτικές μονάδες του κάθε τερματικού χρήστη αντιστοιχεί σε μία άπειρη κατ' ουσία τιμή, και συνεπώς δεν παρεμποδίζεται ποτέ η εκπομπή πακέτων. Τέλος, το χρονικό διάστημα εκτέλεσης της προσομοίωσης καθορίστηκε σε μισό εκατομμύριο χρονικές μονάδες, που αντιστοιχεί σε μισό εκατομμύριο χρονοθυρίδες, λόγω της επιβάρυνσης του υπολογιστικού συστήματος στο οποίο βρισκόταν εγκατεστημένο το εργαλείο προσομοίωσης PTOLEMY, και που είναι ένα μηχάνημα Solaris OS, λόγω της πολυπλοκότητας των υπολογισμών γέννησης πακέτων και συγχρονισμού του όλου συστήματος αλλά και του όγκου των εξαγόμενων δεδομένων.

Η πρώτη προτεραιότητα δεν θα μας απασχολήσει στην μελέτη επίδοσης της συμπεριφοράς του συστήματος, μιας και συμπεριφέρεται με ντετερμινιστικό και απόλυτα προβλέψιμο τρόπο, με την καθυστέρηση να μην ξεπερνά ποτέ την προκαθορισμένη απόσταση αραίωσης που έχει προγραμματιστεί στην λίστα αδειών εκπομπής [7].

Στο Σχήμα 11 αναπαριστάται η συνάρτηση κατανομής πιθανότητας (probability distribution function (pdf)) της καθυστέρησης πρόσβασης στο κοινά διαμοιραζόμενο μέσο για τις τρεις υπό μελέτη προτεραιότητες, δηλαδή τις δεύτερη, τρίτη και τέταρτη, υπό συνθήκες συνολικού φορτίου 85% (τα δημιουργούμενα πακέτα από όλες τις πηγές, και για τις τέσσερις προτεραιότητες, σε κάθε χρονική στιγμή αντιστοιχούν στο 85% της χωρητικότητας του κοινά διαμοιραζόμενου μέσου τη δεδομένη χρονική στιγμή). Η καθυστέρηση πρόσβασης αντιστοιχεί στον χρόνο που μεσολαβεί από την στιγμή που ένα πακέτο γεννήθηκε και ενταμιεύτηκε σε μία ουρά στον Διαμορφωτή - Αποδιαμορφωτή έως την στιγμή που θα λάβει τον συγκεκριμένο Διαμορφωτή - Αποδιαμορφωτή άδεια εκπομπής αλλά και που ταυτόχρονα δεν θα υπάρχουν πακέτα μεγαλύτερης προτεραιότητας ενταμιευμένα σε άλλη ουρά ώστε να καρπωθούν την άδεια εκπομπής. Στα αναπαριστάμενα μεγέθη δεν περιλαμβάνεται το σταθερό μέρος της καθυστέρησης που αντιστοιχεί στο σταθερό χρόνο μετ' επιστροφής των 4 χρονοθυρίδων που χρειάζεται για την μετάβαση μίας ανοδικά κινούμενης αίτησης για πρόσβαση στο κοινά διαμοιραζόμενο μέσο στο κεντρικό επικεφαλής σύστημα (head-end) και την επάνοδο της κινούμενης καθοδικά άδειας εκπομπής στο αιτών Διαμορφωτή - Αποδιαμορφωτή. Στη συγκεκριμένη στατιστική κατανομή της δημιουργούμενης κίνησης πακέτων από τις πηγές, φορτίο της τάξης του 10% της χωρητικότητας του κοινά διαμοιραζόμενου μέσου προέρχεται από πηγές πρώτης προτεραιότητας, που αντιστοιχούν σε κίνηση πακέτων Σταθερού Ρυθμού στα πλαίσια του πρωτοκόλλου Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης ή σε λογικά κανάλια κλάσης Επισπευμένης Προώθησης του μοντέλου διαβάθμισης χρήσης στα πλαίσια των διαφοροποιημένων υπηρεσιών, αφήνοντας το υπόλοιπο 75% ισοδύναμα κατανεμημένο για τις υπόλοιπες τρεις προτεραιότητες.

Η διαβάθμιση σε προτεραιότητες οδηγεί στην διαφοροποίηση της καθυστέρησης πρόσβασης στο κοινά διαμοιραζόμενο μέσο ανά προτεραιότητα. Αυτό γίνεται εμφανές από το Σχήμα 11 όπου όλα τα πακέτα της δεύτερης κατηγορίας αποκτούν πρόσβαση στο κοινά διαμοιραζόμενο πριν από την έλευση 210 χρονοθυρίδων, που αντιστοιχεί σε 36ms. Παρατηρούμε πως τη μεγαλύτερη πιθανότητα εμφάνισης έχει η καθυστέρηση ίση με 9 χρονοθυρίδες και αντιστοιχεί στο 3,58% της πιθανότητας εμφάνισης ενώ το 50% του συνολικού αριθμού των πακέτων αποκτά πρόσβαση στο κοινά διαμοιραζόμενο μέσο εντός χρονικού διαστήματος 19 χρονοθυρίδων καθώς και το 75% του συνολικού αριθμού των πακέτων εντός 37 χρονοθυρίδων αντίστοιχα. Αξίζει να σημειωθεί ότι σε γενικές γραμμές η συνάρτηση κατανομής πιθανότητας ακολουθεί εκθετική κατανομή, με τις οξείες ακμές που παρατηρούνται να αποκλίνουν από αυτό τον κανόνα να οφείλονται στον χρονικά διαδοχικό τρόπο γέννησης των πακέτων της πρώτης προτεραιότητας που υλοποιήθηκε στην συγκεκριμένη προσομοίωση.

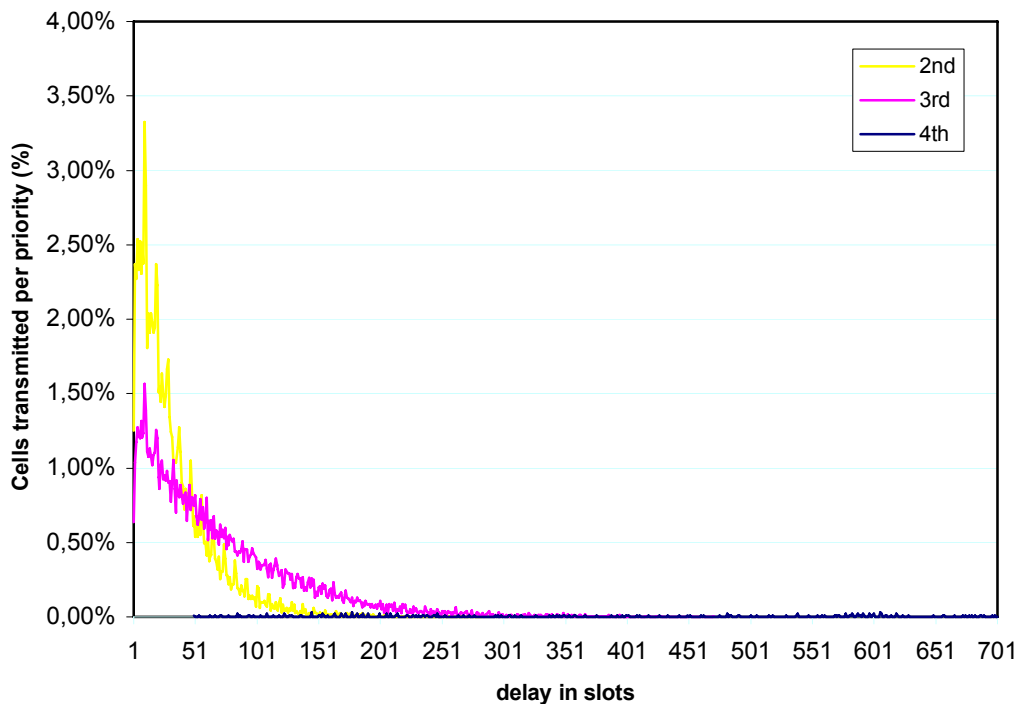


Σχήμα 11 Συνάρτηση κατανομής πιθανότητας (pdf) της καθυστέρησης πρόσβασης για 85% φορτίο.

Την ίδια στιγμή, τα πακέτα τις τρίτης προτεραιότητας παρουσιάζουν μέγιστη καθυστέρηση πρόσβασης στο κοινά διαμοιραζόμενο μέσο ίση με 350 χρονοθυρίδες, χρόνος που αντιστοιχεί σε 60ms. Παρατηρούμε πως τη μεγαλύτερη πιθανότητα εμφάνισης έχει η καθυστέρηση ίση με 9 χρονοθυρίδες και αντιστοιχεί στο 2,11% της πιθανότητας εμφάνισης ενώ το 50% του συνολικού αριθμού των πακέτων αποκτά πρόσβαση στο κοινά διαμοιραζόμενο μέσο εντός χρονικού διαστήματος 36 χρονοθυρίδων καθώς και το 75% του συνολικού αριθμού των πακέτων εντός 70 χρονοθυρίδων αντίστοιχα.

Συνεπώς, για ομοιόμορφα κατανομημένο φορτίο μεταξύ των προτεραιοτήτων, παρατηρούμε μία διαφορά στη καθυστέρηση πρόσβασης μεταξύ δεύτερης και τρίτης προτεραιότητας της τάξης του δύο (2) για την πλειοψηφία των πακέτων, δηλαδή το 50% των πακέτων αποκτούν πρόσβαση στο κοινά διαμοιραζόμενο μέσο μέσα σε 19 χρονοθυρίδες για την δεύτερη και 37 ($2*19=38$) για την τρίτη προτεραιότητα.

Σαφώς δεν υπάρχει όριο για την τέταρτη προτεραιότητα, η οποία μπορεί να υπερβεί κάθε όριο, ανάλογα με το συνολικό φορτίο. Στο συγκεκριμένο σενάριο όπου το φορτίο είναι 85%, το μεγαλύτερο μέρος των πακέτων μεταδίδεται πριν το πέρας 700 χρονοθυρίδων που αντιστοιχεί σε 120ms. Παρατηρούμε πως τη μεγαλύτερη πιθανότητα εμφάνισης έχει ένα εύρος τιμών που κυμαίνεται από καθυστέρηση ίση με 70 χρονοθυρίδες ως και καθυστέρηση ίση με 190 χρονοθυρίδες και αντιστοιχεί σε γενικές γραμμές στο 0,3% της πιθανότητας εμφάνισης, παρουσιάζοντας μέγιστο αριθμό πακέτων ίσο με 0,38% για χρονικές τιμές καθυστέρησης ίσες με 143, 147, 159 και 176 χρονοθυρίδες, ενώ το 50% του συνολικού αριθμού των πακέτων αποκτά πρόσβαση στο κοινά διαμοιραζόμενο μέσο εντός χρονικού διαστήματος 192 χρονοθυρίδων καθώς και το 75% του συνολικού αριθμού των πακέτων εντός 306 χρονοθυρίδων αντίστοιχα.



Σχήμα 12 Συνάρτηση κατανομής πιθανότητας της καθυστέρησης πρόσβασης για 110% φορτίο.

Η συνάρτηση κατανομής πιθανότητας (pdf) της καθυστέρησης πρόσβασης στο κοινά διαμοιραζόμενο μέσο κάτω από συνθήκες υψηλότερου φορτίου κίνησης πακέτων, της τάξης του 110%, αναπαριστάται στο Σχήμα 12. Σε αυτή την περίπτωση η επιμέρους κατανομή του φορτίου έχει ως εξής: για την πρώτη προτεραιότητα δεσμεύτηκε το 10% της χωρητικότητας του κοινά διαμοιραζόμενου μέσου, το 30% αποδόθηκε σε

κίνηση πακέτων δεύτερης προτεραιότητας μέσω των γεννήσεων πακέτων με ανάλογο ρυθμό, 30% επίσης για την τρίτη προτεραιότητα και 40% για την τέταρτη προτεραιότητα. Οι δύο πρώτες προτεραιότητες δεν επηρεάζονται σημαντικά από την διαφοροποίηση αυτή του φορτίου, όπως αυτό γίνεται εμφανές και από το Σχήμα 12, σε αντίθεση με την τέταρτη προτεραιότητα, η οποία φαίνεται να ασφυκτιά από την έλλειψη εύρους ζώνης, αφού έχει περιοριστεί στο εναπομείναν από τις άλλες τρεις προτεραιότητες 30% της χωρητικότητας του κοινά διαμοιραζόμενου μέσου. Η επίδραση της διάταξης των προτεραιοτήτων έχει ακριβώς αυτό το σκοπό, να απόκρυσιν την ύπαρξη χαμηλότερων προτεραιοτήτων, προστατεύοντας τις ευαίσθητες ροές πακέτων μεγαλύτερης προτεραιότητας από τον ανταγωνισμό με αυτές χαμηλότερης προτεραιότητας και κατά συνέπεια την αποφυγή της υποβάθμισης της προσφερόμενης ποιότητας υπηρεσίας.

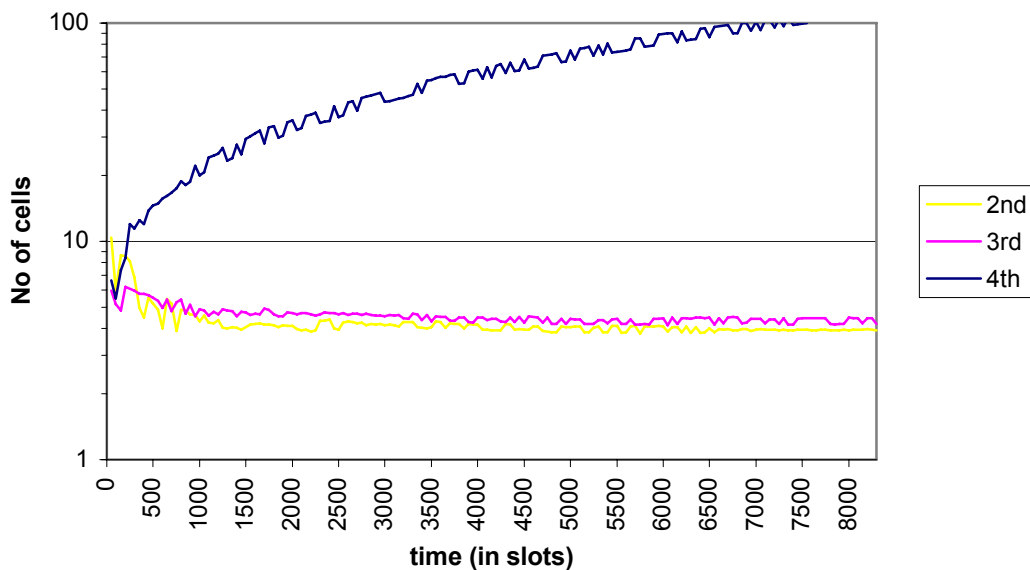
Από το Σχήμα 12 γίνεται εμφανές ότι όλα τα πακέτα της δεύτερης κατηγορίας αποκτούν πρόσβαση στο κοινά διαμοιραζόμενο πριν από την έλευση 280 χρονοθυρίδων, που αντιστοιχεί σε 48ms. Παρατηρούμε πως τη μεγαλύτερη πιθανότητα εμφάνισης έχει η καθυστέρηση ίση με 9 χρονοθυρίδες και αντιστοιχεί στο 3,32% της πιθανότητας εμφάνισης ενώ το 50% του συνολικού αριθμού των πακέτων αποκτά πρόσβαση στο κοινά διαμοιραζόμενο μέσο εντός χρονικού διαστήματος 23 χρονοθυρίδων καθώς και το 75% του συνολικού αριθμού των πακέτων εντός 44 χρονοθυρίδων αντίστοιχα. Τα πακέτα της τρίτης προτεραιότητας παρουσιάζουν μέγιστη καθυστέρηση πρόσβασης στο κοινά διαμοιραζόμενο μέσο ίση με 470 χρονοθυρίδες, χρόνος που αντιστοιχεί σε 81ms. Παρατηρούμε πως τη μεγαλύτερη πιθανότητα εμφάνισης έχει η καθυστέρηση ίση με 9 χρονοθυρίδες και αντιστοιχεί στο 1,57% της πιθανότητας εμφάνισης ενώ το 50% του συνολικού αριθμού των πακέτων αποκτά πρόσβαση στο κοινά διαμοιραζόμενο μέσο εντός χρονικού διαστήματος 51 χρονοθυρίδων καθώς και το 75% του συνολικού αριθμού των πακέτων εντός 97 χρονοθυρίδων αντίστοιχα. Σε γενικές γραμμές, και σε αυτή την περίπτωση φορτίου μπορούμε να πούμε πως ισχύει η προηγούμενη διαπίστωση, δηλαδή ότι η διαφορά στη καθυστέρηση πρόσβασης μεταξύ δεύτερης και τρίτης προτεραιότητας είναι της τάξης του δύο (2) για την πλειοψηφία των πακέτων, αφού το 50% των πακέτων αποκτούν πρόσβαση στο κοινά διαμοιραζόμενο μέσο μέσα σε 23 χρονοθυρίδες για την δεύτερη και 44 ($2 \cdot 23 = 46$) για την τρίτη προτεραιότητα, παρά το γεγονός ότι δεν ήταν ισοκατανεμημένο το φορτίο μεταξύ όλων των προτεραιοτήτων.

Η μέση καθυστέρηση για την τέταρτη προτεραιότητα δεν φράσσεται, ενώ όπως φαίνεται και από το Σχήμα 12 η πιθανότητα εμφάνισης καθυστέρησης είναι σχεδόν ισότιμα διασκορπισμένη σε ένα πάρα πολύ μεγάλο διάστημα χρονικών τιμών που θεωρητικά φτάνει στο άπειρο. Αλλά και πρακτικά, αφού υπάρχει αριθμός πακέτων ο οποίος δεν θα μεταδοθεί ποτέ υπό αυτές τις συνθήκες υποφόρτωσης του κοινά διαμοιραζόμενου μέσου, μιας και κάποια στιγμή θα ξεχειλίσουν οι ενδιάμεσες μνήμες και τα πακέτα θα απορριφθούν. Η τάση να αυξάνονται, σχεδόν γραμμικά, τα επίπεδα πλήρωσης της ενδιάμεσης μνήμης για την τέταρτη προτεραιότητα οφείλεται στο σταθερό μέσο ρυθμό γέννησης πακέτων από το μοντέλο πηγής Έναρξης – Διακοπής (On-Off). Αυτό γίνεται περισσότερο κατανοητό από το Σχήμα 13 όπου φαίνεται η εξέλιξη της χωρητικότητας των ενδιάμεσων μνημών, που αντιστοιχούν στις ουρές αναμονής για την πρόσβαση στο κοινά διαμοιραζόμενο μέσο, κατά την πάροδο του χρόνου.

Η χωρητικότητα για την δεύτερη και τρίτη χωρητικότητα απεικονίζεται με σχεδόν ευθείες γραμμές, δηλαδή παραμένει σε σταθερά επίπεδα σε ένα μέσο αριθμό πακέτων σε αναμονή για κάθε χρονική στιγμή που είναι ίσος με 3,85 και 4,4 πακέτα

αντίστοιχα, σε αντίθεση με την αυτήν της τέταρτης η οποία τείνει να αυξάνεται με γραμμικό ρυθμό λόγω της διαφοράς του αριθμού πακέτων που εναποτίθενται στην ουρά με αυτό των εκπεμπόμενων από αυτή σε κάθε χρονική στιγμή.

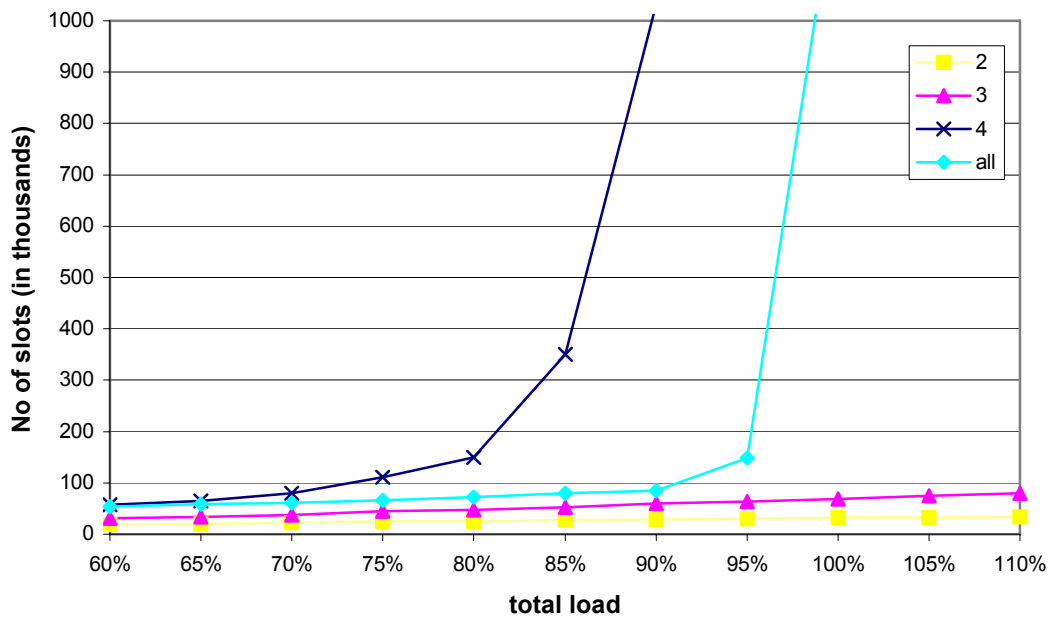
Στο Σχήμα 14 αναπαριστάται η μέση καθυστέρηση σε συνάρτηση με το συνολικό φορτίο κίνησης πακέτων για κάθε προτεραιότητα. Σε κάθε τιμή συνολικού φορτίου κίνησης πακέτων του σχήματος αντιστοιχεί ένα 10% στα πακέτα πρώτης προτεραιότητας, που περιέχονται στη λίστα αδειών εκπομπής και είναι απαραίτητα για την ανακάλυψη πιθανής άφιξης νέας έκρηξης πακέτων στο τερματικό του χρήστη, αφήνοντας το υπόλοιπο από το αναπαριστάμενο στον οριζόντιο άξονα του σχήματος να ισοκατανεμηθεί μεταξύ των υπόλοιπων προτεραιοτήτων. Δηλαδή για 70% συνολικό φορτίο αντιστοιχεί 10% για την πρώτη και από 20% για δεύτερη, τρίτη και τέταρτη προτεραιότητα. Στο σχήμα δεν αναπαριστάται η καθυστέρηση για την πρώτη προτεραιότητα, μιας και αυτή είναι αυστηρά καθορισμένη από τον προγραμματισμό της λίστας αδειών εκπομπής στο κοινά διαμοιραζόμενο μέσο και συνεπώς προβλεπτή με ντετερμινιστικό τρόπο. Παρατηρούμε όμως ότι για την δεύτερη και τρίτη προτεραιότητα η καθυστέρηση αυξάνει ομαλά, με σχεδόν γραμμικό τρόπο, σε αντίθεση με την τέταρτη προτεραιότητα. Για την τελευταία παρατηρούμαι πως η παρουσιαζόμενη καθυστέρηση πρόσβασης στο κοινά διαμοιραζόμενο μέσο αυξάνει εκθετικά και απειρίζεται για συνολικό φορτίο κίνησης πακέτων που ξεπερνά το 90% του συνολικά διαθέσιμου εύρους ζώνης του κοινά διαμοιραζόμενου μέσου.



Σχήμα 13 Εξέλιξη του μεγέθους της ενδιάμεσης μνήμης στο χρόνο για 110% συνολικό φορτίο.

Στο ίδιο σχήμα αναπαριστάται και η καθυστέρηση πρόσβασης στο κοινά διαμοιραζόμενο μέσο μίας ιδιαίτερης κατηγορίας προτεραιότητας, η οποία αποτελεί το συγκερασμό της δεύτερης τρίτης και τέταρτης προτεραιότητας σε μία, την καθολική (“all”). Δηλαδή, θεωρώντας ότι το σύστημα μας υποστηρίζει μόνο δύο προτεραιότητες, την πρώτη και την καθολική, που καταλαμβάνουν η μεν πρώτη το 10% η δε καθολική το υπόλοιπο από το αναπαριστάμενο στον οριζόντιο άξονα

ποσοστό του συνολικά διαθέσιμου εύρους ζώνης του κοινά διαμοιραζόμενου μέσου, λαμβάνουμε τις μετρήσεις που παρουσιάζονται στο Σχήμα 14. Στην προκειμένη περίπτωση όπου δεν υπάρχει η διαφοροποίηση της διαβάθμισης σε προτεραιότητες, γίνεται εμφανές το πλεονέκτημα της δεύτερης και τρίτης προτεραιότητας στην αντίθετη περίπτωση, μιας και η παρουσιαζόμενη καθυστέρηση για την καθολική προτεραιότητα είναι σαφώς μεγαλύτερη από αυτή της δεύτερης και της τρίτης προτεραιότητας. Μόνο για την τέταρτη προτεραιότητα φαίνεται να υπάρχει κάποιο όφελος για συνολικό φορτίο μεγαλύτερο του 70%. Η συνολική καθυστέρηση αυξάνεται σχεδόν γραμμικά και για αυτή την περίπτωση μέχρι του ορίου του 90% από όπου και αυξάνεται εκθετικά, απειριζόμενη τείνοντας ασυμπτωτικά στο 100%.

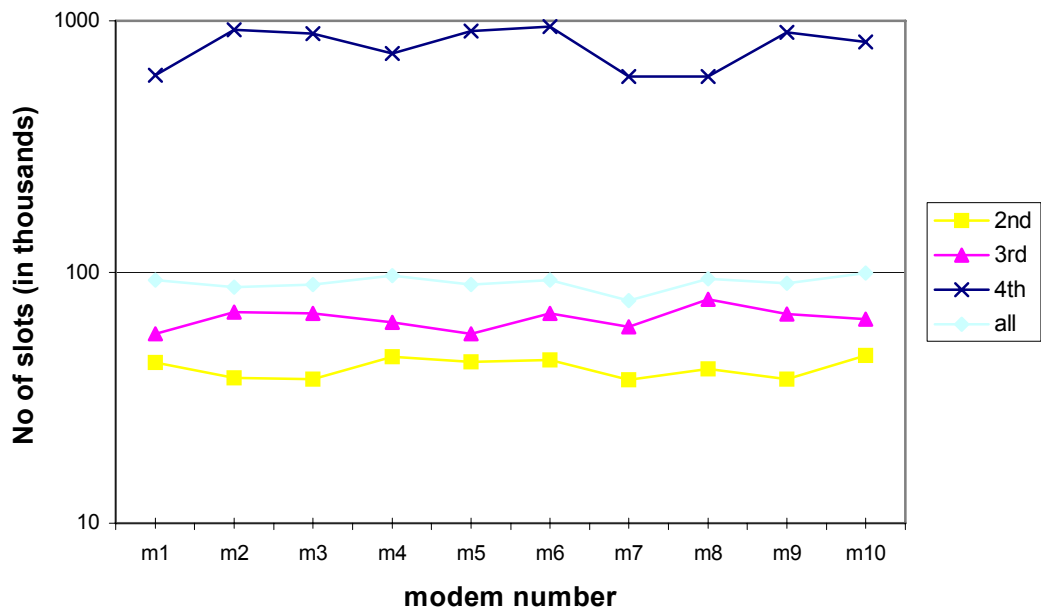


Σχήμα 14 Μέση καθυστέρηση προς συνολικό φορτίο.

Το υπό μελέτη σύστημα διαμοιράζει τους πόρους τους ισότιμα σε όλους τους Διαμορφωτές - Αποδιαμορφωτές, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 15. Σε αυτό το σχήμα η μέση καθυστέρηση ανά προτεραιότητα για κάθε Διαμορφωτή - Αποδιαμορφωτή, τόσο για τις προτεραιότητες διακεκριμένα (δεύτερη, τρίτη και τέταρτη) όσο και ομαδοποιημένα (καθολική) για συνολικό φορτίο κίνησης ίσο με το 85% του συνολικά διαθέσιμου εύρους ζώνης του κοινά διαμοιραζόμενου μέσου και υπό τις συνθήκες κατανομής που έχουν περιγραφεί παραπάνω. Παρατηρούμε μια γραμμική σε γενικές γραμμές συμπεριφορά του συστήματος απέναντι στα διάφορα Διαμορφωτές - Αποδιαμορφωτές. Η διαφοροποίηση από την καθ' ολοκληρία γραμμική συμπεριφορά δικαιολογείται από την ποικιλότητα των μορφών κίνησης πακέτων που γεννάται από κάθε διαφορετικό Διαμορφωτή - Αποδιαμορφωτή, σύμφωνα με τις προϋποθέσεις λειτουργίας της πηγής Έναρξης – Διακοπής (On-Off).

Παρόλα αυτά, αξίζει να σημειωθεί ότι τα μοντέλα των πηγών που χρησιμοποιήθηκαν δεν συμπεριλαμβάνουν και την συμπεριφορά της λειτουργικότητας ανωτέρων στρωμάτων του Πρότυπου Διασύνδεσης Ανοιχτού Συστήματος, όπως το στρώμα

εφαρμογής (τέταρτο στο διαστρωματικό μοντέλο του Πρότυπου Διασύνδεσης Ανοιχτού Συστήματος) όπου θα βρισκόταν και η λειτουργική οντότητα του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Μετάδοσης και η οποία θα περιείχε τον αλγόριθμο αποφυγής συμφόρησης (congestion avoidance) ο οποίος θα εξασκούσε έλεγχο ροής πακέτων σε απάντηση των απωλειών και θα μείωνε τον ρυθμό μετάδοσης τους καθώς θα αναμετάδιδε τα απολεσθέντα πακέτα πληροφορίας χρήστη.



Σχήμα 15 Μέση καθυστέρηση ανά Διαμορφωτή - Αποδιαμορφωτή για 85% φορτίο.

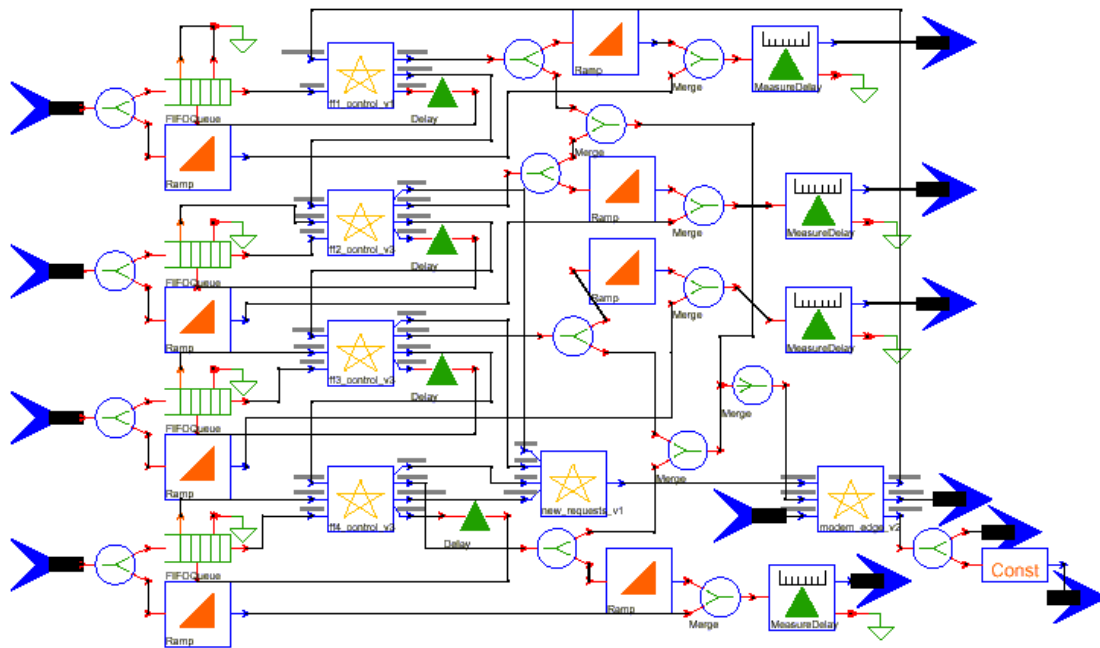
Συνεπώς, το σύστημα χάρις στη διάταξη προτεραιοτήτων μπορεί να εγγυηθεί την ποιότητα που απαιτεί η ευαίσθητη κίνηση πακέτων ενώ παράλληλα να υποστηρίξει κίνηση πακέτων βέλτιστης προσπάθειας με την αξιοποίηση του εναπομείναντος ανεκμετάλλετου εύρους ζώνης. Έτσι καταλήγει το όλο σύστημα να είναι αποτελεσματικό. Η κίνηση πακέτων υψηλής προτεραιότητας αντιστοιχεί σε παρεχόμενες υπηρεσίες υψηλού κόστους οι οποίες απολαμβάνουν ικανοποιητική απόδοση του συστήματος, ενώ την ίδια στιγμή οποιοδήποτε ποσοστό του εύρους ζώνης παραμένει ανεκμετάλλετο αποδίδεται στην τέταρτη προτεραιότητα, που αντιστοιχεί σε κίνηση πακέτων βέλτιστης προσπάθειας, επιτείνοντας έτσι τον βαθμό χρησιμοποίησης των πόρων του συστήματος. Σε αυτό συμβάλει η φύση της κίνησης για την τέταρτη προτεραιότητα, όπου η εμπλοκή του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Μετάδοσης επιτρέπει όχι μόνο την ανίχνευση απολεσθέντων πακέτων και την αναμετάδοση τους αλλά και την αναπροσαρμογή του ρυθμού μετάδοσης πακέτων ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν κατά περίπτωση. Αυτή την δυνατότητα δεν έχουν οι υπόλοιπες προτεραιότητες όπου οι εφαρμογές που τις χρησιμοποιούν συνήθως δεν βασίζονται σε Πρωτόκολλο Ελέγχου Μετάδοσης και συνεπώς δεν χαιρούν της δυνατότητας επανόρθωσης ύστερα από την εμφάνιση κάποιου σφάλματος κατά την μετάδοση των πακέτων.

Μία μέθοδος που να εγγυάται την διαθεσιμότητα υπηρεσιών με υψηλές απαιτήσεις ποιότητας, όπως είναι το Πρωτόκολλο Δέσμευσης Πόρων (resource ReSerVation Protocol (RSVP)), θα ήταν οπωσδήποτε απαραίτητο. Κάθε τέτοιος μηχανισμός θα πρέπει επιπλέον να διασφαλίζει την ύπαρξη ελεύθερου εύρους ζώνης για να μπορεί να εξυπηρετεί και κίνηση πακέτων βέλτιστης προσπάθειας και να αποτρέπει την ασφυξία τους από την πρόσβαση στο κοινά διαμοιραζόμενο μέσο. Παρόλα αυτά, η κίνηση αυτή παραμένει κυρίως για την στατιστική απόδοση του συστήματος που διασφαλίζεται από την τέταρτη προτεραιότητα και μερικώς την τρίτη. Η ύπαρξη του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Μετάδοσης είναι αυτή που διασφαλίζει την παροχή τόσο των εγγυήσεων για ποιότητα υπηρεσίας όσο και την βέλτιστη εκμετάλλευση των πόρων του συστήματος.

2.5. Μοντέλο προσομοίωσης

2.5.1. Διαμορφωτής - Αποδιαμορφωτής

Στο Σχήμα 16 απεικονίζεται το μοντέλο προσομοίωσης για τον Διαμορφωτή - Αποδιαμορφωτή. Σε αυτό το μοντέλο διακρίνονται τα αστέρια που ελέγχουν την ουρά αναμονής των εισερχόμενων πακέτων. Τα πακέτα αυτά προέρχονται από τις γεννήτριες πακέτων που περιγράφηκαν προτύτερα, και αντιστοιχούν στην προς μετάδοση κίνηση των εφαρμογών ύστερα από την πλαισίωση τους σε πακέτα από τα κατώτερα στρώματα.



Σχήμα 16 Υλοποίηση του μηχανισμού του τερματικού χρήστη στο περιβάλλον προσομοίωσης.

Επειδή για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης δεν μας ενδιέφερε η ταυτότητα των πακέτων, σε κάθε πηγή τα πακέτα αντιστοιχίζονται με το έναν ακέραιο αριθμό. Η στιγμή της γέννησης, και συνεπώς της εναπόθεσης στην ουρά, είναι το στοιχείο που μας ενδιαφέρει, μιας και αντικατοπτρίζει την τυχαιότητα του τρόπου δημιουργίας των πακέτων, κρίσιμη για την διαπίστευση της σωστής λειτουργίας του υπό αξιολόγηση συστήματος. Τα πακέτα εισέρχονται στη λειτουργική μονάδα του μοντέλου προσομοίωσης που αντιστοιχεί στον Διαμορφωτή - Αποδιαμορφωτή από τις οντότητες εισόδου που διακρίνονται αριστερά με την κεφαλή του βέλους αναστραμμένη και με μπλε χρώμα, με την μορφή ακέραιου αριθμού με μοναδική τιμή.

Η ροή των πακέτων αυτών διαχωρίζεται στο μέρος που ασχολείται με την χρονική στιγμή της γέννησης τους, δηλαδή ο μηχανισμός προτεραιοτήτων πρόσβασης στο κοινά διαμοιραζόμενο κανάλι, και στο μέρος που ασχολείται ευκαιριακά με την ταυτότητα των πακέτων αυτών και δεν είναι άλλος από τον μηχανισμό χρονομέτρησης της καθυστέρησης που παρουσιάζεται στα εισερχόμενα στον Διαμορφωτή - Αποδιαμορφωτή πακέτα λόγω εφαρμογής του μηχανισμού προτεραιοτήτων. Η πραγματοποίηση της μέτρησης της καθυστέρησης επιβάλλει την διάκριση των πακέτων ακόμα και της ίδιας προτεραιότητας μεταξύ τους, λόγω των παρεχόμενων δυνατοτήτων μοντελοποίησης από το εργαλείο προσομοίωσης. Αποτέλεσμα είναι η ευκαιριακή απόδοση ταυτότητας, για τον λόγο της χρονομέτρησης, ταυτότητα που αποδίδεται με τον ίδιο τρόπο και στα εξερχόμενα του

μηχανισμού προτεραιοτήτων πακέτα. Αυτό είναι δυνατό λόγω του σειριακού τρόπου εισόδου των πακέτων στο μοντέλο τερματικού χρήστη και η ιεραρχική εξυπηρέτηση τους από τον μηχανισμό προτεραιοτήτων. Δηλαδή, αδιάφορα από την ταυτότητα των πακέτων, αυτό που θα εισέλθει πριν από κάποιο άλλο σε κάποια από τις ουρές του μηχανισμού προτεραιοτήτων θα εξέλθει με ακριβώς την ίδια σειρά αλλά σε σαφώς διαφορετικές χρονικές στιγμές, στιγμές που επιβάλλονται από τον μηχανισμό προτεραιοτήτων. Αυτή ακριβώς η επιλογή του χρόνου εξυπηρέτησης των αναμενόμενων στην ουρά πακέτων έχουν τα αστέρια ελέγχου.

Τα αστέρια ελέγχου έχουν στην πλειοψηφία τους τρεις εισόδους: (α) την είσοδο του σήματος έναυσης της διαδικασίας εξυπηρέτησης της ουράς, (β) την είσοδο των πακέτων από την ουρά, και (γ) το μέγεθος της ουράς, δηλαδή τον αριθμό των αναμενόμενων εξυπηρέτησης πακέτων. Το σήμα έναυσης δημιουργείται από την μονάδα κεντρικού ελέγχου και περνά διαδοχικά από τα αστέρια υψηλότερης προτεραιότητας σε αυτά χαμηλότερης. Το μέγεθος και το περιεχόμενο (πακέτα) της ουράς διέρχονται μέσω του αστεριού ελέγχου ώστε η διακίνηση τους στο μηχανισμό προτεραιοτήτων να γίνει με ελεγχόμενο τρόπο. Εξάριση στον αριθμό των εισόδων αποτελεί το αστέρι για την πρώτη προτεραιότητα, στην οποία δεν μας ενδιαφέρει το μέγεθος της ουράς αναμονής, μιας και σε κανονικές συνθήκες μόνο ένα πακέτο αναμένει στην ουρά κατά τον χρόνο που χρειάζεται ο μηχανισμός για την εξυπηρέτησή του, λόγω σχεδίασης του μηχανισμού να συμπεριφέρεται με ανάλογο τρόπο. Από την άλλη μεριά τα αστέρια, αποτελούνται από τέσσερις εξόδους: (α) τα πακέτα, (β) το μέγεθος της ουράς, (γ) την εντολή ελέγχου των αστεριών και (δ) την εντολή ελέγχου της ουράς, με εξάριση το πρώτο. Η εντολή ελέγχου των αστεριών μεταβιβάζεται από το ένα αστέρι στο άλλο όταν δεν έχει σημειωθεί δραστηριότητα στην ουρά αναμονής του τρέχοντος αστεριού. Σε αυτή την περίπτωση που δεν υπάρχει πακέτο προς μετάδοση σε κάποια προτεραιότητα, ο μηχανισμός ελέγχει τις μικρότερες προτεραιότητες ώστε να εξασφαλίσει την εξυπηρέτηση όλων των προτεραιοτήτων. Σε περίπτωση που δεν υπάρχει κανένα πακέτο προς μετάδοση, η εντολή ελέγχου επιστρέφει αναλλοίωτοι στον εκδότη της, αλλιώς του κοινοποιείται η προτεραιότητα η οποία κατέλαβε την τρέχουσα χρονοθυρίδα εκπομπής. Τα πακέτα προωθούνται στο μηχανισμό μέτρησης της καθυστέρησης πρόσβασης στο κοινά διαμοιραζόμενο κανάλι, αφού υποστούν ανάλογη διαδικασία ταυτοποίησης με αυτή της εναλλακτικής διαδρομής από την είσοδό τους.

Το μέγεθος της ουράς αναμονής για κάθε προτεραιότητα, εκτός της πρώτης, συλλέγεται σε ένα αστέρι το οποίο έχει σαν σκοπό την κωδικοποίηση αυτής της πληροφορίας με τρόπο κατανοητό από τον αντίκρου μηχανισμό εξυπηρέτησης προτεραιοτήτων του κεντρικού επικεφαλής συστήματος όπου και χρησιμοποιείται για την καταγραφή των πακέτων που βρίσκονται σε αναμονή.

Κεντρικό ρόλο στο μηχανισμό έχει το αστέρι κεντρικού ελέγχου. Ρόλος του είναι να παρακολουθεί το κοινά διαμοιραζόμενο κανάλι αναγνώνοντας τις άδειες εκπομπής, αναλαμβάνοντας δραστηριότητα μόνο σε περίπτωση που αναγνωρίσει τον κωδικό του αριθμό. Τότε εκδίδει την εντολή ελέγχου αστεριού που μεταβιβάζεται από αστέρι ελέγχου ουράς σε αστέρι. Η εντολή ελέγχου επιστρέφει μετά το πέρας της διαδρομής του μηχανισμού, φέροντας την πληροφορία της βούλησης μετάδοσης ή όχι κάποιου πακέτου στην συγκεκριμένη χρονοθυρίδα. Στην περίπτωση ύπαρξης πακέτου προς μετάδοση, αυτό προωθείται στο κοινά διαμοιραζόμενο κανάλι, ενώ παράλληλα αποστέλλεται και η πληροφορία της κατάστασης των ουρών, πληροφορία που θα αποστέλλοταν σε κάθε περίπτωση.

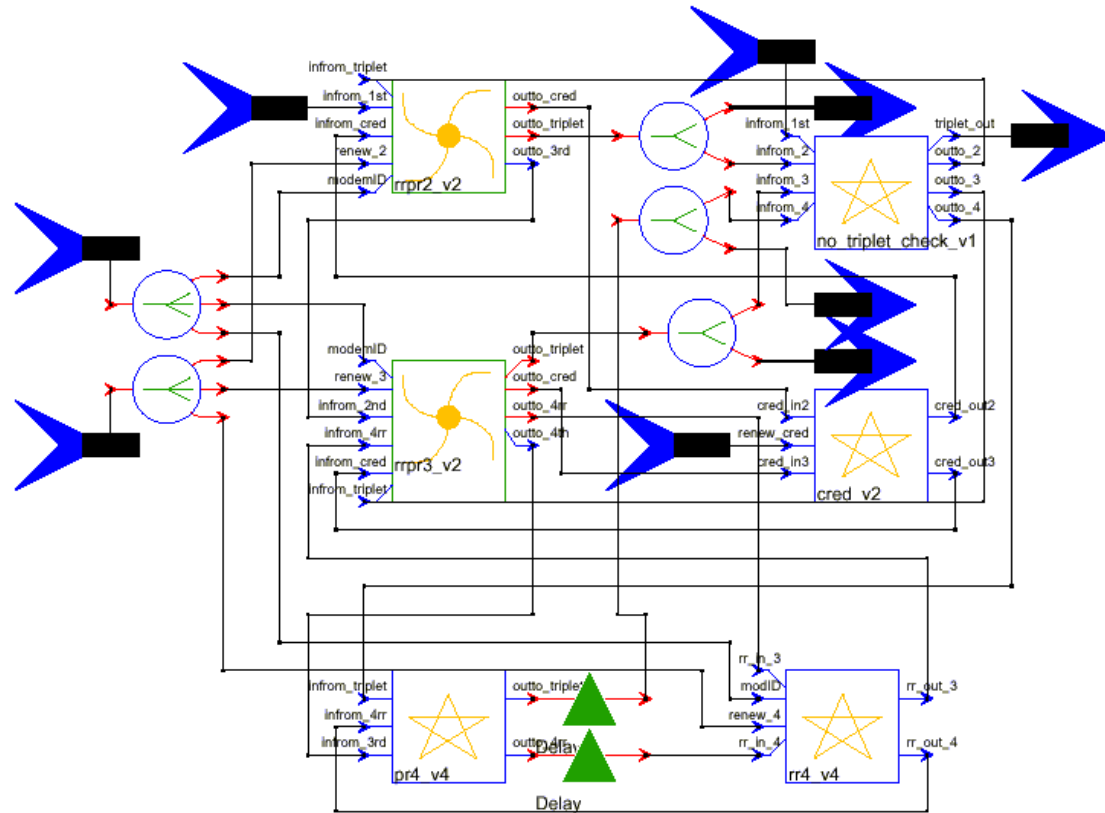
Έξοδος από το σύστημα αποτελούν επίσης και οι τιμές χρονικής καθυστέρησης που παρουσιάζονται στις διάφορες ουρές για την εξαγωγή συμπερασμάτων λειτουργίας του συστήματος.

2.5.2. Κεντρικό επικεφαλής σύστημα

Στο Σχήμα 17 απεικονίζεται το κεντρικό επικεφαλής σύστημα. Μπορούμε να διακρίνουμε τις τρεις λειτουργικές μονάδες που αντιστοιχούν στις διαφορετικές προτεραιότητες τις οποίες καλείται να διαχειριστεί ο μηχανισμός. Είσοδοι στο σύστημα αυτό αποτελούν η ταυτότητα του τερματικού χρήστη που έχει την δεδομένη χρονική στιγμή αποκλειστικό δικαίωμα χρήσης του κοινά διαμοιραζόμενου καναλιού ανόδου, οι νέες αιτήσεις του λόγο αύξησης της δραστηριότητας των χρηστών, η λίστα αδειών εκπομπής με τις νέες τιμές των πιστωτικών μονάδων (credits) και η προγραμματισμένη λίστα αδειών εκπομπής με τις άδειες ανάθεσης για την πρώτη προτεραιότητα αλλά και τις καινές θέσεις που θα καταλάβουν οι χαμηλότερες. Ουσιαστικά έχουμε μόνο μία έξοδο από το σύστημα, αυτή από τη λειτουργική οντότητα τριπλέτας που αποτελεί ουσιαστικά την ομαδοποιημένη έξοδο του συστήματος, μιας και οι επιμέρους έξοδοι από τους μηχανισμούς ελέγχου και εξυπηρέτησης προτεραιοτήτων έχουν χαρακτήρα παραμέτρων ελέγχου της ορθότητας σχεδίασης του αλγορίθμου. Οι λειτουργικές μονάδες του μηχανισμού πιστωτικών μονάδων αλλά και τριπλέτας είναι προσπελάσιμες από όλες σχεδόν τις λειτουργικές οντότητες με εξαίρεση το μηχανισμό της τέταρτης προτεραιότητας ο οποίος λόγω σχεδίασης δεν έχει λόγο πρόσβασης στη λειτουργική οντότητα του ελέγχου πιστωτικών μονάδων.

Πρωταρχικό ρόλο στην λειτουργία του αλγορίθμου έχει η προγραμματισμένη λίστα αδειών εκπομπής που περιέχει τις άδειες πρόσβασης στο κοινά διαμοιραζόμενο κανάλι ανόδου για την πρώτη προτεραιότητα. Αυτή καθορίζει τις θυρίδες που είναι δεσμευμένες για πακέτα που γεννούνται με σταθερό τρόπο και αντιστοιχούν στην πρώτη προτεραιότητα από αυτές που είναι ελεύθερες να καταλάβουν πακέτα κίνησης που δημιουργούνται με δυναμικό τρόπο και αντιστοιχούν στις χαμηλότερες προτεραιότητες. Αποτελεί ουσιαστικά το κριτήριο έναρξης του αλγορίθμου επιλογής του επόμενου τερματικού χρήστη με την ευκαιρία κάθε ελεύθερης χρονοθυρίδας στην προγραμματισμένη λίστα αδειών εκπομπής. Η διαδικασία επιλογής ξεκινά πάντα από την προτεραιότητα μεγαλύτερης προτεραιότητας προς αυτή μικρότερης. Για κάθε προτεραιότητα έχουμε και μία αφοσιωμένη ομάδα λειτουργικών οντοτήτων. Αυτό γίνεται εμφανές για την δεύτερη και τρίτη προτεραιότητα, αλλά όχι και για την τέταρτη. Για την δεύτερη και τρίτη προτεραιότητα, έχουμε δύο βασικές λειτουργικές οντότητες, η μία για την αποθήκευση των αιτήσεων για πρόσβαση στο κοινά διαμοιραζόμενο μέσο και η άλλη για την υλοποίηση του αλγορίθμου ελέγχου και εξυπηρέτησης. Για τις δύο αυτές προτεραιότητες η πρόσβαση στις λειτουργικές οντότητες αποθήκευσης των αιτήσεων για πρόσβαση στο κοινά διαμοιραζόμενο μέσο είναι αποκλειστικό προνόμιο της αντίστοιχης προτεραιότητας, σε αντίθεση με αυτή της τέταρτης την οποία προσπελάζουν από κοινού τρίτη και τέταρτη προτεραιότητα, και για αυτό δεν ομαδοποιείται όπως οι δύο άλλες σε μία ενιαία λειτουργική οντότητα. Ο έλεγχος για τυχόν αιτήσεις που βρίσκονται στη λειτουργική οντότητα αποθήκευσης είναι ο πρώτος που λαμβάνει χώρα κατά την εκτέλεση του αλγορίθμου επιλογής επόμενου χρήστη για την πρόσβαση στο κοινά διαμοιραζόμενο μέσο. Κάθε φορά που βρίσκονται μη μηδενικές τιμές αιτήσεων, αυτές εξυπηρετούνται με κυκλική ιεραρχία και στην περίπτωση της επιτυχούς πρόσθεσης τους στην εκπεμπόμενη λίστα

αδειών εκπομπής με τις άδειες πρόσβασης στο κοινά διαμοιραζόμενο μέσο, μειώνεται η τιμή των αντίστοιχων αιτήσεων κατά μία.



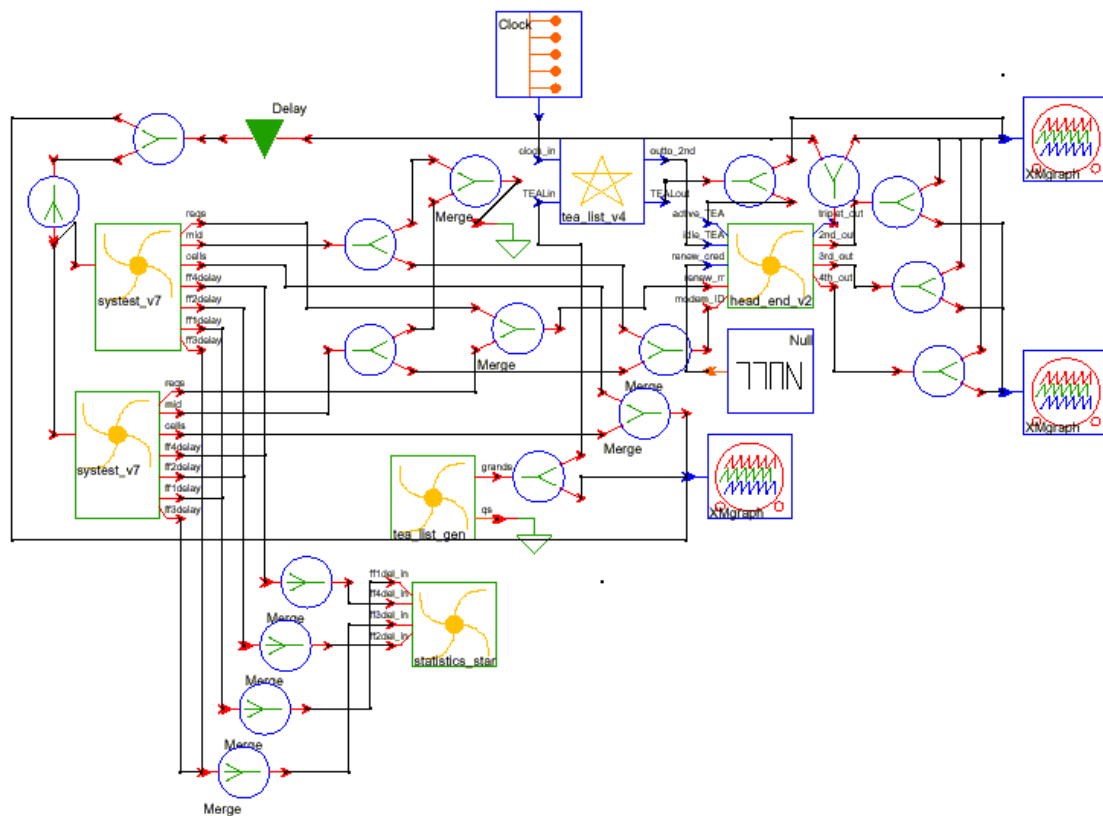
Σχήμα 17 Υλοποίηση του μηχανισμού του κεντρικού επικεφαλής συστήματος στο περιβάλλον προσομοίωσης.

Κοινά διαμοιραζόμενη μεταξύ των λειτουργικών οντοτήτων ελέγχου δεύτερης και τρίτης προτεραιότητας αποτελεί η λειτουργική οντότητα του μηχανισμού πιστωτικών μονάδων. Αυτή τη λειτουργική οντότητα προσπελάζουν κατά τη διάρκεια του δεύτερου κατά σειρά ελέγχου, κατά τον οποίο επιβεβαιώνεται η συμμόρφωση του χρήστη με το σύμβολο χρήσης των πόρων του συστήματος. Σε περίπτωση επιτυχούς πρόσβασης στην κατερχόμενη λίστα αδειών εκπομπής μειώνεται κατά ένα ο αριθμός των αντίστοιχων πιστωτικών μονάδων ως την εξάντληση τους, ενώ κατά τακτά χρονικά διαστήματα το περιεχόμενο ανανεώνεται εξολοκλήρου, δηλαδή οι πιστωτικές μονάδες ανατίθενται με βάση τον χρονικό κατακερματισμό της προσπέλασης του μέσου ώστε να επιτευχθεί μια ομαλότητα σε σχέση με την ποσοστιαία χρήση των πόρων σε ακραίες συνθήκες. Αξίζει να σημειωθεί πως σε περίπτωση εξάντλησης των πιστωτικών μονάδων για την τρίτη προτεραιότητα, αυτή έχει την επιλογή της συνέχειας της χρήσης των πόρων του συστήματος μέσω της τέταρτης προτεραιότητας. Αυτό δικαιολογεί και την κοινή χρήση της λειτουργικής οντότητας αποθήκευσης των αιτήσεων για πρόσβαση στο κοινά διαμοιραζόμενο μέσο της τέταρτης προτεραιότητας μεταξύ της και της τρίτης.

Ο τελικός έλεγχος έχει να κάνει με την αποδοχή ή όχι στην τριπλέτα του προτεινόμενου χρήστη. Αυτός ο έλεγχος υιοθετήθηκε για την δίκαιη χρήση του μηχανισμού αυτής της λειτουργικής οντότητας η οποία ομαδοποιεί το εξερχόμενο περιεχόμενο της λίστας αδειών εκπομπής αδειών πρόσβασης σε ομάδες των τριών. Δεν έχουν δικαίωμα οι χρήστες να συμπεριληφθούν σε αυτή τη λίστα αδειών εκπομπής περισσότερες από μια φορά σε κάθε τριπλέτα. Από αυτή τη λειτουργική οντότητα έχουμε ουσιαστικά και την τελική έξοδο από το μηχανισμό, έξοδο την οποία χρησιμοποιούμε για την επαλήθευση της σωστής λειτουργίας του.

2.5.3. Συνολικό σύστημα

Στο συνολικό σύστημα εμπλέκονται εκτός από τις βασικές ομάδες λειτουργικών οντοτήτων που περιγράφηκαν παραπάνω και άλλες που δεν έχουν άμεση σχέση με την υλοποίηση του αλγορίθμου του πρωτοκόλλου Ελέγχου Πρόσβασης Μέσου (MAC) αλλά έχουν βασικό ρόλο στην συμπλήρωση τους ώστε να επιτευχθεί ο στόχος της προσομοίωσης, δηλαδή η αξιολόγηση του συστήματος. Στο Σχήμα 18 φαίνεται το συνολικό σύστημα, όπου κεντρικό ρόλο έχει η λειτουργική οντότητα του κεντρικού επικεφαλής συστήματος, όπως άλλωστε αναμενόταν. Στο σενάριο προσομοίωσης έχουν συμπεριληφθεί δέκα λειτουργικές οντότητες Διαμορφωτών - Αποδιαμορφωτών, τα οποία έχουν ομαδοποιηθεί σε δύο οντότητες, όπως φαίνονται αριστερά στο σχήμα. Οι Διαμορφωτές - Αποδιαμορφωτές τροφοδοτούνται από πηγές γέννησης κίνησης πακέτων, διαφορετικές για κάθε προτεραιότητα, με τα χαρακτηριστικά που επιθυμούμε ώστε να επιφορτίσουμε το σύστημα με την επιθυμητή κάθε φορά κίνηση ώστε να οδηγούμαστε σε διαφορετική συμπεριφορά του συστήματος. Οι οντότητες που περιέχουν οι Διαμορφωτές - Αποδιαμορφωτές και τις πηγές γέννησης πακέτων έχουν μοναδική είσοδο το κανάλι καθόδου στο οποίο μεταφέρεται η πληροφορία της ταυτότητας του τερματικού χρήστη που θα λάβει άδεια να προσπελάσει το κοινά διαμοιραζόμενο μέσο την επόμενη χρονική στιγμή. Με βάση αυτή την πληροφορία, τον εκάστοτε Διαμορφωτή - Αποδιαμορφωτή ξεκινά την διαδικασία ελέγχου κατάστασης και επιλογής πακέτου από τις ουρές αναμονής του.



Σχήμα 18 Υλοποίηση του συνόλου του μηχανισμού στο περιβάλλον προσομοίωσης.

Από τις οντότητες ομαδοποίησης των Διαμορφωτών - Αποδιαμορφωτών εξέρχεται η πληροφορία την οποία θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε για την αξιολόγηση του συστήματος, δηλαδή η καθυστέρηση που επιβαρύνει κάθε πακέτο από την στιγμή της εναπόθεσης του σε μία ουρά του τερματικού χρήστη ως τη στιγμή που θα αποκτήσει πρόσβαση στο κοινά διαμοιραζόμενο κανάλι ανόδου, λόγω της εφαρμογής του αλγορίθμου, αλλά και πληροφορία ελέγχου η οποία χρησιμεύει για την ορθή, αυτόνομη λειτουργία του αλγορίθμου. Τέτοια πληροφορία είναι τα επιπλέον πακέτα που εναποτέθηκαν σε κάποια ουρά κατά το διάστημα που το εκάστοτε τερματικό παρέμενε αδρανές ώσπου να λάβει ξανά άδεια πρόσβασης στο κοινά διαμοιραζόμενο μέσο. Αυτή η πληροφορία μεταβιβάζεται στο κεντρικό επικεφαλής σύστημα η οποία θα αποτελέσει κριτήριο απόφασης για την συμπλήρωση της λίστας αδειών εκπομπής που αποστέλλονται προς τους Διαμορφωτές - Αποδιαμορφωτές για να επαναληφθεί ο κύκλος κ.ο.κ. Παρόλα αυτά, αυτή η πληροφορία καταλαμβάνει τις ελεύθερες θέσεις της λίστας αδειών εκπομπής, αυτές δηλαδή που δεν προορίζονται για την πρώτη προτεραιότητα. Οι θέσεις για την πρώτη προτεραιότητα καθορίζονται από μία εξειδικευμένη λειτουργική οντότητα, η οποία προσομοιάζει την λειτουργία του αντίστοιχου αλγορίθμου με απλό τρόπο. Η περιγραφή αυτού του αλγορίθμου δεν περιλαμβάνεται στις προϋποθέσεις για την παρούσα μελέτη και για αυτό δεν θα μας απασχολήσει περαιτέρω. Αντίθετα, η λειτουργική οντότητα στο κάτω μέρος του σχήματος είναι αυτή που συλλέγει την πληροφορία που μας ενδιαφέρει για την αξιολόγηση του συστήματος, δηλαδή την σχετική με την εμφανιζόμενη καθυστέρηση

των πακέτων από τη στιγμή της εισόδου τους στους Διαμορφωτές - Αποδιαμορφωτές ως τη στιγμή της εξόδου τους από αυτά. Την πληροφορία αυτή αποθηκεύουμε σε αρχεία τα οποία χρησιμοποιούμε για να μορφοποιήσουμε και να αναπαραστήσουμε την πληροφορία αυτή στα σχηματικά διαγράμματα που παρουσιάστηκαν πιο πάνω, κατά την ανάλυση της επίδοσης του συστήματος. Τέλος, οι διάφορες οντότητες γραφικής αναπαράστασης που εμφανίζονται στο Σχήμα 18 χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της ορθότητας λειτουργίας του υπό μελέτη αλγορίθμου.

2.6. Συμπεράσματα

Τα δίκτυα πρόσβασης με δένδροειδή δομή όπως τα Παθητικά Οπτικά Δίκτυα (PONs) και τα Υβριδικά Οπτικά-Ομοαξονικά (HFC) δίκτυα αποτελούν βιώσιμη λύση για περιπτώσεις δικτύων με λειτουργίες κατανεμημένης πολυπλεξίας και συγκέντρωσης κίνησης πολλαπλών χρηστών με ποικιλία απαιτήσεων ποιότητας υπηρεσίας. Για να είμαστε σε θέση να εγγυηθούμε ότι η παρεχόμενη ποιότητα υπηρεσίας για την ευαίσθητη σε αυτή κίνηση πακέτων δεν θα διαταραχθεί από την συμμετοχή της κίνησης πακέτων βέλτιστης προσπάθειας επιβάλλεται η υλοποίηση διαφοροποιημένης υποστήριξης ομαδοποιημένων ροών πακέτων με κοινά χαρακτηριστικά. Η αρχιτεκτονική Διαφοροποιημένων Υπηρεσιών (DS) είναι προνομιακή από αυτή την άποψη και η λειτουργία πολυπλεξίας επιβάλλεται να ευθυγραμμιστεί με αυτή. Η εκτέλεση του αλγορίθμου Συμπεριφοράς Άλματος (PHB) δεν μπορεί να έχει απήχηση χωρίς την συνεργασία του πρωτοκόλλου Ελέγχου Πρόσβασης Μέσου (MAC) ο οποίος είναι υπεύθυνος για τον κατακερματισμό και τον διαμοιρασμό του εύρους ζώνης στους ανταγωνιζόμενα για πρόσβαση στο κοινό μέσο Διαμορφωτές - Αποδιαμορφωτές. Για αυτό το λόγο θα πρέπει να ενσωματωθούν στον σχεδιασμό του πρωτοκόλλου Ελέγχου Πρόσβασης Μέσου ειδικές λειτουργίες που να βασίζονται στην διαφοροποιημένη αντιμετώπιση των ομαδοποιημένων ροών πακέτων. Από την άλλη μεριά, δεν διαφέρουν σε τίποτα από κάθε σημείο εναπόθεσης σε ουρά αφού η απαιτούμενη πληροφορία παραμένει τοπικά διαθέσιμη και όχι κατανεμημένη. Η εκτίμηση επίδοσης της εφαρμογής αυτής της μεθοδολογίας στο σύστημα Υβριδικού Οπτικού-Ομοαξονικού δικτύου πολλαπλών ποιότητων υπηρεσίας που υλοποιήθηκε στο πρόγραμμα AROMA, αποδεικνύει πως το σύστημα επιτυγχάνει να ευθυγραμμίσει το σύστημα με τις αρχές της αρχιτεκτονικής Διαφοροποιημένων Υπηρεσιών και να ικανοποιήσει τόσο τις απαιτήσεις της ευαίσθητης σε ποιότητα υπηρεσίας κίνηση πακέτων όσο και την ποσοστιαία σε μεγάλο βαθμό χρησιμοποίηση των πόρων του συστήματος.

Η εργασία αυτή εντάσσεται στα πλαίσια του Ευρωπαϊκού προγράμματος "AROMA" (Advanced Resource Management in Service integrated multilayer HFC access networks) του κύκλου επιστημονικών προγραμμάτων ACTS, με κωδικό AC32S7.

2.7. Αναφορές

- [1] IETF, Differentiated Services Working Group, RFC 2475 "Architecture for Differentiated Services", December 1998.
- [2] Van Jacobson, Kathleen Nichols, Kedarnath Poduri, Internet Draft, draft-ietf-diffserv-phb-ef-02.txt, "An Expedited Forwarding PHB", February 1999.
- [3] Juha Heinanen, Fred Baker, John Wroclawski, Internet Draft, draft-ietf-diffserv-af-06.txt "Assured Forwarding PHB Group", February 1999.
- [4] IEEE 802.14 MAC Draft(R3) Specifications, May 1997.

- [5] J.D.Angelopoulos, G.C. Boukis, I.S.Venieris, "*Delay priorities enhance utilization of ATM PON Access Systems*", Computer Communications Journal, Elsevier, Vol. 20, No. , December 1997, pp. 937-949.
- [6] J. D. Angelopoulos, Th. Orphanoudakis, "*An ATM-friendly MAC for traffic concentration in HFC systems*", Computer Communications Journal, Elsevier, Vol. 21, No. 6, 25 May 1998, pp. 516-529.
- [7] J. D. Angelopoulos, N. I. Lepidas, E. K. Fragoulopoulos, I.S. Venieris, "*TDMA multiplexing of ATM cells in a residential access SuperPON*", IEEE Journal on Selected Areas in Comm., Special issue on high capacity optical transport networks, Vol. 16, No. 7, September, 1998.
- [8] <http://ptolemy.eecs.berkeley.edu/>
- [9] J. D. Angelopoulos, N. Leligou, Th. Orphanoudakis, G. Pikrammenos, J. Sifnaios and I. S. Venieris, "*Access Control in Shared Access Networks Supporting Internet DiffServ*", ONDM 2000, Athens 7-8/2/2000.
- [10] J. D. Angelopoulos, N. Leligou, Th. Orphanoudakis, G. Pikrammenos, "*The Role of the MAC Protocol in Offering QoS to IP Services over Shared Access Systems*", GLOBECOM '99, Rio de Janeiro, Brasil, October 1999.
- [11] D. Bertsekas, R. Gallager, "*Data Networks*", Prentice-Hall Inc. 1992.
- [12] D. E. McDysan, D. L. Spohn, "*ATM Theory and Application*", McGraw-Hill, Inc. 1994.
- [13] U. Black, "*Data Networks*", Prentice-Hall Inc. 1989.
- [14] U. Black, "*ATM Volume I: Foundation for Broadband Networks, 2nd Edition*", Prentice-Hall Inc. 1999.
- [15] M. dePrycker, "*Asynchronous Transfer Mode, Solutions for Broadband ISDN, 2nd Edition*", Prentice-Hall Inc. 1993.
- [16] U. Killat, "*Access to B-ISDN via PONs*", Wiley 1996.
- [17] A. S. Tanenbaum, "*Δίκτυα Υπολογιστών, 2η Έκδοση*", Prentice-Hall Inc. 1993.

Κεφάλαιο 3ο Περιγραφή του σημείου προσαρμογής V_{B5.2}

«Το πρόβλημα των μαζικών επικοινωνιών είναι ότι μέχρι σήμερα αυτό το ευμετάβλητο των ερμηνειών είναι περιστασιακό. Κανένας δεν ρυθμίζει τον τρόπο με τον οποίο ο παραλήπτης χρησιμοποιεί το μήνυμα (εκτός από σπάνιες περιπτώσεις). Κατ' αυτή την έννοια, ακόμη και αν μετατοπίσαμε το πρόβλημα, «ακόμη και αν είπαμε ότι το μέσο δεν είναι το μήνυμα» αλλά «το μήνυμα εξαρτάται από τον κώδικα», δε λύσαμε το πρόβλημα της εποχής των επικοινωνιών. Όταν ένας απαισιόδοξος μας λέει «το μέσο δε μεταβιβάζει ιδεολογίες, είναι το ίδιο ιδεολογία», ή ακόμη «η τηλεόραση είναι η μορφή επικοινωνίας που αντιπροσωπεύει την ιδεολογία της προχωρημένης βιομηχανικής κοινωνίας», εμείς θα μπορούσαμε τώρα απλά να απαντήσουμε: «Το μέσο μεταδίδει εκείνες τις ιδεολογίες τις οποίες ο παραλήπτης χρησιμοποιεί σαν κώδικες που πηγάζουν από την κοινωνική κατάσταση στην οποία ζεί, από τη μόρφωση που απόκτησε, από τις ψυχικές διαθέσεις της στιγμής». Σ' αυτή την περίπτωση το φαινόμενο των μαζικών επικοινωνιών θα έμενε το ίδιο: υπάρχει ένα όργανο εξαιρετικά ισχυρό που κανείς από εμάς δεν θα μπορέσει ποτέ να το ελέγξει...»

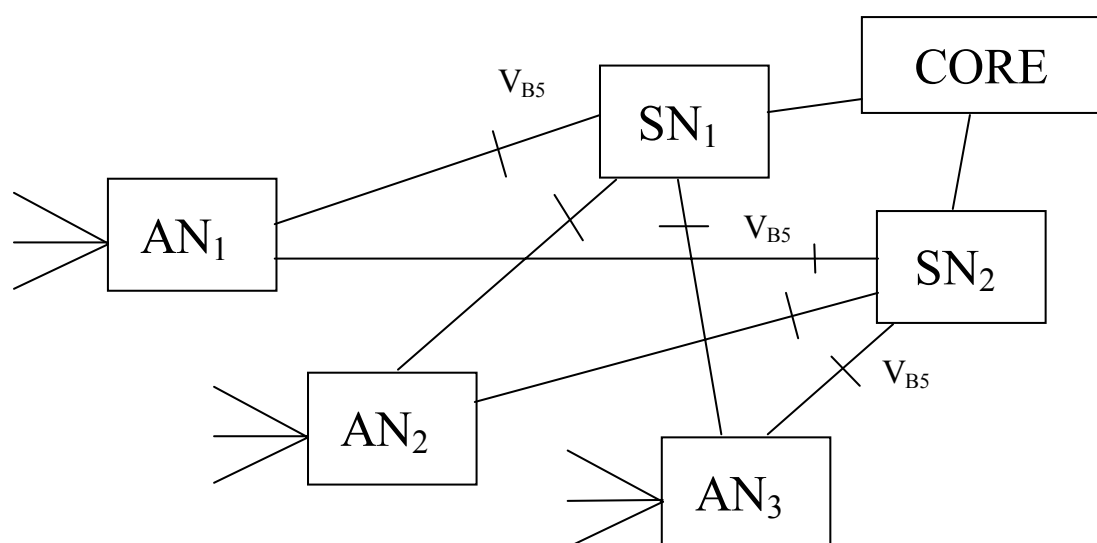
*Η ΣΗΜΕΙΟΛΟΓΙΑ ΣΤΗΝ ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΉ ΖΩΗ,
Uberto Eco,
Εκδόσεις Μαλλιάρη-Παιδεία, 1992.*

3.1. Ανάλυση όρων

3.1.1. Αρχή Παροχής Ανοιχτού Δικτύου

Τα δίκτυα πρόσβασης αποτελούν ένα από τα μεγαλύτερα επιχειρηματικά κομμάτια της τηλεπικοινωνιακής αγοράς. Σε αυτή την περιοχή των τηλεπικοινωνιακών δικτύων δραστηριοποιούνται μεγάλος αριθμός αλλά και ποικιλία από κατηγορίες επιχειρήσεων, όπως κατασκευαστές, προμηθευτές, οργανισμοί διαχείρισης δικτύου και οργανισμοί παροχής υπηρεσιών προστιθέμενης αξίας. Αυτές οι επιχειρήσεις δραστηριοποιούνται ενεργά με το να φέρνουν στην τηλεπικοινωνιακή αγορά εμπορικά συστήματα και υπηρεσίες που αποσκοπούν στις ανάγκες της αγοράς, όπως αυτές προσδιορίζονται από τη ζήτηση των τελικών χρηστών. Για να επιτευχθεί η

επικοινωνία μεταξύ των λειτουργικών οντοτήτων (το Δίκτυο Πρόσβασης και ο Κόμβος Παροχής Υπηρεσιών) ενός τηλεπικοινωνιακού δικτύου στα πλαίσια του οποίου δραστηριοποιούνται πολλαπλοί οργανισμοί παροχής υπηρεσιών (Σχήμα 19), τα σημεία προσαρμογής μεταξύ αυτών των λειτουργικών οντοτήτων πρέπει να είναι ανοιχτά και προτυποποιημένα. Σε αυτό το πλαίσιο, το οποίο συνήθως αναφέρεται και ως Παροχή Ανοιχτού Δικτύου (Open Network Provision (ONP)) [1], [2] ο οργανισμός προτυποποίησης ETSI έχει εκκινήσει τις διαδικασίες προτυποποίησης σχετικά με το σημείο προσαρμογής V_{B5} [3], [4], εργασία η οποία έχει πρόσφατα υιοθετηθεί σαν αφετηρία από άλλους μεγάλους οργανισμούς προτυποποίησης όπως οι ITU-T [5], [6], ATM Forum, Eurescom.

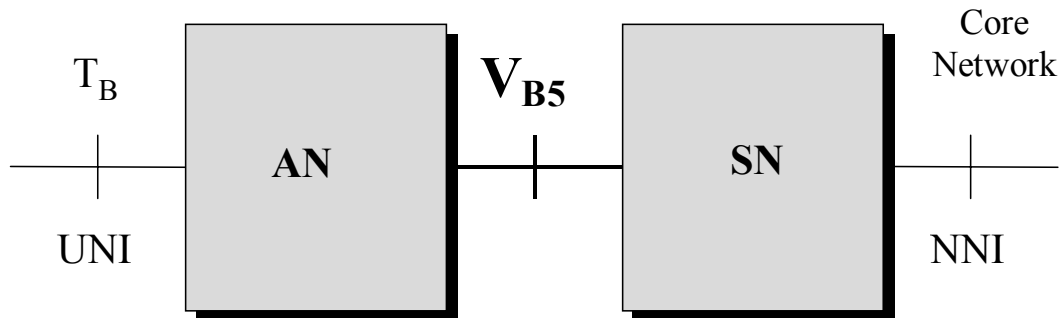


Σχήμα 19 Αρχή Ανοιχτής Παροχής Δικτύου με χρήση του V_{B5} .

Στόχος της Παροχής Ανοιχτού Δικτύου είναι η επίτευξη εναρμόνισης μεταξύ των τεχνικών σημείων προσαρμογής. Ένας άλλος στόχος είναι η απάλειψη των διαφορών στις τιμολογιακές δομές ώστε να γίνει δυνατή η ανάπτυξη πανευρωπαϊκών τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών. Αυτοί οι στόχοι επιτυγχάνονται με τον καθορισμό ανοιχτών προτύπων για τα σημεία προσαρμογής τηλεπικοινωνιακού εξοπλισμού. Θα δώσει επίσης την δυνατότητα σε ιδιωτικές επιχειρήσεις να αποκτήσουν πρόσβαση στο δημόσιο δίκτυο και στις παρεχόμενες υπηρεσίες. Η εναρμόνιση των δραστηριοποιούμενων στην τηλεπικοινωνιακή αγορά επιχειρήσεων με τη Παροχή Ανοιχτού Δικτύου συνεπάγεται ότι:

- εξοπλισμός από διαφορετικούς κατασκευαστές θα πρέπει να συνεργάζονται μεταξύ τους,
- τα στοιχεία του δικτύου θα μπορούν να διαχειρίζονται από διαφορετικούς οργανισμούς διαχείρισης δικτύου, πράγμα το οποίο προϋποθέτει ότι οι διαδικασίες διαχείρισης και ο έλεγχος θα πρέπει να είναι συντονισμένες, και
- ο τελικός χρήστης θα έχει την δυνατότητα πρόσβασης σε περισσότερους του ενός οργανισμούς παροχής υπηρεσιών δικτύου.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει υιοθετήσει την Παροχή Ανοιχτού Δικτύου στοχεύοντας στην απελευθέρωση της τηλεπικοινωνιακής αγοράς, ανάγοντας την σε θέμα πολιτικής της και υποχρέωση για τους οργανισμούς παροχής δικτύου. Σε ένα απελευθερωμένο παγκόσμιο τηλεπικοινωνιακό περιβάλλον το οποίο προϋποθέτει την Παροχή Ανοιχτού Δικτύου, το θέμα του ανοιχτού σημείου προσαρμογής, όπως είναι το V_{B5}, αποτελεί ένα κρίσιμο θέμα.



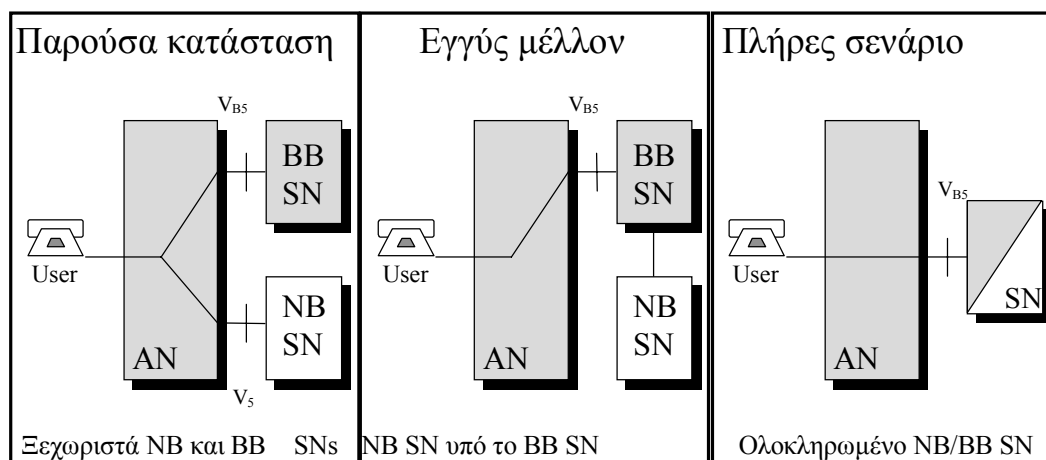
Σχήμα 20 Πρότυπο σύστημα εφαρμογής του σημείου προσαρμογής V_{B5}.

3.1.2. Κόμβος Παροχής Υπηρεσιών

Με τον όρο Κόμβος Παροχής Υπηρεσιών (Service Node (SN)) αναφερόμαστε στην περιεκτική αναπαράσταση επιμέρους τμημάτων υλικού και λογισμικού καθώς και διαφόρων τεχνολογιών που βρίσκονται στις εγκαταστάσεις του οργανισμού παροχής υπηρεσιών. Όλα αυτά θα πρέπει φυσιολογικά να υλοποιηθούν σε περιορισμένο, κατά κάποιο τρόπο, χώρο για να είναι δυνατή η εύκολη διαχείριση και ο έλεγχος του συνολικού συστήματος. Με αυτό τον τρόπο η λειτουργία της οντότητας Κόμβου Παροχής Υπηρεσιών θα καταστεί ικανοποιητικά αποδοτική. Ο συγκερασμός όλων αυτών των πραγμάτων, που στην πλειοψηφία τους αποτελούν τεχνολογίες αιχμής, σε περιορισμένο χώρο αποτελεί από μόνο του μία πρόκληση. Η τάση της τεχνολογίας των ηλεκτρονικών κυκλωμάτων να συμπυκνώνουν όλο και μεγαλύτερη υπολογιστική ισχύ σε συγκεκριμένο χώρο ή ακόμα και μικρότερο από τα καθιερωμένα αποτελούν θετική παράμετρο στο συγκεκριμένο πρόβλημα, αλλά τη μεγαλύτερη δυσκολία την αντιμετωπίζουμε σε νέες τεχνολογίες, όπως η είσοδος της οπτικής τεχνολογίας στην δικτυακή επιστήμη. Λόγω της σχετικής ευαισθησίας των σχετιζόμενων με οπτική τεχνολογία τμημάτων του συστήματος χρειάζεται ειδική αντιμετώπιση.

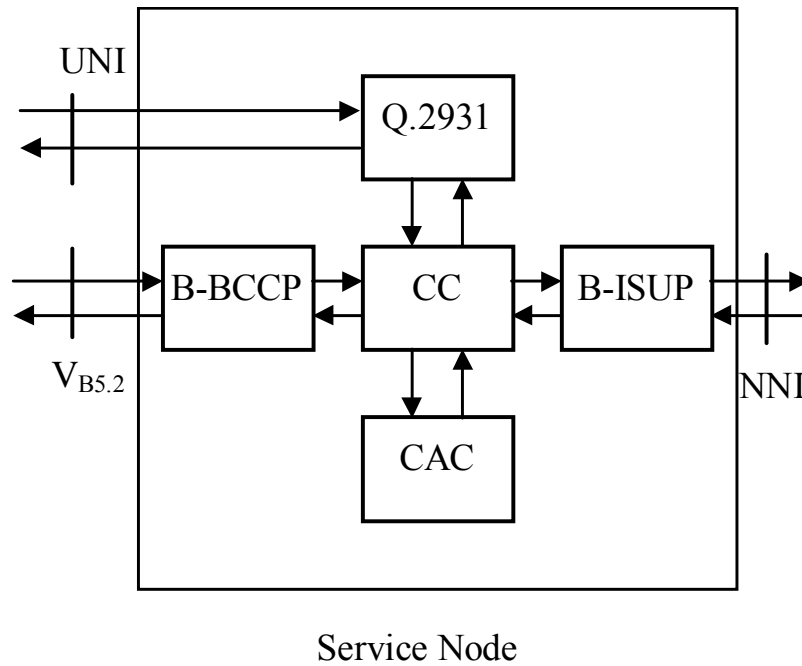
Στο Σχήμα 21 απεικονίζεται τόσο η παρούσα κατάσταση, όσον αφορά την τακτική υλοποίησης των συστημάτων που αφορούν την εξυπηρέτηση τελικών χρηστών με απαιτήσεις παροχής υπηρεσιών τόσο Ευρείας Ζώνης (Broadband (BB)) όσο και Στενής Ζώνης (Narrowband (NB)) από τους Κόμβους Παροχής Υπηρεσιών που διασυνδέονται με τους τελικούς χρήστες μέσω του ίδιου Δικτύου Πρόσβασης, αλλά και την μεταβατική ακολουθία ως το επιθυμητό αποτέλεσμα. Η εξέλιξη των συστημάτων Κόμβου Παροχής Υπηρεσιών προς την υλοποίηση του Σημείου Προσαρμογής V_{B5} θα αποτελέσει την τροχοπέδη για τον ανταγωνισμό των παρεχομένων υπηρεσιών, αφού θα είναι δυνατόν να μοιράζονται το ίδιο Δίκτυο

Πρόσβασης, και άρα τους ίδιους τελικούς χρήστες που στην πλειοψηφία τους είναι οικιακοί χρήστες, περισσότεροι του ενός οργανισμοί παροχής υπηρεσιών.



Σχήμα 21 Εξέλιξη των συστημάτων Κόμβου Παροχής Υπηρεσιών προς την πλήρη υποστήριξη υπηρεσιών Στενής (NB) και Ευρείας Ζώνης (BB) με χρήση του Σημείου Προσαρμογής $V_{B5.2}$.

Ο Κόμβος Παροχής Υπηρεσιών αποτελεί το ακραίο κομμάτι του δικτύου κορμού (core network) και αντιστοιχεί στο Κέντρο Ανταλλαγής του Δικτύου Πρόσβασης [7]. Ο βασικός ρόλος του Κόμβου Παροχής Υπηρεσιών είναι η απόφαση αποδοχής ή όχι μιας νέας σύνδεσης και η έμπρακτη μεταγωγή της. Για να γίνει αυτό, εκτός από το κέντρο μεταγωγής το οποίο δρομολογεί την εγκατεστημένη κλήση στον τελικό προορισμό της, στο Κόμβος Παροχής Υπηρεσιών βρίσκεται και η λειτουργική οντότητα Ελέγχου Σύνδεσης / Κλήσης (Call / Connection Control (CC)) [8], η οποία εκτός από την απόφαση αποδοχής μιας νέας κλήσης αποτελεί και την κεντρική διοργανωτική οντότητα του Κόμβου Παροχής Υπηρεσιών η οποία και αποτελεί καθοριστικό παράγοντα στη λειτουργία των υπολοίπων οντοτήτων του Κόμβου Παροχής Υπηρεσιών.



Σχήμα 22 Διασύνδεση λειτουργικών οντοτήτων στον Κόμβο Παροχής Υπηρεσιών.

Εκτός από τις δύο αυτές λειτουργικές οντότητες, ο Κόμβος Παροχής Υπηρεσιών αποτελείται επίσης από τις: Έλεγχο Αποδοχής Κλήσης (Call Admission Control (CAC)), η οντότητα σηματοδοσίας χρήστη προς δίκτυο (Q.2931 [9]), που αντιστοιχεί στο Σημείο Προσαρμογής Χρήστη προς Δίκτυο (UNI), και η οντότητα σηματοδοσίας δικτύου προς δίκτυο (πρωτόκολλο Ολοκληρωμένων Υπηρεσιών Μέρους Χρήστη Ευρείας Ζώνης (Broadband-Integrated Services User Part (B-ISUP))), που αντιστοιχεί στο Σημείο Προσαρμογής Σηματοδοσίας Δικτύου προς Δίκτυο (Network to Network Interface (NNI)). Με αυτές τις λειτουργικές οντότητες γίνεται δυνατή η συνεννόηση τόσο του τοπικού χρήστη όσο και του απόμακρου, μέσω του κυρίως δικτύου που διαμεσολαβεί, και να γίνει εφικτή η εγκατάσταση της σύνδεσης μεταξύ των δύο χρηστών. Αξίζει να σημειωθεί πως οι διεργασίες μεταξύ των λειτουργικών αυτών οντοτήτων θα πρέπει να γίνουν με γνώμονα τον τρόπο λειτουργίας της νευραλγικής λειτουργικής οντότητας Ελέγχου Σύνδεσης / Κλήσης η οποία θα πρέπει να παραμείνει ανεπηρέαστη από τις μεταβολές ή προσαρμογές στις υπόλοιπες λειτουργικές οντότητες. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η αναβάθμιση του Σημείου Προσαρμογής Σηματοδοσίας Χρήστη προς Δίκτυο αρ. 3.1 (User to Network Interface 3.1 (UNI 3.1)) [10] της Τομέας Τηλεπικοινωνιών της Διεθνούς Τηλεπικοινωνιακής Ένωσης (International Telecommunications Union – Telecommunications Sector (ITU-T)) σε έκδοση που υποστηρίζει μεγαλύτερη ευελιξία του χρήστη ως προς την εγκατάσταση σύνδεσης, το Σημείο Προσαρμογής Σηματοδοσίας Χρήστη προς Δίκτυο αρ. 4.0 (UNI 4.0) [11]. Σε κάθε περίπτωση, η κεντρική λειτουργική οντότητα Ελέγχου Σύνδεσης / Κλήσης θα πρέπει να παραμένει αναλλοίωτη από τέτοιες μεταβάσεις, ώστε να εξασφαλιστεί η δυνατότητα αναβάθμισης του συστήματος του εγκατεστημένου εξοπλισμού σε νεότερες εκδόσεις των διαφόρων εξειδικευμένων λειτουργικών οντοτήτων.

Η λειτουργική αυτή διαστρωμάτωση συμβαδίζει με την λογική της ανοιχτής αρχιτεκτονικής και με τους όρους που επιβάλλει η αρχή Παροχής Ανοιχτού Δικτύου (ONP), αλλά παρόλα αυτά δεν είναι ικανή από μόνη της να φέρει σε πέρας αυτή την αποστολή. Για το σκοπό αυτό αναπτύχθηκε ειδικά μία νέα λειτουργική οντότητα η οποία έχει ως αντικείμενο να φέρει σε πέρας τις διαδικασίες αυτές που απαιτούνται για την ολοκληρωμένη συνεργασία μεταξύ των εμπλεκόμενων λειτουργικών οντοτήτων, δηλαδή του Κόμβου Παροχής Υπηρεσιών και του Δικτύου Πρόσβασης, ώστε να γίνει πραγματικότητα η ουσία της αρχής Παροχής Ανοιχτού Δικτύου. Η λειτουργική αυτή οντότητα υπόκειται επίσης στον έλεγχο της κεντρικής λειτουργικής οντότητας Αποδοχής Σύνδεσης / Κλήσης η οποία και προσδιορίζει τις επιθυμητές διεργασίες που πρέπει να διευθετήσει την δεδομένη χρονική στιγμή η νέα αυτή λειτουργική οντότητα. Αποτελεί ουσιαστικά ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας μεταξύ του Κόμβου Παροχής Υπηρεσιών και του Δικτύου Πρόσβασης, το οποίο μεταφέρει πληροφορία σχετική με τον έλεγχο αποδοχής κλήσης, και ονομάζεται Πρωτόκολλο Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης (Broadband-Bearer Channel Control Protocol (B-BCCP)) [4], [6], [7], [12], [13].

3.1.3. Δίκτυο Πρόσβασης

Το Δίκτυο Πρόσβασης (Access Network (AN)) αποτελεί το κομμάτι του δικτύου που βρίσκεται μεταξύ των σημείων προσαρμογής T_B και V_B, δηλαδή του τελικού χρήστη και του οργανισμού διαχείρισης του δικτύου. Στην τοπολογία του περιέχονται επίσης και λειτουργικές οντότητες με συγκεκριμένη λειτουργία όπως πολυπλέκτες, συγκεντρωτές και άλλα. Αποτελεί το πλέον νευραλγικό κομμάτι του δικτύου μιας και προϋποθέτει επίπονες διαδικασίες εγκατάστασης του απαραίτητου εξοπλισμού καθώς και μεγάλο χρονικό διάστημα για να αποσβεστεί η επένδυση που έγινε κατά την εγκατάσταση του. Συνήθως, λόγω των ταχέων εξελίξεων στον χώρο των τηλεπικοινωνιών, η τεχνολογία του εγκατεστημένου τηλεπικοινωνιακού εξοπλισμού έχει ξεπεραστεί πριν επιτελεστεί η απόσβεση της αρχικής επένδυσης. Αποτέλεσμα είναι εξοπλισμός ο οποίος δεν έχει αποδώσει τα αναμενόμενα οφέλη να παροπλίζεται με δυσβάσταχτες, λόγω της κλίμακας της επένδυσης που είναι ανάλογη της έκτασης κάλυψης του Δικτύου Πρόσβασης, οικονομικές επιβαρύνσεις ή να λειτουργεί παράλληλα με νέας τεχνολογίας εξοπλισμό, πράγμα το οποίο συνεπάγεται τεράστιες δυσκολίες συνεργασίας μεταξύ των δύο συστημάτων. Για να αποφευχθούν παρόμοιες καταστάσεις, το Δίκτυο Πρόσβασης θα πρέπει να υποστηρίζει την δυνατότητα αναβάθμισης των παρεχομένων υπηρεσιών χωρίς την απαίτηση αντικατάστασης μέρους ή όλου του εγκατεστημένου εξοπλισμού. Για να επιτευχθεί αυτό προϋποτίθεται η υλοποίηση του συστήματος με τέτοιο τρόπο που να συμβαδίζει με τη λογική της επεκτασιμότητας και ευελιξίας του συστήματος, όπως αυτή καθορίζεται κατά κύριο λόγο από τους διάφορους οργανισμούς προτυποποίησης μέσω των προτύπων.

Η διακριτή αρχιτεκτονική κατάτμηση του συστήματος του Δικτύου Πρόσβασης σε λειτουργικές οντότητες με συγκεκριμένο αντικείμενο συμβάλει στην δυνατότητα αναβάθμισης του με το να αντικατασταθεί μία λειτουργική οντότητα με μία άλλη η οποία θα παρέχει καλύτερες υπηρεσίες σε σχέση με την υφιστάμενη, αφήνοντας το υπόλοιπο σύστημα του Δικτύου Πρόσβασης ανεπηρέαστο από αυτή την αλλαγή. Πέραν της δυνατότητας αναβάθμισης των λειτουργικών οντοτήτων που το αποτελούν, στα πλαίσια του Δικτύου Πρόσβασης θα πρέπει ταυτόχρονα να υποστηρίζεται και η ευέλικτη λειτουργία του συστήματος σύμφωνα με τους όρους της αρχής Παροχής Ανοιχτού Δικτύου. Σε αυτή την περίπτωση το Δίκτυο Πρόσβασης

πρέπει να έχει την δυνατότητα συνεργασίας με περισσότερους του ενός Κόμβους Παροχής Υπηρεσιών.

Η δένδροειδής δομή που ακολουθεί το Δίκτυο Πρόσβασης της τεχνολογίας Παθητικού Οπτικού Δικτύου βρίσκει εφαρμογή και σε δίκτυα πρόσβασης άλλων τεχνολογιών όπως αυτών του Υβριδικού Ομοαξονικού – Οπτικού (HFC) αλλά και του Ασύρματου Παγκόσμιου Συστήματος για τις Κινητές Επικοινωνίες (GSM).

3.1.4. Πρότυπα

Η απελευθέρωση της τηλεπικοινωνιακής αγοράς αποτελεί μονόδρομο για τις τηλεπικοινωνίες του μέλλοντος, πράγμα το οποίο όμως δεν είναι άμοιρο μιας διαδικασίας συμφωνιών για το πως θα επιτευχθεί αυτή η απελευθέρωση με ένα γενικά αποδεκτό και συμφέρον τρόπο. Για το σκοπό αυτό έχουν συγκληθεί οργανισμοί μέσα στους οποίους γίνονται συζητήσεις για τέτοια θέματα από τους πλέον ειδικούς στα θέματα αυτά, δηλαδή μεταξύ των δραστηριοποιούμενων στην περιοχή των τηλεπικοινωνιών επιχειρήσεων και οργανισμών, όπως βιομηχανίες, πανεπιστήμια, οργανισμοί διαχείρισης δικτύου, κ.ά. Σε αυτούς τους χώρους καθορίζεται ένα πλαίσιο υλοποίησης των απαιτούμενων αλλαγών ή προσαρμογών ώστε η απελευθέρωση της τηλεπικοινωνιακής αγοράς να καταστεί πραγματικότητα. Τέτοιοι οργανισμοί είναι αυτοί της προτυποποίησης, που σαν σκοπό έχουν τον καθορισμό ενός τρόπου υλοποίησης που θα περιγράφει την ελάχιστη αναγκαία λειτουργικότητα ώστε η υπό προτυποποίηση διαδικασία να επιτελέσει τον ρόλο για τον οποίο προορίζεται ενώ παράλληλα δεν θα δεσμεύει, σε γενικές γραμμές, για τον τρόπο με τον οποίο θα γίνει αυτό δυνατό.

Οργανισμοί προτυποποίησης διεθνούς κύρους, όπως ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Τηλεπικοινωνιακών Προτύπων (European Telecommunications Standards Institute (ETSI)) και ο Τομέας Τηλεπικοινωνιών της Διεθνούς Τηλεπικοινωνιακής Ένωσης (International Telecommunications Union – Telecommunications Sector (ITU-T)), έχουν επιληφθεί του θέματος του σημείου προσαρμογής επισταμένα. Μάλιστα, πρόσφατα έχουν τα ακόλουθα πρότυπα από τους αντίστοιχους οργανισμούς προτυποποίησης:

- Στον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Τηλεπικοινωνιακών Προτύπων πρόσφατα έχουν παραχθεί προδιαγραφές για το σημείο προσαρμογής V_{B5}, βασισμένες στο αρχιτεκτονικό μοντέλο του Δικτύου Πρόσβασης ευρείας ζώνης που έχει καθοριστεί από το πρότυπο G.902 της Διεθνούς Τηλεπικοινωνιακής Ένωσης. Στην έκδοση του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Τηλεπικοινωνιακών Προτύπων το Δίκτυο Πρόσβασης έχει καθοριστεί διαφανές στη σηματοδοσία με σκοπό να επιτευχθεί μία συνολική απλούστευση του. Πρότυπα τόσο για την υλοποίηση του ίδιου του σημείου προσαρμογής όσο και για την διαχείριση του, για τις δύο εκδοχές του V_{B5} που υπάρχουν μέχρι σήμερα, το V_{B5.1} για στατική και το V_{B5.2} για την δυναμική διασύνδεση μίας κλήσης στο Δίκτυο Πρόσβασης υπό τον έλεγχο του Κόμβου Παροχής Υπηρεσιών, όπως φαίνονται αντίστοιχα ακολούθως:
 - EN301005 : Interfaces at the V_{B5.1} reference point : I/F Spec. [3]
 - EN301047 : Interfaces at the V_{B5.2} reference point: I/F Spec. [4]
 - ETS-03049 : Management I/Fs associated with V_{B5.1} Ref. Point [3’]
 - ETS-03045 : Management I/Fs associated with V_{B5.2} Ref. Point [4’]

- Στον Τομέα Τηλεπικοινωνιών της Διεθνούς Τηλεπικοινωνιακής Ένωσης έχουν επίσης παραχθεί, σε στενή συνεργασία με τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Τηλεπικοινωνιακών Προτύπων προδιαγραφές για το σημείο προσαρμογής V_{B5} οι οποίες βασίστηκαν σε μεγάλο βαθμό σε αυτές του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Τηλεπικοινωνιακών Προτύπων, και είναι τα ακόλουθα:
 - G.967-1:V-Interfaces at the Service Node - V_{B5.1} Ref. Point Spec. [5]
 - G.967-2:V-Interfaces at the Service Node - V_{B5.2} Ref. Point Spec. [6]
 - Q.832-1: V_{B5.1} management [5']
 - Q.832.2: V_{B5.2} management [6']
- Ο οργανισμός Δικτύου Πρόσβασης Απάντων Υπηρεσιών (Full Service Access Network (FSAN)), ο οποίος αποτελείται από μία ομάδα εξεχόντων οργανισμών διαχείρισης δικτύου και κατασκευαστών τηλεπικοινωνιακού εξοπλισμού, επέλεξε πρόσφατα το πρότυπο του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Τηλεπικοινωνιακών Προτύπων για το V_{B5} σημείο προσαρμογής ως την επιθυμητή λύση για το σημείο πρόσβασης μεταξύ του κυρίως δικτύου και του δικτύου πρόσβασης.
- Η ομάδα Οικιακών Ευρείας Ζώνης θεμάτων του Οργανισμού Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης (ATM Forum – Residential Broadband (RBB) group) εξετάζει το θέμα του σημείου προσαρμογής μεταξύ των οντοτήτων του Δικτύου Πρόσβασης και του Κόμβου Υπηρεσιών στα πλαίσια της έρευνας εργασίας με θέμα το λεγόμενο Σημείο Προσαρμογής Δικτύου Πρόσβασης (AN interface (ANI)) χωρίς να έχει φτάσει ακόμα σε κάποια θέση πάνω στο θέμα. Η ομάδα του Οργανισμού Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης δεν έχει υιοθετήσει την αρχιτεκτονική του Τομέα Τηλεπικοινωνιών της Διεθνούς Τηλεπικοινωνιακής Ένωσης που καθορίζει ότι το Δίκτυο Πρόσβασης θα είναι διαφανές για τα μηνύματα σηματοδοσίας, ενώ αντίθετα τείνει προς την πλευρά της προαιρετικής εισαγωγής επιπρόσθετης λειτουργικότητας και ευφύιας στο Δίκτυο Πρόσβασης. Ο Οργανισμός Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης αναγνωρίζει ότι το σημείο προσαρμογής V_{B5.1} αποτελεί ικανό υποψήφιο για απλά, ελεύθερα της λειτουργίας συγκέντρωσης Δίκτυα Πρόσβασης, ενώ το σημείο προσαρμογής V_{B5.2} θεωρείται ως εναλλακτική λύση από τον τερματισμό των μηνυμάτων σηματοδοσίας στο Δίκτυο Πρόσβασης. Στην περίπτωση του Οργανισμού Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης, ο οργανισμός διαχείρισης του Δικτύου Πρόσβασης θα πρέπει να διατηρεί πληροφορία σχετική με χρέωση και κοστολόγηση και θα μπορεί αυτόνομα να στέλνει λογαριασμούς στους τελικούς χρήστες για την χρήση των πόρων του Δικτύου Πρόσβασης. Η άποψη στην οποία βασίζεται το σημείο προσαρμογής V_{B5} βασίζεται στην πληροφορία χρέωσης που κείται στον Κόμβο Παροχής Υπηρεσιών αλλά αποκλείει την διατήρηση πληροφοριών χρέωσης σε οποιοδήποτε άλλο σημείο εκτός του Κόμβου Παροχής Υπηρεσιών για λόγους ασφαλείας και ευστάθειας του συνολικού συστήματος.
- Η Σύνοδος Ψηφιακής Ηχητικής και Τηλεοπτικής Πληροφορίας (Digital Audio Video Council (DAVIC)) έχει προτυποποιήσει ένα μοντέλο αναφοράς για την μετάδοση και αλληλεπίδραση υπηρεσιών πολυμέσων και τηλεοπτικής πληροφορίας, και συγκεκριμένα το σημείο αναφοράς A4 της Συνόδου Ψηφιακής Ηχητικής και Τηλεοπτικής Πληροφορίας αναφέρεται στο Σημείο Προσαρμογής Κόμβου Παροχής Υπηρεσιών (SN Interface (SNI)) του Τομέα Τηλεπικοινωνιών της Διεθνούς Τηλεπικοινωνιακής Ένωσης. Η έκδοση 1.1 της Συνόδου Ψηφιακής Ηχητικής και Τηλεοπτικής Πληροφορίας βασικά εμπλέκει το σημείο

προσαρμογής V_{B5.1} αλλά αναμένεται επόμενες εκδόσεις της να υιοθετήσουν το σημείο προσαρμογής V_{B5.2} όταν αυτό θα έχει σταθεροποιηθεί σε ένα πρότυπο.

3.2. **Ιστορική αναδρομή του σημείου προσαρμογής V_{B5}**

Υπάρχουν δύο τρόποι σύνδεσης ενός τελικού χρήστη στο Κέντρο Ανταλλαγής (LEX). Ένας απλός τελικός χρήστης μπορεί να συνδεθεί στο Κέντρο Ανταλλαγής απευθείας (π.χ. με χρήση απευθείας γραμμής οπτικής ίνας) ή μέσω ενός Δικτύου Πρόσβασης το οποίο εκτελεί λειτουργίες πολυπλεξίας και / ή συνάθροισης στην ροή πακέτων δεδομένων προερχόμενων από τους τελικούς χρήστες και κατευθύνονται προς το κυρίως δίκτυο. Η πραγματική υλοποίηση εξαρτάται κυρίως από τις προϋποθέσεις που έχουν τεθεί στη εκάστοτε συγκεκριμένη πρόσβαση, μιλώντας με όρους απαιτήσεων σε χωρητικότητα του μέσου μεταφοράς. Οι μεγάλες επιχειρήσεις θα απαιτούν σε γενικές γραμμές μεγαλύτερο εύρος ζώνης από τις μικρές επιχειρήσεις και τους οικιακούς τελικούς χρήστες. Ειδικότερα για τους οικιακούς τελικούς χρήστες, η έμπρακτη υλοποίηση του σημείου διασύνδεσης V_{B5} θα αντιστρέψει την προηγούμενη παραδοχή όταν μελλοντικά αμφίδρομες εφαρμογές όπως video κατ' απαίτηση και τηλεεργασία θα καταστούν ευρύτατα διαθέσιμες και θα υιοθετηθούν από τους τελικούς χρήστες.

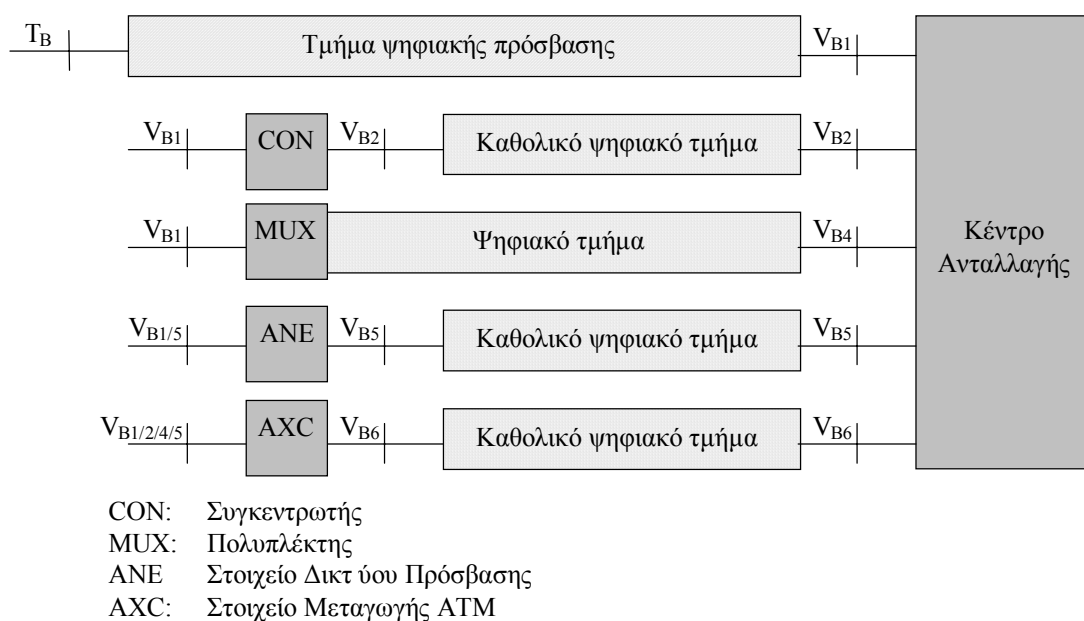
Είναι προφανές ότι ο χρήστης που χρησιμοποιεί εκτεταμένα υπηρεσίες ευρείας ζώνης, όπως για παράδειγμα μία μεγάλη επιχείρηση, χρειάζεται και μεγάλη χωρητικότητα του μέσου μεταφοράς και συνεπώς θα αποκτήσει πρόσβαση στο Κέντρο Ανταλλαγής με μία απευθείας γραμμή οπτικής ίνας. Ο τελικός χρήστης όμως που χρησιμοποιεί την απλή υπηρεσία τηλεφωνικής σύνδεσης δεν έχει τέτοιες απαιτήσεις. Αντιθέτως μάλιστα, θα συνδεθεί με το Κέντρο Ανταλλαγής μέσω του Δικτύου Πρόσβασης το οποίο επιτρέπει την συγκέντρωση της ροής πακέτων από πολλούς τελικούς χρήστες και συνεπώς τον κοινό διαμοιρασμό της υφιστάμενης τηλεπικοινωνιακής υποδομής. Έτσι συμβάλει στην διατήρηση σε χαμηλά επίπεδα του κόστους πρόσβασης στο δίκτυο λόγω της κοινής του χρήσης από μεγάλο αριθμό χρηστών.

Η πρόσβαση στο Κέντρο Ανταλλαγής γίνεται μέσω του σημείου προσαρμογής V, το οποίο αναπαριστά το τμήμα πρόσβασης στο Κέντρο Ανταλλαγής από την πλευρά του χρήστη. Για τη περίπτωση του στενού εύρους ζώνης το σημείο προσαρμογής αυτό έχει ήδη προτυποποιηθεί από τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Τηλεπικοινωνιακών Προτύπων [14], [15]. Για την περίπτωση του μεγάλου εύρους ζώνης, δηλαδή όταν πρόκειται για δίκτυο πρόσβασης τεχνολογίας Ψηφιακού Δικτύου Ενοποιημένων Υπηρεσιών Ευρείας Ζώνης / Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης, έχουμε αντίστοιχα το σημείο προσαρμογής V_B, το οποίο βρίσκεται υπό προτυποποίηση από τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Τηλεπικοινωνιακών Προτύπων [3], [4] αλλά και από άλλους οργανισμούς, όπως ο Τομέας Τηλεπικοινωνιών της Διεθνούς Τηλεπικοινωνιακής Ένωσης [5], [6] καθώς και έχει υιοθετηθεί από άλλους, όπως ο Οργανισμός Δικτύου Πρόσβασης Απάντων Υπηρεσιών. Η προτυποποίηση αυτού του σημείου προσαρμογής είναι εξαιρετικής σημασίας, μιας και μόνο τότε γίνεται δυνατόν για τον χειριστή του Δικτύου Πρόσβασης να εγκαταστήσει και να συνδέσει εξοπλισμό προερχόμενο από διαφορετικούς κατασκευαστές.

Το σημείο προσαρμογής βασίζεται σε σύγχρονη τεχνολογία επιπέδου φυσικού στρώματος, δηλαδή στρώμα μεταφοράς, πράγμα το οποίο μεταφράζεται σε μία από τις ακόλουθες πιθανές τεχνολογίες: πρωτόκολλο Σύγχρονης Ψηφιακής Ιεράρχησης

(Synchronous Digital Hierarchy (SDH)), πρωτόκολλο Πλαισιόχρονης Ψηφιακής Ιεραρχίας (Plesiochronous Digital Hierarchy (PDH)) ή καθαρό πρωτόκολλο Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης. Οι πρώτες εκδόσεις των προτύπων [16], [17], [18] αναφέρονται σε συστήματα μεταφοράς βασισμένα σε πρωτόκολλο Σύγχρονης Ψηφιακής Ιεράρχησης, αλλά μετέπειτα εμπλέχθηκε σε μεγάλο βαθμό και το ATM. Χαρακτηριστικά όπως ο ρυθμός μετάδοσης δυαδικού ψηφίου, η μορφή της επικεφαλίδας πακέτου και η κωδικοποίηση για τις περιπτώσεις Σημείου Προσαρμογής Χρήστη προς Δίκτυο, ή Σημείου Προσαρμογής Δικτύου προς Δίκτυο, διαδικασίες σηματοδότησης και η υποστήριξη της διανομής των υπηρεσιών εναπόκεινται στην επιλογή του τρόπου υλοποίησης που θα επιλεγεί και συνεπώς δεν μπορούν να καθοριστούν σε γενικό βαθμό. Σε κάθε περίπτωση όμως πρέπει να υποστηρίζεται η αναμετάδοση πληροφοριών χρονισμού ώστε να γίνεται δυνατή η επίτευξη σωστής μετάδοσης δυαδικού ψηφίου και ευθυγράμμισης οκτάδας και πλαισίου.

Σχετικά με τις ροές πακέτων Λειτουργίας, Επίβλεψης και Διαχείρισης (Operation, Administration and Maintenance (OAM)), δεν χρειάζεται να ληφθούν ειδικά μέτρα για την περίπτωση ενός απλού χρήστη συνδεδεμένου απευθείας στο Κέντρο Ανταλλαγής. Η πληροφορίες Διαχείρισης και Λειτουργίας περνούν διαφανώς από το σημείο προσαρμογής V_B προς τη Οπτική Μονάδα Δικτύου (ONU), όπως περιγράφεται στο [21] σε συνάρτηση με τις βασικές αρχές. Αν εγκατασταθεί ένα Δίκτυο Πρόσβασης μεταξύ του Κέντρου Ανταλλαγής και τελικών χρηστών, η πρωτύτερη παραδοχή διαφοροποιείται σε κάποιο βαθμό διότι ορισμένες ροές πληροφορίας Διαχείρισης και Λειτουργίας θα τερματιστούν στο Δίκτυο Πρόσβασης. Αν και δεν υπάρχει σαφής προτυποποίηση για αυτό το ζήτημα, μπορεί να λεχθεί ότι εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την πραγματική υλοποίηση του Δικτύου Πρόσβασης, δηλαδή από το αν το Δίκτυο Πρόσβασης εκτελεί λειτουργίες όπως ο Έλεγχος Παραμέτρων Χρήστη (UPC) σε επίπεδο Νοητού Μονοπατιού (VP) ή επίσης και σε επίπεδο Νοητού Διαύλου (VC).



Σχήμα 23 Πιθανές εκδοχές υλοποίησης του σημείου προσαρμογής V_B.

Αρκετές διαφορετικές εκδόσεις του Σημείου Προσαρμογής V_B περιγράφονται στα πρότυπα [16], [17], [18] καθένα από τα οποία για διαφορετικό σκοπό και με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 23 όπου αναπαριστούνται οι διάφορες εκδοχές. Το Σημείο Προσαρμογής V_{B1} χρησιμοποιείται στην περίπτωση της σύνδεσης μοναδικού τελικού χρήστη μεγάλου εύρους ζώνης στο Κέντρο Ανταλλαγής. Για αυτή την κατηγορία έχουν καθοριστεί τέσσερις επιμέρους τύποι, οι V_{B11}, V_{B12}, V_{B13}, και V_{B14}, για να καλύψουν διαφορετικά εύρη ζώνης του υποκείμενου μέσου μεταφοράς, τα οποία είναι για την ανοδική και καθοδική κατεύθυνση 149-149, 599-149, 599-599 και 149-599 εκατομμύρια δυαδικά ψηφία ανά δευτερόλεπτο (Mbps) αντίστοιχα. Οι ασύμμετροι τύποι είναι οι καταλληλότεροι για λειτουργία σε ATM ή για προσφορά στο χρήστη υπηρεσιών αλληλεπιδραστικού Video, υπηρεσία η οποία απαιτεί μεγάλο εύρος ζώνης σε μία μόνο κατεύθυνση, από το δίκτυο προς τον χρήστη. Όλοι οι τύποι του Σημείου Προσαρμογής V_{B1} χρησιμοποιούν τη διάταξη κωδικοποίησης επικεφαλίδας πακέτου που προσδιορίζεται στο [22].

Όλοι οι άλλοι τύποι Σημείου Προσαρμογής χρησιμοποιούνται στην περίπτωση της διαμεσολάβησης Δικτύου Πρόσβασης μεταξύ του Κέντρου Ανταλλαγής και του τελικού χρήστη. Αυτά τα σημεία προσαρμογής διαφοροποιούνται με βάση την λειτουργικότητα του στοιχείου Δικτύου Πρόσβασης που εμπλέκεται. Το Σημείο Πρόσβασης V_{B2} αποτελεί το γενικό ψηφιακό σημείο πρόσβασης ενός συγκεντρωτή και υποστηρίζει διαδικασίες σηματοδότησης και ελέγχου μεταξύ του Δικτύου Πρόσβασης και το Κέντρο Ανταλλαγής. Το Σημείο Πρόσβασης V_{B4} είναι το ψηφιακό σημείο προσαρμογής για την περίπτωση της παρεμβολής ενός πολυπλέκτη. Όπως και φαίνεται στο Σχήμα 23, αυτό το σημείο προσαρμογής δεν εμφανίζεται ακριβώς πριν το στοιχείο Δικτύου Πρόσβασης που είναι ο πολυπλέκτης για την παρούσα περίπτωση, και εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον τρόπο υλοποίησης του στοιχείου Δικτύου Πρόσβασης. Το Σημείο Πρόσβασης V_{B5} υποστηρίζει ένα γενικό στοιχείο Δικτύου Πρόσβασης και θα μας απασχολήσει εκτενώς στην συνέχεια. Το V_{B6} είναι το γενικό ψηφιακό σημείο πρόσβασης ενός στοιχείου μεταγωγής τεχνολογίας Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης. Το στοιχείο Δικτύου Πρόσβασης διευθύνεται αποκλειστικά από τις λειτουργίες του επιπέδου διαχείρισης. Αξίζει να σημειωθεί ότι το γενικό στοιχείο Δικτύου Πρόσβασης αναπαριστά το δίκτυο πρόσβασης σαν μία ενιαία πρωταρχική οντότητα του, συμπεριλαμβάνοντας τις έννοιες του πολυπλέκτη, συγκεντρωτή, στοιχείου μεταγωγής και οποιονδήποτε συνδυασμό τους. Για όλα αυτά τα σημεία πρόσβασης επιλέχθηκε για την δομή της επικεφαλίδας πακέτου αυτή του πρωτοκόλλου Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης, όπως καθορίζεται από το πρότυπο Σημείου Προσαρμογής Δικτύου προς Δίκτυο [11]. Ο λόγος για αυτό είναι ότι εντός ενός βασισμένου σε ATM Δικτύου Πρόσβασης μπορεί να γίνει εύκολα η λειτουργία της δρομολόγησης των πακέτων στο επίπεδο Νοητών Μονοπατιών. Η χρήση της δομής επικεφαλίδας πακέτου του Σημείου Προσαρμογής Δικτύου προς Δίκτυο δίνει την δυνατότητα μεγαλύτερου χώρου για διευθυνσιοδότηση λόγω του Ενδείκτη Νοητού Μονοπατιού (VPI) μεγέθους 12 δυαδικών ψηφίων.

3.3. Εξέλιξη του Σημείου Προσαρμογής V_B σε ένα παγκόσμιο περιβάλλον πολλαπλών χρηστών

Ο αριθμός των Σημείων Ανταλλαγής τείνει να περιοριστεί λόγω της προσπάθειας περιορισμού του κόστους. Αποτέλεσμα είναι κάθε Σημείο Ανταλλαγής να καλύπτει

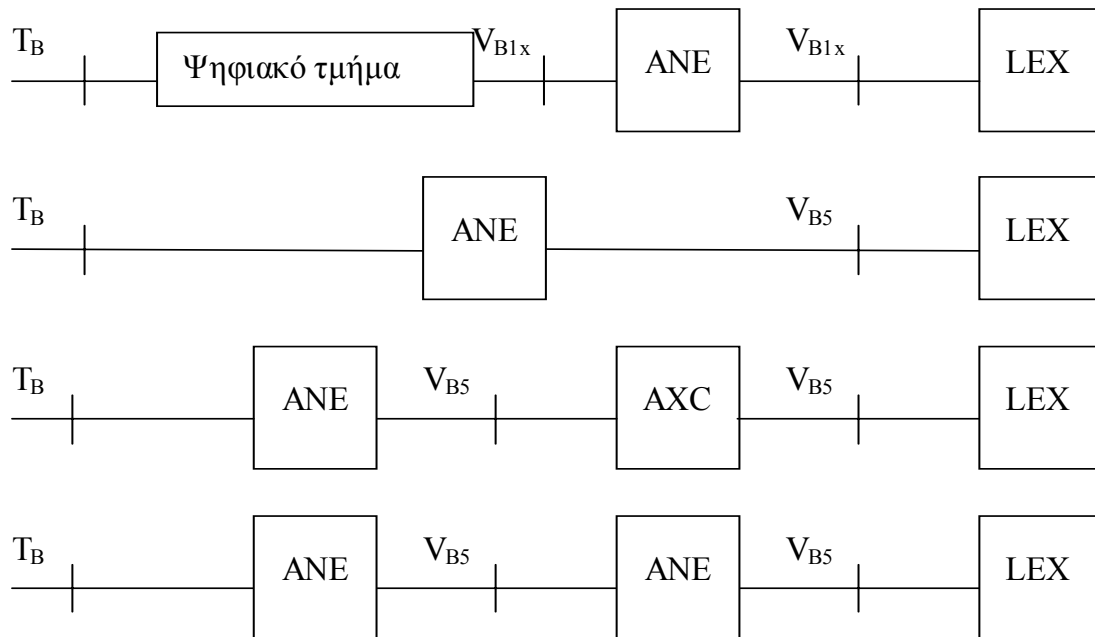
ένα μεγάλο γεωγραφικό χώρο και συνεπώς εξυπηρετεί περισσότερους χρήστες. Αυτό προϋποθέτει την εγκατάσταση εξοπλισμού Δικτύου Πρόσβασης μεταξύ του Κέντρου Ανταλλαγής και τελικού χρήστη. Επιπλέον το σημείο προσαρμογής V_B οφείλει να υποστηρίξει μέσω κατάλληλων συναρτήσεων λειτουργικές δομές πολλαπλών χρηστών. Ο διαμοιρασμός τμήματος του εγκατεστημένου εξοπλισμού είναι εξαιρετικά σημαντικός για τους τελικούς χρήστες και τις μικρές επιχειρήσεις λόγω του περιορισμού του κόστους εγκατάστασης αλλά και συντήρησης των παρεχομένων συνδέσεων, λόγω του υψηλού κόστους του τερματικού εξοπλισμού, όπως για παράδειγμα ή οπτική ίνα και ο οπτικός τερματισμός της γραμμής.

Τα προερχόμενα από τους Ευρωπαϊκό Οργανισμό Τηλεπικοινωνιακών Προτύπων και Διεθνή Τηλεπικοινωνιακή Ένωση πρότυπα περιγράφουν λειτουργικές δομές συστημάτων Δικτύων Πρόσβασης με στοιχεία δικτύου που έχουν συγκεκριμένες λειτουργίες όπως ο συγκεντρωτής, ο πολυπλέκτης, ή το στοιχείο μεταγωγής τεχνολογίας Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης. Το πρόβλημα με αυτές τις περιγραφές είναι ότι κατά την πραγματική υλοποίηση δεν είναι δυνατόν να διακριθούν με αυτό τον τρόπο τα λειτουργικά στοιχεία του Δικτύου Πρόσβασης. Στην περίπτωση των τεχνολογίας Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης Παθητικών Οπτικών Δικτύων (ATM PONs) για παράδειγμα, οι παραπάνω αναφερόμενες λειτουργίες μπορεί να είναι καταναεμημένες σε όλο το μήκος του Δικτύου Πρόσβασης. Σαν αποτέλεσμα, οι επιμέρους τύποι V_{B1x} , V_{B2} , V_{B4} , V_{B6} , του Σημείου Προσαρμογής V_B δεν γίνονται διακριτοί και δεν υλοποιούνται σε αυτή την λειτουργική δομή. Συνεπώς ένα μοναδικό Σημείο Προσαρμογής V_B μπορεί να διακριθεί.

Αν εμπλακεί στο Δίκτυο Πρόσβασης και η δυνατότητα δυναμικής ανάθεσης πόρων του συστήματος, οι επικοινωνιακές απαιτήσεις μεταξύ του Κέντρου Ανταλλαγής και του Δικτύου Πρόσβασης αυξάνονται δραματικά. Αυτές οι απαιτήσεις δεν μπορούν να ικανοποιηθούν με την χρήση των πρωτοκόλλων διαχείρισης μέσω των προτυποποιημένων σημείων προσαρμογής διαχείρισης Q_3 , X και M όπως στην περίπτωση της στατικής ανάθεσης εύρους ζώνης με την χρήση της διαδικασίας ανάθεσης (provisioning). Αυτό ισχύει για όλες τις περιπτώσεις δυναμικών διαδικασιών που προϋποθέτουν γρήγορη ανταλλαγή πληροφορίας μεταξύ του Κέντρου Ανταλλαγής και του Δικτύου Πρόσβασης. Για το σκοπό αυτό απαιτείται ένα πρωτόκολλο εξειδικευμένο στην γρήγορη ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ του Κέντρου Ανταλλαγής και του Δικτύου Πρόσβασης κατά μήκος του σημείου προσαρμογής V_B .

Για τους παραπάνω λόγους υιοθετήθηκε το σημείο προσαρμογής V_{B5} και βρίσκεται υπό συζήτηση στον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Τηλεπικοινωνιακών Προτύπων. Χρησιμοποιείται για την διασύνδεση γενικού εξοπλισμού πρόσβασης στο Κέντρο Ανταλλαγής. Για την αποφυγή παρερμηνειών με τα υπάρχοντα λειτουργικά στοιχεία δικτύου, το σημείο προσαρμογής υποστηρίζει οποιοδήποτε γενικό Στοιχείο Δικτύου Πρόσβασης (AN Element (ANE)). Τα υπόλοιπα στοιχεία του Δικτύου Πρόσβασης υποστηρίζουν το σημείο V_{B1x} πρόσβασης και μερικώς τα υπόλοιπα V_B . Για την περίπτωση των ATM παθητικών οπτικών δικτύων χρειάζεται ένας πιο γενικός ορισμός. Τα σημεία προσαρμογής T_B , το σημείο πρόσβασης δηλαδή μεταξύ του τελικού χρήστη και του Δικτύου Πρόσβασης, πρέπει να υποστηρίζονται επίσης, μίας και υπάρχει η πιθανότητα συμμετοχής και Οπτικής Μονάδας Δικτύου. Συνεπώς, το Στοιχείο Δικτύου Πρόσβασης πρέπει να υποστηρίζει ποικιλία συνδυασμών από τελικούς χρήστες μεγάλου εύρους ζώνης (V_{B1x} και απευθείας T_B) καθώς και επιπλέον Στοιχεία Δικτύου Πρόσβασης ώστε να επιτευχθεί διαδοχική αλληλουχία. Στο Σχήμα 24 φαίνονται οι δυνατές λειτουργικές δομές. Μία συγκεκριμένη υλοποίηση ενός

Στοιχείου Δικτύου Πρόσβασης δεν χρειάζεται να υποστηρίζει όλες τις δυνατές λειτουργικές δομές και τα εξωτερικά σημεία προσαρμογής (V_{B1x} , T_B , V_{B5}).



Σχήμα 24 Λειτουργική δομή στο Δίκτυο Πρόσβασης με σημείο προσαρμογής V_{B5} .

Εκτός από την λειτουργική αρχιτεκτονική του σημείου προσαρμογής V_B η πραγματική του υλοποίηση έχει μεγάλη επίδραση στα χαρακτηριστικά ολόκληρου του Δικτύου Πρόσβασης. Τόσο η τεχνολογία Σύγχρονης Ψηφιακής Ιεραρχίας όσο και αυτή του πρωτοκόλλου Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως φορείς του σημείου προσαρμογής V_B . Παρόλα αυτά, οι διαφορετικές υλοποιήσεις λόγω διαφορετικών υλοποιήσεων των σημείων προσαρμογής (1×STM-1, 4×STM-1, 1×STM-4, 1×STM-4c) εξακολουθούν να μας απασχολούν. Η σύνδεση ενός Δικτύου Πρόσβασης με το Κέντρο Ανταλλαγής μπορεί να βασιστεί σε μία ή περισσότερες ζεύξεις, συνήθως της κλάσης STM-1 με ονομαστικό ρυθμό μετάδοσης 155,52 Mbps και ικανότητα μεταφοράς 149,76 Mbps λόγω του ότι δεν απαιτούν εξαιρετικά εξελιγμένη τεχνολογία. Αν χρησιμοποιηθούν περισσότερες από μία ζεύξεις για να αυξηθεί η διαθέσιμη χωρητικότητα μεταφοράς, όπως για παράδειγμα το 4×STM-1, τότε το σημείο προσαρμογής V_B θα αποτελείται από περισσότερα του ενός φυσικά σημεία προσαρμογής (4 των 1×STM-1). Όλα τα φυσικά σημεία προσαρμογής που συνδέουν το Δίκτυο Πρόσβασης με το ίδιο Κέντρο Ανταλλαγής αποτελούν ένα λογικό μέσο προσαρμογής.

Έχοντας αυτό υπόψη, γίνονται εφικτές λειτουργικές δομές που συνδέουν ένα Δίκτυο Πρόσβασης με περισσότερα από ένα Κέντρο Ανταλλαγής μέσω περισσότερων του ενός λογικών μέσων προσαρμογής. Αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην εφαρμογή ενός είδους παράλληλης διπλής σύνδεσης του Δικτύου Πρόσβασης ώστε να λάβουν χώρα μέθοδοι ασφάλειας και παράκαμψης σφαλμάτων. Αλλά έχει και μία άλλη εφαρμογή: στο παρελθόν κάθε ευρωπαϊκή χώρα είχε ένα μοναδικό οργανισμό διαχείρισης δικτύου που παρείχε και τηλεπικοινωνιακές υπηρεσίες, συνήθως υπό το καθεστώς των κρατικών μονοπωλίων. Με την πάροδο του χρόνου αυτό τείνει να αλλάξει και αρχίζουν να δημιουργούνται ιδιωτικοί φορείς για την παροχή

τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών. Το μέσω διασύνδεσης V_B στις σύγχρονες τηλεπικοινωνιακές αγορές αποτελεί το φυσικό όριο μεταξύ των διαφορετικών οργανισμών διαχείρισης δικτύου και των παροχών τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών που ακολουθούν τους κανόνες της Διαδικασίας Ανάθεσης Ανοιχτού Δικτύου (ONP). Καθώς το Δίκτυο Πρόσβασης είναι το πλέον ακριβό οικονομικά τμήμα του δικτύου, οι οργανισμοί διαχείρισης δικτύου θα μπορούσαν να συμφωνήσουν στην κοινή χρήση του Δικτύου Πρόσβασης. Σε αυτή την περίπτωση το Δίκτυο Πρόσβασης θα συνδέονταν με τους διαφορετικούς οργανισμούς διαχείρισης δικτύου μέσω ξεχωριστών λογικών σημείων προσαρμογής, ένα για κάθε διαφορετικό οργανισμό διαχείρισης δικτύου.

Αν ένα Δίκτυο Πρόσβασης είναι συνδεδεμένο με το Κέντρο Ανταλλαγής με περισσότερες από μία φυσικά σημεία προσαρμογής, όπως για παράδειγμα στην περίπτωση του 4×STM-1, ανακύπτει το πρόβλημα ότι οι ροές πακέτων δεδομένων από διαφορετικά φυσικά σημεία προσαρμογής είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους όσον αφορά το Κέντρο Ανταλλαγής. Αυτό σημαίνει πως το Κέντρο Ανταλλαγής μεταχειρίζεται τις προτυποποιημένες συνδέσεις, όπως η μετασηματοδοσία και η ροή πακέτων Λειτουργίας, Επίβλεψης και Διαχείρισης, ξεχωριστά για κάθε ροή πακέτων δεδομένων, μέσω του Ενδείκτη Νοητού Μονοπατιού με αριθμό 0 ($VPI=0$). Οι ίδιες τιμές Ενδείκτη Νοητού Μονοπατιού και Ενδείκτη Νοητού Διαύλου (VPI / VCI) μπορούν να αναταθούν σε συνδέσεις χρήστη για κάθε ροή πακέτων δεδομένων. Το Κέντρο Ανταλλαγής δεν γνωρίζει εξ αρχής ότι όλες αυτές οι ροές δεδομένων ανήκουν στο ίδιο λογικό σημείο προσαρμογής, ότι διέρχονται από το ίδιο Δίκτυο Πρόσβασης και ότι δεν είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους. Το Στοιχείο Δικτύου Πρόσβασης μπορεί να λύσει το πρόβλημα εσωτερικά με το να μεταφράζει τις τιμές του Ενδείκτη Νοητού Μονοπατιού έτσι ώστε τα πακέτα από διαφορετικά φυσικά μέσα διασύνδεσης (είτε από την πλευρά του Κέντρου Ανταλλαγής, είτε από την πλευρά του χρήστη) να μην αναμιγνύονται. Παρόλα αυτά, στα εξωτερικά σημεία προσαρμογής V_B και T_B οι τιμές που σχετίζονται με τις συνδέσεις καθορίζονται από το Κέντρο Ανταλλαγής και όχι από το Δίκτυο Πρόσβασης. Οι αρχικές υλοποιήσεις χρησιμοποιούν μία στατική ανάθεση πόρων με χρήση διαδικασιών ανάθεσης. Το εύρος των διαθέσιμων τιμών των Ενδείκτη Νοητού Μονοπατιού και Ενδείκτη Νοητού Διαύλου διαχωρίζεται μεταξύ των φυσικών σημείων προσαρμογής V_B . Έτσι η ανάθεση Ενδείκτη Νοητού Μονοπατιού και Ενδείκτη Νοητού Διαύλου αποδεδεμεύεται από την ασάφεια που την χαρακτήριζε. Αν θα έπρεπε να υποστηριχτεί ότι οι συνδέσεις που εισέρχονται στο Δίκτυο Πρόσβασης από διαφορετικά σημεία προσαρμογής V_B δρομολογούνται και στο ίδιο σημείο προσαρμογής T_B (συνδέοντας ένα T_B σημείο προσαρμογής στο Κέντρο Ανταλλαγής μέσω περισσότερων του ενός φυσικών σημείων προσαρμογής στο V_B), όχι μόνο ο αριθμός των V_B σημείων προσαρμογής αλλά και ο αριθμός των T_B σημείων προσαρμογής θα πρέπει να ληφθεί υπόψη για την διαίρεση των τιμών Ενδείκτη Νοητού Μονοπατιού και Ενδείκτη Νοητού Διαύλου. Αν υποστηριχθεί δυναμική ανάθεση των πόρων του συστήματος, χρειάζεται ένα εξειδικευμένο πρωτόκολλο για να εξασφαλίσει την σαφήνεια στην ανάθεση τιμών Ενδείκτη Νοητού Μονοπατιού.

Αν υπάρχουν περισσότερα από ένα λογικά σημεία προσαρμογής, για παράδειγμα το Δίκτυο Πρόσβασης είναι συνδεδεμένο με περισσότερα του ενός Κέντρα Ανταλλαγής, ανακύπτουν οι ίδιες δυσκολίες. Κάθε Κέντρο Ανταλλαγής μεταχειρίζεται τις προτυποποιημένες συνδέσεις ξεχωριστά και αναθέτει τους δικούς του Ενδείκτες Νοητού Μονοπατιού για τις συνδέσεις του χρήστη. Αν περιέλθει στην αντίληψη των πολλαπλών Κέντρων Ανταλλαγής το περιβάλλον πολλαπλών οργανισμών διαχείρισης

δικτύου όπως περιγράφηκε πιο πάνω, η συμφωνία σχετικά με την ανάθεση των πόρων του συστήματος πρέπει να γίνει ακόμα και μεταξύ των διαφόρων αυτών οργανισμών διαχείρισης δικτύου. Είναι προφανές ότι μία στατική λύση του προβλήματος θα ήταν απλούστερη στην υλοποίηση της, αλλά μία μέθοδος για την δυναμική ανάθεση θα ήταν περισσότερο ευέλικτη και προτιμότερη ως προς την βέλτιστη χρησιμοποίηση των πόρων του συστήματος.

Ακόμα και όταν υπάρχει μόνο ένα λογικό και ένα φυσικό σημείο προσαρμογής, υπάρχει ακόμα η πιθανότητα εμφάνισης προβλημάτων. Αν ένα υψηλότερο επίπεδο πολυπλεξίας με μη πολυκατανεμημένο φορέα (π.χ. 1×STM-4) χρησιμοποιηθεί, η κατάσταση παραμένει ίδια με αυτή που περιγράφηκε παραπάνω με πολλαπλά λογικά και/ή φυσικά μέσα προσαρμογής. Κάθε φορέας σε μία μη πολυκατανεμημένη σύγχρονη μονάδα μεταφοράς μεταφέρει μία ανεξάρτητη ροή πακέτων δεδομένων. Αυτοί οι φορείς πολυπλέκονται προς μετάδοση μεταξύ τους αλλά εξακολουθούν να αποτελούν ξεχωριστές ροές πακέτων δεδομένων. Συνεπώς τα 1×STM-4 και 4×STM-1 είναι ισοδύναμα όσον αφορά τα προβλήματα με την ανάθεση πόρων του συστήματος και τις προτυποποιημένες συνδέσεις.

Για να αποφευχθούν αυτά τα προβλήματα, χρειάζεται να χρησιμοποιηθεί ένα σύγχρονο μέσο προσαρμογής με ένα λογικό μέσο προσαρμογής, ένα φυσικό μέσο προσαρμογής και πολυκατανεμημένους φορείς πακέτων δεδομένων αν είναι απαραίτητο ένα υψηλότερο επίπεδο πολυπλεξίας για να αυξηθεί η ικανότητα μεταφοράς. Αυτό συνεπάγεται στην υλοποίηση με χρήση των 1×STM-1 και 1×STM-4c.

3.4. Αρχές ελέγχου των διεργασιών μεταξύ των Δικτύου Πρόσβασης και Κέντρου Ανταλλαγής πάνω από το Σημείο Προσαρμογής V_B

Το Δίκτυο Πρόσβασης Ενοποιημένων Υπηρεσιών Ψηφιακού Δικτύου Μεγάλου Εύρους (B-ISDN) βρίσκεται μεταξύ των σημείων προσαρμογής T_B και V_B και στοχεύει κυρίως στην υποστήριξη οικιακών χρηστών και μικρών επιχειρήσεων. Όπως εξηγήθηκε προηγουμένως, οι περιορισμένες οικονομικές δυνατότητες και το μικρό σχετικά απαιτούμενο εύρος ζώνης των χρηστών του Δικτύου Πρόσβασης συνεπάγονται υλοποιήσεις χαμηλού κόστους οι οποίες θα αξιοποιούν το διαθέσιμο εύρος ζώνης στο μεγαλύτερο δυνατό βαθμό. Ένας τρόπος υλοποίησης που εκπληρώνει αυτές τις προϋποθέσεις είναι ένα Δίκτυο Πρόσβασης χωρίς δυνατότητες επεξεργασίας μηνυμάτων σηματοδότησης, για παράδειγμα ένα Δίκτυο Πρόσβασης που η λειτουργία του βασίζεται σε Νοητά Μονοπάτια όπου οι οικιακοί χρήστες και οι μικρές επιχειρήσεις θα διαμοιραστούν ένα κοινό μέσο. Ένα άλλο κρίσιμο σημείο είναι να εξασφαλιστεί ένα περιβάλλον λειτουργίας πολλαπλών οργανισμών διαχείρισης Δικτύου Πρόσβασης με δυνατότητα πολλαπλών προμηθευτών εξοπλισμού, μέσω της προτυποποίησης του σημείου προσαρμογής V_B. Αυτό σημαίνει ότι η εσωτερική τοπολογία του Δικτύου Πρόσβασης και οι σχετιζόμενες με αυτή μηχανισμοί δεν πρέπει να επηρεάσουν τον ορισμό των προτυποποιημένων σημείων προσαρμογής V_B και T_B αλλά πρέπει να διατηρηθούν όσο το δυνατόν διαφανείς προς το πρότυπο Ενοποιημένων Υπηρεσιών Ψηφιακού Δικτύου Μεγάλου Εύρους.

Ένας μεγάλος βαθμός διαφάνειας μπορεί να επιτευχθεί σε βάρος της ευέλικτης και αποτελεσματικής χρήσης των πόρων του δικτύου. Αν το εύρος ζώνης και οι τιμές των Ενδεικτών Νοητού Μονοπατιού ανατίθενται με στατικό τρόπο στις Συνδέσεις

Νοητού Μονοπατιού του Δικτύου Πρόσβασης, τότε η συχνότητα ανταλλαγής μηνυμάτων ελέγχου μεταξύ του Δικτύου Πρόσβασης και του Κέντρου Ανταλλαγής είναι χαμηλή και μπορεί να διεξαχθεί με αργές διαδικασίες διαχείρισης. Ο μηχανισμός Ελέγχου Παραμέτρων Χρήστη λειτουργεί σε επίπεδο Νοητού Μονοπατιού, σύμφωνα με το προκαθορισμένο εύρος ζώνης της σύνδεσης, αλλά κέρδος στατιστικής πολυπλεξίας μπορεί να επιτευχθεί μόνο μέσα από μία Σύνδεση Νοητού Διαύλου. Αν ο οργανισμός διαχείρισης του δικτύου επιθυμήσει να χρησιμοποιήσει στο έπακρο το κέρδος στατιστικής πολυπλεξίας, τότε θα εφαρμοστεί δυναμική ανάθεση εύρους ζώνης όχι μόνο σε επίπεδο Νοητού Διαύλου αλλά και σε επίπεδο Νοητού Μονοπατιού. Σύμφωνα με αυτό το σενάριο, τα τμήματα του δικτύου που δεν έχουν την δυνατότητα επεξεργασίας μηνυμάτων σηματοδοσίας, όπως το Δίκτυο Πρόσβασης βασισμένο σε Νοητά Μονοπάτια, τα οποία δεν λαμβάνουν ενεργό μέρος στην διαδικασία εγκατάστασης της κλήσης, παραμένουν απομονωμένα και ανίκανα να λάβουν πληροφορία για την κατάσταση της κάθε Σύνδεσης Νοητού Μονοπατιού, πράγμα το οποίο είναι απαραίτητο για την σωστή λειτουργία του μηχανισμού Ελέγχου Παραμέτρων Χρήστη. Αυτή η πληροφορία δεν μπορεί να μεταφερθεί από τις διαδικασίες διαχείρισης λόγω των πολύ στενών χρονικών περιθωρίων που επιβάλλει η διαδικασία εγκατάστασης κλήσης / σύνδεσης. Το πρόβλημα γίνεται πιο εμφαντικό αν κάποιος λάβει υπόψη ότι τα πρωτόκολλα σηματοδοσίας μεγάλου εύρους ζώνης δίνουν την δυνατότητα στο χρήστη να αλλάζει το εύρος ζώνης της σύνδεσης μέσω μίας φάσης εγκατάστασης εκ νέου: για παράδειγμα όταν ένας χρήστης μεταπηδά από υψηλότερη σε χαμηλότερη ποιότητα υπηρεσίας στην υφιστάμενη σύνδεση.

Άμεσο αποτέλεσμα των παραπάνω απαιτήσεων και για να βελτιωθεί περαιτέρω η χρήση των πόρων του Δικτύου Πρόσβασης χρειάζεται να αναπτυχθεί ένα πρωτόκολλο ταχείας ανταλλαγής πληροφοριών ελέγχου, ικανό να λειτουργεί σε μία βάση κλήσης / σύνδεσης μεταξύ των Δικτύου Πρόσβασης και Κέντρου Ανταλλαγής. Αυτό το πρωτόκολλο πρέπει να προσφέρει μία ολοκληρωμένη λύση τόσο στο θέμα των υπαρχόντων βασισμένων σε Νοητά Μονοπάτια Δικτύων Πρόσβασης χωρίς την δυνατότητα επεξεργασίας μηνυμάτων σηματοδοσίας που λειτουργούν με χρήση διαδικασιών διαχείρισης, όσο και των βασισμένων σε Νοητά Μονοπάτια Δικτύων Πρόσβασης που αναθέτουν εύρος ζώνης στα Νοητά Μονοπάτια με χρήση σηματοδοσίας. Οι υπηρεσίες του πρωτοκόλλου θα πρέπει να επιληφθούν του έργου της πλήρωσης του χάσματος μεταξύ της στατικής και της δυναμικής ανάθεσης πόρων του συστήματος με την παροχή των κατάλληλων μέσων δυναμικής ενημέρωσης των εμπλεκόμενων μερών, δηλαδή του Δικτύου Πρόσβασης και του Κέντρου Ανταλλαγής με την εκάστοτε κατάσταση κάθε Σύνδεσης Νοητού Μονοπατιού. Για λόγους απλότητας και διαφάνειας, μία ιεραρχία ηγέτη-ακόλουθου (master-slave) θα πρέπει να εφαρμοστεί για την λειτουργία του πρωτοκόλλου αυτού με ηγέτη το Κέντρο Ανταλλαγής (LEX). Τα μηνύματα που θα ανταλλαχθούν θα πρέπει να μεταφέρουν την κατάλληλη πληροφορία για την εγκατάσταση της Σύνδεσης Νοητού Μονοπατιού, δηλαδή το εύρος ζώνης της Σύνδεσης Νοητού Μονοπατιού και τον αριθμό του Ενδείκτη Νοητού Μονοπατιού, ή μία εγκατάσταση μιας Σύνδεσης Νοητού Μονοπατιού η οποία μεταβάλλει το εύρος ζώνης της Σύνδεσης Νοητού Μονοπατιού.

3.5. Χαρακτηριστικά του σημείου προσαρμογής V_{B5}

3.5.1. Γενικά

Το σημείο προσαρμογής V_{B5} [1], [2], [7], [10], [11] βρίσκεται μεταξύ του Δικτύου Πρόσβασης και του Κόμβου Παροχής Υπηρεσιών, που αντιστοιχεί στον Κόμβο Ανταλλαγής που αναφερόμασταν προωύτερα. Γενικότερα, αναφέρεται και ως Σημείο Προσαρμογής του Κόμβου Παροχής Υπηρεσιών. Το V_{B5} που είναι βασισμένο στο πρωτόκολλο Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης είναι σχεδιασμένο να επιτρέπει τη μεταφορά πληροφορίας από το Δίκτυο Πρόσβασης στον Κόμβο Παροχής Υπηρεσιών σχετικά με τη διαθεσιμότητα των πόρων που απαιτούνται για την παροχή διαφόρων υπηρεσιών στο χρήστη.

Η εισαγωγή του σημείου προσαρμογής V_{B5} στο τμήμα πρόσβασης έχει ως στόχο:

- να υποστηρίξει την αρχή Παροχής Ανοικτού Δικτύου στον τοπικό βρόχο,
- να υποστηρίξει την κλιμακωτή αναβάθμιση στο μέλλον των υπαρχόντων συστημάτων στενής ζώνης σε ευρείας ζώνης,
- να επιτρέψει την συντονισμένη έναρξη λειτουργίας του Δικτύου Πρόσβασης και του Κόμβου Παροχής Υπηρεσιών,
- την μεταφορά χρονικά κρίσιμων πληροφοριών διαχείρισης, μέσω του πρωτοκόλλου Συντονισμού Διαχείρισης Πραγματικού Χρόνου (RTMC),
- να ελέγχει την συνέχεια των συνδέσεων, από την άποψη εμφάνισης σφαλμάτων μετάδοσης ως και πλήρη αποκοπή τους, και
- να μεταφέρει πληροφορία για την κατάσταση των θυρών του Δικτύου Πρόσβασης στον Κόμβο Παροχής Υπηρεσιών.

Τα σημείο προσαρμογής V_{B5}, του οποίου πολλές αρχές είναι ίδιες με το στενής ζώνης σημείο προσαρμογής V₅, βασίζεται στο ATM ως σύγχρονο πρωτόκολλο μεταφοράς, και συνεπώς υποστηρίζει παράλληλα και συστήματα ευρείας ζώνης. Εκτός αυτών, υποστηρίζει και συστήματα που δεν βασίζονται στο Ευρείας Ζώνης πρωτόκολλο Ψηφιακού Δικτύου Ολοκληρωμένων Υπηρεσιών με Προσομοίωση Κυκλώματος (Circuit Emulation), αλλά και ανάμικτους τύπους πρόσβασης διαμέσου κατάλληλων Λειτουργιών Προσαρμογής Πρόσβασης (Access Adaptation Functions). Επίσης, υποστηρίζει διάφορες τεχνολογίες μετάδοσης, όπως η Σύγχρονη Ψηφιακή Ιεραρχία, και η Πλαισιόχρονη Ψηφιακή Ιεραρχία και φυσικά τους αντίστοιχους ρυθμούς μετάδοσης. Έτσι, επιτρέπεται η ταυτόχρονη ύπαρξη περισσότερων από έναν τύπων φυσικών συνδέσεων στο V_{B5} τόσο για λόγους χωρητικότητας όσο και αναπλήρωσης σε περίπτωση προβληματικής λειτουργίας. Δεν εξαρτάται από την φύση του φυσικού στρώματος, ενώ η τυπική λειτουργία σε επίπεδο φυσικού στρώματος κυμαίνεται από 1.5 Mbps και 2.5 Mbps, χωρίς να αποκλείονται και άλλα προτυποποιημένα σημεία προσαρμογής φυσικού στρώματος. Δύο επίπεδα του σημείου προσαρμογής V_{B5} έχουν καθοριστεί για να καλύψουν τόσο τις συνδέσεις Νοητών Μονοπατιών όσο και αυτές Νοητών Διαύλων.

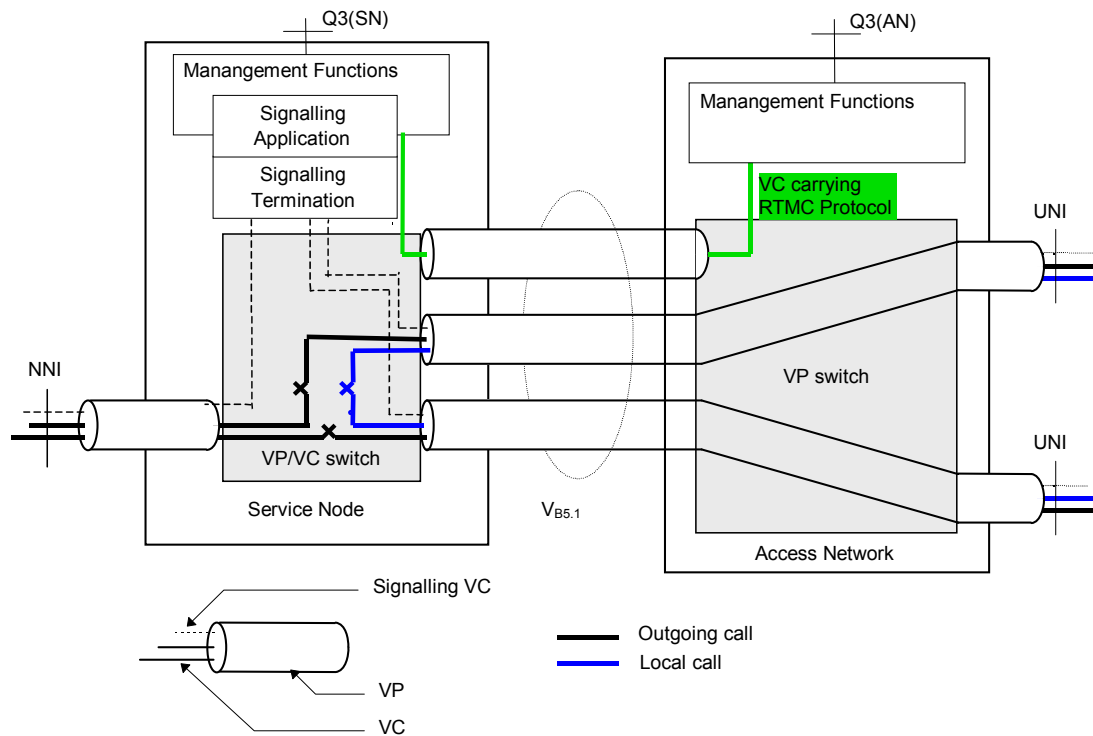
Σύμφωνα με τις προδιαγραφές του V_{B5} [1], [2], [10], [11], ο χρήστης δε βλέπει καμιά διαφορά μεταξύ της απευθείας σύνδεσης στο Κόμβο Παροχής Υπηρεσιών και της πρόσβασης σε αυτό διαμέσου του Δικτύου Πρόσβασης. Δηλαδή, το Δίκτυο Πρόσβασης θεωρείται ως ένα μαύρο κουτί το οποίο δεν επεξεργάζεται τη

σηματοδοσία χρήστη, αλλά την πολυπλέκει και την προωθεί προς τον Κόμβο Παροχής Υπηρεσιών. Και αυτό για το λόγο ότι λειτουργίες όπως ο έλεγχος κλήσης και η διατήρηση πληροφοριών χρέωσης, βρίσκονται στο Κόμβο Παροχής Υπηρεσιών, ενώ παράλληλα η αρχή σχεδιασμού του Δικτύου Πρόσβασης επιβάλλει την ελάχιστη λειτουργικότητα για περιορισμό του κόστους. Παράλληλα, η επιλογή ενός συγκεκριμένου προμηθευτή υπηρεσίας, όταν το Δίκτυο Πρόσβασης είναι συνδεδεμένο με πολλούς Κόμβους Παροχής Υπηρεσιών, δεν γίνεται μέσω σηματοδοσίας αλλά με επιλογή Νοητών Μονοπατιών που είναι συσχετισμένα με το συγκεκριμένο Κόμβο Παροχής Υπηρεσιών με ανάθεση μέσω των λειτουργιών διαχείρισης. Τέλος, οι διασυνδέσεις πολλαπλών χρηστών είναι εφικτές σε μία μόνο κατεύθυνση, αυτή από το δίκτυο προς το χρήστη. Διαφορετικά, η λειτουργία πολλαπλής διασύνδεσης χρηστών πρέπει να είναι μια υπηρεσία παρεχόμενη από τον Κόμβο Παροχής Υπηρεσιών.

Επιπρόσθετα, το σημείο προσαρμογής V_{B5.2} επιτρέπει τη συνεργασία Κόμβου Παροχής Υπηρεσιών και Δικτύου Πρόσβασης όταν εγκαθίστανται συνδέσεις Νοητών Διαύλων κατ' απαίτηση του χρήστη και όχι μέσω διαδικασιών διαχείρισης. Σύμφωνα με τις προδιαγραφές των οργανισμών προτυποποίησης [1], [2], [10], [11], το Δίκτυο Πρόσβασης δεν παίρνει μέρος στη διαδικασία σηματοδοσίας που ανταλλάσσονται μεταξύ χρήστη και δικτύου, και τα μηνύματα σηματοδοσίας πρωτοκόλλων όπως το Q.2931 [3] ή το UNI 4.0 [5], [6] μεταβιβάζονται αυτούσια στο Κόμβο Παροχής Υπηρεσιών. Έτσι, στην περίπτωση αυτή, ο Κόμβος Παροχής Υπηρεσιών στη συνέχεια αιτεί από το Δίκτυο Πρόσβασης την εγκατάσταση της σύνδεσης μεταξύ του αποκαλούμενου ως UNI τμήματος από τον χρήστη ως το Δίκτυο Πρόσβασης και του αποκαλούμενου ως Σημείο Προσαρμογής Κόμβου Παροχής Υπηρεσιών τμήματος από το Δίκτυο Πρόσβασης ως τον Κόμβο Παροχής Υπηρεσιών. Το Σημείο Προσαρμογής Κόμβου Παροχής Υπηρεσιών είναι ταυτόσημο του V_{B5}.

3.5.2. Το σημείο προσαρμογής V_{B5.1}

Το σημείο προσαρμογής V_{B5.1} [1], [7], [10] υποστηρίζει την εγκατάσταση Ζεύξεων Νοητού Μονοπατιού (Virtual Path Links (VPLs)) και Ζεύξεων Νοητού Διαύλου (Virtual Channel Links (VCLs)) στο Δίκτυο Πρόσβασης με διαδικασίες ανάθεσης της διαχείρισης του συστήματος και συγκεκριμένα διαμέσου των Q₃ σημείων προσαρμογής του Δικτύου Πρόσβασης και του Κόμβου Παροχής Υπηρεσιών. Το σημείο προσαρμογής V_{B5.1} υποστηρίζει την διασύνδεση στο Δίκτυο Πρόσβασης σε επίπεδο Νοητού Μονοπατιού και Νοητού Διαύλου με διαδικασία ανάθεσης, αλλά δεν υποστηρίζει την κατ' απαίτηση του χρήστη διασύνδεση αυτών (Σχήμα 25). Η επιλογή ενός Κόμβου Παροχής Υπηρεσιών από το Δίκτυο Πρόσβασης βάσει πληροφορίας από την σηματοδοσία χρήστη δεν είναι εφικτή γιατί κάτι τέτοιο θα απαιτούσε τμήμα λειτουργιών του Κόμβου Παροχής Υπηρεσιών να εκτελούνται από το Δίκτυο Πρόσβασης. Όμως, για τύπους πρόσβασης Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης το Δίκτυο Πρόσβασης υποστηρίζει την πρόσβαση των επικοινωνημένων σε αυτό χρηστών σε διαφορετικούς Κόμβους Παροχής Υπηρεσιών μέσω αφοσιωμένων συνδέσεων από το Δίκτυο Πρόσβασης σε αυτούς που εγκαταστάθηκαν με διαδικασίες ανάθεσης από τη διαχείριση του συστήματος. Έτσι η επιλογή ενός προμηθευτή υπηρεσίας γίνεται θέμα του τερματικού του χρήστη και δεν εμπλέκει λειτουργίες του Δικτύου Πρόσβασης ή του Κόμβου Παροχής Υπηρεσιών.



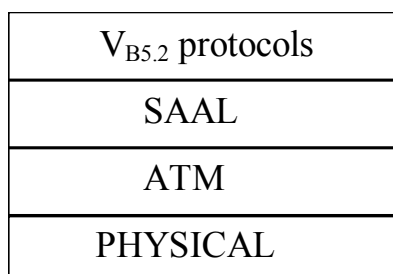
Σχήμα 25 Λειτουργική αρχιτεκτονική του σημείου προσαρμογής V_{B5.1}.

Το στοιχείο Δίκτυο Πρόσβασης χρησιμοποιείται για την πολύπλεξη και αποπολύπλεξη των προερχόμενων από τους τελικούς χρήστες ροών σηματοδότησης και δεδομένων με οικονομικά συμφέροντα τρόπο. Η πολύπλεξη γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε κατά την παρουσίαση αυτής της πληροφορίας στο Κόμβο Παροχής Υπηρεσιών να είναι σε θέση ο Κόμβος Παροχής Υπηρεσιών να προσδιορίσει την πηγή ή τον προορισμό της πολυπλεγμένης ροής δεδομένων. Ο Έλεγχος Κλήσης εκτελείται στον Κόμβο Παροχής Υπηρεσιών, ενώ το Δίκτυο Πρόσβασης δεν έχει γνώση των παρεχομένων υπηρεσιών ούτε της τρέχουσας κατάστασης των ενεργών κλήσεων αλλά και των υπόλοιπων πόρων του συστήματος. Επιπλέον, οι πληροφορίες σχετικά με χρέωση χρηστών και τιμολόγηση παρεχομένων υπηρεσιών παραμένουν μόνον στο Κόμβο Παροχής Υπηρεσιών. Αυτές οι πληροφορίες μπορούν να διαβιβαστούν στο χρήστη, ύστερα από αίτηση του, μέσω του σημείου προσαρμογής V_{B5.1} ως μέρος μιας υπηρεσίας στην οποία είναι συνδρομητής, αλλά σε καμία περίπτωση ως είδος πληροφορίας για χρήση της από το στοιχείο Δικτύου Πρόσβασης. Επίσης, οι χρονικά κρίσιμες λειτουργίες διαχείρισης οι οποίες απαιτούν συντονισμό των στοιχείων Δικτύου Πρόσβασης και Κόμβου Παροχής Υπηρεσιών, όπως η αλλαγή της κατάστασης διαθεσιμότητας ενός πόρου μέσα στο στοιχείο Δικτύου Πρόσβασης, εκτελούνται διαμέσου του πρωτοκόλλου Συντονισμού Διαχείρισης Πραγματικού Χρόνου που αποτελεί μέρος του σημείου προσαρμογής V_{B5.1}.

3.5.3. Το σημείο προσαρμογής V_{B5.2}

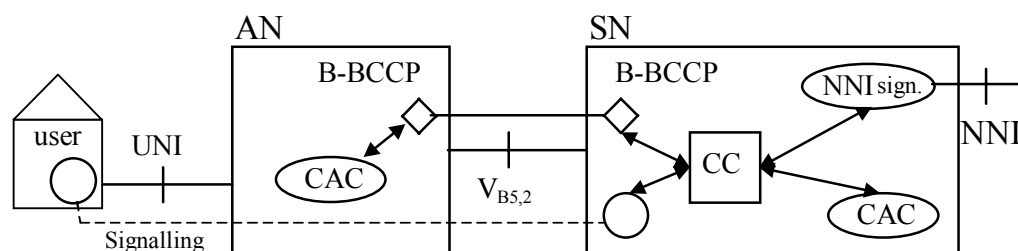
Το σημείο προσαρμογής V_{B5.2} βρίσκεται μεταξύ του Δικτύου Πρόσβασης και του Κόμβου Παροχής Υπηρεσιών. Βασίζεται στο πρωτόκολλο Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης σαν σύγχρονη τεχνολογία μεταφοράς, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 26. Σχεδιάστηκε έτσι ώστε να επιτρέπει στο Δίκτυο Πρόσβασης να πληροφορεί τον

Κόμβο Παροχής Υπηρεσιών για την διαθεσιμότητα ή όχι των απαιτούμενων πόρων σε τοπική κλίμακα, στο Δίκτυο Πρόσβασης δηλαδή, με σκοπό την παροχή στον τελικό χρήστη της επιζητούμενης υπηρεσίας. Αυτή η ανταλλαγή πληροφορίας εμπλέκει το Πρωτόκολλο Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης, όπως φαίνεται στο Σχήμα 27.



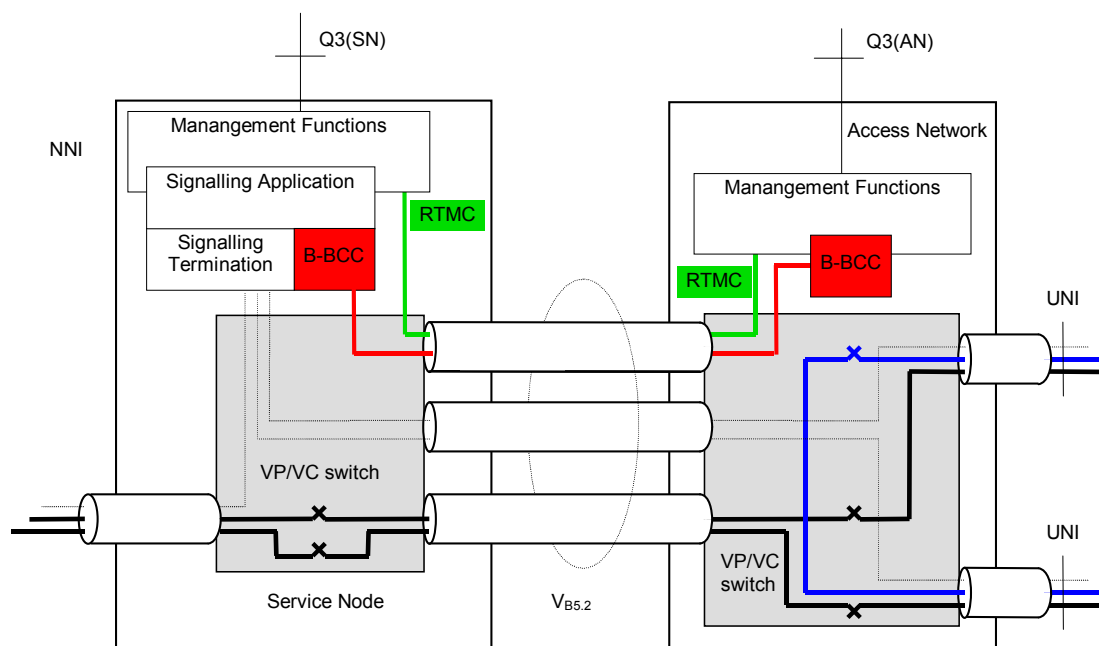
Σχήμα 26 Διαστρωμάτωση των λειτουργικών οντοτήτων του V_{B5.2}.

Το Δίκτυο Πρόσβασης δεν γίνεται αντιληπτό από τον τελικό χρήστη (μαύρο κουτί) μιας και ο χρήστης δεν αντιλαμβάνεται την διαφορά της απευθείας σύνδεσης με τον Κόμβο Παροχής Υπηρεσιών και της πρόσβασης σε αυτό μέσω του Δικτύου Πρόσβασης. Η υλοποίηση του σημείου προσαρμογής V_{B5.2} βασίζεται στο ότι το πρωτόκολλο Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης ανάλογο τμήμα του Δικτύου Πρόσβασης αποτελείται από μία λειτουργικότητα τύπου μεταγωγής Νοητού Μονοπατιού, Νοητού Διαύλου που κείται μεταξύ αυτής που παρουσιάζεται σε ένα τυπικό στοιχείο μεταγωγής τεχνολογίας Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης και σε ένα στοιχείο διασύνδεσης. Αυτό συμβαίνει λόγω της δυνατότητας πραγματοποίησης δυναμικής, πραγματικού χρόνου διασύνδεσης Νοητών Μονοπατιών ή / και Νοητών Διαύλων χωρίς να παρέχουν άλλες λειτουργίες υπηρεσιών. Οι λειτουργίες που σχετίζονται με υπηρεσίες όπως η σηματοδότηση χρήστη προς δίκτυο, η δημιουργία τόνων και αναγγελιών ή ακόμα και η πληροφορία χρέωσης και τιμολόγησης θα παραμένουν στον Κόμβο Παροχής Υπηρεσιών. Στο σημείο αναφοράς V_{B5.2} είναι δυνατό να υποστηρίζονται περισσότερα του ενός σημεία προσαρμογής φυσικού στρώματος, καθώς η επιλογή των Κόμβων Παροχής Υπηρεσιών γίνεται μέσω επιλογής ανατεθειμένων εκ των προτέρων Νοητών Μονοπατιών. Επιπρόσθετα, υποστηρίζεται η πολλαπλή εκπομπή στην κατεύθυνση από το δίκτυο προς τους χρήστες.



Σχήμα 27 Αρχιτεκτονική αναφοράς του σημείου προσαρμογής V_{B5.2}: φυσική θέση του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης (B-BCCP).

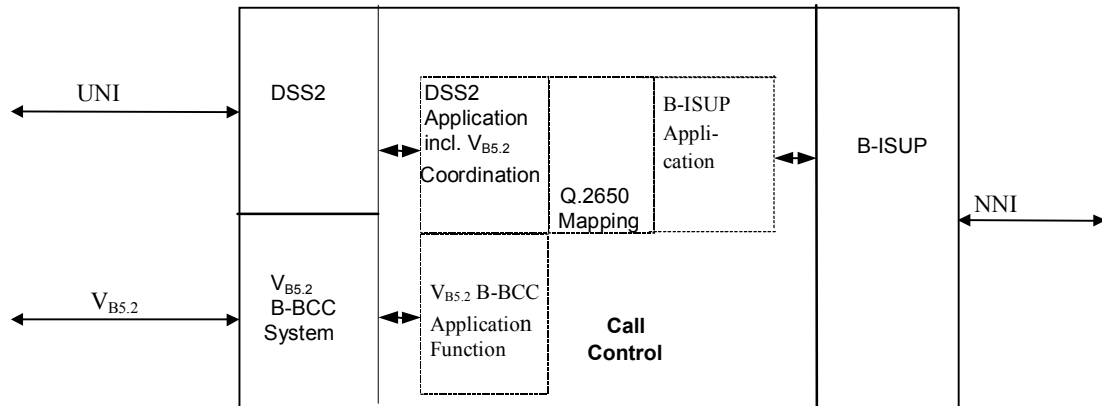
Η ουσιαστικότερη διαφορά μεταξύ των σημείων προσαρμογής V_{B5.1} και V_{B5.2} είναι η πραγματοποίηση μίας διασύνδεσης σε επίπεδο Νοητού Διαύλου εσωτερικά στο Δίκτυο Πρόσβασης κατά απαίτηση του χρήστη. Μια επιπρόσθετη λειτουργία απαιτείται σε αυτή την περίπτωση να ενσωματωθεί σε αυτές που περιλαμβάνονται στο Δίκτυο Πρόσβασης, αυτή της δυναμικής διασύνδεσης των Νοητών Διαύλων σε Ζεύξεις Νοητών Διαύλων. Η δυναμική διασύνδεση πραγματοποιείται εσωτερικά στο Δίκτυο Πρόσβασης υπό τον έλεγχο του Κόμβου Παροχής Υπηρεσιών και με χρήση του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης σε ανταπόκριση της απαίτησης του χρήστη. Για να γίνει αυτό, προϋποτίθεται η ενσωμάτωση στο Δίκτυο Πρόσβασης δυνατοτήτων τερματισμού του Νοητού Μονοπατιού και εγκατάστασης Νοητού Διαύλου σε επίπεδο πρωτόκολλο Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης αλλά και στο φυσικό επίπεδο, καθώς και η εξέλιξη της λειτουργικής οντότητας Ελέγχου Αποδοχής Κλήσης στο Δίκτυο Πρόσβασης. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η βέλτιστη χρήση των διαθέσιμων πόρων του V_{B5.2} σημείου προσαρμογής μεταξύ του Δικτύου Πρόσβασης και του Κόμβου Παροχής Υπηρεσιών καθώς η σύνδεση δύο τοπικών χρηστών εκπληρώνεται εσωτερικά στο Δίκτυο Πρόσβασης αφήνοντας το υπόλοιπο σύστημα ελεύθερο για περαιτέρω εκμετάλλευση. Οι χρονικά κρίσιμες λειτουργίες, όπως αυτές της διαχείρισης, οι οποίες απαιτούν συντονισμό του Δικτύου Πρόσβασης με τον Κόμβο Παροχής Υπηρεσιών, εκτελούνται διαμέσου του πρωτοκόλλου Συντονισμού Διαχείρισης Πραγματικού Χρόνου, όπως στην περίπτωση του σημείου προσαρμογής V_{B5.1}, με την διαφορά ότι το πρωτόκολλο Συντονισμού Διαχείρισης Πραγματικού Χρόνου για την περίπτωση του V_{B5.1} αποτελεί υποσύνολο του αντίστοιχου πρωτοκόλλου Συντονισμού Διαχείρισης Πραγματικού Χρόνου για την περίπτωση του σημείου προσαρμογής V_{B5.2}. Το συνολικό σύστημα φαίνεται στο Σχήμα 28, όπου γίνεται εμφανής η διαφοροποίηση στον τόπο εκπλήρωσης της διασύνδεσης καθώς και η μεταβολή του συστήματος.



Σχήμα 28 Λειτουργική αρχιτεκτονική του σημείου προσαρμογής V_{B5.2}.

Κύριος σκοπός του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης είναι να υποδείξει την θύρα χρήστη στην οποία θα δρομολογηθεί η σύνδεση μέσω του Δικτύου Πρόσβασης καθώς επίσης και να υποδείξει τους απαραίτητους πόρους για την πραγματοποίηση της σύνδεσης. Το Πρωτόκολλο Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης θα ενημερώσει το Δίκτυο Πρόσβασης για τις απαιτήσεις της σύνδεσης σε εύρος ζώνης. Το Δίκτυο Πρόσβασης, χρησιμοποιώντας τις λειτουργικές δυνατότητες του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης, θα έχει την δυνατότητα να απορρίψει τις προτεινόμενες από τον Κόμβο Παροχής Υπηρεσιών τιμές του αιτούμενου για την σύνδεση εύρους ζώνης, και να προτείνει καταλληλότερες τιμές, σύμφωνα με την διαθεσιμότητα των πόρων του την δεδομένη χρονική στιγμή. Το ίδιο ισχύει και για τις τιμές του Ενδείκτη Νοητού Μονοπατιού και του Ενδείκτη Νοητού Διαύλου της σύνδεσης οι οποίες μπορεί να μεταφραστούν σε νέες τιμές, ώστε η σύνδεση να ταυτοποιείται μονοσήμαντα αδιάφορα από το τερματικό αφητηρίας της, σαν αποτέλεσμα της αλληλουχίας που ακολουθείται στην διαδικασία απόδοσης ταυτότητας σύνδεσης στο Δίκτυο Πρόσβασης.

Για να επιτευχθεί η μέγιστη συμβατότητα με τα προτυποποιημένα πρωτόκολλα σηματοδοσίας τεχνολογίας Ψηφιακού Δικτύου Ενοποιημένων Υπηρεσιών Ευρείας Ζώνης, τα μηνύματα του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης που ανταλλάσσονται κατά την φάση εγκατάστασης και τερματισμού της κλήσης συνθέτονται από υποσύνολο των πεδίων των αντιστοίχων μηνυμάτων του πρωτοκόλλου Συστήματος Σηματοδοσίας Ψηφιακού Χρήστη αριθμός 2 (Digital Subscriber Signalling System No 2 (DSS2)), ή κοινώς Q.2931 [7]. Αυτό γίνεται μέσω της υιοθέτησης των μηνυμάτων των διαφόρων λειτουργικών οντοτήτων σηματοδοσίας από την κεντρική μονάδα Ελέγχου Κλήσης, όπως φαίνεται στο Σχήμα 29. Τα μηνύματα της λειτουργικής αυτής οντότητας αποτελούν και την πρότυπη, βασική ομάδα μηνυμάτων με την οποία καλούνται να είναι συμβατά τα διάφορα πρωτόκολλα που επικολλούνται στο σύστημα του Κόμβου Παροχής Υπηρεσιών. Υπό αυτές τις συνθήκες, το μήκος των μηνυμάτων του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης υπερβαίνει το μέγεθος του ενός πακέτου πρωτόκολλο Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης και συνεπώς εμπλέκονται διαδικασίες Τεμαχισμού και Επανένωσης (Segmentation and Reassembly (SAR)). Επιπλέον, η ασφαλής μεταφορά δεδομένων μεταξύ των απόμακρων οντοτήτων Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης αποτελεί ένα επιθυμητό χαρακτηριστικό, το οποίο καλύπτεται από το πρότυπο του Στρώματος Προσαρμογής του πρωτοκόλλου Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης για Σηματοδοσία (Signalling ATM Adaptation Layer (SAAL)).



Σχήμα 29 Αλληλεπίδραση των συστημάτων σηματοδοσίας με την λειτουργική οντότητα Ελέγχου Κλήσης (CC).

3.6. Μηνύματα του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης (B-BCCP)

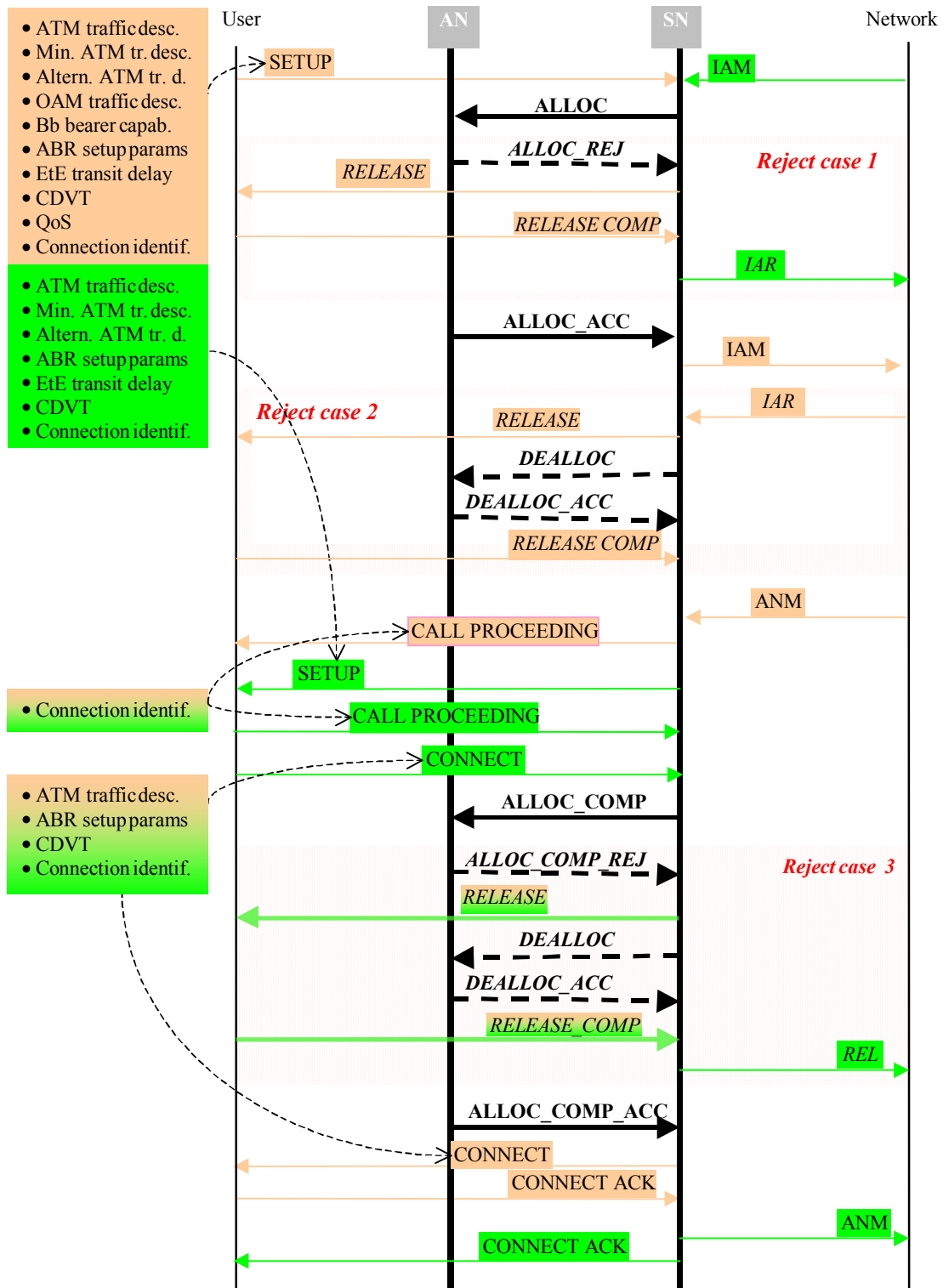
Τα μηνύματα του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης παρουσιάζονται εν συντομία στον Πίνακα 2. Στον ίδιο πίνακα παρουσιάζονται και τα στοιχεία πληροφορίας που φέρουν τα μηνύματα αυτά καθώς και το μέγεθος που έχουν, σε ελάχιστο και μέγιστο βαθμό. Τα μηνύματα φέρουν οπωσδήποτε και από κοινού κάποια στοιχεία πληροφορίας που αντιστοιχούν σε επικεφαλίδα, ενώ η πραγματική πληροφορία που φέρουν τα επιμέρους στοιχεία πληροφορίας διαφέρει από μήνυμα σε μήνυμα. Το μέγεθος της επικεφαλίδας ισοδυναμεί με 9 οκτάδες δυαδικών ψηφίων (bytes) και παρουσιάζονται στο [6]. Αξίζει να σημειωθεί πως τα στοιχεία πληροφορίας που συμπληρώνουν τα μηνύματα αποτελούν υποσύνολο των στοιχείων πληροφορίας που στοιχειοθετούν τα μηνύματα του πρωτοκόλλου Συστήματος Σηματοδοσίας Ψηφιακού Χρήστη αριθμός 2 (DSS2), ή κοινώς Q.2931 [7].

Κάθε μήνυμα εμφωλιάζεται σε ένα τουλάχιστον πακέτο πρωτοκόλλου Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης, ανάλογα με το μέγεθός του: αν το μέγεθος ενός μηνύματος ξεπερνά το μέγεθος του πακέτου πρωτοκόλλου Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης, τότε τεμαχίζεται σε τόσα μέρη ώστε να είναι, το πολύ, ακέραια πολλαπλάσια του μεγέθους των 48 οκτάδων δυαδικών ψηφίων (bytes) που είναι το μέγεθος της ωφέλιμης πληροφορίας που μεταφέρει κάθε πακέτο πρωτοκόλλου Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης. Εκτός τούτου, κάθε μήνυμα έχει μεταβλητό μέγεθος, ανάλογα με την πληροφορία η οποία κρίνεται απαραίτητα κάθε φορά να μεταφέρει. Έτσι, τα στοιχεία πληροφορίας των μηνυμάτων διακρίνονται σε δύο κύριες κατηγορίες ανάλογα με την κρισιμότητά τους για τις λειτουργίες που σχετίζονται με την αποστολή και λήψη αυτών των μηνυμάτων. Η διακύμανση αυτή γίνεται εμφανής, στις ακραίες τις τιμές, στον Πίνακα 2.

Πίνακας 2 Συνοπτική παρουσίαση μηνυμάτων του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης (B-BCCP) και των στοιχείων πληροφορίας, που αυτά μπορούν να φέρουν, καθώς και το μέγεθος τους, σε ελάχιστο και μέγιστο βαθμό.

Message	Information elements																					
	Connection reference number	Connection reference number list	User port connection identifier	Service port connection identifier	Alternative user port VPCI	Alternative service port VPCI	Automatic congestion level	Reject cause	Branch identifier	Branch identifier list	ATM traffic descriptor	Broadband bearer capability	OAM traffic descriptor	QoS parameter	ABR setup parameter	End-to-end transit delay	CDVT parameter			Alternative ATM traffic descriptor	Min. acceptable ATM traffic descriptor	Protocol error cause
ALLOC	M		M	M	O	O			O		M	M	O	M	O	O	O	O	O	O	43	260
ALLOC_ACC			O	O		O		O		O					O	O	O	O	O		52	232
ALLOC_REJ						O	M														5	10
ALLOC_COMP	M		O							O					O		O				7	127
ALLOC_COMP_ACC																						
ALLOC_COMP_REJ								M													5	
DEALLOC		M																			7	
DEALLOC_ACC						O																5
BBCC_RESET			O	O																	17	21
BBCC_RESET_ACC																						
BBCC_RESET_REJ								M													5	
BBCC_PRESYNC			O	O																	17	21
BBCC_PRESYNC_ACC																						
BBCC_PRESYNC_REJ								M													5	
AN_FAULT	O		O	O					O												30	34
AN_FAULT_ACC																						
PROTOCOL_ERROR																			M		5	7
MODIFY	M									M								O	O		27	143
MODIFY_ACC						O				O								O	O		17	163
MODIFY_REJ						O	M														5	10
MODIFY_COMP										O											4	54
MODIFY_COMP_ACC																						
MODIFY_COMP_REJ								M													5	
MODIFY_ABORT	M																				7	
MODIFY_ABORT_ACC																						
MODIFY_ABORT_REJ								M													5	
ADD_BRANCH	M		M		O				M												21	31
ADD_BRANCH_ACC			O			O															13	17
ADD_BRANCH_REJ						O	M														5	10
UPDATE_BRANCH	M		M						M												21	25
UPDATE_BRANCH_ACC																						
UPDATE_BRANCH_REJ								M													5	
DROP_BRANCH	M									M											13	
DROP_BRANCH_ACC						O																5
DROP_BRANCH_REJ						O	M														5	10
	7	7	8	9	6	6	5	5	6	6	4	7	4	6	4	4	4	4	4	4	5	
			12								12	8	6	32	10	22	54	28	7			

Η αλληλουχία των μηνυμάτων αυτών αλλά και η σχέση τους με τα μηνύματα των πρωτοκόλλων Συστήματος Σηματοδοσίας Ψηφιακού Χρήστη αριθμός 2, ή κοινώς Q.2931 [7] και Ευρείας Ζώνης Ολοκληρωμένων Υπηρεσιών Μέρους Χρήστη (B-ISUP) [10] φαίνεται στα ακόλουθα σχήματα.

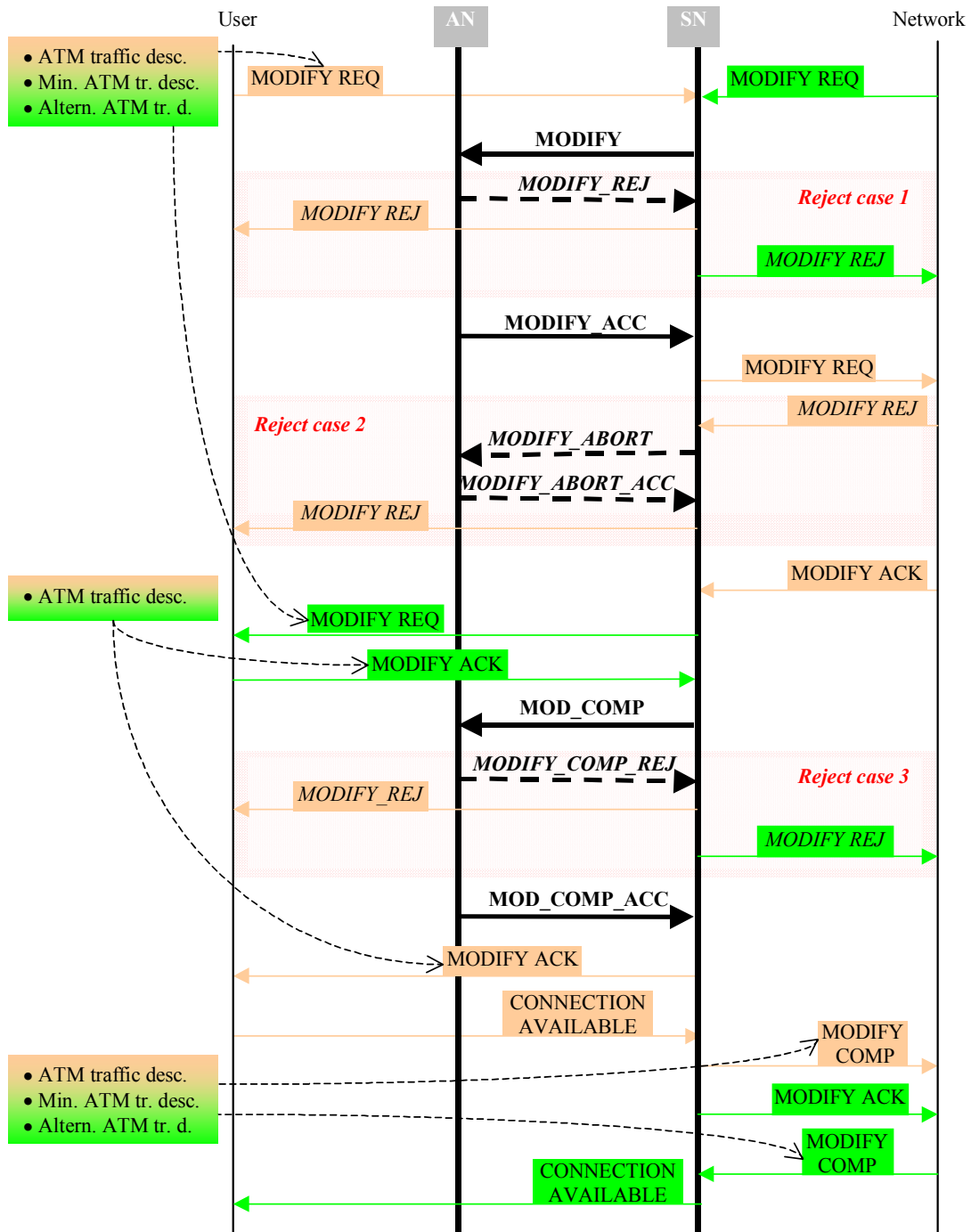


Σχήμα 30 Διάγραμμα ανταλλαγής μηνυμάτων κατά τη διαδικασία εγκατάστασης μιας κλήσης.

Στο Σχήμα 30 παρουσιάζεται η ανταλλαγή μηνυμάτων κατά την φάση εγκατάστασης μιας κλήσης, κατά την οποία κρίσιμο ρόλο έχει η φάση της διαπραγμάτευσης των πόρων που θα ανατεθούν στην νέα αυτή κλήση μεταξύ του Κόμβου Παροχής Υπηρεσιών, που ασκεί τον κεντρικό έλεγχο, και του Δικτύου Πρόσβασης που έχει τη

δυνατότητα να αντιπροτείνει τιμές για τους πόρους αυτούς όταν το κρίνει σκόπιμο. Αυτή η διαδικασία διαπραγμάτευσης των πόρων της υπό εγκατάσταση κλήσης αυξάνει την ευελιξία του συστήματος καθώς και του ποσοστού εκμετάλλευσης των πόρων του, αλλά από την άλλη αποτελεί σημείο φραγής για απαιτητικές υπηρεσίες, λόγω της αυξημένης πιθανότητας απόρριψης των προτεινόμενων τιμών τελικά από αυτές κατά την περάτωση της διαδικασίας εγκατάστασης της κλήσης (περίπτωση απόρριψης 2 στο Σχήμα 30). Αυτό όμως μπορεί να συμβεί και στην περίπτωση που το Δίκτυο Πρόσβασης αποκριθεί πως οι διαθέσιμοι πόροι του δεν επαρκούν για να ικανοποιήσουν τις απαιτήσεις της υπό εγκατάσταση κλήσης (περίπτωση απόρριψης 1 στο Σχήμα 30), ή ότι οι νέες τιμές που αντιπροτείνει ο Κόμβος Παροχής Υπηρεσιών δεν είναι αποδεκτές (περίπτωση απόρριψης 3 στο Σχήμα 30). Σε κάθε άλλη περίπτωση, παρατηρώντας το σύστημα σαν ένα κλειστό σύστημα, η κλήση θα εγκατασταθεί ομαλά, σαν συνέπεια της ομαλής αλληλουχίας των μηνυμάτων που αναπαριστώνται στο Σχήμα 30.

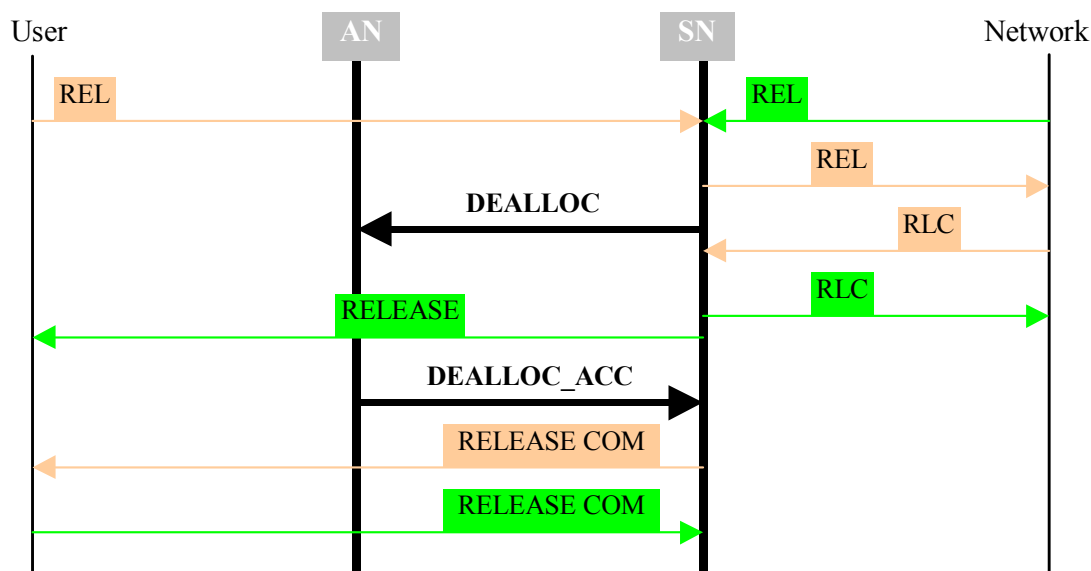
Στα αριστερά του διαγράμματος ροής μηνυμάτων μπορούμε να παρατηρήσουμε το υποσύνολο μόνο των στοιχείων πληροφορίας αυτών των μηνυμάτων του πρωτοκόλλου Συστήματος Σηματοδοσίας Ψηφιακού Χρήστη αριθμός 2, ή κοινώς Q.2931 [7], που αντιστοιχίζονται ένα προς ένα με στοιχεία πληροφορίας των αντίστοιχων μηνυμάτων του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης όπως αυτή η αντιστοίχιση περιγράφεται στο [14].



Σχήμα 31 Διάγραμμα ανταλλαγής μηνυμάτων κατά την διαδικασία μετατροπής των χαρακτηριστικών μιας κλήσης.

Στο Σχήμα 31 παρουσιάζεται η διαδικασία ανταλλαγής μηνυμάτων στην περίπτωση της μετατροπής των χαρακτηριστικών μιας υπάρχουσας κλήσης. Το σημείο προσαρμογής V_{B5.2} παρέχει την δυνατότητα επαναδιαπραγμάτευσης των αρχικά ανατεθειμένων πόρων μιας σύνδεσης με χρήση των κατάλληλων μηνυμάτων του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης, πράγμα που δεν είναι εφικτό για την προηγούμενη έκδοση του V_{B5} σημείου προσαρμογής λόγο έλλειψης του συγκεκριμένου πρωτοκόλλου. Αυτή η δυνατότητα κάνει εφικτή την προσαρμογή του δικτύου στις εκάστοτε συγκεκριμένες απαιτήσεις των χρηστών, περιορίζοντας το

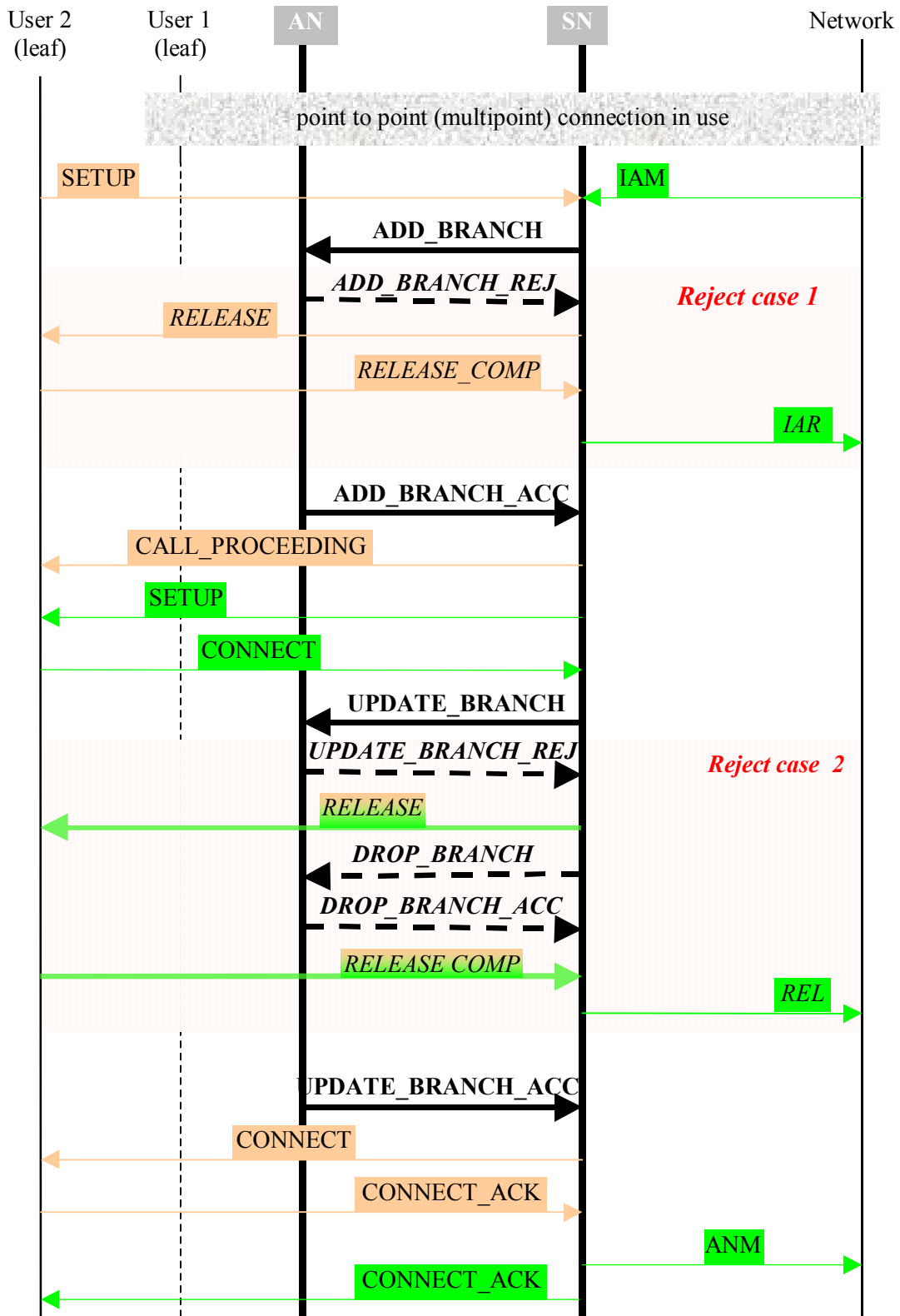
κόστος του χρήστη στην πραγματική χρήση των πόρων του δικτύου αλλά και επιτρέποντας την βέλτιστη εκμετάλλευση των πόρων αυτών. Και στην περίπτωση αυτή, όπως σε αυτή της εγκατάστασης μιας κλήσης, τόσο ο χρήστης όσο και το Δίκτυο Πρόσβασης έχουν βασικό ρόλο στην αποδοχή ή όχι των επιθυμητών ή προτεινόμενων τιμών των πόρων ώστε να ολοκληρωθεί επιτυχώς η διαδικασία μετατροπής των χαρακτηριστικών μιας εν εξελίξει κλήσης.



Σχήμα 32 Διάγραμμα ανταλλαγής μηνυμάτων κατά την διαδικασία απεγκατάστασης μιας κλήσης.

Κατά την φάση απεγκατάστασης μιας κλήσης τα πράγματα είναι πιο απλά, μιας και υπό κανονικές συνθήκες η ανταλλαγή μηνυμάτων αυτής της διαδικασίας δεν περιπλέκεται από την εμπλοκή τρίτων (χρήστη ή Δικτύου Πρόσβασης) για την έκδοση της απόφασης απεγκατάστασης, αλλά εναπόκειται μόνο στο Κόμβο Παροχής Υπηρεσιών αυτός ο ρόλος. Σε περίπτωση δηλαδή που ο Κόμβος Παροχής Υπηρεσιών λάβει εντολή από ένα από τα εμπλεκόμενα σε μία κλήση μέρη να τερματίσει την σύνδεση, τότε εκδίδει τα απαραίτητα μηνύματα προς όλες τις εμπλεκόμενες οντότητες και επιβλέπει την ολοκλήρωση της διαδικασίας ώστε να αναφέρει το αποτέλεσμα στην προκαλούσα την διαδικασία οντότητα.

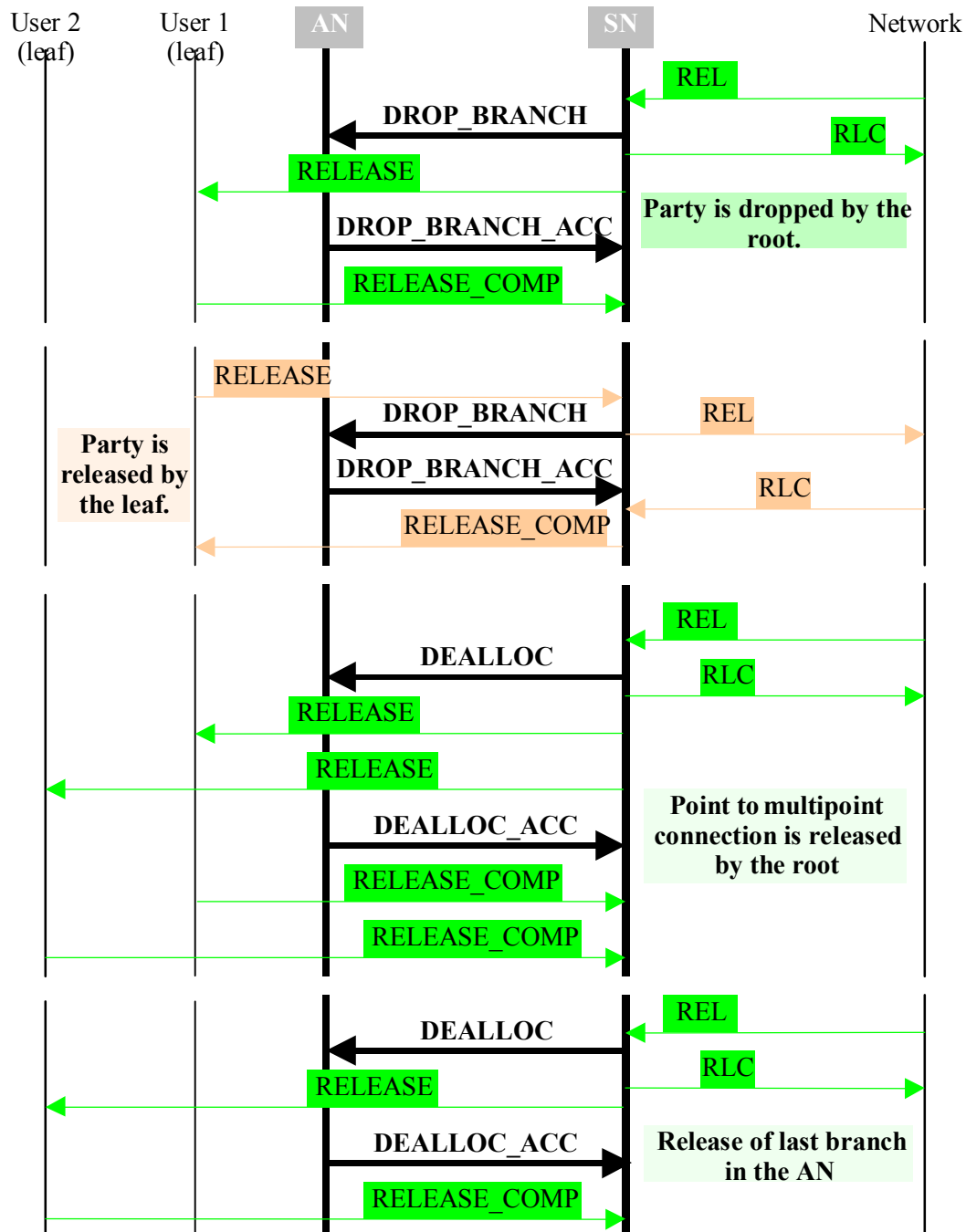
Άλλη μια δυνατότητα του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης αποτελεί η υποστήριξη κλήσεων από σημείο προς πολλαπλά σημεία (point-to-multipoint). Σε αυτές τις περιπτώσεις, ένας χρήστης επιθυμεί να λάβει μέρος σε μια εν εξελίξει κλήση μεταξύ δύο ή περισσότερων άλλων χρηστών. Μια σειρά από εξειδικευμένα για αυτό το σκοπό μηνύματα υποστηρίζονται από το Πρωτόκολλο Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης όπως φαίνονται στο Σχήμα 33. Το τρίτο μέρος σε αυτή τη σύνδεση, όπως και κάθε άλλο εμπλεκόμενο μέρος στην ίδια πλευρά της σύνδεσης, αποκαλείται φύλλο (leaf). Κάθε νεοεισερχόμενο φύλλο έχει το δικαίωμα να απορρίψει τις τιμές των πόρων με τους οποίους καλείται να συμμετάσχει στην εν εξελίξει κλήση, αναστρέφοντας την όλη διαδικασία προσθήκης του.



Σχήμα 33 Διάγραμμα ανταλλαγής μηνυμάτων κατά την διαδικασία προσθήκης τρίτου μέρους σε μία εν εξελίξει κλήση μεταξύ δύο (ή περισσότερων) μερών.

Τέλος, η διαδικασία ανταλλαγής μηνυμάτων για την αποκοπή φύλλου από μια εν εξελίξει κλήση μεταξύ πολλαπλών χρηστών (περισσότερων των δύο) περιγράφεται

στο Σχήμα 34, όπου διακρίνονται και οι διάφορες περιπτώσεις χρήσης των μηνυμάτων που σχετίζονται με αυτή τη διαδικασία όσο και άλλων μηνυμάτων, όπως διακρίνεται ευκρινώς στο σχήμα.



Σχήμα 34 Διάγραμμα ανταλλαγής μηνυμάτων κατά την διαδικασία αποκοπής τρίτου μέρους σε μία εν εξελίξει κλήση μεταξύ δύο (ή περισσότερων) μερών ή όλων των μερών.

3.7. Αντιστοίχιση μηνυμάτων του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης με αυτά πρωτοκόλλων σηματοδοσίας

Όπως έγινε φανερό κατά την παρουσίαση των διαγραμμάτων ανταλλαγής μηνυμάτων πιο πριν, τα μηνύματα του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης αποτελούν κατά βάση συνέπεια λήψης κάποιου μηνύματος από τα υπόλοιπα μηνύματα σηματοδοσίας, και συγκεκριμένα στα διαγράμματα που προηγήθηκαν του πρωτοκόλλου Ψηφιακού Συστήματος Σηματοδοσίας Συνδρομητή αρ. 2 για την μεριά του χρήστη και για τη μεριά του δικτύου του Μέρους Χρήστη Ψηφιακού Δικτύου Ενοποιημένων Υπηρεσιών Ευρείας Ζώνης.

Τα μηνύματα αυτά αποτελούν τη βάση όλων σχεδόν των πρωτοκόλλων σηματοδοσίας, και χρησιμοποιούνται ως σημείο αναφοράς για την διαλειτουργικότητα μεταξύ διαφόρων συστημάτων. Το Πρωτόκολλο Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης, του οποίου τα μηνύματα αποτελούνται από στοιχεία πληροφορίας που είναι υποσύνολο αυτών που περιέχονται στα αντίστοιχα μηνύματα του πρωτοκόλλου Ψηφιακού Συστήματος Σηματοδοσίας Συνδρομητή αρ. 2, αντιστοιχίζονται με τα μηνύματα του τελευταίου σύμφωνα με την κατεύθυνση που αυτά έχουν. Πιο συγκεκριμένα, ανάλογα με την φορά του μηνύματος *SETUP* του πρωτοκόλλου Ψηφιακού Συστήματος Σηματοδοσίας Συνδρομητή αρ. 2 αντιστοιχούν διαφορετικά μηνύματα του Πρωτόκολλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης όπως αυτό γίνεται εμφανές στον Πίνακα 3. Σε αυτόν τον πίνακα παρατίθεται η αντιστοίχιση μηνυμάτων μεταξύ των δύο προαναφερθέντων πρωτοκόλλων με βάση την κρισιμότητά τους στις διαδικασίες εγκατάστασης μιας κλήσης.

Πίνακας 3 Αντιστοίχιση μηνυμάτων των πρωτοκόλλου Ψηφιακού Συστήματος Σηματοδοσίας Συνδρομητή αρ. 2 (DSS2) και Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης (B-BCCP).

DSS2	B-BCCP
SETUP	ALLOC, ALLOC_ACC
ALERTING	ALLOC_COMP
CALL PROCEEDING	ALLOC_COMP
CONNECT	ALLOC_COMP
CONNECT ACKNOWLEDGE	-
INFORMATION	-
NOTIFY	-
RELEASE, RELEASE COMPLETE	ALLOC_REJ, ALLOC_COMP_REJ

Η αντιστοίχιση αυτή δικαιολογείται ως ακολούθως:

- Το μήνυμα *SETUP* είναι το κατεξοχήν μήνυμα που περιέχει την πληροφορία που χαρακτηρίζει μία σύνδεση. Περιέχει την απαραίτητη πληροφορία για την εγκατάσταση της κλήσης, όπως είναι τα χαρακτηριστικά της απαιτούμενης υπηρεσίας αλλά και πληροφορία σχετικά με εναλλακτικούς τρόπους εγκατάστασης της ώστε να επιτευχθεί η σύνδεση ακόμα και υπό δυσμενείς συνθήκες. Τα στοιχεία πληροφορίας αυτά που αντιστοιχίζονται με κάποια από αυτά των μηνυμάτων του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης φαίνονται στο Σχήμα 30, αριστερά. Παρατηρούμε πως αυτή η

αντιστοίχιση διαφέρει ανάλογα με την κατεύθυνση του *SETUP* μηνύματος. Αυτό συμβαίνει γιατί διαφορετικά μηνύματα του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης αντιστοιχούν στο *SETUP* μήνυμα ανάλογα με την κατεύθυνση του, και συγκεκριμένα για την κατεύθυνση από το χρήστη προς το δίκτυο στο *ALLOC* ενώ από το δίκτυο προς το χρήστη το *ALLOC_ACC*. Τα δύο αυτά μηνύματα φέρουν διαφορετική πληροφορία μιας και αποσκοπούν το ένα στην μεταφορά της σχετιζόμενης με την εγκατάσταση της κλήσης πληροφορίας στο Δίκτυο Πρόσβασης ενώ το άλλο στην μεταφορά της απόκρισης του Δικτύου Πρόσβασης στις απαιτήσεις για τους πόρους της υπό εγκατάσταση κλήσης με πιθανόν νέες προτεινόμενες τιμές.

- Το μήνυμα *ALERTING* μπορεί να περιέχει ένα στοιχείο πληροφορίας Ενδεικτη Σύνδεσης (connection identifier) το οποίο χρησιμοποιείται από τον μηχανισμό του σημείου προσαρμογής V_{B5.2} όταν έχει ολοκληρωθεί η διαδικασία ανάθεσης κλήσης στο Δίκτυο Πρόσβασης ώστε να είναι δυνατή η διάκριση της παρούσας κλήσης από προηγούμενες και επόμενες.
- Το μήνυμα *CALL PROCEEDING* μπορεί να περιέχει ένα στοιχείο πληροφορίας Ενδεικτη Σύνδεσης (connection identifier) το οποίο χρησιμοποιείται από τον μηχανισμό του σημείου προσαρμογής V_{B5.2} όταν έχει ολοκληρωθεί η διαδικασία ανάθεσης κλήσης στο Δίκτυο Πρόσβασης, όπως ακριβώς με το μήνυμα *ALERTING*.
- Το μήνυμα *CONNECT* μπορεί να περιέχει πληροφορία που σχετίζεται με τους πόρους του συστήματος, όπως για παράδειγμα το αποτέλεσμα της διαδικασίας διαπραγμάτευσης των πόρων που θα δεσμευθούν για μία υπό εγκατάσταση κλήση. Σε αυτή την περίπτωση θα πρέπει να ενημερωθεί το Δίκτυο Πρόσβασης, όντας ομότιμη οντότητα με τον ασκούντα τον κεντρικό έλεγχο Κόμβο Παροχής Υπηρεσιών στη διαδικασία διαπραγμάτευσης των πόρων που θα δεσμευτούν για μια νέα κλήση, για το αποτέλεσμα της επεξεργασίας των αποτελεσμάτων ώστε να αποκριθεί αν είναι σε θέση τα αποδεχτεί ή όχι, με τη χρήση του μηνύματος *ALLOC_COMP*. Παράλληλα, η πληροφορία αυτή αποστέλλεται και στον χρήστη Έτσι επιτυγχάνεται
- Το μήνυμα *CONNECT ACKNOWLEDGE* έχει χαρακτήρα πληροφόρησης του χρήστη και συνεπώς δεν υπάρχει δεδομένη η αναγκαιότητα να αντιστοιχιστεί με κάποιο μήνυμα του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης.
- Το ίδιο ισχύει και για τα μηνύματα *INFORMATION* και *NOTIFY* που έχουν καθαρά πληροφοριακό χαρακτήρα και άρα δεν κρίνεται αναγκαία η αντιστοίχιση τους με μηνύματα του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης.

Τέλος, η αντιστοίχιση των μηνυμάτων *RELEASE*, *RELEASE_COMPLETE* με αυτά του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης *ALLOC_REJ*, *ALLOC_COMP_REJ* αποτελεί ένα θέμα που υπόκειται σε περαιτέρω μελέτη.

Πέραν των μηνυμάτων που απεικονίζονται στον Πίνακα 3, υπάρχουν και τα μηνύματα *MODIFY*, *ADD_BRANCH*, *DROP_BRANCH* του πρωτοκόλλου Ψηφιακού Συστήματος Σηματοδοσίας Συνδρομητή αρ. 2, καθώς και τα παράγωγα αυτών, που δεν καλύπτονται από τον παραπάνω πίνακα αντιστοίχισης μιας και αποτελούν ειδικές περιπτώσεις και όχι κανόνα για την διαδικασία εγκατάστασης κλήσης. Παρόλα αυτά, η οντότητα Ελέγχου Κλήσης είναι υπεύθυνη για την διαχείριση και αυτών των μηνυμάτων. Η αντιστοίχιση τους με μηνύματα του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος

Διαύλου Ευρείας Ζώνης είναι εμφανής από τα διαγράμματα ανταλλαγής μηνυμάτων που παρουσιάστηκαν πιο πάνω.

3.8. Αναφορές

- [1] ACTS Guideline NIG-G2, “*Open Access Network Interface for Broadband Network Deployment*”, editor: Rajko Porobic, September 1999.
- [2] H. Balemans, L.D'Ascoli, P. Casaschi, R. Porobic, I. Venieris, S. Fragoulopoulos, “*V_{B5}: the Broadband Access Interface for Open Network Provision*”, 2nd IDC for Network Interoperability, Madeira, Basel, Ottawa, June 1997.
- [3] ETSI Draft EN 301 005-1, “*V interfaces at the digital Service Node; Interfaces at the V_{B5.1} reference point for the support of broadband or combined narrowband and broadband Access Networks; Part 1: Interface specification*”, Version 0.11.0, July 1997.
- [4] ETSI Draft EN/SPS-03047-1, “*V interfaces at the digital Service Node; Interfaces at the V_{B5.2} reference point for the support of broadband or combined narrowband and broadband Access Networks; Part 1: Interface specification*”, Version 1.1.1, March 1997.
- [3'] ETSI Draft DE/SPS-03049.1, “*Signalling Protocols and Switching (SPS) Management Interfaces associated with the V_{B5.1} Reference Point Part1: Interface Specifications*”, Version 3049-6A.DOC, July 1997.
- [4'] ETSI Draft DE/SPS-03049.1, “*Signalling Protocols and Switching (SPS) Management Interfaces associated with the V_{B5.2} Reference Point Part1: Interface Specifications*”, August 1997.
- [5] ITU-T Draft new recommendation G.V_{B51} “*V-interfaces at the service node – V_{B5.1} reference point specification*”, June 1997.
- [6] ITU-T Draft new recommendation G.967.2 “*V-Interfaces at the Service Node – V_{B5.2} Reference Point Specification*”, March 1998.
- [5'] ITU-T Draft new Recommendation Q.825.1 “*V_{B5.1} Management*”, July 1998.
- [6'] ITU-T Draft new Recommendation Q.825.2 “*V_{B5.2} Management*”, January 1998.
- [7] P. Giannakakis, N. Lepidas, I. Pikrammenos, I. S. Venieris, “*The Broadband Bearer Connection Control Protocol: Performance driven design and implementation*”, Computer Communications 22, p. 1549-1561.
- [8] ITU-T Recommendation Q.2650, “*Broadband-ISDN, Interworking between signalling system No. 7 Broadband ISDN User Part (B-ISUP) and Digital Subscriber Signalling system No. 2 (DSS 2)*”.
- [9] ITU-T Recommendation Q.2931, “*Broadband Integrated Services Digital Network – Digital subscriber signalling system No.2 (DSS2) - User-Network Interface (UNI) Layer 3 specification for basic call/connection control*”, February 1995.
- [10] The ATM Forum Technical Committee af-sig-0061.000 (07/96) – “*ATM User Network Interface (UNI) Signalling Specification v 3.0*”.
- [11] The ATM Forum Technical Committee af-sig-0061.000 (07/96) – “*ATM User Network Interface (UNI) Signalling Specification v 4.0*”.

- [12] E.Fragoulopoulos, G. Kolyvas, I. S. Venieris, “*Performance Evaluation for a Bearer Channel Control Protocol for Broadband Access Networks*”, ConTel 97, 4th International Conference on Telecommunications, Zagreb, June 1997.
- [13] AC094/EXPERT-VIKING Deliverable DV3, “*B-BCCP Simulation and Experiments Definitions*”, editor: Giannis Pikrammenos, November 1998.
- [14] ETSI DE/SPS-3003,1, version 8A “*V_{5.1} interface for the support of Access Network (AN)*”, 1992.
- [15] ETSI DE/SPS-3003,2, version 7A “*V_{5.2} interface for the support of Access Network (AN)*”, 1993.
- [16] RACE Common Functional Specification E320, Issue E, “*Interface at the V_B Reference Point*”, 1994.
- [17] ITU-T draft recommendation Q.51A “*Interfaces on B-ISDN Network Nodes*”, 1993.
- [18] ETSI ETR RTR/SPS-3025 “*Signalling Protocols and Switching – B-ISDN Switching, Exchange and Cross Connect functions and performance requirements – Enhanced version*”, 1993.
- [19] AC094/EXPERT-VIKING Deliverable DV1, “*Enhanced AN Low Level Specification*”, October 1998.
- [20] AC094/EXPERT-VIKING Deliverable DV2, “*SN V_{B5.2} Low Level Specification*”, October 1998.
- [21] ITU-T Recommendation I.610 “*B-ISDN OAM Principles and Functions*”, 1992.
- [22] ITU-T Recommendation I.361 “*B-ISDN ATM layer specification*”, 1992.
- [23] D. E. McDysan, D. L. Spohn, “*ATM Theory and Application*”, McGraw-Hill, Inc. 1994.
- [24] U. Black, “*Data Networks*”, Prentice-Hall Inc. 1989.
- [25] U. Black, “*ATM Volume I: Foundation for Broadband Networks, 2nd Edition*”, Prentice-Hall Inc. 1999.
- [26] M. dePrycker, “*Asynchronous Transfer Mode, Solutions for Broadband ISDN, 2nd Edition*”, Prentice-Hall Inc. 1993.
- [27] U. Killat, “*Access to B-ISDN via PONs*”, Wiley 1996.
- [28] A. S. Tanenbaum, “*Δίκτυα Υπολογιστών, 2η Έκδοση*”, Prentice-Hall Inc. 1993.
- [29] S. Rao, “*Broadband Access and NI Chain Guidelines*”, ACTS September 1999.
- [30] Ι. Σ. Βενιέρης, «*Δίκτυα Ευρείας Ζώνης*», ΕΜΠ, 1998.

Κεφάλαιο 4ο Μελέτη εκτίμησης επίδοσης του ποσοστού πλήρωσης του καναλιού σηματοδοσίας του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης υπό μεταβαλλόμενο φορτίο

*«ΚΑΙ ΑΥΤΟΣ ἄλθεια που ἔμουνα ὅσο αἰῶνες πριν
ὅσο ἄκόμη γλωρὸς μες στη φωτιά ὅσο ἄχειροποίητος
με το δάχτυλο ψυρε τίς μακρινές
γραμμές
ἔνεβαίνοντας κάποτε ψηλά με ἰξύτητα
και φορές πὶό χαμηλά οὐ καμπύλες ἔπαλές
μία μέσα στην ἄλλη
στεριές μεγάλες που φνωσα
νῆμυρίζουν χῆμα ἴπως "νόηση...»*

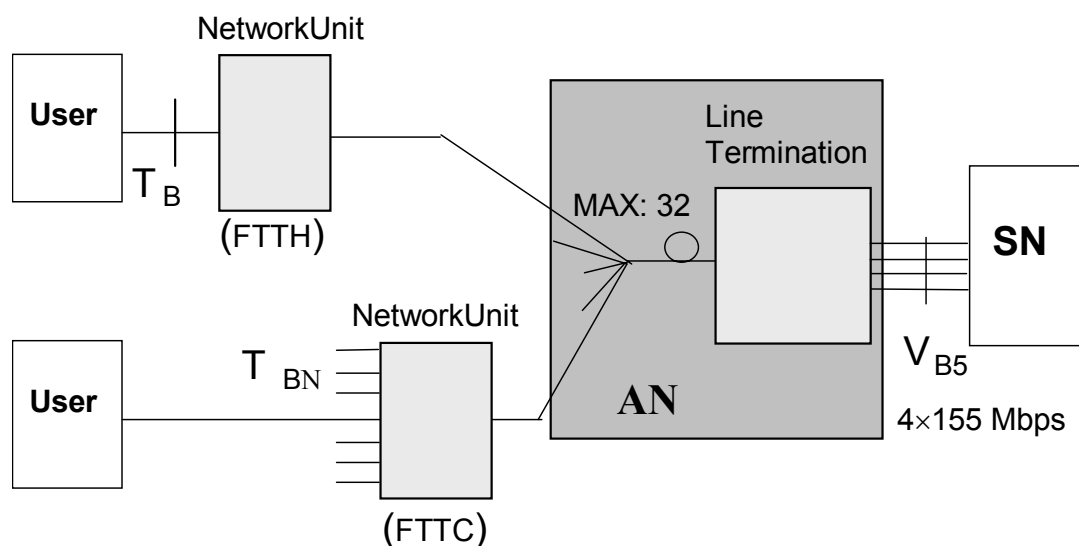
*ἀπόσπασμα ἀπὸ τὸ ἀνάγνωσμα Η ΓΕΝΕΣΙΣ,
ΤΟ ΑΞΙΟΝ ΕΣΤΙ,
Ὀδυσσεὺς Ελύτης,
Ἐκδόσεις Ἴκαρος, 1980*

4.1. Χαρακτηριστικά του υπό μελέτη συστήματος

Το σημείο προσαρμογῆς $V_{B5.2}$ σύμφωνα με τα ως τώρα πρότυπα, αποτελείται ἀπὸ τέσσερα πρότυπα σημεία προσαρμογῆς ATM των 155 Mbps, οδηγώντας τελικά σε συνολικό εύρος ζώνης τῆς τάξης των 622 Mbps. Μεταξύ του Δικτύου Πρόσβασης και του Κόμβου Παροχῆς Υπηρεσιῶν τα σημεία προσαρμογῆς περιορίζονται σε τέσσερα, και τὸ ἴδιο συμβαίνει στο πρότυπο σύστημα μεταξύ του Δικτύου Πρόσβασης και των χρηστῶν. Σε αὐτή τὴν περίπτωση ἔχουμε τέσσερα T_B σημεία προσαρμογῆς των 155 Mbps, που περιορίζουν τὸ συνολικό εύρος ζώνης σε ἰσόποσο του σημείου προσαρμογῆς $V_{B5.2}$. Στην πράξη, στο Παθητικῆς Ὀπτικῆς Τεχνολογίας Δίκτυο Πρόσβασης λαμβάνει χώρα παθητικὸς διαμοιρασμὸς τῆς μεταδιδόμενης πληροφορίας ἀπὸ ἕναν σε 32 προορισμούς. Οἱ προορισμοὶ δεν εἶναι ἄλλοι ἀπὸ τις μονάδες δικτύου που φαίνονται στο σχῆμα πριν ἀπὸ τους χρήστες και διαχωρίζονται σε μονάδα

απευθείας σύνδεσης με τον οικιακό χρήστη ή σε μονάδα διαμοιρασμού προς πολλαπλούς οικιακούς χρήστες. Κάθε τέτοια μονάδα αποτελεί μέρος του Δικτύου Πρόσβασης και συνδέει τους χρήστες μέσω των T_B σημείων προσαρμογής. Σε κάθε περίπτωση, ο αριθμός των T_B σημείων προσαρμογής δεν πρέπει να υπερβεί τους 81, λόγω περιορισμών του συστήματος.

Το εύρος ζώνης που προαναφέρθηκε δεν είναι εξολοκλήρου διαθέσιμο για την μεταφορά πληροφορίας χρήστη, μίας και στην τεχνολογία ATM η εισαγόμενη στο κοινά διαμοιραζόμενο μέσο πληροφορία τεμαχίζεται και εμφωλιάζεται σε πακέτα σταθερού μήκους. Τα πακέτα ATM έχουν συνολικό μήκος 53 bytes και από αυτά τα 5 πρώτα αποτελούν την επικεφαλίδα, ενώ τα 48 επόμενα αντιστοιχούν στην προς μεταφορά πληροφορία χρήστη. Συνεπώς, από τα 622 Mbps συνολικά του εύρους ζώνης του κοινά διαμοιραζόμενου μέσου, μόνο τα 48/53 αποτελούν ωφέλιμο εύρος, δηλαδή το συνολικά ωφέλιμο εύρος ζώνης (avb) ισούται με 563.32 Mbps. Επιπρόσθετα, λόγω του αρχικού σχεδιασμού του το σύστημα περιορίζει τις δυνατές τιμές των Ενδεικτών Νοητών Μονοπατιών σε 4.096 (από 0 ως 4.095) και αυτές των Ενδεικτών Νοητών Διαύλων (VCIs) σε 65.503 (από 32 ως 65.535, με δεσμευμένα τα 0~31), δίνοντας την δυνατότητα για 268.300.288 δυνατούς συνδυασμούς ταυτότητας χρήστη. Αυτός ο αριθμός είναι πολύ μεγάλος, και αν δινόταν η δυνατότητα ταυτόχρονης εξυπηρέτησης όλων αυτών των χρηστών, θα αναλογούσε στον καθένα τους κατά μέσο όρο περίπου 2,1 hps, εύρος πολύ μικρό για σύγχρονα τηλεπικοινωνιακά περιβάλλοντα. Στην πραγματικότητα, ο αριθμός των χρηστών που εξυπηρετούνται από το σύστημα περιορίζεται από άλλους παράγοντες, όπως το διαθέσιμο εύρος ζώνης ή η ταχύτητα του συστήματος να επεξεργάζεται τις αιτήσεις των χρηστών. Τέλος, αξίζει να αναφέρουμε ένα ακόμα χαρακτηριστικό αριθμό του συστήματος, αυτό των δυνατών τιμών Λογικής Θύρας Χρήστη (Logical User Port (LUP)) ο οποίος ανέρχεται σε 16.772.215 και απεικονίζει ομάδες Ενδεικτών Νοητών Μονοπατιών και Ενδεικτών Νοητών Διαύλων.



Σχήμα 35 Φυσική υλοποίηση του σημείου προσαρμογής V_{B5} .

4.2. Περιγραφή χαρακτηριστικών κίνησης πακέτων χρήστη.

Για την εκτίμηση της συμπεριφοράς του συστήματος, και ειδικότερα του καναλιού σηματοδότησης του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης, υιοθετήσαμε πέντε τύπους πηγών γέννησης κίνησης πακέτων. Οι τύποι των πηγών επιλέχθηκαν με τέτοιο τρόπο ώστε να ανταποκρίνονται σε ένα ρεαλιστικό σενάριο προσφερόμενων υπηρεσιών από έναν οργανισμό παροχής τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών, και χωρίζονται σε δύο κύριες ομάδες τύπου υπηρεσιών: τηλεφωνία και πραγματικού χρόνου κινούμενη εικόνα (video). Κατηγοριοποιούνται δε σε κατηγορίες υπηρεσίας ανάλογα με τις απαιτήσεις τους σε ποιότητα υπηρεσίας, όπως δείχνει ο Πίνακας 4.

Πίνακας 4 Χαρακτηριστικά κλάσεων υπηρεσίας

Serv class	Service type	Max Kbps	Min Kbps	On	Off	Packsizes bytes	PCR cells	SCR cells
1	Video CBR	2,000.0	2,000.0 [13]	1.00	0	334 [15]	5,220.00	5,220.00
2	Video C+V	2,000.0	513.0 [15]	[13] 1.00	[13] 1.35	334 [15]	5,220.00	1,338.00
3	Tel CBR	64.0	64.0 [13]	1.00	0	48 [13]	166.67	166.67
4	Tel C+V	64.0	27.0 [13]	[14] 1.31	[14] 2.59	48 [13]	166.67	70.92
5	Tel IP	12.4	12.4 [13]	1.00	0	93 [13]	166.67	16.67

Στην πρώτη στήλη περιέχονται οι κωδικοί αριθμοί των υπηρεσιών που τους χρησιμοποιούμε για να τις διακρίνουμε μεταξύ τους. Στη δεύτερη διακρίνονται οι ονομασίες των υπηρεσιών αυτών που είναι οι ακόλουθες:

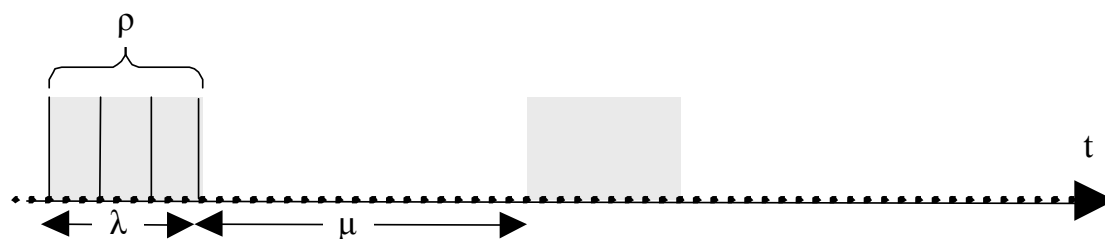
1. Σταθερού ρυθμού μετάδοσης πραγματικού χρόνου κινούμενη εικόνα (constant bit rate video),
2. Μεταβλητού ρυθμού μετάδοσης πραγματικού χρόνου κινούμενη εικόνα (variable bit rate video),
3. Σταθερού ρυθμού μετάδοσης τηλεφωνία (constant bit rate telephony),
4. Μεταβλητού ρυθμού μετάδοσης τηλεφωνία (variable bit rate telephony), και
5. Βασισμένη σε Πρωτόκολλο Διαδικτύου τηλεφωνία (IP telephony).

Η πρώτη χρησιμοποιείται για εφαρμογές όπως η εικονική διάσκεψη (videoconference) όπου οι συνδεδεμένοι χρήστες έχουν μεγάλες απαιτήσεις ποιότητας υπηρεσίας, όπως αυτές αντικατοπτρίζονται στον πίνακα με τις τρίτη και τέταρτη στήλη όπου περιέχουν το απαιτούμενο εύρος ζώνης κάθε κλάσης υπηρεσίας. Η δεύτερη κλάση υπηρεσίας χρησιμοποιείται για όχι τόσο απαιτητικές εφαρμογές μεταφοράς εικόνας. Η τρίτη κλάση αντιστοιχεί στη γνωστή τηλεφωνία με την τέταρτη και πέμπτη να αποτελούν παραλλαγές τηλεφωνίας με στόχο την ελάττωση του απαιτούμενου εύρους ζώνης και του κόστους κλήσης αντίστοιχα.

Από αυτές, οι κλάσεις 2 και 4 απολαμβάνουν το προνόμιο της δυνατότητας επαναδιαπραγμάτευσης των δεσμευμένων για αυτές πόρων του συστήματος κατά την φάση εγκατάστασης της κλήσης, και συνεπώς είναι λιγότερο απαιτητικές σε θέματα εύρους ζώνης αλλά και ποιότητας υπηρεσίας. Η δυνατότητα επαναδιαπραγμάτευσης

επιτρέπει την δυναμική μεταβολή του αποδιδόμενου εύρους ζώνης με αποτέλεσμα την βελτίωση της ποιότητας παρεχόμενης υπηρεσίας αλλά ταυτόχρονα την δυνατότητα αποδοχής μεγαλύτερου αριθμού χρηστών, σε μειωμένη αρχικά ποιότητα υπηρεσίας, από ότι οι κλάσεις που δεν επιδέχονται διαπραγμάτευση. Η φύση αυτών των υπηρεσιών μπορούμε να ισχυριστούμε ότι κυμαίνεται μεταξύ αυτών του σταθερού και μεταβλητού ρυθμού μετάδοσης (CBR και VBR). Δηλαδή η συμπεριφορά της πηγής που γεννά κίνηση πακέτων αυτών των κλάσεων θα πρέπει να μεταπίπτει από την περιοδική γέννηση σε γέννηση με εκρηκτικό ρυθμό ο οποίος περιορίζεται από κάποιες μέσες τιμές διακύμανσης εύρους και επαναληπτικότητας. Για την μοντελοποίηση της πηγής γέννησης κίνησης πακέτων αυτών των κλάσεων χρησιμοποιούνται πηγές Έναρξης – Διακοπής (On-Off). Οι ίδιες πηγές χρησιμοποιούνται και για τις υπόλοιπες κλάσεις, οι οποίες έχουν περιοδικό χαρακτήρα γέννησης κίνησης πακέτων, και συνεπώς θα έχουν χρονική περίοδο μη γέννησης πακέτων (μ) ίση με μηδέν, όπως φαίνεται και από την πέμπτη και έκτη στήλη του Πίνακα 4.

Η συμπεριφορά των πηγών χαρακτηρίζεται από ένα χρονικό πλαίσιο (λ) στο οποίο επιτρέπονται οι γεννήσεις πακέτων με ρυθμό (ρ) και από ένα χρονικό πλαίσιο (μ) στο οποίο δεν επιτρέπονται γεννήσεις, ακολουθία η οποία επαναλαμβάνεται σε τακτά, περιοδικά διαστήματα, όπως φαίνεται στο Σχήμα 36.



Σχήμα 36 Σχηματικό διάγραμμα περιγραφής λειτουργίας πηγής Έναρξης – Διακοπής.

Οι τρεις τελευταίες στήλες του Πίνακα 4 αναφέρονται σε λεπτομερή χαρακτηριστικά των πηγών, και συγκεκριμένα στο μέσο μέγεθος των πακέτων της εφαρμογής που χρησιμοποιεί την αντίστοιχη υπηρεσία, το Μέγιστο Ρυθμό Πακέτων (PCR) και τον Ανεκτό (ή Μέσο) Ρυθμό Πακέτων (Sustainable Cell Rate (SCR)). Αυτά τα μεγέθη είναι απαραίτητα για τον μηχανισμό Ελέγχου Αποδοχής Κλήσης (CAC) ο οποίος είναι υπεύθυνος για την αποδοχή ή όχι μιας αίτησης του χρήστη.

4.3. Περιγραφή του μηχανισμού Ελέγχου Αποδοχής Κλήσης

Για να μπορέσουμε να μελετήσουμε την συμπεριφορά του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης επιβάλλεται να χρησιμοποιήσουμε ένα αλγόριθμο Ελέγχου Αποδοχής Κλήσης ο οποίος έχει ως αρμοδιότητα να εξετάζει τις συνθήκες κάτω από τις οποίες κάνει αποδεκτές αιτήσεις των χρηστών. Πιο συγκεκριμένα, ο αλγόριθμος Ελέγχου Αποδοχής Κλήσης είναι υπεύθυνος για την απόφαση αποδοχής ή απόρριψης των αιτήσεων του χρήστη για την εγκατάσταση μίας νέας σύνδεσης ή την τροποποίηση της υπάρχουσας. Για κάθε λαμβανόμενο μήνυμα σηματοδότησης του χρήστη ο αλγόριθμος ελέγχει την διαθεσιμότητα των απαιτούμενων πόρων για την εκπλήρωση του αιτήματος του χρήστη και σε εκάστοτε συγκυρία αιτημάτων του

χρήστη με διαθεσιμότητα των πόρων του συστήματος ανταποκρίνεται προς τον χρήστη θετικά ή αρνητικά. Ο έλεγχος των πόρων γίνεται μέσω της προσπέλασης της πληροφορίας κατάστασης του συστήματος, πληροφορίας που διαχειρίζεται η οντότητα Μοντέλου Πληροφορίας (Information Model (IM)) του συστήματος, οντότητα από την οποία εκπορεύονται η οντότητα του Ελέγχου Αποδοχής Κλήσης και του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης. Για τη μελέτη του συστήματος επιλέξαμε τον αλγόριθμο Ισοδύναμης Χωρητικότητας (Equivalent Capacity) [15] λόγω της αποτελεσματικότητας του και της ευρείας χρήσης του.

Ως ισοδύναμη χωρητικότητα μιας πηγής πηγή που τροφοδοτεί μία ουρά πεπερασμένης χωρητικότητας μπορούμε να ισχυρισθούμε ότι αποτελεί ο ρυθμός εξυπηρέτησης της ουράς αυτής ώστε ο ρυθμός απώλειας πακέτου να περιοριστεί στο επίπεδο του ε , όπου ε ένας συγκεκριμένος μικρός αριθμός.

Η ισοδύναμη χωρητικότητα μίας πηγής μπορεί να υπολογιστεί ως ακολούθως: κάθε πηγή θεωρούμε πως μεταδίδει με συνεχή ρυθμό, όταν είναι ενεργή. Αν R είναι ο μέγιστος ρυθμός, r ο χρόνος που η πηγή είναι ενεργή και b η μέση διάρκεια της ενεργής περιόδου, τότε η πηγή χαρακτηρίζεται από το διάνυσμα (R, r, b) . Αν θεωρήσουμε πως η πηγή τροφοδοτεί ουρά πεπερασμένου μήκους K με σταθερό χρόνο εξυπηρέτησης, τότε μπορούμε να υπολογίσουμε την ισοδύναμη χωρητικότητα c για δοσμένο ρυθμό απώλειας πακέτου ε . Η ισοδύναμη χωρητικότητα c ισούται, υπό γενικές συνθήκες, με το ελάχιστο μεταξύ της στατιστικής πολυπλεξίας της κίνησης πακέτων των υπάρχοντων συνδέσεων και του αθροίσματος των επιμέρους ισοδυνάμων χωρητικοτήτων c_i κάθε σύνδεσης, δηλαδή:

$$c = \min\{\rho + \alpha' \sigma, \sum_{i=1}^N c_i\} \quad \text{με} \quad c_i = \frac{\alpha_i - K + \sqrt{(\alpha_i - K)^2 + 4K\alpha_i r_i}}{2\alpha_i} R_i \quad \text{και}$$

$$\alpha_i = \ln\left[\frac{1}{\varepsilon} b(1 - r_i) R_i\right]$$

όπου: c_i η ισοδύναμη χωρητικότητα της i πηγής, $i = 1 \dots N$

ρ ο συνολικός μέσος ρυθμός ($\rho = \sum \rho_i, i = 1 \dots N$)

σ^2 η διακύμανση του ρυθμού, με $\sigma = \sum \sigma_i, \sigma_i = \rho_i (R_i - \rho_i), i = 1 \dots N$

α' ένας συντελεστής που ισούται με: $\alpha' = \sqrt{-2 \ln(\varepsilon) - \ln(2\pi)}$

Αυτή η προσέγγιση βασίζεται στο ότι αρχικά N πολυπλεγμένες πηγές μπορούν να ανταποκριθούν σε ισοδύναμη χωρητικότητα μικρότερη του αθροίσματος των ισοδυνάμων χωρητικοτήτων κάθε μίας χωριστά, μιας και η πολυπλεξία μπορεί να συνελίξει περαιτέρω τα χαρακτηριστικά των πηγών, αλλά και στο ότι ο στάσιμος ρυθμός δυαδικού ψηφίου των N πηγών έχει παρατηρηθεί πως ακολουθεί ακριβώς μία κανονική κατανομή με μέσο ρ και διασπορά σ^2 . Θεωρώντας πως η ουρά έχει $K=0$, δηλαδή δεν έχει μνήμη, η ισοδύναμη χωρητικότητα των N πηγών αντιστοιχεί σε ένα σημείο στην κανονική κατανομή $N(\rho, \sigma^2)$ πέραν της οποίας το εμβαδόν της περιοχής κάτω από την καμπύλη ισούται με ε . Αυτό το σημείο ορίζεται από την $\rho = \alpha' \cdot \sigma$, όπου το α' προκύπτει από την αντιστροφή της κανονικής κατανομής. Έτσι η ισοδύναμη χωρητικότητα είναι το ελάχιστο των ισοδυνάμων χωρητικοτήτων των επιμέρους πηγών, όπως φαίνεται και από την εξίσωση, εξίσωση η οποία αναδεικνύεται σε ένα άνω όριο του απαιτούμενου εύρους ζώνης.

Για να μπορέσουμε να εφαρμόσουμε τον αλγόριθμο Ελέγχου Αποδοχής Κλήσης που μόλις περιγράψαμε στη κίνηση πακέτων του συστήματος μας πρέπει να

αντιστοιχίσουμε τις τιμές των παραμέτρων των πηγών σε αυτές των μεταβλητών του αλγορίθμου. Έτσι, αντιστοιχίζοντας τη μεταβλητή μέγιστου ρυθμού R_i του αλγορίθμου με το Μέγιστο Ρυθμό Πακέτων (PCR), τη μεταβλητή που αντιστοιχεί στο μέσο ρυθμό ρ_i με τον Ανεκτό (ή Μέσο) Ρυθμό Πακέτων (SCR), τη μεταβλητή της μέσης διάρκειας έκρηξης κίνησης πακέτων b με τη διάρκεια που η πηγή Έναρξης – Διακοπής (On / Off) είναι ενεργή λ , τη μεταβλητή του ποσοστού του χρόνου που η πηγή είναι ενεργή r_i με το κλάσμα $\lambda/(\lambda+\mu)$ από τον Πίνακα 4. Για τη μεταβλητή απώλειας πακέτου ε , που αντιστοιχεί σε αυτή του Ρυθμού Απώλειας Πακέτου (CLR), θεωρώ ίδια τιμή για όλες τις κλάσεις υπηρεσίας και ίση με 10^{-5} , ενώ η μεταβλητή μεγέθους της ενδιάμεσης μνήμης (ουράς) K έχει τιμή 5 Mbit ώστε να διασφαλιστεί τόσο η μνήμη του αλγορίθμου στη συμπεριφορά του συστήματος όσο και η εξασφάλιση μη απώλειας αίτησης του χρήστη σε ενδεχόμενη έκρηξη του ρυθμού γεννήσεων τους λόγω υπερχειλίσης της ουράς υποδοχής τους. Με βάση αυτές τις τιμές των μεταβλητών ακολουθεί η ανάλυση της συμπεριφοράς του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης κάτω από τις συνθήκες που θα περιγραφούν στη συνέχεια.

4.4. Συνθήκες μελέτης

4.4.1. 1^η συνθήκη: πλήθος και χαρακτηριστικά των κλάσεων υπηρεσίας

Όπως αναφέρθηκε και στην αρχή, πέντε τύποι κλάσεων υπηρεσίας έχουν υιοθετηθεί για την μελέτη του συστήματος. Κάθε κλάση υπηρεσίας έχει τα δικά της ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, όπως για παράδειγμα η βασισμένη σε Πρωτόκολλο Διαδικτύου τηλεφωνία (IP telephony) χρήζει αντιμετώπισης όμοιας με αυτή της Σταθερού Ρυθμού κίνησης πακέτων, όπως φαίνεται στον Πίνακα 5. Σε αυτόν τον πίνακα έχει υπολογιστεί ο μέγιστος αριθμός υποστηριζόμενων χρηστών κάθε κλάσης όταν το 100% του διαθέσιμου εύρους ζώνης χρησιμοποιείται αποκλειστικά από την εκάστοτε υπηρεσία, και αυτοί οι αριθμοί περιέχονται στην πέμπτη στήλη. Μόνο στις περιπτώσεις της δεύτερης και τέταρτης κλάσης ο αριθμός αυτός έχει υπολογιστεί σύμφωνα με τις ελάχιστες απαιτήσεις τους σε εύρος ζώνης. Αυτοί οι αριθμοί θα χρησιμοποιηθούν σαν μέγεθος αναφοράς για τον υπολογισμό του μέγιστου αριθμού εμπλεκόμενων χρηστών, ώστε να οδηγηθούμε στην συνέχεια σε ακραίες περιπτώσεις φόρτισης του συστήματος κάτω από τις οποίες θέλουμε να το μελετήσουμε. Σύμφωνα με αυτή την θεωρητική προσέγγιση, η βέλτιστη χρησιμοποίηση του διαθέσιμου εύρους ζώνης έχει μεγαλύτερη σημασία από την βέλτιστη παροχή ποιότητας υπηρεσίας. Ανάλογα με την πολιτική ισορροπίας μεταξύ αριθμού χρηστών και παρεχόμενης ποιότητας υπηρεσίας, ισορροπία η οποία εκφράζεται με ένα μέγεθος που θα αναλύσουμε αργότερα, ο αριθμός των χρηστών μπορεί να διακυμανθεί μεταξύ των ορίων ενός ελάχιστου και μέγιστου, όπως αυτά τα όρια προκύπτουν από τα χαρακτηριστικά των κλάσεων υπηρεσίας και μάλιστα όπου είναι εφικτή η εφαρμογή αυτής της διάκρισης (δεύτερη και τέταρτη κλάση).

Στις τελευταίες τρεις στήλες φαίνεται η κατανομή των πόρων ανά κλάση υπηρεσίας, κατανομή η οποία επιλέχθηκε έτσι ώστε να ανταποκρίνεται σε ένα ρεαλιστικό σενάριο, κατά το οποίο η ζήτηση των κλάσεων υπηρεσίας βασίζεται στην παρεχόμενη ποιότητα υπηρεσίας και το κόστος συνδρομής σε αυτή. Από αυτήν την πρωταρχική ποσοστιαία κατάτμηση $s(i)$ της χρήσης του διαθέσιμου εύρους ζώνης προκύπτουν ο μέγιστος αριθμός των χρηστών $u(i)$ για κάθε κλάση υπηρεσίας καθώς

και το μέγεθος του εύρους ζώνης που καταλαμβάνουν, όπως απεικονίζεται στον Πίνακα 5. Πρέπει να σημειωθεί πως το άθροισμα της τελευταίας στήλης του πίνακα που αντιστοιχεί στο συνολικά καταλαμβανόμενο εύρος ζώνης δεν ισούται με το συνολικά διαθέσιμο εύρος ζώνης του συστήματος, που όπως προκύπτει στη συνέχεια ισούται με **563,320,755 bps**, λόγω προσεγγίσεων κατά τους αριθμητικούς υπολογισμούς. Επίσης, δεν έχουμε λάβει υπόψη το εύρος ζώνης που απαιτείται για τα μηνύματα σηματοδότησης και διαχείρισης του συστήματος και επομένως δεν έχουμε αφαιρέσει αυτή την ποσότητα από το συνολικά διαθέσιμο εύρος ζώνης.

Πίνακας 5 Χαρακτηριστικά των κλάσεων υπηρεσίας σε σχέση με τους πόρους του συστήματος.

Κλάση		Εύρος Ζώνης (bps)		Χρήστες	Κατανομή των πόρων		
αρ <i>i</i>	Τύπος	Μέγιστο $b_h(i)$	Ελάχιστο $b_l(i)$	Μέγ. Αρ. $u_{max}(i)$	% $s(i)$	αρ. χρ. $u(i)$	Εύρος $u(i) \cdot b_l(i)$
1	Video _{CBR}	2,000,000	2,000,000	281	5%	14	28,000,000
2	Video _{C+V}	2,000,000	512,800	1,098	10%	110	56,408,000
3	Tel CBR	64,000	64,000	8,801	20%	1,760	112,640,000
4	Tel C+V	64,000	27,000	20,863	30%	6,260	169,020,000
5	Tel IP	12,400	12,400	45,429	35%	15,900	190,800,000
					100%	24,044	556,868,000

Για τον υπολογισμό των ως άνω αναφερομένων ποσοτήτων λήφθηκαν υπόψη τα ακόλουθα:

- το συνολικά διαθέσιμο (total) εύρος ζώνης ισούται με 622 Mbps,
- το σύστημα χρησιμοποιεί πακέτα ATM, στα οποία οι 5 πρώτες οκτάδες (bytes) χρησιμοποιούνται ως επικεφαλίδα και οι 48 επόμενες για την προς μεταφορά πληροφορία, άρα το «κανονικοποιημένο» διαθέσιμο (*avb*) εύρος ζώνης θα ισούται με: $avb = total \cdot 48/53 \Rightarrow avb = 563,320,755.716$ bps.

- Ο μέγιστος αριθμός χρηστών που εξυπηρετούνται ταυτόχρονα από το σύστημα όταν όλο το διαθέσιμο εύρος ζώνης αποδίδεται σε μία κλάση υπηρεσίας την φορά προκύπτει από τον ακόλουθο τύπο:

$$u_{max}(b_l, s) = \text{int}\left(\frac{avb \cdot s(i)}{b_l(i)}\right) \Leftrightarrow u_{max}(i) = \text{int}\left(\frac{avb \cdot s(i)}{b_l(i)}\right), \text{ όπου με } \text{int}(a) \text{ αναφέρουμε}$$

το ακέραιο μέρος του a (το $\lfloor a \rfloor$). Όπως έχει αναφερθεί, θέλουμε την χειρότερη περίπτωση και για αυτό χρησιμοποιούμε το $b_l \geq b_h$.

- Παρόμοια, ο αριθμός των χρηστών για την περίπτωση της κατανομής από κοινού χρήσης του εύρους ζώνης, ο αριθμός των χρηστών κάθε κλάσης υπηρεσίας υπολογίζεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$u(i) = \lfloor u_{max}(i) \cdot s(i) \rfloor$$

4.4.2. 2^η συνθήκη: χαρακτηριστικά κλήσης χρήστη

Οι κλάσεις υπηρεσίας που εξετάζουμε κατανέμονται σε δύο κύριες κατηγορίες με βάση την συμπεριφορά τους σε τηλεφωνία και πραγματικού χρόνου κινούμενη εικόνα (video), με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- Η τηλεφωνική κλήση θεωρούμε πως έχει μία μέση διάρκεια 5 λεπτών ($t_t = 300$ sec), και
- Η κλήση πραγματικού χρόνου κινούμενης εικόνας (video) θεωρούμε πως έχει μία μέση διάρκεια μιάμιση (1½) ώρας ($t_v = 5.400$ sec)

Επιπρόσθετα, και για τις δύο κατηγορίες στις περιπτώσεις των κλάσεων υπηρεσίας 2 και 4 θεωρούμε πως κάθε 1 λεπτό (60 sec) δημιουργούνται αιτήσεις μετατροπής του εύρους ζώνης που έχει αποδοθεί αρχικά σε αυτές τις κλάσεις, για αύξηση ή μείωση του. Η τιμή του 1 λεπτού επιλέχθηκε να είναι κοινή και για τις δύο κατηγορίες ομαδοποίησης των κλάσεων υπηρεσίας ώστε να παρατηρήσουμε την συμπεριφορά του συστήματος σε ομοιόμορφη δημιουργία αυτής της κατηγορίας μηνυμάτων. Η επαναδιαπραγμάτευση των δεσμευμένων για αυτές τις κλάσεις υπηρεσίας πόρων του συστήματος κατά την φάση εγκατάστασης της κλήσης είναι αποτέλεσμα της μεταβατικής φύσης τους μεταξύ της κατάστασης χρήσης του πλήρους εύρους ζώνης και περιορισμένου μέρους του. Για λόγους απλοποίησης του μοντέλου που εξετάζουμε, κάθε χρήστης αυτών των κλάσεων υπηρεσίας θεωρούμε πως αιτεί μεταβολή του εύρους ζώνης που του έχει ανατεθεί αρχικά μόνο για αύξηση του και όχι για μείωση του, παρόλο που και τα δύο υποστηρίζονται από τους μηχανισμούς σηματοδότησης του υπό μελέτη συστήματος.

Θεωρώντας ότι το σύστημα βρίσκεται σε κατάσταση λειτουργίας για αρκετά μακρύ χρονικό διάστημα ώστε να επέλθει μία ισορροπία, μπορούμε να διατυπώσουμε την γενική θέση πως κατά μέσο όρο και εντός ενός δεδομένου χρονικού πλαισίου, ο αριθμός των χρηστών που επιθυμούν να εισέλθουν στο σύστημα εκδίδοντας μία αίτηση δημιουργίας νέας σύνδεσης είναι ίσος με αυτόν των χρηστών που επιθυμούν να εξέλθουν από το σύστημα εκδίδοντας αντίστοιχα μία αίτηση κατάργησης της υπάρχουσας σύνδεσης. Μόνο χρήστες οι οποίοι δεν έλαβαν το επιθυμητό εύρος ζώνης κατά την φάση εγκατάστασης της κλήσης, και αναφέρεται στις κλάσεις υπηρεσίας 2 και 4 μόνο, εκδίδουν αιτήσεις μετάβασης της εγκατεστημένης τους σύνδεσης σε μεγαλύτερο εύρος ζώνης. Αυτό λαμβάνει χώρα μόνο σε περιπτώσεις που το σύστημα εγγίζει την κατάσταση πλήρους φόρτισης, και για αυτό το λόγο θεσπίζουμε από εδώ και πλέον ένα όριο μετάπτωσης κατάστασης (threshold (th)) πάνω από το οποίο θα θεωρούμε πως το σύστημα βρίσκεται σε υψηλό φορτίο και εγγίζει το πλήρες

4.4.3. 3^η συνθήκη: στρατηγική χρησιμοποίησης των πόρων του συστήματος

Για το υπό μελέτη σύστημα θεσπίσαμε ένα όριο μετάπτωσης κατάστασης (th) το οποίο υποδηλώνει την φόρτιση του συστήματος με αυξημένη κίνηση πακέτων. Η διέλευση από αυτό το όριο μετάπτωσης κατάστασης (th) αποτελεί την διαφοροποιώ αιτία μεταβολής της πολιτικής αποδοχής των αιτήσεων των χρηστών για εγκατάσταση νέων κλήσεων από τον αλγόριθμο Ελέγχου Αποδοχής Κλήσης, μιας και το εύρος ζώνης που καταλαμβάνεται από τους υπάρχοντες ενεργούς χρήστες αποτελεί την δεδομένη χρονική ποσοστό μεγαλύτερο του συνολικά διαθέσιμου εύρους ζώνης του συστήματος από αυτό που καθορίζεται από το προαναφερθέν όριο μετάπτωσης

κατάστασης (th). Κάθε διέλευση του καταλαμβανόμενου εύρους ζώνης από το όριο μετάπτωσης κατάστασης (th) αυτό θα αποτελεί και αιτία μεταβολής της απόφασης για την αποδοχή της αίτησης χρήστη, δηλαδή μετάβαση της επιλογής από την πλήρη ικανοποίηση των αιτημάτων του χρήστη στην απλή είσοδο του προς στιγμή στο δίκτυο με περιορισμένες δυνατότητες και επανεκτίμηση της δυνατότητας αναβάθμισης του σε μεταγενέστερη χρονική στιγμή. Επιπρόσθετα, όταν το ποσοστό κατάληψης του εύρους ζώνης κοινά διαμοιραζόμενου μέσου του συστήματος ανέλθει σε επίπεδα που εγγίζουν το 100%, το σύστημα θα βρίσκεται σε πλήρη φόρτιση και μοιραία θα απορρίπτονται όλες οι αιτήσεις για νέες συνδέσεις ή αναβάθμιση των υπαρχόντων.

Η ύπαρξη αυτού του ορίου μετάπτωσης κατάστασης (th) μας επιτρέπει να διαχωρίσουμε τα μηνύματα του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης για κάθε κλάση υπηρεσίας μεταξύ τους, τόσο σε είδος μηνυμάτων όσο και σε μέγεθος. Αναλυτικότερα, το όριο μετάπτωσης κατάστασης (th) νομιμοποιεί την διάκριση μεταξύ της πλήρους ή μερικής αποδοχής των αιτημάτων του χρήστη για νέα σύνδεση και συνεπώς την ύπαρξη μηνυμάτων που αιτούν την μεταβολή στα επιθυμητά επίπεδα. Σε αυτή την περίπτωση όμως επηρεάζεται και η δομή των μηνυμάτων αίτησης εγκατάστασης νέας σύνδεσης που επίσης εμπλέκονται σε αυτή τη διαδικασία, μιας και επιπλέον πεδία πληροφορίας πρέπει να συμπεριληφθούν σε αυτά.

Όσον αφορά το όριο μετάπτωσης κατάστασης (th), επιλέγουμε στη συνέχεια της παρούσας μελέτης να ισούται με $th = \frac{3}{4}$ του συνολικά διαθέσιμου εύρους ζώνης (avb), και επομένως έχουμε διαχωρίσει το εύρος ζώνης σε δύο περιοχές:

- την περιοχή χαμηλού φορτίου με συνολικό εύρος: $th \cdot avb = \frac{3}{4} \cdot 563.320.755 = 422.490.566$ bps, και
- την περιοχή υψηλού φορτίου με συνολικό εύρος: $(1-th) \cdot avb = \frac{1}{4} \cdot 563.320.755 = 140.830.189$ bps.

Επίσης, ορίζουμε τη συνάρτηση $fth(th)$ ως ακολούθως:

$$fth = \begin{cases} 0, & \text{για την περιοχή χαμηλού φορτίου} \\ 1, & \text{για την περιοχή υψηλού φορτίου.} \end{cases}$$

Φυσικά, η fth είναι συνάρτηση του ποσοστού του καταλαμβανόμενου εύρους ζώνης αλλά λαμβάνει υπόψη και τις επίδοξες μεταβολές του ορίου μετάπτωσης κατάστασης (th). Εν τέλει, ο μέγιστος αριθμός χρηστών που μπορεί να εξυπηρετήσει το σύστημα, υπό της προϋποθέσεις που περιγράψαμε, γίνεται μετά την εμπλοκή του ορίου μετάπτωσης κατάστασης (th) ως εξής:

$$u_{\max}(i, th) = \left\lfloor \frac{avb \cdot th \cdot s(i)}{b_h(i)} \right\rfloor + \left\lfloor \frac{avb \cdot (1-th) \cdot s(i)}{b_l(i)} \right\rfloor \cdot fth$$

4.4.4. 4^η συνθήκη: χαρακτηριστικά των μηνυμάτων του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης (B-BCCP)

Τα μηνύματα του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης μεταφέρουν μεταβλητό αριθμό από στοιχεία πληροφορίας που εξαρτώνται από την πολυπλοκότητα της απαιτούμενης λειτουργικότητας της κλάσης υπηρεσίας που αιτεί

ο χρήστης. Η μορφή των μηνυμάτων αυτών, καθώς και η δομή τους από στοιχεία πληροφορίας μπορούν να ανεβρεθούν στα [3], [5] και [10]. Η μελέτη που ακολουθεί θα επικεντρωθεί στα μηνύματα αυτά που σχετίζονται αποκλειστικά και μόνο με την εγκατάσταση, κατάργηση και μετατροπή μιας κλήσης καθώς θα συμπεριλαμβάνουν μόνο τα στοιχεία πληροφορίας αυτά που σχετίζονται με αυτές τις διαδικασίες Ελέγχου Αποδοχής Κλήσης. Τα μηνύματα και το μέγεθος που αυτά έχουν στην κάθε περίπτωση απεικονίζονται στον Πίνακα 6.

Πίνακας 6 Χαρακτηριστικά των μηνυμάτων του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης (B-BCCP) ως προς την χρησιμοποίηση του καταλαμβανόμενου εύρους ζώνης σηματοδοσίας.

	Κατάταξη κλάσεων υπηρεσίας ανάλογα με την ευαισθησία στο όριο μετάπτωσης κατάστασης (<i>th</i>)								
	1, 3, 5			2, 4 (<th)			2, 4 (>th)		
	οκτάδες (bytes)	πακέτα (cells)	ελεύθ.	οκτάδες (bytes)	πακέτα (cells)	ελεύθ.	οκτάδες (bytes)	πακέτα (cells)	ελεύθ.
ALLOC	103 71.5%	3	41 28.5%	137 95.1%	3	7 4.9%	191 99.5%	4	1 0.5%
ALLOC_ACC	9 18.7%	1	39 81.3%	9 18.7%	1	39 81.3%	63 65.6%	2	33 34.4%
ALLOC_COMP	16 33.3%	1	32 66.7%	16 33.3%	1	32 66.7%	16 33.3%	1	32 66.7%
ALLOC_COMP_ACC	9 18.7%	1	39 81.3%	9 18.7%	1	39 81.3%	9 18.7%	1	39 81.3%
	137 47.6%	6*48	151 52.4%	171 59.4%	6*48	117 50.6%	279 72.7%	8*48	105 27.3%
DEALLOC	16 33.3%	1	32 66.7%	16 33.3%	1	32 66.7%	16 33.3%	1	32 66.7%
DEALLOC_ACC	9 18.7%	1	39 81.3%	9 18.7%	1	39 81.3%	9 18.7%	1	39 81.3%
	25 26%	2*48	71 74%	25 26%	2*48	71 74%	25 26%	2*48	71 74%
MODIFY	-	-	-	-	-	-	70 72.9%	2	26 27.1%
MODIFY_ACC	-	-	-	-	-	-	9 18.7%	1	39 81.3%
MODIFY_COMP	-	-	-	-	-	-	9 18.7%	1	39 81.3%
MODIFY_COMP_ACC	-	-	-	-	-	-	9 18.7%	1	39 81.3%
							97 40.4%	5*48	143 59.6%

Στον πίνακα αυτό, το εύρος ζώνης του καναλιού σηματοδοσίας το οποίο παραμένει ανεκμετάλλευτο επειδή όλα τα μηνύματα εμφωλιάζονται σε πακέτα ATM για την

μετάδοση τους, ένα κάθε φορά, μηνύματα που το συνολικό μέγεθος τους είναι συνήθως μικρότερο από αυτό του ATM πακέτου. Λόγο αυτής της παρενέργειας, εμφανίζεται το κανάλι σηματοδοσίας να παραμένει ανεκμετάλλευτο σε ποσοστό που φτάνει σε μερικές περιπτώσεις το 80% του εύρους του, αλλά πάντα στο χρονικό πλαίσιο του πακέτου πρωτοκόλλου Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης ή μίας μικρής ομάδας πακέτων πρωτοκόλλου Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης. Σε γενικές γραμμές, το μεγαλύτερο μέρος του εύρους ζώνης του καναλιού σηματοδοσίας παραμένει ανεκμετάλλευτο, όπως και θα αναδείξουμε με την ακόλουθη μελέτη.

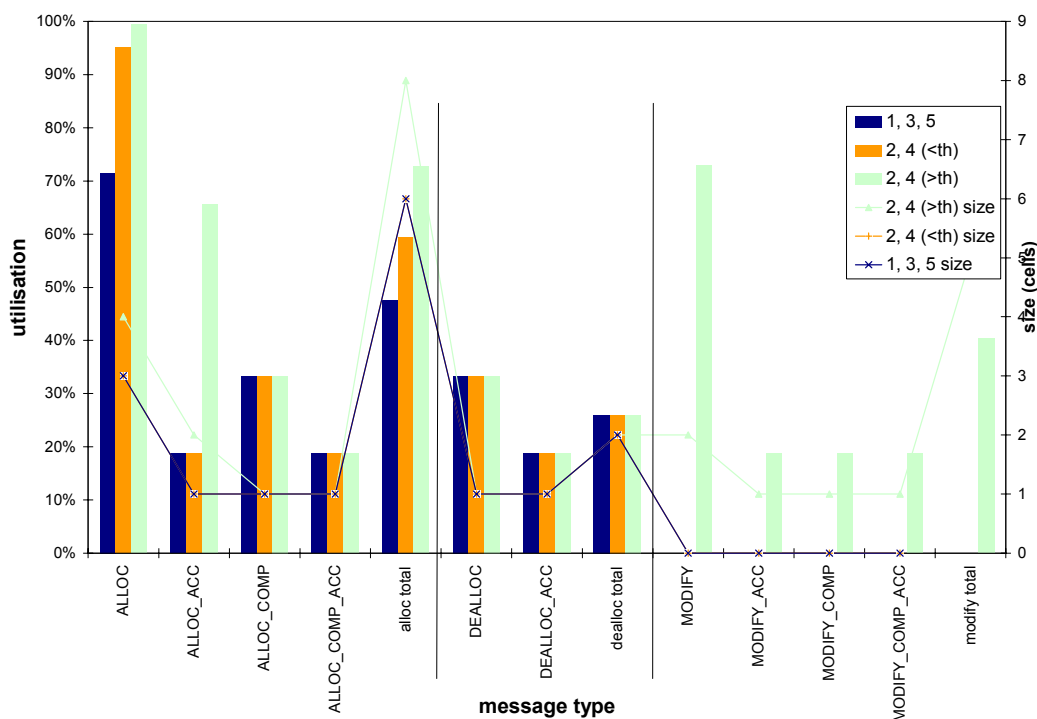
Οι Σταθερού Ρυθμού κλάσεις υπηρεσίας 1, 3 και 5 δεν παρουσιάζουν ευαισθησία σε καμία τιμή του ορίου μετάπτωσης κατάστασης (th), και οι απαιτήσεις τους σε εύρος ζώνης είναι σταθερές. Συνεπώς, η ικανοποίηση τους εναπόκειται στην διαθεσιμότητα των απαιτούμενων πόρων την δεδομένη χρονική στιγμή της άφιξης κάθε αίτησης στην οντότητα Ελέγχου Κλήσης και διαβίβασης της σε αυτή του Ελέγχου Αποδοχής Κλήσης. Αντίθετα, οι Μεταβλητού Ρυθμού κλάσεις υπηρεσίας 2 και 4 που έχουν μία ευελιξία ως προς την τιμή του εύρους ζώνης που τους αποδίδεται εξ αρχής κατά την φάση εγκατάστασης της κλήσης, και άρα αποκτούν επιπρόσθετες πιθανότητες πρόσβασης στο σύστημα όταν αυτό εγγίζει καταστάσεις υψηλής φόρτισης, διαθέτουν ευαισθησία στην τιμή του ορίου μετάπτωσης κατάστασης (th) αφού αυτή καθορίζει τον χαρακτηρισμό της κατάστασης πλήρωσης του εύρους ζώνης του κοινά διαμοιραζόμενου μέσου μεταξύ υψηλής και χαμηλής κίνησης. Σε αυτή την περίπτωση μπορούμε να ισχυριστούμε πως το μέγεθος (bms) του μηνύματος του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης χαρακτηρίζεται από το διάλυσμα που αναπαριστά την θέση στον Πίνακα 6 και εξάγεται από τα δεδομένα του, το οποίο είναι ως εξής: (j : η ταυτότητα του μηνύματος ($message_id$), i : η κλάση υπηρεσίας ($service_class_type$))

$$\begin{aligned}
 bms &= \langle message_id \quad service_class_type \rangle \Leftrightarrow \\
 bms(j, i, th) &= \langle f_1(j) \quad f_2(i, th) \rangle \\
 f_1(j) &= j, K \quad K \quad j = 1..10 \\
 f_2(i, th) &= \begin{cases} 1, K & \text{if } (i = 1, 3, 5) \\ 2, K & \text{if } [(i = 2, 4).and(occupied_bandwidth < th)] \\ 3, K & \text{if } [(i = 2, 4).and(occupied_bandwidth > th)] \end{cases}
 \end{aligned}$$

Δηλαδή, το μέγεθος (bms) των μηνυμάτων του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης είναι μία συνάρτηση των παραμέτρων ταυτότητας μηνύματος (j), κλάσης υπηρεσίας (i) και ορίου μετάπτωσης κατάστασης (th). Αυτή η συνάρτηση χρησιμοποιείται για την εξαγωγή του ποσοστού χρησιμοποίησης του εύρους ζώνης του καναλιού σηματοδοσίας για κάθε μήνυμα, σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή.

Είναι εμφανές από τον Πίνακα 6 ότι τα μηνύματα που ανήκουν στην κατηγορία *DEALLOC* παραμένουν ακριβώς τα ίδια για κάθε κλάση υπηρεσίας και ανεξάρτητα από την τιμή του ορίου μετάπτωσης κατάστασης (th). Παρατηρείται επίσης η διαφοροποίηση του μεγέθους των μηνυμάτων της *ALLOC* κατηγορίας ανάλογα με την κατάσταση πλήρωσης του εύρους ζώνης του κοινά διαμοιραζόμενου μέσου σε σχέση με την τιμή του ορίου μετάπτωσης κατάστασης (th). Επίσης φαίνεται η άμεση σχέση των μηνυμάτων της κατηγορίας *MODIFY* με το γεγονός της υπέρβασης του ορίου μετάπτωσης κατάστασης (th), για τις κλάσεις υπηρεσίας 2 και 4 μόνο. Τα παραπάνω αναπαριστούνται στο Σχήμα 37 όπου γίνεται διακριτή η διαφορά μεταξύ των διαφόρων κατηγοριών μηνυμάτων, όπως αυτές περιγράφηκαν πιο πριν.

Συγκεκριμένα, με ορθογώνιες ράβδους απεικονίζεται το ποσοστό χρησιμοποίησης του καταλαμβανόμενου εύρους ζώνης του καναλιού σηματοδοσίας για κάθε κατηγορία μηνυμάτων του Πίνακα 6, ενώ με γραμμές και σημεία αναπαριστάνεται ο αριθμός των πακέτων πρωτοκόλλου Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης που καταλαμβάνει κάθε μήνυμα.



Σχήμα 37 Ποσοστό χρησιμοποίησης του καταλαμβανόμενου εύρους ζώνης του καναλιού σηματοδοσίας από τα μηνύματα του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης (B-BCCP) ανάλογα με την κατηγορία μηνυμάτων σε σχέση με το μέγεθος των μηνυμάτων αυτών.

4.5. Μελέτη εκτίμησης επίδοσης

Επιθυμούμε να υπολογίσουμε το μέγεθος του καναλιού του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης ώστε να είμαστε σε θέση να εκτιμήσουμε τον μέγιστο αριθμό χρηστών που μπορεί να υποστηρίξει το υπό μελέτη σύστημα. Προς τούτο, η μελέτη μας χωρίζεται σε δύο μέρη, το πρώτο που έχει να κάνει με την εκτίμηση του μέγιστου αριθμού υποστηριζόμενων χρηστών στην περίπτωση της αποκλειστικής χρήσης των πόρων του συστήματος από μία κλάση υπηρεσίας και στο δεύτερο που υιοθετεί ένα μοντέλο ποικιλόμορφης κατανομής μεταξύ των κλάσεων υπηρεσίας. Συγκεκριμένα, στο πρώτο μέρος θα εκτιμήσουμε τον μέγιστο αριθμό χρηστών στις τρεις κλάσεις τηλεφωνίας, ώστε να αποκτήσουμε ένα συγκριτικό μέγεθος της διαφοροποίησης μεταξύ των κλάσεων υπηρεσίας. Η επίδραση μη μηδενικής τιμής του ορίου μετάπτωσης κατάστασης (*th*) στο σύστημα θα γίνει εμφανής και κατανοητή από την σχετική ανάλυση. Τα αποτελέσματα από το πρώτο μέρος θα αποτελέσουν οδηγό για το δεύτερο μέρος, όπου εμπλέκονται όλες οι κλάσεις υπηρεσίας και η σαφής διάκριση μεταξύ τους δεν είναι εφικτή.

4.5.1. Μελέτη 1^η: αποκλειστικά τηλεφωνία Σταθερού Ρυθμού

Στην περίπτωση της αποκλειστικής χρήσης του εύρους ζώνης από την τηλεφωνία Σταθερού Ρυθμού (CBR), δηλαδή την κλάση 3, έχουμε από τον Πίνακα 5 ότι για $i = 3$ συνεπάγεται $u_{max}(3) = 8,800$ χρήστες. Στην υπόθεση εργασίας ότι το σύστημα βρίσκεται σε κατάσταση πλήρους φορτίου (100%), έχουμε το φαινόμενο ότι κατά μέσο όρο ίσος αριθμός χρηστών επιθυμεί να αποκτήσουν πρόσβαση στους πόρους του συστήματος αλλά και να απεξαρτηθεί από αυτούς, μιας και ο ρυθμός γέννησης των αντίστοιχων αιτημάτων έχει οριστεί να είναι ο ίδιος και για τις δύο περιπτώσεις. Έτσι, για κάθε δευτερόλεπτο θα παρατηρούμε:

(i) $u_{max}(3) / t_t = 8.800 / 300 = 29.3$ αιτήσεις το δευτερόλεπτο για νέες συνδέσεις (*ALLOC*),

(ii) και 29.3 αιτήσεις το δευτερόλεπτο για κατάργηση υπαρχόντων συνδέσεων (*DEALLOC*).

Μεταφράζοντας τα παραπάνω σε μηνύματα του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης έχουμε ότι: tel_{cbr} = μέγιστος αριθμός αιτήσεων ανά δευτερόλεπτο για μηνύματα εγκατάσταση και απεγκατάσταση μιας κλήσης (*ALLOC* και *DEALLOC*) ή

$$tel_{cbr}(i, th) = \frac{u_{max}(i)}{t_t} \cdot \left(\sum_{j=1}^4 bms(j, i, th) + \sum_{j=5}^6 bms(j, i, th) + fth \cdot \sum_{j=7}^{10} bms(j, i, th) \right) \Rightarrow$$

$$(i = 3) \Rightarrow (\forall th, fth = 0 \Rightarrow th = 0) \Rightarrow$$

$$tel_{cbr}(3,0) = \frac{u_{max}(3)}{t_t} \cdot \left(\sum_{j=1}^4 bms(j,3,0) + \sum_{j=5}^6 bms(j,3,0) \right)$$

$$= (u_{max}(3) / t_t) * \{ [bms(1,3,0)+bms(2,3,0)+bms(3,3,0)+bms(4,3,0)] + [bms(5,3,0)+bms(6,3,0)] \}$$

$$= (8,800 / 300) * \{ [3+1+1+1] + [1+ 1] \}$$

$$= 29.3 \text{ reqs/sec} * 8 \text{ cells/req}$$

$$= 234.67 \text{ cells/sec}$$

$$= 11.264 \text{ byte/sec}$$

$$= \mathbf{90.112 \text{ bps.}}$$

4.5.2. Μελέτη 2^η: αποκλειστικά τηλεφωνία Κυμαινόμενου (Σταθερού – Μεταβαλλόμενου) Ρυθμού

Για την συγκεκριμένη κλάση υπηρεσίας (κλάση 4), Κυμαινόμενου (Σταθερού – Μεταβαλλόμενου) Ρυθμού (CBR-VBR), πρέπει να λάβουμε υπόψη και το όριο μετάπτωσης κατάστασης (*th*). Η τιμή του επηρεάζει τόσο το μέγεθος μερικών από τα εμπλεκόμενα μηνύματα όσο και το είδος τους, καθώς η κατηγορία μηνυμάτων MODIFY ενεργοποιείται μόνο σε αυτή την περίπτωση. Ακολουθώντας την ίδια διαδικασία με αυτή της κλάσης 3, έχουμε τα ακόλουθα:

$$tel_{cbr+vbr}(i, th) = \frac{u_{\max}(i, th)}{t_i} \cdot \left(\sum_{j=1}^4 bms(j, i, th) + \sum_{j=5}^6 bms(j, i, th) + fth \cdot \sum_{j=7}^{10} bms(j, i, th) \right) \Rightarrow$$

$$(i = 4) \Rightarrow$$

$$tel_{cbr+vbr}(4, th) = \frac{avb \cdot t \cdot s(4)}{b_h} \cdot \left(\sum_{j=1}^4 bms(j, 4, th) + \sum_{j=5}^6 bms(j, 4, th) \right) +$$

$$+ \frac{avb \cdot (1 - th) \cdot s(4)}{b_l} \cdot \left(\sum_{j=1}^4 bms(j, 4, th) + \sum_{j=5}^6 bms(j, 4, th) + \sum_{j=7}^{10} bms(j, 4, th) \right)$$

Το πρώτο σκέλος της ως άνω εξίσωσης ισούται με $th \cdot tel_{cbr}$, καθώς το μέγεθος των μηνυμάτων δεν διαφοροποιείται από αυτό της κλάσης 3 για την περίπτωση που το ποσοστό πλήρωσης του εύρους ζώνης του κοινά διαμοιραζόμενου μέσου δεν υπερβαίνει την τιμή του ορίου μετάπτωσης κατάστασης (th). Για το δεύτερο σκέλος όμως δεν ισχύει το ίδιο, και για τιμή του ορίου μετάπτωσης κατάστασης ίση με $th = 3/4$ έχουμε ότι ο μέγιστος αριθμός χρηστών άνω του ορίου μετάπτωσης κατάστασης (th) θα πρέπει να ισούται με: $avb \cdot (1 - th) / b_l = [(8.800 \cdot 64) \cdot (1 - 3/4)] / 27 = 5.200$, και συνεπώς:

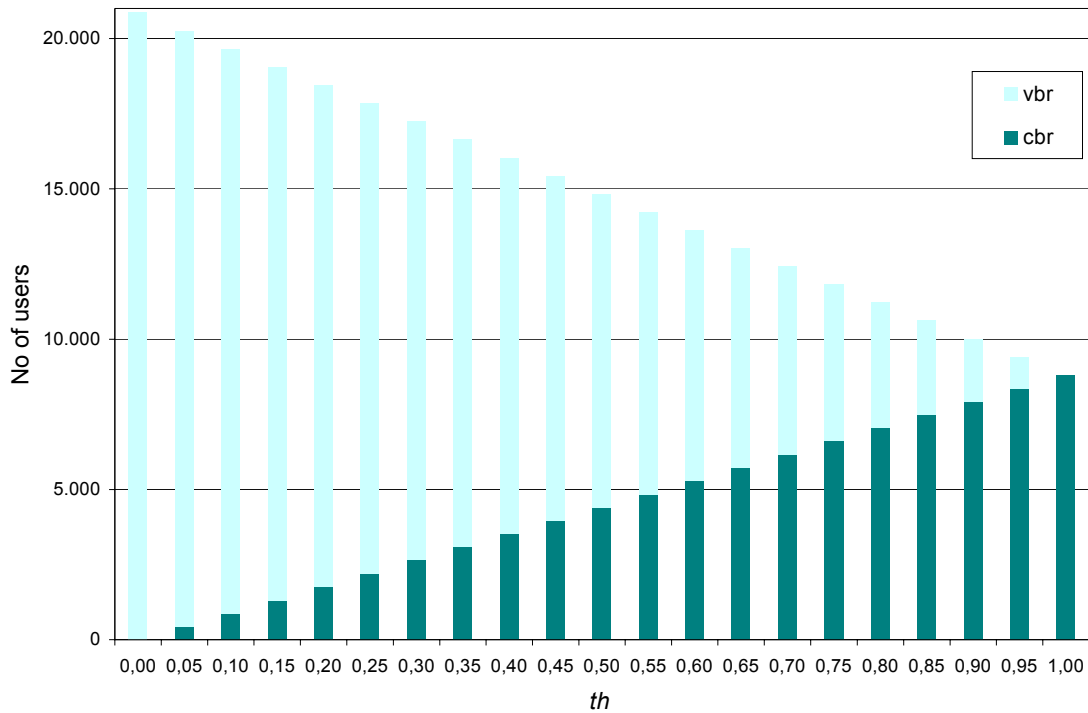
$$tel_{cbr+vbr}(4, 3/4) = \{ (3/4 \cdot 8.800 / 300) \cdot [(3+1+1+1)+(1+1)] \} + \{ (5.200 / 300) \cdot [(4+2+1+1)+(1+1)+(2+1+1+1)] \}$$

$$= [3/4 \cdot 29,3 \text{ reqs/sec} \cdot (6 \text{ cells/req} + 2 \text{ cells/req})] + [17,33 \text{ reqs/sec} \cdot (8+2+5) \text{ cells/req}]$$

$$= \mathbf{167.405 \text{ bps.}}$$

Από τα παραπάνω συμπεράνουμε ότι η προσθήκη της κατηγορίας μηνυμάτων *MODIFY* επιβαρύνει το κανάλι του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης με επιπλέον κίνηση πακέτων μηνυμάτων του πρωτοκόλλου της τάξης των $167.405 - 90.112 = 77.293$ bps, επιτρέποντας την ίδια στιγμή $5.200 - 2.200 = 3.000$ επιπλέον χρήστες να αποκτήσουν πρόσβαση στους πόρους του συστήματος, έστω και περιορισμένους προσωρινά. Με άλλα λόγια, για 86% επιπλέον εύρος ζώνης του καναλιού του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης έχουμε μία αύξηση των χρηστών που αποκτούν πρόσβαση στο σύστημα της τάξης του 34% σε απόλυτο συνολικό αριθμό μεταξύ κλάσης 3 και 4, ή της τάξης του 136% συγκριτικά με τον αριθμό των χρηστών που αποκτούν πρόσβαση στους πόρους του συστήματος όταν το εύρος ζώνης του κοινά διαμοιραζόμενου μέσου έχει ξεπεράσει το όριο μετάπτωσης κατάστασης ($th = 3/4$). Το συνολικό εύρος ζώνης του καναλιού του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης που απαιτείται σε αυτή την περίπτωση ανέρχεται στα 167,405 kbps, δηλαδή στο 0.031% του συνολικά διαθέσιμου εύρους ζώνης ($avb = 563$ Mbps) σε αντίθεση με την κλάση 3 όπου ανερχόταν στο 0.016% του συνολικά διαθέσιμου εύρους ζώνης (avb). Αυτή η διαφοροποίηση γίνεται καταφανής στο Σχήμα 38 όπου ανάλογα με την τιμή του ορίου μετάπτωσης κατάστασης (th) ο αριθμός των χρηστών που αποκτούν πλήρη πρόσβαση στους αρχικά αιτούμενους πόρους του συστήματος αυξάνεται σε συνάρτηση με το όριο μετάπτωσης κατάστασης (th) σε αντίθεση με τον αριθμό των χρηστών που αποκτούν πρόσβαση μεν αλλά σε περιορισμένους πόρους του

συστήματος σε σχέση με τους αρχικά αιτούμενους. Όπως είναι εμφανές, αυτή η μεταβολή είναι γραμμική.



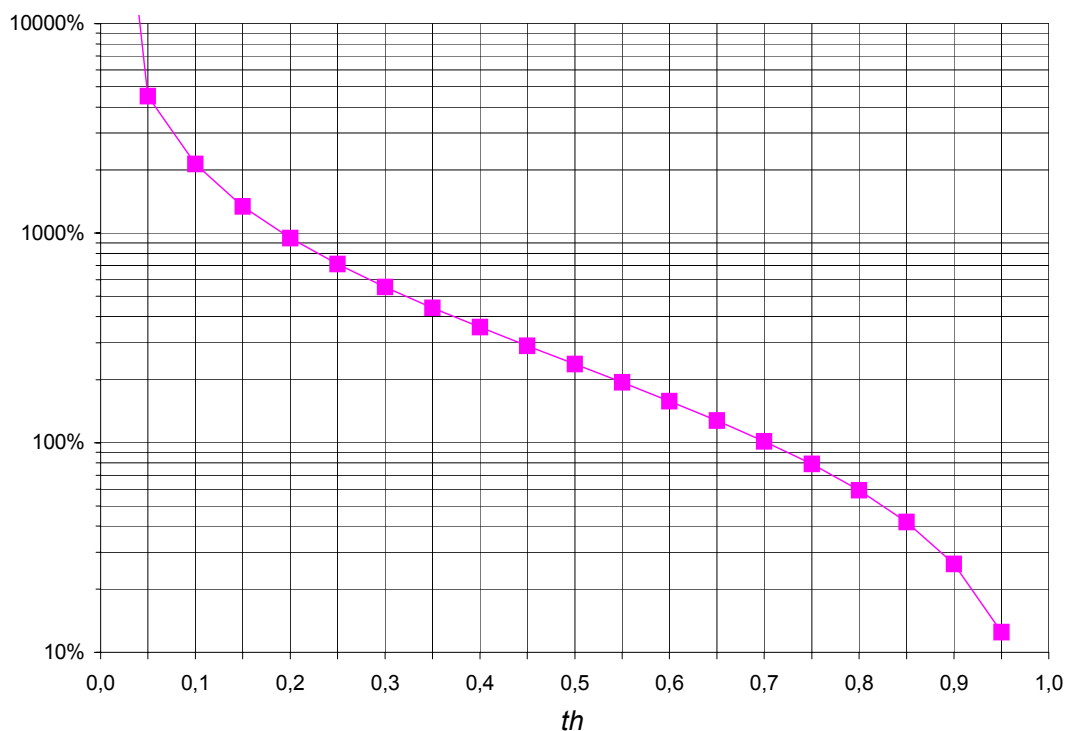
Σχήμα 38 Συνολικός αριθμός χρηστών για την κλάση 4 σε συνάρτηση με την τιμή του ορίου μετάπτωσης κατάστασης (th).

Αξίζει να σημειώσουμε ότι η αύξηση μεταξύ των χρηστών των κλάσεων 3 και 4 ισούται με την τιμή του ορίου μετάπτωσης κατάστασης (th) πολλαπλασιασμένη με το κλάσμα $64/27$ που αντιστοιχεί στα αιτούμενα εύροι ζώνης για κάθε κλάση και ισούται με 237%. Στο Σχήμα 39 μπορούμε να παρατηρήσουμε την διαφορά του αριθμού των χρηστών της κλάσης 4 σε σχέση με αυτόν της κλάσης 3 για διάφορες τιμές του ορίου μετάπτωσης κατάστασης (th). Αυτό το σχήμα μπορούμε να το διαιρέσουμε σε τρεις περιοχές ανάλογα με την τιμή του ορίου μετάπτωσης κατάστασης (th). Στην περίπτωση που το όριο μετάπτωσης κατάστασης (th) είναι στην περιοχή τιμών ($0,7 < th < 1$), δηλαδή στο δεξιό μέρος του διαγράμματος, τότε η διαφορά μεταξύ των δύο κλάσεων αυξάνει με ρυθμό που μπορούμε να προσεγγίσουμε με γραμμικό, μιας και το διάγραμμα είναι σε λογαριθμική κλίμακα. Στην μεσαία περιοχή τιμών ($0,3 < th < 0,7$) παρατηρούμε πως η διαφορά αυξάνεται προσεγγιστικά με λογαριθμικό τρόπο, ενώ στην περιοχή τιμών ($0 < th < 0,3$), στο αριστερό μέρος του διαγράμματος, αυξάνεται με εκθετικό τρόπο. Αυτή η συμπεριφορά της διαφοράς του αριθμού των χρηστών μεταξύ 4 και 3 κλάσης εξηγείται μαθηματικά ως ακολούθως:

$$\text{diff}_{VBR/CBR}(th) = \frac{u_{VBR}(th)}{u_{CBR}(th)} = \frac{u_{\max}(4) \cdot (1-th)}{u_{\max}(3) \cdot th} = \frac{\left(u_{\max}(3) \cdot \frac{b_h}{b_l}\right) \cdot (1-th)}{u_{\max}(3) \cdot th} = \frac{b_h}{b_l} \cdot \frac{1-th}{th} = 2.37 \cdot \frac{1-th}{th}$$

$$\lim_{th \rightarrow 0}(\text{diff}_{VBR/CBR}(th)) = \infty \Rightarrow \lim_{th \rightarrow 0}(\log(\text{diff}_{VBR/CBR}(th))) = \lim_{th \rightarrow 0}(\log(\infty)) = \infty$$

$$\lim_{th \rightarrow 1}(\text{diff}_{VBR/CBR}(th)) = 0 \Rightarrow \lim_{th \rightarrow 1}(\log(\text{diff}_{VBR/CBR}(th))) = \lim_{th \rightarrow 1}(\log(0)) = -\infty$$



Σχήμα 39 Διαφορά των αριθμών χρηστών μεταξύ των κλάσεων 4 και 3 ως προς τις τιμές του ορίου μετάπτωσης κατάστασης.

4.5.3. Μελέτη 3^η: αποκλειστικά τηλεφωνία βασισμένη σε Πρωτόκολλο Διαδικτύου

Αυτή η κλάση υπηρεσίας Πρωτόκολλο Διαδικτύου (IP), κλάση 5, αποτελεί την χειρότερη περίπτωση ανάθεσης εξ αρχής σταθερού (μη μεταβαλλόμενου) εύρους ζώνης αφού επιτρέπει την πρόσβαση στους πόρους του συστήματος τον μεγαλύτερο αριθμό χρηστών σε σχέση με τις άλλες κλάσεις, λόγω του ότι αιτεί τη μικρότερη εύρους ζώνης κατά την εγκατάσταση μιας σύνδεσης. Παρόλα αυτά, λόγω του ότι απαιτεί να εξυπηρετείται με σταθερό ρυθμό, δεν απολαμβάνει της δυνατότητας χρήσης του μηχανισμού μεταβολής του εύρους ζώνης και άρα δεν εξαρτάται από την τιμή του ορίου μετάπτωσης κατάστασης (*th*). Θεωρώντας λοιπόν την τιμή του ορίου μετάπτωσης κατάστασης (*th*) ίση με 0, και ακολουθώντας την ίδια διαδικασία με την κλάση 3, ενημερώνοντας όπου είναι απαραίτητο τις τιμές των μεταβλητών από τον Πίνακα 4, βρίσκουμε ότι:

$$\begin{aligned} tel_{IP}(5, 0) &= (u_{max}(5) / t_i) * \{[bms(1,5,0)+bms(2,5,0)+bms(3,5,0)+bms(4,5,0)] + \\ & [bms(5,5,0)+bms(6,5,0)]\} \\ &= \mathbf{460.800 \text{ bps.}} \end{aligned}$$

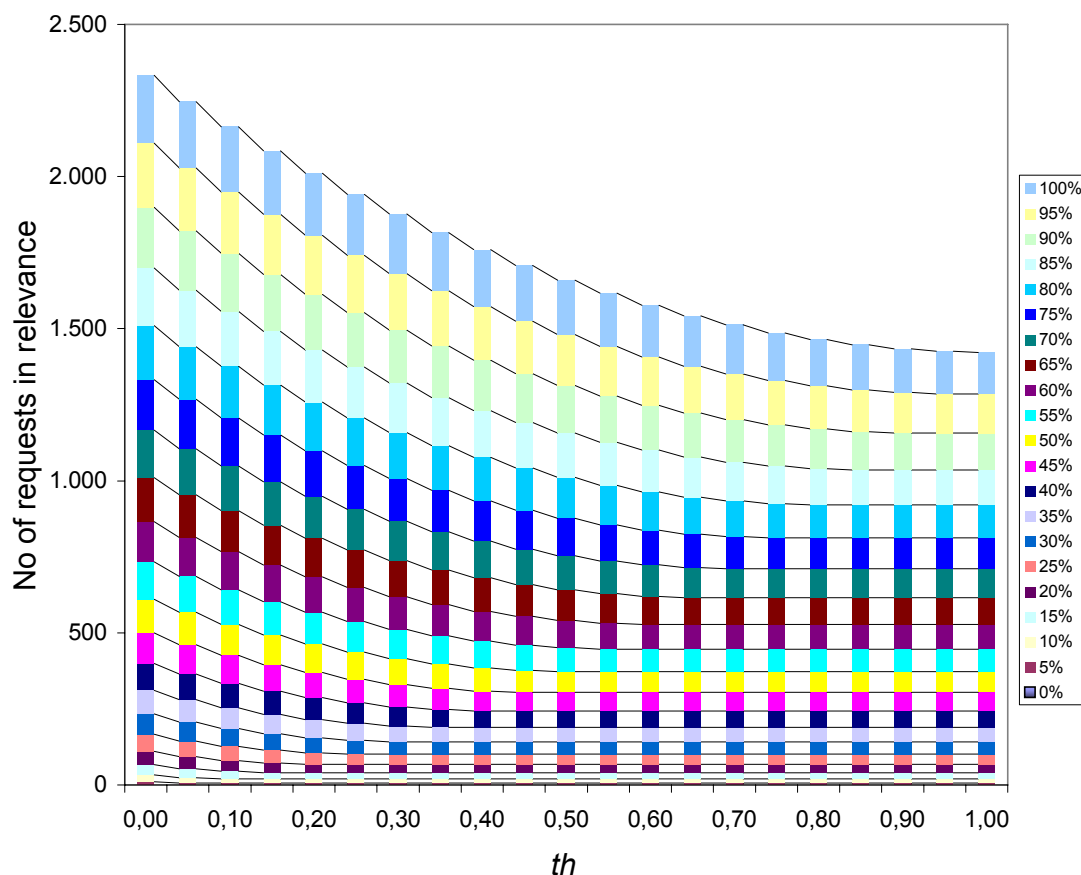
Αυτή η τιμή είναι υπέρ-πενταπλάσια της αντίστοιχης της κλάσης 3, μιας και η ονομαστική διαφορά των αιτούμενων εύρων ζώνης μεταξύ των δύο κλάσεων είναι $64/12,4 = 5,1$. Ταυτόχρονα η τιμή των **460.800 bps** αποτελεί και την χειρότερη περίπτωση επιβάρυνσης του καναλιού Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης (B-BCCP) σε αριθμό χρηστών, και αποτελεί το στόχο του πρώτου μέρους της μελέτης εκτίμησης του συστήματος.

4.5.4. Μελέτη 4^η: μείξη όλων των κλάσεων υπηρεσίας

Σε αυτό το τελευταίο σενάριο μελέτης, και οι πέντε κλάσεις υπηρεσίας θα αναμιχθούν με σκοπό να εκτιμήσουμε την συμπεριφορά του συστήματος με ένα ρεαλιστικό σενάριο. Ο συνολικός αριθμός χρηστών που μπορεί να υποστηρίξει το σύστημα υπό τις προϋποθέσεις που περιγράφει ο Πίνακας 5 προκύπτει περίπου ίσος με 24.000 χρήστες από τους οποίους οι 125 είναι χρήστες υπηρεσιών πραγματικού χρόνου κινούμενης εικόνας (video) και αντιστοιχούν στις κλάσεις 1 και 2, και οι υπόλοιποι χρήστες υπηρεσιών τηλεφωνίας που αντιστοιχούν στις κλάσεις 3, 4 και 5. Θεωρώντας πως κατά μέσο όρο ο ρυθμός με τον οποίο γεννούνται οι αιτήσεις για κάθε κλάση υπηρεσίας είναι τέτοιος ώστε είναι ομοιόμορφα κατανεμημένες στον χρόνο, να μην εμφανίζονται δηλαδή πυκνώματα και αραιώματα, οι αριθμητικοί υπολογισμοί που αναπτύσσονται σε αυτή τη μελέτη αποκτούν βάση εγκυρότητας. Έτσι, για τις κλάσεις υπηρεσίας πραγματικού χρόνου κινούμενης εικόνας έχουμε:

$$video(i, th) = \frac{u_{max}(i)}{t_v} \cdot \left(\sum_{j=1}^4 bms(j, i, th) + \sum_{j=5}^6 bms(j, i, th) + fth \cdot \sum_{j=7}^{10} bms(j, i, th) \right)$$

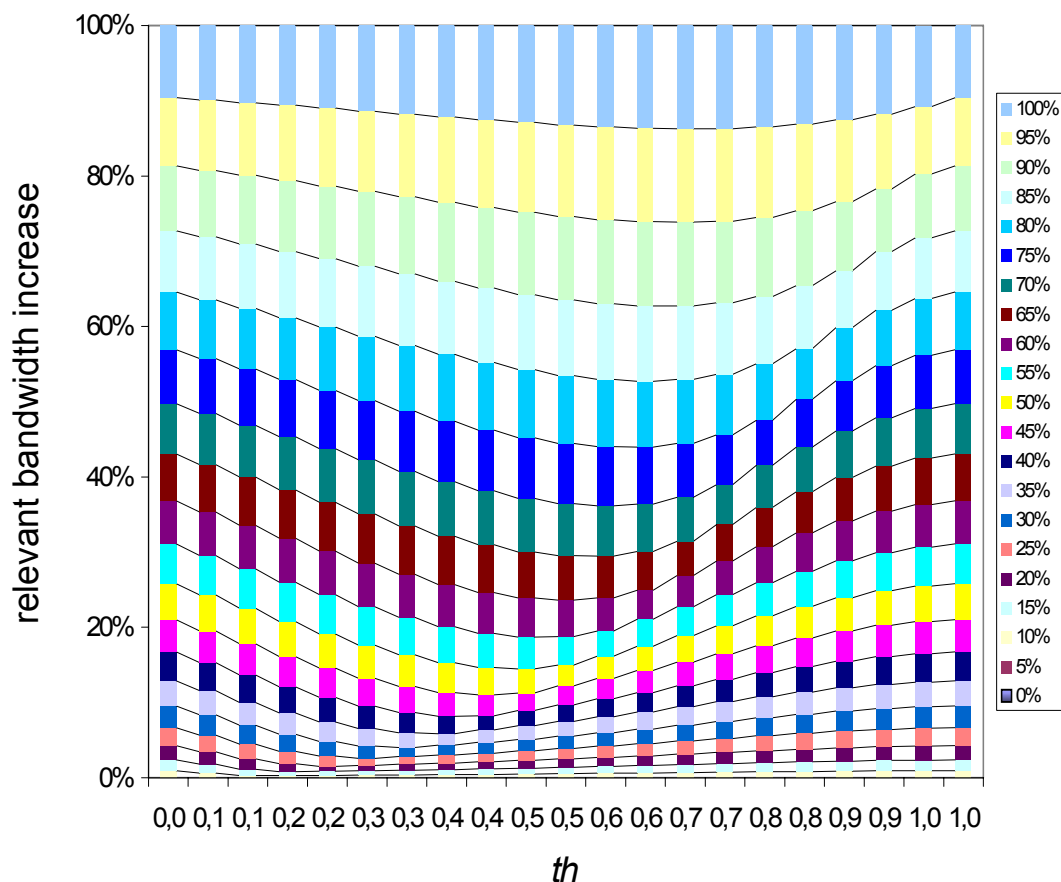
όπου t_v είναι ίσο με 5,400 δευτερόλεπτα, και συνδυάζοντας τα αποτελέσματα από τις προηγούμενες παίρνουμε το Σχήμα 40.



Σχήμα 40 Εξέλιξη του αριθμού των αιτήσεων χρηστών σε σχέση με το ποσοστό φόρτισης του κοινά διαμοιραζόμενου μέσου και του ορίου μετάβασης κατάστασης (th).

Σε αυτό το σχήμα μπορούμε να παρατηρήσουμε την εξέλιξη του αριθμού των αιτήσεων χρηστών που γεννιούνται για ένα δεδομένο χρονικό διάστημα (εδώ ένα δευτερόλεπτο) σε συνάρτηση με το όριο μετάπτωσης κατάστασης (th) για διάφορες τιμές του ποσοστού πλήρωσης του εύρους ζώνης του κοινά διαμοιραζόμενου μέσου. Κατά τα αναμενόμενα, αύξηση της τιμής του ορίου μετάπτωσης κατάστασης (th) μειώνει τον αριθμό των γεννήσεων αιτήσεων χρηστών που ικανοποιούνται, μιας και μειώνεται ο συνολικός αριθμός χρηστών που επιτρέπει ο αλγόριθμος Ελέγχου Αποδοχής Κλήσης να αποκτούν πρόσβαση στο σύστημα. Το ποσοστό πλήρωσης του εύρους ζώνης κοινά διαμοιραζόμενου μέσου επηρεάζει τον αριθμό των γεννήσεων αιτήσεων χρηστών που ικανοποιούνται, σε συνάρτηση με το όριο μετάπτωσης κατάστασης (th) ως εξής: κατά την περίπτωση που το όριο μετάπτωσης κατάστασης (th) έχει μεγαλύτερη τιμή από το ποσοστό πλήρωσης του εύρους ζώνης του κοινά διαμοιραζόμενου μέσου, τότε το όριο μετάπτωσης κατάστασης (th) δεν έχει καμία επίδραση στον αριθμό των χρηστών που αιτούν πρόσβαση στους πόρους του συστήματος. Αντίθετα, το ποσοστό πλήρωσης του εύρους ζώνης του κοινά διαμοιραζόμενου μέσου έχει σε κάθε περίπτωση άμεσο αντίκτυπο στον αριθμό των χρηστών ανά κλάση υπηρεσίας που αιτούν πρόσβαση στο σύστημα. Δηλαδή το ποσοστό αυτό πολλαπλασιάζει τον μέγιστο αριθμό των χρηστών ανά κλάση

υπηρεσίας για να προκύψει ο συνολικός μικτός αριθμός των χρηστών που θα αιτήσουν πρόσβαση στους πόρους του συστήματος.



Σχήμα 41 Σχετική διαφορά μεταξύ των αριθμών χρηστών ως προς το ποσοστό πλήρωσης του κοινά διαμοιραζόμενου μέσου και του ορίου μετάβασης κατάστασης.

Παρατηρώντας το Σχήμα 41 διαπιστώνει κανείς πως για τις μεσαίες τιμές του ορίου μετάπτωσης κατάστασης (th), δηλαδή από 0,3 ως 0,7, η σχετική αύξηση του απαιτούμενου εύρους ζώνης του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης καναλιού, λόγω του μεγαλύτερου αριθμού χρηστών που αιτούν πρόσβαση στους πόρους του συστήματος και συνεπώς γεννούν μεγαλύτερο αριθμό αιτήσεων, είναι μεγαλύτερη για τιμές του ποσοστού πλήρωσης του εύρους ζώνης του κοινά διαμοιραζόμενου μέσου άνω του 80% σε σχέση με αυτές κάτω από αυτό το όριο. Αυτό συμβαίνει διότι ενώ το όριο μετάπτωσης κατάστασης έχει υψηλές τιμές, η χαμηλή τιμή του ποσοστού πλήρωσης του εύρους ζώνης του κοινά διαμοιραζόμενου μέσου δεν επιτρέπει την αύξηση του αριθμού των χρηστών με τον αντίστοιχο ρυθμό αλλά τον καθιστά σταθερό ως τη στιγμή της διάσπασης του ορίου μετάπτωσης κατάστασης (th).

Ο περιέχει τις τιμές του συνολικού εύρους ζώνης του καναλιού του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης σε συνάρτηση με το ποσοστό πλήρωσης του κοινά διαμοιραζόμενου μέσου και του ορίου μετάβασης κατάστασης (th), για

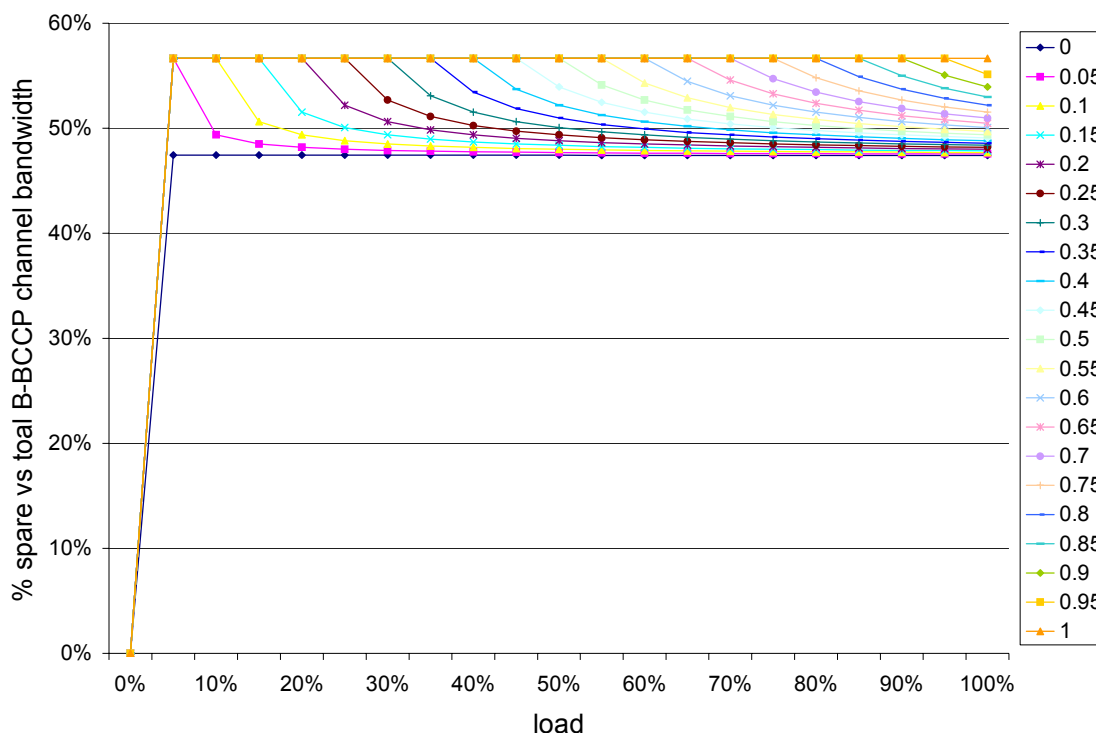
όλους τους δυνατούς συνδυασμούς τιμών των δύο αυτών παραμέτρων. Με σκούρο χρώμα έχουμε σημειώσει την τιμή την οποία έχουμε επιλέξει για την διεξαγωγή της παρούσας μελέτης, δηλαδή για τιμή του ορίου μετάβασης κατάστασης $th=0,75$ και ποσοστό πλήρωσης του κοινά διαμοιραζόμενου μέσου ίσο με 100% του συνολικά διαθέσιμου εύρους ζώνης (anb). Είναι εμφανές το γεγονός πως πρόκειται για έναν πίνακα που η διαγώνιος του τον χωρίζει σε δύο μέρη, ένα σταθερών τιμών και ένα μεταβλητών. Πράγματι, η διαγώνιος αντικατοπτρίζει το γεγονός της ταύτισης τιμών των δύο παραμέτρων, του ορίου μετάβασης κατάστασης (th) και του ποσοστού πλήρωσης του κοινά διαμοιραζόμενου μέσου, γεγονός που σηματοδοτεί την αύξηση του αριθμού των χρηστών και άρα του απαιτούμενου εύρους ζώνης του καναλιού του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης, ενώ ως τότε αυτό παρέμενε σταθερό σε σχέση με τη μεταβολή της τιμής του ορίου μετάβασης κατάστασης (th).

Πίνακας 7 Απαιτούμενο εύρος ζώνης (kbps) του καναλιού Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης (B-BCCP) σε συνάρτηση του ορίου μετάβασης κατάστασης (th) και του ποσοστού πλήρωσης του κοινά διαμοιραζόμενου μέσου.

%	th																				
	.00	.05	.10	.15	.20	.25	.30	.35	.40	.45	.50	.55	.60	.65	.70	.75	.80	.85	.90	.95	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	39	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
10	78	49	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
15	117	89	60	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31
20	156	128	99	70	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
25	195	167	138	109	81	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52
30	235	206	177	148	120	91	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62
35	274	245	216	188	159	130	101	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73
40	313	284	255	227	198	169	141	112	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83
45	352	323	295	266	237	208	180	151	122	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94
50	391	362	334	305	276	247	219	190	161	133	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104
55	430	401	373	344	315	287	258	229	200	172	143	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114
60	469	441	412	383	354	326	297	268	240	211	182	153	125	125	125	125	125	125	125	125	125
65	508	480	451	422	394	365	336	307	279	250	221	192	164	135	135	135	135	135	135	135	135
70	548	519	490	461	433	404	375	347	318	289	260	232	203	174	146	146	146	146	146	146	146
75	587	558	529	501	472	443	414	386	357	328	299	271	242	213	185	156	156	156	156	156	156
80	626	597	568	540	511	482	453	425	396	367	339	310	281	252	224	195	166	166	166	166	166
85	665	636	607	579	550	521	493	464	435	406	378	349	320	292	263	234	205	177	177	177	177
90	704	675	647	618	589	560	532	503	474	446	417	388	359	331	302	273	244	216	187	187	187
95	743	714	686	657	628	600	571	542	513	485	456	427	398	370	341	312	284	255	226	198	198
100	782	754	725	696	667	639	610	581	552	524	495	466	438	409	380	351	323	294	265	237	208

Σαν συμπέρασμα από αυτή την μελέτη καταλήξαμε στο Σχήμα 42 όπου αναπαριστάται η διακύμανση του ποσοστού χρησιμοποίησης του καναλιού του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης σε συνάρτηση με την τιμή του ορίου μετάβασης κατάστασης (th) για διάφορες τιμές του ποσοστού πλήρωσης

του εύρους ζώνης του κοινά διαμοιραζόμενου μέσου. Αξίζει να σημειώσουμε πως οι τιμές αυτές βγαίνουν από τις μέσες τιμές χρησιμοποίησης ανά κατηγορία μηνυμάτων του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης και δεν ανταποκρίνονται σε μία πραγματικού χρόνου, ανά μήνυμα καταγραφή του ποσοστού χρησιμοποίησης. Όπως είναι εμφανές, εκτός από την τιμή $th = 0$ που αποτελεί ένα κάτω φράγμα με τιμή 47%, όλες οι άλλες τιμές του ορίου μετάβασης κατάστασης (th) κυμαίνονται μεταξύ αυτού του κάτω φράγματος και του άνω φράγματος του 57% που αντιστοιχεί στην τιμή $th = 1$, αδιάφορα από την τιμή του ποσοστού πλήρωσης του εύρους ζώνης του κοινά διαμοιραζόμενου μέσου.



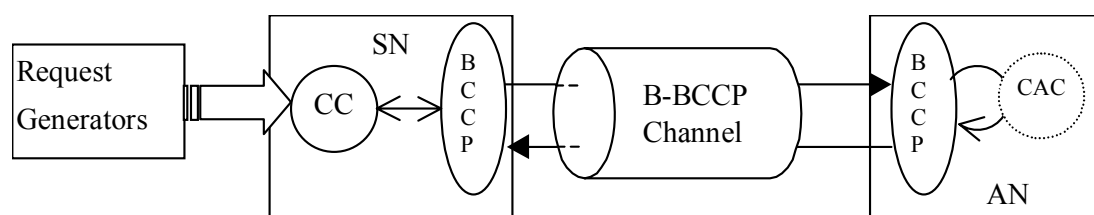
Σχήμα 42 Ελεύθερο εύρος ζώνης του καναλιού του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης (B-BCCP) σε συνάρτηση με την τιμή του ορίου μετάβασης κατάστασης (th) για διάφορες τιμές του ποσοστού πλήρωσης του εύρους ζώνης του κοινά διαμοιραζόμενου μέσου.

Στην ακραία περίπτωση που η τιμή του ορίου μετάβασης κατάστασης (th) ισούται με 1 έχουμε μία κατάσταση όπου όλες οι αιτήσεις ικανοποιούνται με απόδοση του πλήρους εύρους ζώνης και μόνο εις βάρος του δυνατού αριθμού υποστηριζόμενων χρηστών. Στον αντίποδα, για $th = 0$ έχουμε μία κατάσταση όπου ο δυνατός αριθμός υποστηριζόμενων χρηστών ενοείται σε βάρος του αιτούμενου εύρους ζώνης. Όλες οι υπόλοιπες τιμές κινούνται από το άνω φράγμα ασυμπτωτικά προς το κάτω φράγμα. Τα δύο φράγματα αντικατοπτρίζουν την χρήση ή όχι της επιπλέον κατηγορίας μηνυμάτων του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης που δικαιολογεί τη μεταβολή του ποσοστού χρησιμοποίησης του εύρους ζώνης του αντίστοιχου καναλιού. Επίσης παρατηρούμε πως για τιμές του ορίου μετάβασης κατάστασης (th) μεγαλύτερες του 60%, το ποσοστό χρησιμοποίησης του εύρους

ζώνης του καναλιού του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης παραμένει μεγαλύτερο του 50%.

4.5.5. Προσομοίωση

Τα παραπάνω θεωρητικά αποτελέσματα επαληθεύονται και από τα αποτελέσματα προσομοίωσης που έγινε για αυτό το σκοπό. Σε αυτή τη προσπάθεια χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο PTOLEMY στο οποίο σχεδιάστηκε το περιβάλλον που προσομοιάζει το σύστημα $V_{B5.2}$. Όπως και στο δεύτερο κεφάλαιο, οι διάφορες λειτουργικές οντότητες αναπαριστώνται εδώ με αστέρια του περιβάλλοντος προσομοίωσης. Σε γενικές γραμμές, η λειτουργική αρχιτεκτονική περιγράφεται από το Σχήμα 43. Σε αυτό διακρίνονται οι πηγές γέννησης των αιτήσεων εγκατάστασης, τροποποίησης και απεγκατάστασης κλήσεων, που αντικατοπτρίζουν τους τελικούς χρήστες. Ο αριθμός των πηγών που εμπλέκονται εξαρτάται από τις υπηρεσίες που προσφέρει το σύστημα που θέλουμε να μελετήσουμε, μιας και κάθε μια υπηρεσία έχει τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της όπως αναλύσαμε πρωύτερα. Ο ρυθμός γέννησης αιτήσεων επιλέχθηκε να γίνεται με χρονική κατανομή Poisson ώστε να προσομοιάζεται με κάποιο τρόπο η τυχαιότητα των γεννήσεων από τη μεριά των χρηστών με περιόδους έξαρσης όπου παρατηρούνται εκρήξεις του ρυθμού γέννησης αιτήσεων αλλά και περιόδους ύφεσης οπότε και ο ρυθμός γέννησης αιτήσεων περιορίζεται σημαντικά.



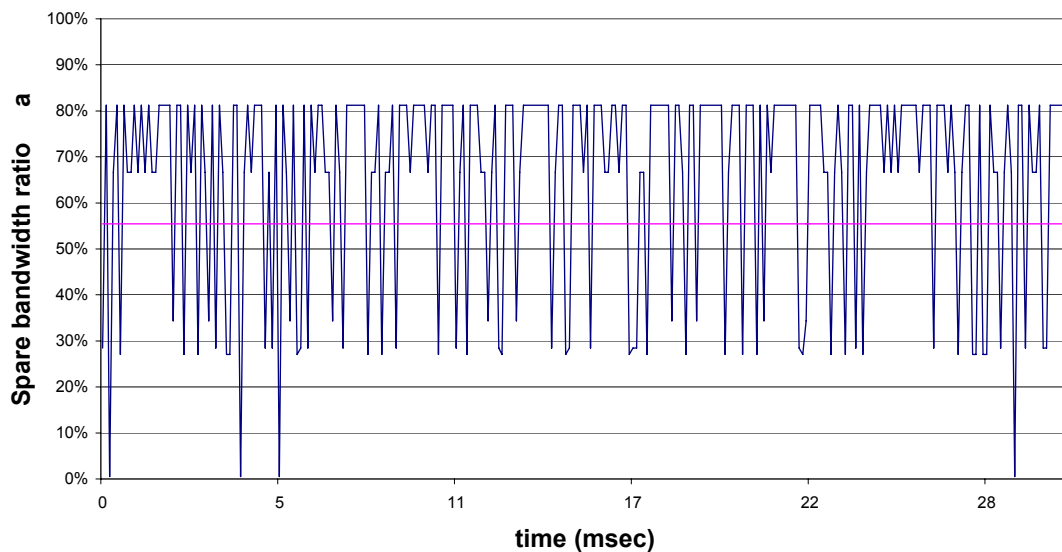
Σχήμα 43 Λειτουργική αρχιτεκτονική οντοτήτων στο περιβάλλον προσομοίωσης.

Οι αιτήσεις μεταβιβάζονται στην οντότητα Ελέγχου Κλήσης (CC) όπου και λαμβάνεται η απόφαση ικανοποίησης των αιτήσεων ή απόρριψης τους. Η απόφαση αυτή βασίζεται στην διαθεσιμότητα των πόρων τη στιγμή της αίτησης και λαμβάνεται με χρήση του αλγορίθμου ισοδύναμης χωρητικότητας. Στην περίπτωση θετικής απόκρισης σε από τις διαδικασίες που περικλείει η οντότητα Ελέγχου Κλήσης, χρειάζεται να λάβει χώρα επικοινωνία με την απόμακρη οντότητα Ελέγχου Αποδοχής Κλήσης (CAC) στο Δίκτυο Πρόσβασης, ώστε να διευκρινιστεί αν υπάρχουν οι απαραίτητοι πόροι διαθέσιμοι και σε αυτή τη περιοχή. Για απλούστευση του υπό μελέτη συστήματος υποθέτουμε πως το Δίκτυο Πρόσβασης θα έχει πάντα διαθεσιμότητα πόρων, κατάσταση όμως η οποία δεν απέχει πολύ από την πραγματικότητα. Για την επικοινωνία των δύο οντοτήτων που εκτελούν τις διαδικασίες ελέγχου διαθεσιμότητας των πόρων χρησιμοποιείται το Πρωτόκολλο Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης (B-BCCP).

Εκτός από τις οντότητες που περικλείουν την λειτουργικότητα του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης χρειαζόμαστε και μία οντότητα που θα αναπαριστά το κανάλι που χρησιμοποιεί το Πρωτόκολλο Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης για να μεταφέρει τα μηνύματα μεταξύ του Κόμβου Παροχής Υπηρεσιών και του Δικτύου Πρόσβασης. Σκοπός της μελέτης είναι να επιβλέψουμε

τα μηνύματα που διέρχονται από κανάλι αυτό ώστε να διαπιστώσουμε τα επίπεδα πλήρωσης του διαθέσιμου εύρους ζώνης που έχει αποδοθεί σε αυτό το κανάλι. Τα επίπεδα αυτά θα μας χρησιμεύσουν στο να προσδιορίσουμε το ποσοστό του εύρους ζώνης που παραμένει αχρησιμοποίητο λόγω της δέσμευσης της εμφωλίας των μηνυμάτων του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης σε πακέτα πρωτοκόλλου Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης.

Στο Σχήμα 44 βλέπουμε τα αποτελέσματα της προσομοίωσης για το σενάριο μίξης υπηρεσιών που περιγράφηκε στην προηγούμενη θεωρητική μελέτη. Σε αυτό σχήμα βλέπουμε ένα χρονικό στιγμιότυπο της κατάστασης του καναλιού του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης, όπου τα εκάστοτε μηνύματα αναπαριστούνται με βάση του ποσοστού μη πλήρωσης του αποδιδόμενου σε αυτά εύρους ζώνης λόγω ακριβώς της εμφωλίας σε πακέτα πρωτοκόλλου Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης. Επίσης έχει προστεθεί και η μέση τιμή η οποία προκύπτει από τον συνολικό αριθμό μηνυμάτων και όχι μόνο από αυτά που παρατηρούνται στο στιγμιότυπο στο Σχήμα 44. Η μέση αυτή τιμή υπολογίστηκε ότι ισούται με 55,45% για την υπό μελέτη περίπτωση. Αυτή η τιμή είναι πολύ κοντά στη τιμή που προέκυψε από τη θεωρητική μελέτη και η οποία ισούται με 55%. Συνεπώς μπορούμε να ισχυριστούμε πως τα θεωρητικά και πειραματικά αποτελέσματα συμβαδίζουν αν λάβουμε υπόψη μας ένα ποσοστό στατιστικού λάθους που δικαιολογείται για τα περιβάλλοντα προσομοίωσης.

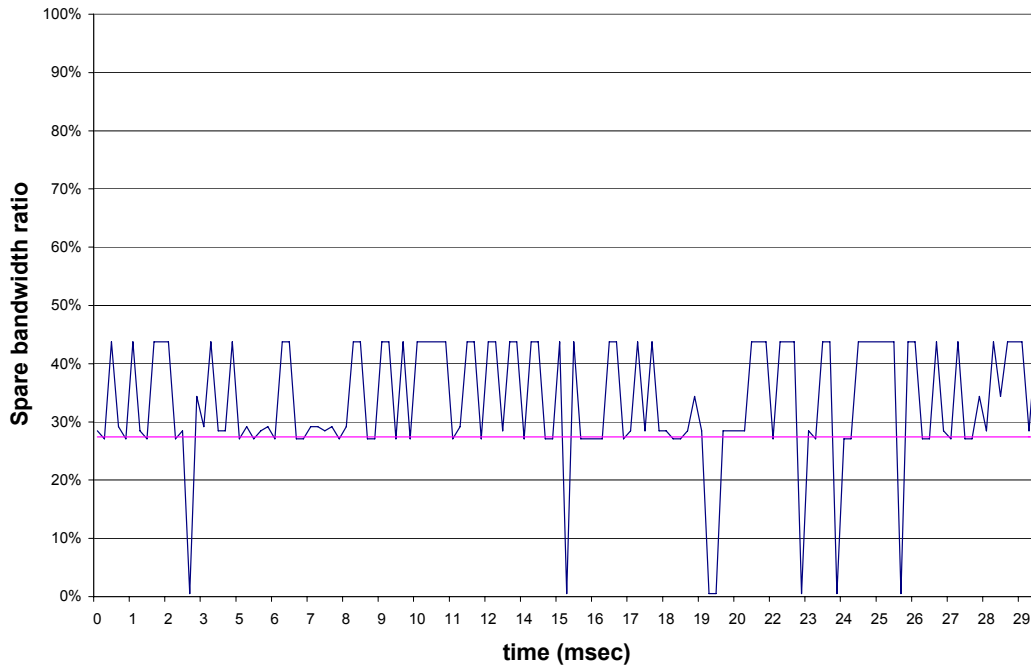


Σχήμα 44 Χρονικό στιγμιότυπο του ποσοστού μη πλήρωσης του αποδιδόμενου εύρους ζώνης του καναλιού μεταφοράς μηνυμάτων του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης για κάθε διερχόμενο μήνυμα.

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε πως μεγάλο ποσοστό του εύρους ζώνης του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης παραμένει ανεκμετάλλετο λόγω της ύπαρξης μηνυμάτων που καταλαμβάνουν πολύ μικρό ποσοστό του αποδιδόμενου σε αυτά εύρους ζώνης λόγω της εμφωλίας σε πακέτα πρωτοκόλλου Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης. Αυτά τα μηνύματα όπως φαίνεται και από τον Πίνακα 6 καταλαμβάνουν 9 ή 16 οκτάδες δυαδικών ψηφίων (bytes), για

τα μηνύματα που εμπλέκονται σε αυτή τη μελέτη. Αυτό το μέγεθος είναι τέτοιο που θα μας επέτρεπε να εμφωλιάσουμε τρία μηνύματα του ίδιου είδους σε ένα πακέτο πρωτοκόλλου Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης που έχει μέγεθος 48 οκτάδων δυαδικών ψηφίων. Σε αυτή την περίπτωση η ομαδοποίηση ομοειδών μηνυμάτων θα συνεπάγεται μια καθυστέρηση ομαδοποίησης η οποία θα οφείλεται στη διακύμανση του ρυθμού γέννησης των αιτήσεων χρήστη που αντιστοιχούν σε αυτά τα μηνύματα. Λόγο όμως της συμφωνίας σε αυτή τη μελέτη ότι το σύστημα θα λειτουργεί σε πλήρη φόρτο, η καθυστέρηση αυτή αναμένεται να έχει μικρές σχετικά τιμές, ώστε να κρίνεται ικανοποιητική για την συμπεριφορά του συνολικού συστήματος, χωρίς να αυξάνει σημαντικά τη συνολική καθυστέρηση απόκρισης στα μηνύματα αιτήσεων χρήστη σε σχέση με το μέγιστο αποδεκτό όριο των 100 msec. Παράλληλα, βελτιώνεται η απόδοση του συστήματος μιας και περιορίζεται η καθυστέρηση πρόσβασης στο κανάλι του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης που παρουσιάζεται στα μηνύματα. Κάθε μήνυμα που αποστέλλεται από και προς τις εμπλεκόμενες οντότητες Δικτύου Πρόσβασης και Κόμβου Παροχής Υπηρεσιών ενταμιεύεται προσωρινά σε κάποια ενδιάμεση μνήμη έως τη στιγμή που θα αποκτήσει πρόσβαση στο κανάλι. Αυτό γίνεται γιατί ο ρυθμός δημιουργίας των μηνυμάτων, που αντιστοιχεί στο ρυθμό γέννησης των αιτημάτων χρήστη, δεν είναι σταθερός αλλά κυμαινόμενος με αποτέλεσμα παροδικά να υπερβάλλεται ο μέγιστος αριθμός μηνυμάτων που μπορούν να εξυπηρετηθούν από το κανάλι ανά χρονική περίοδο. Η ενδιάμεση μνήμη χρησιμοποιείται γιατί δεν θέλουμε να χάσουμε κανένα μήνυμα. Συνέπεια όλων αυτών είναι να περιορίζεται η τιμή αυτής της καθυστέρησης αν ομαδοποιήσουμε προς εμφωλίαση τα μηνύματα μιας και περιορίζεται ο συνολικός αριθμός των μηνυμάτων που αναμένουν να αποκτήσουν πρόσβαση στο κανάλι. Αυτή η διαφορά είναι σημαντική και η βελτίωση του συστήματος κυμαίνεται στα επίπεδα του 600%, δηλαδή ο μέσος χρόνος καθυστέρησης που εμφανίζεται είναι 6 φορές περίπου μικρότερος στην περίπτωση ομαδοποίησης των μηνυμάτων προς εμφωλιασμό σε σχέση με τη κλασική μέθοδο εμφωλιασμού κάθε μηνύματος χωριστά. Αυτή η τιμή προκύπτει για τις συγκεκριμένες συνθήκες πραγμάτωσης της μελέτης που περιγράφηκαν ως άνω.

Εν κατακλείδι, το αποτέλεσμα της μεθόδου ομαδοποίησης μηνυμάτων προς εμφωλιασμό σε πακέτα πρωτοκόλλου Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης έχουν επίπτωση και στο ποσοστό πλήρωσης του εύρους ζώνης του καναλιού. Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 45, το χρονικό στιγμιότυπο της διέλευσης μηνυμάτων από το κανάλι δείχνει πολύ χαμηλότερες τιμές του ποσοστού μη πλήρωσης του αποδιδόμενου εύρους ζώνης με μέγιστη τιμή το 43%, ενώ παράλληλα η μέση τιμή φτάνει το 27,43%. Η βελτίωση αυτή είναι σε γενικές γραμμές ο διπλασιασμός της χρησιμοποίησης του αποδιδόμενου σε κάθε μήνυμα εύρους ζώνης σε σχέση με τα 81,3% και 55,45% της κλασικής μεθόδου εμφωλιασμού.



Σχήμα 45 Χρονικό στιγμιότυπο του ποσοστού μη πλήρωσης του αποδιδόμενου εύρους ζώνης του καναλιού μεταφοράς μηνυμάτων του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης για κάθε διερχόμενο μήνυμα για την περίπτωση της κατά περίπτωση ομαδοποίησης μηνυμάτων.

4.6. Συμπεράσματα

Με την παραπάνω τμηματική μελέτη εκτιμήσαμε το απαιτούμενο εύρος ζώνης του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης ώστε να μπορούν να υποστηρίζονται από το σύστημα όσο το δυνατόν μεγαλύτερος αριθμός χρηστών. Αυτός ο αριθμός καθορίστηκε από τις συνθήκες που ορίσαμε κατά την φάση του προσδιορισμού του προβλήματος και επιλέχθηκε ώστε να παρομοιάζει αρκετά μία ρεαλιστική κατάσταση.

Εκτός από αυτό, εκτιμήσαμε και το ποσοστό χρησιμοποίησης του εύρους ζώνης αυτού κάτω από διάφορες συνθήκες αλλά και από αυτές που μας οδήγησαν στο προηγούμενο συμπέρασμα. Σαν συμπέρασμα καταλήξαμε στο ότι σχεδόν το μισό εύρος ζώνης του καναλιού του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης παραμένει ανεκμετάλλευτο κάτω από της συνθήκες εργασίας της μελέτης.

Συνεπώς, σε συνθήκες υψηλού φορτίου θα ήταν αποδοτικό να ομαδοποιήσουμε τα μηνύματα του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης που παρουσιάζουν χαμηλό ποσοστό χρησιμοποίησης του εύρους ζώνης του αντίστοιχου καναλιού ώστε να επιτύχουμε βέλτιστη απόδοση. Σε συνθήκες υψηλού φορτίου μας ενδιαφέρει η εξοικονόμηση εύρους ζώνης για να μπορέσουμε να ικανοποιήσουμε μεγαλύτερο αριθμό χρηστών. Ένας καλά ορισμένος αλγόριθμος ομαδοποίησης θα οδηγούσε στον διπλασιασμό σχεδόν του αριθμού χρηστών που θα έχει τη δυνατότητα το σύστημα να εξυπηρετεί και συνεπώς διπλασιασμό του δυνατού αριθμού χρηστών για το δεδομένο εύρος ζώνης του καναλιού του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης.

Παράλληλα, η δυνατότητα ομαδοποίησης κάποιων μηνυμάτων προς εμφωλιασμό από κοινού σε πακέτα πρωτοκόλλου Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης επιδρά σημαντικά στην συμπεριφορά του συστήματος, βελτιώνοντας το ποσοστό πλήρωσης του αποδιδόμενου εύρους ζώνης του καναλιού για κάθε μήνυμα ή κάθε ομάδα μηνύματος. Επίσης περιορίζεται και η καθυστέρηση που παρουσιάζεται κατά την προσπάθεια πρόσβασης στο κανάλι από τα μηνύματα τα οποία διαφυλάσσουμε προσωρινά σε ενδιάμεσες μνήμες για να αποφύγουμε πιθανή απώλεια τους λόγω του κυμαινόμενου ρυθμού γέννησης τους και δεδομένου μεγέθους του εύρους ζώνης του καναλιού.

Το σημείο προσαρμογής $V_{B5.2}$ αναπτύχθηκε, μελετήθηκε και υλοποιήθηκε στα πλαίσια του Ευρωπαϊκού προγράμματος ACTS 094 με τίτλο EXPERT-VIKING.

4.7. Αναφορές

- [1] ETSI Draft EN 301 217-1 “*V interfaces at the digital Service Node; Interfaces at the $V_{B5.2}$ reference point for the support of broadband or combined narrowband and broadband Access Networks; Part 1: Interface specification*”, Version 1.1.2, March 1999.
- [2] ETSI Draft DE/SPS-03046-1, “*V interfaces at the digital Service Node; Interfaces at the $V_{B5.1}$ reference point for the support of broadband or combined narrowband and broadband Access Networks; Part 1: Interface specification*”, October 1996.
- [3] ITU-T Draft new recommendation G.967.2 “*V-Interfaces at the Service Node – $V_{B5.2}$ Reference Point Specification*”, March 1998.
- [4] ITU-T Draft new recommendation G.V_{B5.1} “*V-interfaces at the Service Node – $V_{B5.1}$ reference point specification*”, June 1997.
- [5] EXPERT-VIKING Deliverable DV3, “*B-BCCP Simulation and Experiments Definition*”, Editor: Giannis Pikrammenos, National Technical University of Athens, November 1998.
- [6] EXPERT WP1.2 deliv. B2, “*Specification of new access equipment and V_{B5} interface*”, March 1996.
- [7] AC022/BONAPARTE Deliverable 15, “ *V_{B5} Interface High Level Specifications*”, November 1996.
- [8] AC022/BONAPARTE Deliverable 18, “ *V_{B5} Interface Low Level Specifications*”, August 1997.
- [9] The ATM Forum Technical Committee af-sig-0061.000 (07/96) – “*ATM User Network Interface (UNI) Signalling Specification v 4.0*”.
- [10] ITU-T Recommendation Q.2931, “*Broadband Integrated Services Digital Network – Digital subscriber signalling system No.2 (DSS2) - User-Network Interface (UNI) Layer 3 specification for basic call/connection control*”, February 1995.
- [11] ITU-T Q.2961, “*B-ISDN Application Protocols for Access Signalling – Additional Traffic Parameters*”.
- [12] H. G. Perros, K. M. Elsayed, “*Call Admission Control Schemes: A Review*”, IEEE Communications Magazine, November 1996.

- [13] K.-D. Schunke, “*Simulations of ETSS 300 800*”, 12th DVB-RCCL Meeting, Geneva, September 1999.
- [14] X. Guo, C. Pattinson, “*Effective bandwidth for ATM Connection Admission Control*”, School of Computing Leeds Metropolitan University, April 1998.
- [15] EXPERT WP4 deliverable 10, “*First Results from Trial of Optimised Traffic Control Features*”, March 1997.
- [16] H. Balemans, L.D'Ascoli, P. Casaschi, R. Porobic, I. Venieris, S. Fragoulopoulos, “*V_{B5}: the Broadband Access Interface for Open Network Provision*”, 2nd IDC for Network Interoperability, Madeira, Basel, Ottawa, June 1997.
- [17] D. E. McDysan, D. L. Spohn, “*ATM Theory and Application*”, McGraw-Hill, Inc. 1994.
- [18] U. Black, “*Data Networks*”, Prentice-Hall Inc. 1989.
- [19] U. Black, “*ATM Volume I: Foundation for Broadband Networks, 2nd Edition*”, Prentice-Hall Inc. 1999.
- [20] U. Black, “*ATM Volume II: Signaling in Broadband Networks*”, Prentice-Hall Inc. 1998.
- [21] M. dePrycker, “*Asynchronous Transfer Mode, Solutions for Broadband ISDN, 2nd Edition*”, Prentice-Hall Inc. 1993.
- [22] U. Killat, “*Access to B-ISDN via PONs*”, Wiley 1996.
- [23] S. Rao, “*Broadband Access and NI Chain Guidelines*”, ACTS September 1999.
- [24] Ι. Σ. Βενιέρης, «*Δίκτυα Ευρείας Ζώνης*», ΕΜΠ, 1998.
- [25] D. Minoli, “*Telecommunications Technology Handbook*”, Artech House Inc. 1991.
- [26] D. Minoli, G. Dobrowski “*Principles of Signaling for Cell Relay and Frame Relay*”, Artech House Inc. 1995.
- [27] M. Schwartz, “*Broadband Integrated Networks*”, Prentice-Hall Inc. 1996.
- [28] T. M. Chen, S. S. Liu, “*ATM Switching Systems*”, Artech House Inc. 1995.
- [29] R. O. Onvural, “*Asynchronous Transfer Mode Networks*”, Artech House Inc. 1994.

Κεφάλαιο 5ο Συσχέτιση του σημείου προσαρμογής $V_{B5.2}$ με το Παγκόσμιο Σύστημα Κινητών Τηλεπικοινωνιών (UMTS)

«Εφ’ όσον πιστεύουμε ότι το Σύμπαν δεν αναπτύσσεται τυχαία, αλλά εξελίσσεται σύμφωνα με κάποιους νόμους, είμαστε υποχρεωμένοι να προσπαθούμε να συνδυάσουμε τις επιμέρους θεωρίες σε μια πλήρη ενιαία θεωρία που καθορίζει τα πάντα μέσα σε αυτό. Υπάρχει όμως κάποιο θεμελιώδες παράδοξο στην διαδικασία αναζήτησης μιας τέτοιας πλήρους ενιαίας θεωρίας. Οι ιδέες για τις επιστημονικές θεωρίες που σκιαγραφήθηκαν προηγουμένως προϋποθέτουν ότι οι άνθρωποι είναι νοήμονα όντα, ελεύθερα να παρατηρούν το Σύμπαν και ικανά να εξάγουν σωστά συμπεράσματα από τις παρατηρήσεις τους. Υποθέτοντας λοιπόν ότι έχουμε την δυνατότητα να αναζητήσουμε μια πλήρη ενιαία θεωρία και να προοδεύσουμε στη διαδικασία αυτής της αναζήτησης. Αν όμως υπάρχει πράγματι μια πλήρης ενιαία θεωρία, αφού αυτή θα καθορίζει τα πάντα μέσα στο Σύμπαν, θα καθορίζει επίσης και τις πράξεις μας. Κατά συνέπεια θα καθορίζει και τα αποτελέσματα της αναζήτησης μας για αυτήν! Και γιατί πρέπει να καθορίζει ότι θα εξάγουμε σωστά συμπεράσματα από τις παρατηρήσεις; Δεν θα μπορούσε εξίσου καλά να καθορίζει ότι θα εξάγουμε λανθασμένα συμπεράσματα;

Η μόνη απάντηση που μπορώ να δώσω στο συγκεκριμένο πρόβλημα βασίζεται στην ‘αρχή της φυσικής επιλογής’ της θεωρίας του Δαρβίνου... Αφού όμως το Σύμπαν έχει εξελιχθεί με έναν κανονικό τρόπο μπορούμε να περιμένουμε ότι οι ικανότητες εξαγωγής των σωστών συμπερασμάτων (που τις κληρονομήσαμε μέσω της φυσικής επιλογής) θα εξακολουθήσουν να ισχύουν και κατά τη διαδικασία αναζήτησης μιας πλήρους ενιαίας θεωρίας και δεν θα μας οδηγήσουν σε λανθασμένα συμπεράσματα...»

ΤΟ ΧΡΟΝΙΚΟ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ,
S. W. Hawking,
Εκδόσεις Κάτοπτρο, 1988.

5.1. Εισαγωγή

Το Παγκόσμιο Σύστημα Κινητών Τηλεπικοινωνιών (Universal Mobile Telecommunications System (UMTS)) [1] αποτελεί την υλοποίηση της νέας γενιάς τεχνολογίας κινητών επικοινωνιών όπου οι παρεχόμενες ατομικές υπηρεσίες θα βασίζονται σε ένα συνδυασμό σταθερών και ασύρματων / κινητών τεχνολογιών υπηρεσίας ώστε να παρέχει στους χρήστες ένα ενιαίο περιβάλλον παροχής υπηρεσιών από άκρο σε άκρο. Προϋπόθεση για την επίτευξη αυτού του στόχου αποτελούν τα ακόλουθα:

- η παροχή μιας ενιαίας παρουσίασης της υπηρεσίας προς τον χρήστη τόσο σε ενσύρματο όσο και σε ασύρματο περιβάλλον,
- τεχνολογία κινητών επικοινωνιών η οποία υποστηρίζει σε γενικές γραμμές ένα εξαιρετικά ευρύ φάσμα υπηρεσιών και εφαρμογών τηλεπικοινωνιακής φύσης,
- δυναμική, ευέλικτη ανάθεση εύρους ζώνης σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών, και
- προτυποποίηση η οποία θα επιτρέπει τη δυνατότητα πλήρους περιαγωγής και διαλειτουργικότητας όπου αυτό είναι αναγκαίο αλλά ταυτόχρονα επιδεικνύοντας σεβασμό στην ιδιοκτησιακή διαφοροποίηση του δικτύου εφαρμογής την περιγραφή ευφυών, προσαρμοζόμενων στις συνθήκες αγορών.

Με το Παγκόσμιο Σύστημα Κινητών Τηλεπικοινωνιών σε θέση να υποστηρίξει πλήρως τις δυνατότητες του ως το ενσωματωμένο ασύρματο μέρος του Ψηφιακού Δικτύου Ενοποιημένων Υπηρεσιών Ευρείας Ζώνης, οι τηλεπικοινωνίες θα έχουν κάνει ένα μεγάλο βήμα προς την κατεύθυνση του ενός, ενοποιημένου συστήματος ατομικών επικοινωνιών που να υποστηρίζει παράλληλα σταθερά και κινητά τερματικά. Τα ασύρματα δίκτυα πρόσβασης θα αποκτήσουν την δυνατότητα παροχής υπηρεσιών που ήταν αποκλειστικό προνόμιο των σταθερών, όπως οι υπηρεσίες ευρείας ζώνης της τάξης των 2 Mbps, αλλά και τα σταθερά θα αποκτήσουν ευελιξία και ο παραδοσιακός ορισμός της ταυτότητας χρήστη που υποδείκνυε τον τόπο προέλευσης αλλά και εγκατάστασης του τερματικού θα αποκτήσει νέες διαστάσεις.

Με άλλα λόγια, το Παγκόσμιο Σύστημα Κινητών Τηλεπικοινωνιών θα συνδράμει στην σύγκλιση των εννοιών της κινητικότητας τερματικού των ασυρμάτων και της ατομικής κινητικότητας (χρήστη) των σταθερών δικτύων. Για να μπορέσει να προσφέρει στους χρήστες την διευρυμένη χωρητικότητα που απαιτείται για υπηρεσίες που ως πριν παρέχονταν μόνο σε αυτούς των σταθερών δικτύων, όπως εφαρμογές εικονικής διάσκεψης (videoconference) οι οποίες απαιτούν ως και 2 Mbps, επιβάλλεται η υποστήριξη μεταβαλλόμενης, κατά παραγγελία (on-demand) ανάθεση εύρους ζώνης. Με αυτό τον τρόπο θα συνδυάζεται η παροχή ενός μεγάλου εύρους εφαρμογών για ατομική, επαγγελματική η ακόμα και οικιακή χρήση. Συγκεκριμένα, όσον αφορά την κινητή τηλεφωνία θα ενθαρρύνει την ανάπτυξη μικρών, χαμηλού κόστους, χαμηλής κατανάλωσης συσκευών κινητής τηλεφωνίας που θα έχουν την δυνατότητα μετάδοσης ήχου και δεδομένων σε ποιοτικές γραμμές μετάδοσης. Επίσης θα συμπεριλάβει και τις δορυφορικές επικοινωνίες, αναγόμενο σε σύστημα τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών παγκόσμιας κάλυψης.

Έτσι, ιδανικά για τον χρήστη τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών του 21^{ου} αιώνα δεν θα πρέπει να υπάρχει διάκριση των δυνατοτήτων υπηρεσίας μεταξύ σταθερού και ασύρματου δικτύου πρόσβασης, αλλά να υπάρχει η δυνατότητα επιλογής από μία συγκεκριμένη γκάμα υπηρεσιών με ομοιόμορφο τρόπο, υπηρεσιών που χρήζουν

διαδικασιών ελέγχου και επαναφοράς (consistency), επίδοσης και ποιότητας υπηρεσίας, αδιάφορα από:

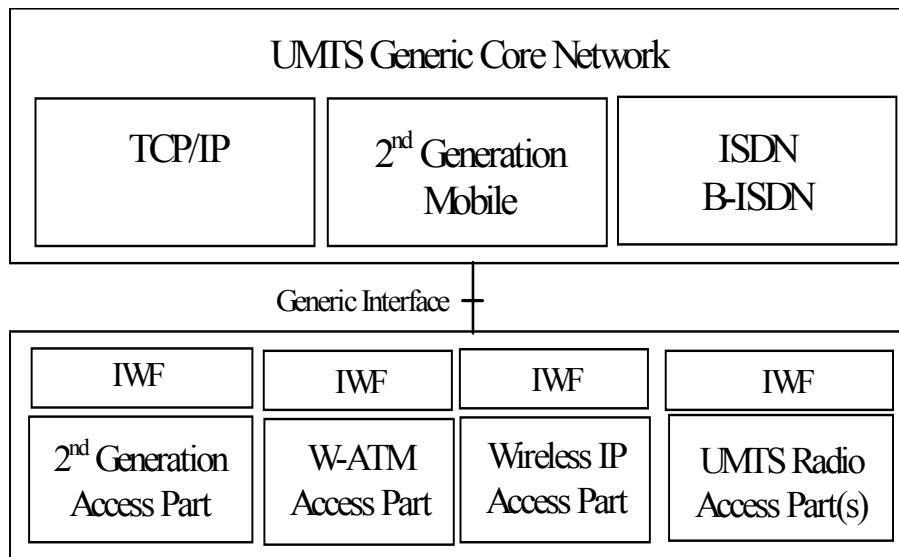
- το μέσο πρόσβασης (ενσύρματο ή ασύρματο),
- την εφαρμογή (κινητής τηλεφωνίας, ασύρματης τηλεφωνίας, δορυφορικής τηλεφωνίας, κ.ά.),
- τον τρόπο παροχής των υπηρεσιών (μέσω δημόσιου ή ιδιωτικού φορέα),
- του περιβάλλοντος εφαρμογής (οικιακό, στο δρόμο, κατά τη μεταφορά, στο γραφείο, κ.ά.), και
- της μορφολογίας του γεωγραφικού περιβάλλοντος (αστικό, ημιαστικό, ορεινό, κ.ά.).

Στα πλαίσια εφαρμογής του Παγκόσμιου Συστήματος Κινητών Τηλεπικοινωνιών θα πρέπει να ενθαρρύνεται η εφευρετικότητα, η απελευθέρωση και ο ανταγωνισμός των παρεχόμενων τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών. Με αυτό τον τρόπο θα γίνει δυνατή η επίτευξη μίας αγοράς υπηρεσιών που θα λαμβάνει ευφυής αποφάσεις ανάπτυξης ώστε να δυνατή η κοινή χρήση των πόρων του εγκατεστημένου εξοπλισμού του εκάστοτε οργανισμού παροχής υπηρεσιών (service providers) από τρίτους χωρίς να συνεπάγεται την σύγκρουση ή την άλληλα εξουδετέρωση τους. Έτσι θα συνδυαστούν ο βέλτιστος τρόπος εκμετάλλευσης των περιορισμένων κατά τα άλλα πόρων ραδιοζεύξης, αλλά και η γρήγορη προσαρμογή στις απαιτήσεις της αγοράς με την ανάπτυξη λύσεων παροχής υπηρεσίας τόσο σε επίπεδο τερματικού όσο και σε επίπεδο Κόμβου Παροχής Υπηρεσιών αδιάφορα με το τεχνολογικό ή ιδιοκτησιακό καθεστώς της περιοχής εφαρμογής της παρεχόμενης υπηρεσίας. Για τον σκοπό αυτό θα πρέπει να υποστηρίζονται τόσο οι προτυποποιημένες δημόσιες υπηρεσίες, όπως η παροχή φωνητικής ζεύξης κάτω από όλες τις τεχνολογικές, ιδιοκτησιακές και επιβαλλόμενες από την εφαρμογή συνθήκες, όσο και υπηρεσίες συμβατές με το ιδιοκτησιακό καθεστώς.

Στόχος όλων αυτών είναι προαγωγή της σχεδίασης και κατασκευής τερματικών συσκευών χρήστη με ανθρωποκεντρικό χαρακτήρα αλλά και πολλαπλών λειτουργιών, με αρχικό κόστος και εξοπλισμένο με σύνολο υπηρεσιών που να προσελκύουν τον χρήστη. Παραδείγματα εφαρμογών που θα καλύπτονται από το Παγκόσμιο Σύστημα Κινητών Τηλεπικοινωνιών αποτελούν η τηλεφωνία, η τηλεεργασία, η αγορά από μακρού, η αλληλεπιδραστική εκπαίδευση, η αναζήτηση στο διαδίκτυο, κ.ά. Για τον σκοπό αυτό θα αναπτυχθεί ένα ασύρματο περιβάλλον πρόσβασης των χρηστών, αδιάφορα από το αν είναι συνδεδεμένοι και στο σταθερό δίκτυο. Για τις παραπάνω εφαρμογές θα απαιτηθεί ποικιλία εύρους ζώνης, η οποία κυμαίνεται από 144 kbps (2B+D) για τηλεφωνία ποιότητας εφάμιλλης αυτής του Ψηφιακού Δικτύου Ολοκληρωμένων Υπηρεσιών (ISDN) που θα παρέχεται για εφαρμογές πλήρους κινητικότητας, σε 384 kbps για εφαρμογές περιορισμένης κινητικότητας, αλλά και σε 1Mbps για αλληλεπιδραστικές εφαρμογές, σε 1,5 Mbps για πραγματικού χρόνου κινούμενης εικόνας (video) εφαρμογές μέσης ανάλυσης ή ακόμα και σε 2,048 Mbps για εφαρμογές εικονικής διάσκεψης σε περιπτώσεις μόνο περιορισμένης κινητικότητας. Όπως είναι φανερό, το πλήρες εύρος ζώνης δεν μπορεί να υποστηριχτεί από όλες τις εφαρμογές και τα περιβάλλοντα ασύρματης επικοινωνίας, αλλά κατά περίπτωση με κόστος κινητικότητας. Όλες αυτές οι εφαρμογές θα ομαδοποιούνται, αντιστοιχώντας σε ατομικού χαρακτήρα υπηρεσίες πολυμέσων οι οποίες θα προϋποθέτουν ευέλικτη και κατ' απαίτηση ανάθεση πόρων αλλά δεν θα περιορίζονται στον κατά περίπτωση ρυθμό μετάδοσης δυαδικού ψηφίου.

Συνέπεια όλων αυτών είναι ο σχεδιασμός ενός φέροντος διαύλου ο οποίος θα μπορεί να αντισταθμίζει τον αριθμό των χρηστών με τις κατά περίπτωση απαιτήσεις τους. Επίσης θα πρέπει να σχεδιαστούν τα συστήματα των οργανισμών παροχής υπηρεσιών αλλά και των οργανισμών λειτουργίας δικτύου (network operators) με τέτοιο τρόπο που να είναι σε θέση να προσαρμόζονται στις μεταβαλλόμενες απαιτήσεις των παρεχόμενων υπηρεσιών αλλά και να επιτρέπουν την υποστήριξη καινοτόμων υπηρεσιών.

Μια άλλη διάσταση του δικτύου Παγκόσμιου Συστήματος Κινητών Τηλεπικοινωνιών είναι η επιθυμητή υποστήριξη κίνησης πακέτων Πρωτοκόλλου Διαδικτύου (IP), όπως φαίνεται στο Σχήμα 46. Αυτό επιτυγχάνεται με την υποστήριξη ποικιλίας τρόπων μετάδοσης, όπως η μεταγωγή πακέτου, η μεταγωγή κυκλώματος και το εικονικό κύκλωμα. Εκμεταλλευόμενοι την παράλληλη εργασία σε άλλους οργανισμούς και συγκεκριμένα σε αυτόν που σχετίζεται άμεσα με το Πρωτόκολλο Διαδικτύου την Ομάδα Εργασίας Μηχανικής Διαδικτύου (IETF) οι οποίοι επεκτείνουν τις δυνατότητες του συγκεκριμένου πρωτοκόλλου προς τις απαιτήσεις του περιβάλλοντος των κινητών επικοινωνιών. Η νέα έκδοση του Πρωτοκόλλου Διαδικτύου (IP v6) [2] που συμπεριλαμβάνει και παραμέτρους όπως η ποιότητα υπηρεσίας (QoS) ρυθμού δυαδικού ψηφίου αλλά και λάθους δυαδικού ψηφίου που είναι ζωτικής σημασίας για τα ασύρματα δίκτυα θα συμβάλει στην προσέγγιση των δύο τεχνολογιών. Παράλληλα, οι βελτιώσεις στα ονόματα τομέων του Πρωτοκόλλου Διαδικτύου θα επιτρέψουν εν συνόλω την μονοσήμαντη απόδοση διεύθυνσης για κάθε χρήστη ανεξάρτητα από την τερματική συσκευή, την εφαρμογή ή την τοποθεσία, επιτείνοντας την ευελιξία και την δυνατότητα χρησιμοποίησης του δικτύου.



Σχήμα 46 Αρχιτεκτονική Παγκόσμιου Συστήματος Κινητών Τηλεπικοινωνιών (UMTS).

Από τα παραπάνω, συμπεράνουμε τα ακόλουθα επιθυμητά χαρακτηριστικά του Παγκόσμιου Συστήματος Κινητών Τηλεπικοινωνιών, που το διαφοροποιούν σε γενικές γραμμές από τα υπάρχοντα συστήματα 2^{ης} γενεάς:

- η παροχή ως και 2 Mbps χωρητικότητα απλού φορέα για μετάδοση προβλεπόμενων, καινοτόμων και μελλοντικών υπηρεσιών,
- η υποστήριξη δικτύων πρόσβασης ευρείας ζώνης με τον συγκερασμό του Παγκόσμιου Συστήματος Κινητών Τηλεπικοινωνιών με αυτό του Δικτύου Πρόσβασης Ολοκληρωμένων Υπηρεσιών Ευρείας Ζώνης με χρήση του Πρωτοκόλλου Ασύγχρονης Μετάδοσης ,
- η υποστήριξη μεγάλης ποικιλίας εφαρμογών οι οποίες θα είναι δυνατόν να μορφοποιηθούν ανάλογα με τις επιλογές του χρήστη,
- η παροχή ποιότητας υπηρεσίας που θα είναι τουλάχιστον εφάμιλλη αυτής των σταθερών δικτύων,
- να καταστεί ένα ανοιχτό περιβάλλον για την δημιουργία νέων, καινοτόμων υπηρεσιών και εφαρμογών κατά παραγγελία,
- να υποστηρίζει όλες τις υπηρεσίες και τον σχετιζόμενο τερματικό εξοπλισμό που έχουν σχέση με τα μελλοντικά τοπικά δίκτυα διανομής του σταθερού δικτύου,
- να παρέχει εύρος ζώνης του καναλιού μετάδοσης ευέλικτα, γρήγορα, και κατά παραγγελία του χρήστη,
- να υποστηρίζει τις υπηρεσίες τόσο των ιδιωτικών όσο και των δημοσίων δικτύων με έναν αμοιβαίο, μη καταστροφικό τρόπο,
- να παρέχει συμβατότητα μεταξύ των διαδικασιών των ευφυών δικτύων και των λειτουργιών για τα σταθερά και ασύρματα συστήματα,
- να αποτελέσει παράγοντα σύγκλισης για τα υπάρχοντα ασύρματα συστήματα ενώ παράλληλα διατηρεί την ελευθερία του χρήστη να επιλέγει υπηρεσίες και εφαρμογές ανάλογα με τις απαιτήσεις του,
- να λειτουργεί σε παγκόσμιο επίπεδο, κάτω από οποιοδήποτε περιβάλλον η γεωγραφική τοπολογία καθώς και να επιτρέπει την περιαγωγή σε αυτά,
- να υποστηρίζει την απελευθέρωση και τον ανταγωνισμό στην παροχή τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών πάνω από όλες τις τεχνολογίες και μεταξύ όλων των εφαρμογών,
- να μοιράζει τους πόρους του ραδιοφάσματος μεταξύ πολλαπλών λειτουργιών δικτύου (network operators), ιδιωτικών και δημόσιων,
- να μοιράζει τους πόρους του ραδιοφάσματος μεταξύ όλων των εφαρμογών με ένα αμοιβαίο και μη καταστρεπτικό τρόπο,
- να μοιράζει τους πόρους του ραδιοφάσματος μεταξύ ενός συνόλου πολύ βασικών πρότυπων υπηρεσιών και των όχι και τόσο βασικών, καινοτόμων, και προσαρμοζόμενων στις ανάγκες τις αγοράς υπηρεσιών.

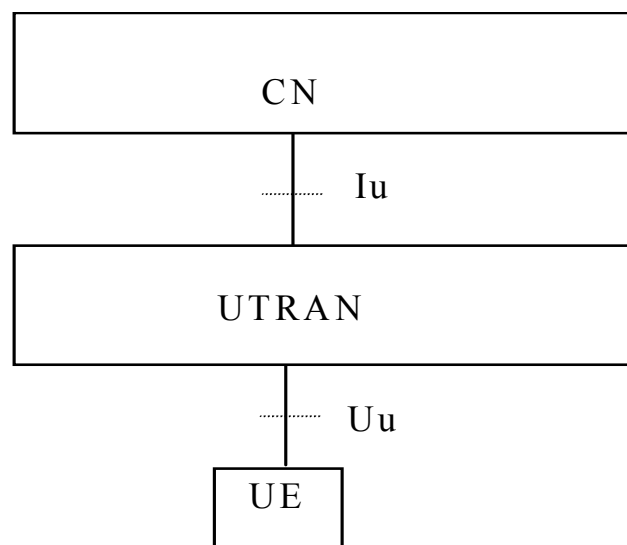
Αυτό το σύνολο των απαιτούμενων προδιαγραφών περιγράφει σε γενικές γραμμές τα χαρακτηριστικά μιας τεχνολογίας ασύρματων δικτύων 3^{ης} γενεάς με στόχο την σύγκλιση σταθερών και ασυρμάτων δικτύων σε ένα ενιαίο με ποιότητα υπηρεσίας που να είναι συμβατή με αυτή του Ψηφιακού Δικτύου Ολοκληρωμένων Υπηρεσιών Ευρείας Ζώνης.

Προς αυτή τη κατεύθυνση κινούνται και οι προσπάθειες επέκτασης της λειτουργικότητας του πρωτοκόλλου Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης προς την

κατεύθυνση της υποστήριξης του ασύρματου μέρους (wireless ATM) αλλά και της κινητικότητας χρήστη που συνεπάγεται αυτό το ασύρματο μέρος (wireless mobile ATM) [3]. Η προσπάθεια αυτή βασίζεται στο ισχυρό υπόβαθρο του πρωτοκόλλου Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης στην παροχή Ποιότητας Υπηρεσίας αλλά και την δυνατότητα εγκατάστασης Μεταγόμενων Νοητών Διαύλων (Switched Virtual Channels (SVCs)) στο επίπεδο του Δικτύου Πρόσβασης.

5.2. Αρχιτεκτονική Γενικευμένου Συστήματος Κινητών Επικοινωνιών

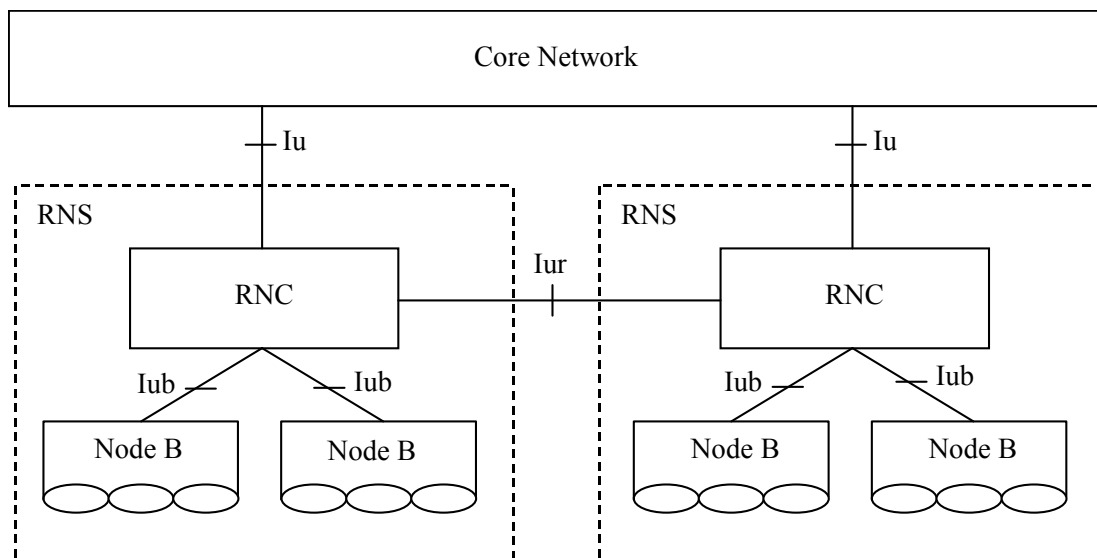
Στο Σχήμα 47 παρουσιάζεται η αρχιτεκτονική του Γενικευμένου Συστήματος Κινητών Επικοινωνιών απλοποιημένη, όπως αυτή καθορίζεται από τους οργανισμούς προτυποποίησης [3], με τις τρεις βασικές λειτουργικές μονάδες: το Δίκτυο Κορμού (Core Network (CN)) το Επίγειο Ασύρματο Δίκτυο Πρόσβασης του Γενικευμένου Συστήματος Κινητών Επικοινωνιών (UTRAN) και τον Τερματικό Εξοπλισμό Χρήστη (User Equipment (UE)) [1]. Επίσης αναγράφονται και οι ονομασίες των επιμέρους σημείων προσαρμογής μεταξύ των λειτουργικών αυτών μονάδων. Παρατηρούμε πως στην περιοχή που μας ενδιαφέρει, δηλαδή μεταξύ του Δικτύου Πρόσβασης (AN, εδώ UTRAN) και του Κόμβου Παροχής Υπηρεσιών (SN, εδώ CN) το σημείο προσαρμογής αναφέρεται ως I_u.



UTRAN	UMTS Terrestrial Radio Access Network
CN	Core Network
UE	User Equipemet

Σχήμα 47 Η γενική περιγραφή της αρχιτεκτονικής του Γενικευμένου Συστήματος Κινητών Επικοινωνιών.

Πιο συγκεκριμένα, το Επίγειο Ασύρματο Δίκτυο Πρόσβασης του Γενικευμένου Συστήματος Κινητών Επικοινωνιών, αποτελείται από ένα σύνολο Υποσυστημάτων Ασυρμάτων Δικτύων (Radio Network Subsystems (RNS)) τα οποία προσπελάζουν το Δίκτυο Κορμού μέσω του I_u σημείου προσαρμογής. Κάθε λειτουργική μονάδα που αντιστοιχεί στο Υποσύστημα Ασύρματου Δικτύου περιέχει έναν Ελεγκτή Ασύρματου Δικτύου (Radio Network Controller (RNC)) καθώς και μία ή περισσότερες λογικές μονάδες Στοιχείου Β (Node B) που αντιστοιχούν στην ομαδοποίηση ενός αριθμού χρηστών σε ένα ενιαίο διαχειριστικό σύνολο. Μεταξύ των δύο αυτών επιμέρους οντοτήτων που εμπεριέχονται στη λειτουργική μονάδα του Επίγειου Ασύρματου Δικτύου Πρόσβασης του Γενικευμένου Συστήματος Κινητών Επικοινωνιών επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω του σημείου προσαρμογής I_{ub} , όπως φαίνεται στο Σχήμα 48. Ο Ελεγκτής Ασύρματου Δικτύου είναι υπεύθυνος για την λήψη της απόφασης Μεταπομπής Κλήσης (Handover) η οποία προϋποθέτει την αποστολή μηνυμάτων σηματοδότησης από και προς τον Διαμορφωτή - Αποδιαμορφωτή. Με άλλα λόγια, ο Ελεγκτής Ασύρματου Δικτύου αποτελεί μια λειτουργική οντότητα συγκερασμού / διαχωρισμού των διαφόρων Στοιχείων Β με σκοπό την διαφοροποίηση σε μακροσκοπικό επίπεδο. Οι λειτουργίες του Στοιχείου Β και η εσωτερική δομή του βρίσκονται ακόμα υπό μελέτη. Παρ' όλα αυτά, το Στοιχείο Β μπορεί να συμπεριλάβει προαιρετικά λειτουργικότητα συγκερασμού / διαχωρισμού με στόχο να υποστηρίξει την διαφοροποίηση σε μακροσκοπικό επίπεδο.

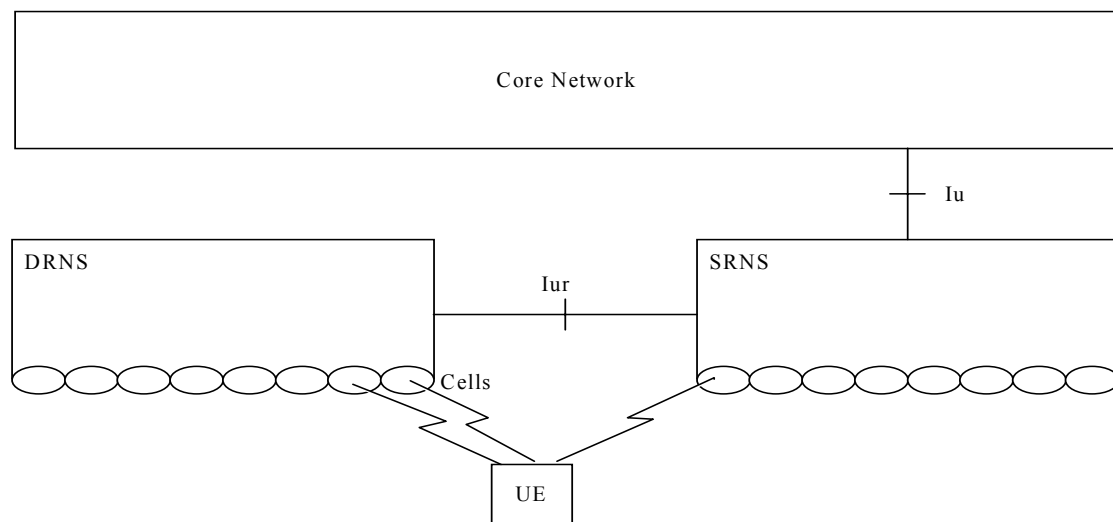


Σχήμα 48 Αρχιτεκτονική διασύνδεσης των λειτουργικών οντοτήτων του Γενικευμένου Συστήματος Κινητών Επικοινωνιών.

Όπως φαίνεται και από το Σχήμα 48, εσωτερικά στο Επίγειο Ασύρματο Δίκτυο Πρόσβασης του Γενικευμένου Συστήματος Κινητών Επικοινωνιών οι Ελεγκτές Ασύρματου Δικτύου μπορούν να διασυνδεθούν απευθείας με χρήση του σημείου προσαρμογής I_{ur} . Τα I_u και I_{ur} είναι λογικά σημεία προσαρμογής, ενώ το I_{ur} μπορεί να υλοποιηθεί με απευθείας σύνδεση ή με χρήση του κατάλληλου δικτύου μεταφοράς.

Κάθε Υποσύστημα Ασυρμάτων Δικτύων είναι υπεύθυνο για την διαχείριση των πόρων του συνόλου των κυψελών του ασύρματου δικτύου πρόσβασης που του

αναλογούν. Για κάθε σύνδεση μεταξύ του τερματικού του χρήστη και του Επίγειου Ασύρματου Δικτύου Πρόσβασης του Γενικευμένου Συστήματος Κινητών Επικοινωνιών ένα Υποσύστημα Ασύρματου Δικτύου παίζει τον ρόλο του βασικού εξυπηρετητή. Κατά περίπτωση, όταν αυτό κρίνεται απαραίτητο, πρόσθετα Υποσυστήματα Ασυρμάτων Δικτύων αναλαμβάνουν να υποστηρίξουν τον χρήστη ο οποίος ολισθαίνει από την περιοχή του βασικού (πηγαίου) εξυπηρετητή σε αυτή κάποιου γειτονικού (προορισμού). Σε αυτή την περίπτωση, το γειτονικό Υποσύστημα Ασύρματου Δικτύου παρέχει στον νεοεισερχόμενο χρήστη πόρους του ώστε να γίνει δυνατή η αδιάκοπη συνέχεια της υπό δραστηριότητα κλήσης, όπως φαίνεται στο Σχήμα 49. Δηλαδή, ο ρόλος του Υποσυστήματος Ασύρματου Δικτύου περιορίζεται στην υποστήριξη της διασύνδεσης του τερματικού χρήστη με το Επίγειο Ασύρματο Δίκτυο Πρόσβασης του Γενικευμένου Συστήματος Κινητών Επικοινωνιών σε επίπεδο συνδέσεων.



Σχήμα 49 Μεταπομπή κλήσης μεταξύ γειτονικών Υποσυστημάτων Ασυρμάτων Δικτύων.

5.3. Περιγραφή λειτουργιών κλήσης

Πιο συγκεκριμένα, η συνολική Ποιότητα Υπηρεσίας (QoS) κάθε κλήσης συγκρίνεται με τα επιθυμητά όρια αλλά και με εκτιμήσεις από τις γειτονικές κυψέλες. Οι μετρήσεις που λαμβάνουν χώρα είναι οι ακόλουθες:

- Ισχύς λαμβανόμενου σήματος (τρέχουσα και γειτονικές κυψέλες),
- Εκτιμώμενος ρυθμός σφάλματος δυαδικού ψηφίου (τρέχουσα και γειτονικές κυψέλες),
- Εκτίμηση της φύσης του περιβάλλοντος διάδοσης του σήματος (υψηλής ταχύτητας, χαμηλής ταχύτητας, δορυφορικό, κ.ά.),
- Απόσταση μετάδοσης του σήματος (μέσω της πληροφορίας χρονισμού),
- Μετάπτωση Doppler,
- Πληροφορία κατάστασης συγχρονισμού, και

- Επίπεδο αλληλεπίδρασης σήματος γειτονικού καναλιού του λαμβανόμενου σήματος.

Ανάλογα με το αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας, ενεργοποιούνται οι λειτουργίες ελέγχου διαφοροποίησης μακροσκοπικής κλίμακας (macro-diversity) και ελέγχου μεταπομπής κλήσης. Επιπλέον, η συγκεκριμένη λειτουργία μπορεί αναλαμβάνει αρμοδιότητα ελέγχου του επιπέδου φόρτισης των συστημάτων λόγω κίνησης πληροφορίας και ισοκατανομής του φορτίου αυτού μεταξύ γειτονικών κυψελών με διαδικασίες μεταπομπής κλήσης για λόγους ισομερισμού της κίνησης πληροφορίας. Το μέρος που θα λάβει χώρα η λειτουργία της μεταπομπής κλήσης έχει να κάνει με τις αρχές που έχουν τεθεί για την πραγματοποίηση της. Πιο συγκεκριμένα, στην περίπτωση που μόνο το δίκτυο μπορεί να εκκινήσει την διαδικασία μεταπομπής κλήσης τότε αυτή περιλαμβάνεται στις λειτουργίες του Ελεγκτή Ασύρματου Δικτύου, ενώ σε περίπτωση που μόνο το κινούμενο μέρος μπορεί να εκκινήσει την διαδικασία μεταπομπής κλήσης τότε αυτή περιλαμβάνεται στις λειτουργίες του Τερματικού Εξοπλισμού Χρήστη. Επίσης, στη περίπτωση που δεν υπάρχουν οι ως άνω περιορισμοί, η διαδικασία μπορεί να λάβει χώρα και στις δύο μεριές.

Ο έλεγχος διαφοροποίησης μακροσκοπικής κλίμακας έχει ως στόχο τον έλεγχο της πιστής αναπαραγωγής της ροής πληροφορίας της υπό μεταπομπή κλήσης ώστε η ίδια πληροφορία να δρομολογηθεί προς τον χρήστη μέσω οποιουδήποτε καναλιού, πιθανόν και διαμέσων διαφορετικών κυψελών. Παράλληλα ελέγχει και τον συνδυασμό των ροών πληροφορίας που γεννούνται από την ίδια πηγή αλλά μεταδίδονται πάνω από διαφορετικά φυσικά μέσα εν παραλλήλω. Η λειτουργία αυτή οφείλει να αλληλεπιδρά με τον έλεγχο κωδικοποίησης καναλιού ώστε να περιορίζει τον ρυθμό λάθους δυαδικού ψηφίου κατά τον συνδυασμό διαφορετικών ροών πληροφορίας. Συνήθως περιλαμβάνεται από το Επίγειο Ασύρματο Δίκτυο Πρόσβασης του Γενικευμένου Συστήματος Κινητών Επικοινωνιών αλλά και κατά περίπτωση και από το Δίκτυο Κορμού.

Ο έλεγχος μεταπομπής κλήσης, αντίθετα με τα παραπάνω, είναι υπεύθυνος για τον έλεγχο της εκτέλεσης αυτής καθεαυτής της μεταπομπής κλήσης. Παραμένει και αυτή η λειτουργία εντός του Επίγειου Ασύρματου Δικτύου Πρόσβασης του Γενικευμένου Συστήματος Κινητών Επικοινωνιών.

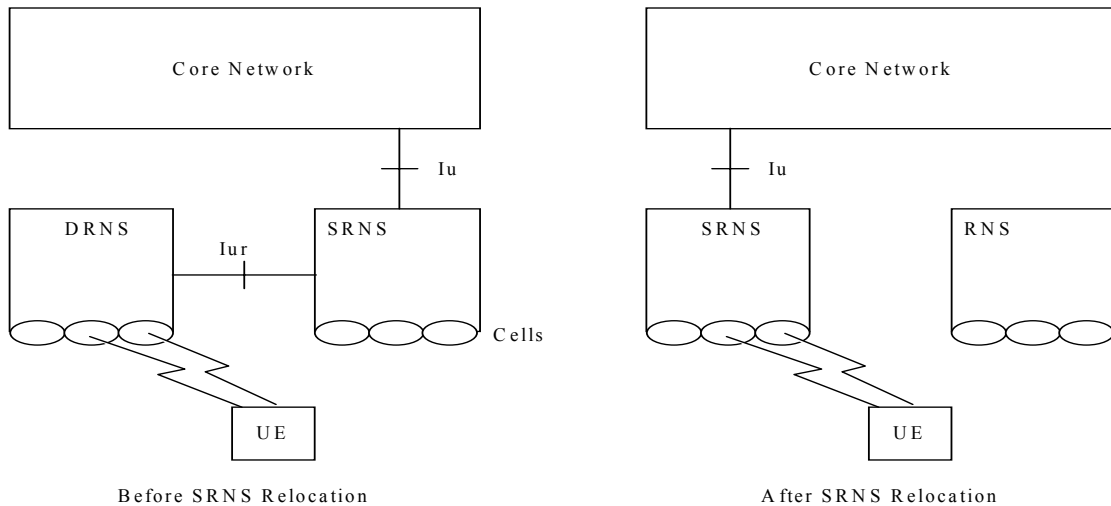
Στη συνέχεια θα μας απασχολήσουν και οι σχετιζόμενες με διαχείριση και έλεγχο των πόρων λειτουργίες. Αυτές οι λειτουργίες έχουν πρωτεύοντα ρόλο για κάθε τεχνολογία που καλούνται να συνεργαστούν στα πλαίσια του Γενικευμένου Συστήματος Κινητών Επικοινωνιών, αφού για να καταστεί δυνατή η συνεργασία τους θα πρέπει το σύστημα να διαθέτει έναν ενιαίο τρόπο απεικόνισης και διαχείρισης των πόρων της εκάστοτε περίπτωσης, πράγμα που πρέπει να γίνεται με έναν πρότυπο τρόπο στον οποίο καλούνται να προσαρμοστούν οι τεχνικές που εφαρμόζονται κατά περίπτωση. Έτσι, η λειτουργία διαχείρισης των ασύρματων πόρων ασχολείται με την ανάθεση και διαχείριση των πόρων του ασύρματου μέρους του συστήματος και θα πρέπει να κατανεμηθεί μεταξύ υπηρεσιών που χρήζουν μεταγωγή κυκλώματος με αυτές που χρήζουν μεταγωγή πακέτου. Στα πλαίσια των αρμοδιοτήτων των λειτουργιών διαχείρισης είναι η συμμετοχή στην επεξεργασία της εγκατάστασης και απεγκατάστασης απ' άκρο σε άκρο συνδέσεων όπως και η διαχείριση και συντήρηση αυτής της σύνδεσης.

Ειδικότερα, για την μετάδοση πακέτων δεδομένων, υπηρεσία που υποστηρίζεται κυρίως σε εφαρμογές που δεν απαιτούν από άκρο σε άκρο σύνδεση, λαμβάνεται ιδιαίτερη μνεία ώστε να: παρέχεται η δυνατότητα ελέγχου της πρόσβασης των πακέτων στο ασύρματο μέσο, να πολυπλέκονται κατά την πρόσβαση αλλά και να διαχωρίζονται στον Διαμορφωτή - Αποδιαμορφωτή, να υπάρχει πρόνοια ελέγχου και διόρθωσης σφαλμάτων, και να διατίθεται διαδικασία ελέγχου ροής των πακέτων. Για να υλοποιηθούν τα παραπάνω απαιτούνται λειτουργίες όπως:

- Η μεταγωγή τύπου καναλιού, όπου μία λειτουργούσα κλήση θα μεταφερθεί από ένα κοινού σκοπού μέσο μεταφοράς σε ένα ειδικού σκοπού, ώστε να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις Ποιότητας Υπηρεσίας που απαιτούνται,
- Η μεταβολή του ρυθμού του καναλιού, όπου θα είναι δυνατή η τροποποίηση των χαρακτηριστικών του καναλιού ώστε να επιτευχθεί το βέλτιστο αποτέλεσμα σε σχέση με την απαιτούμενη Ποιότητα Υπηρεσίας,
- Ο προγραμματισμός της μετάδοσης των πακέτων, ώστε να γίνει συμβατή με τις απαιτήσεις Ποιότητα Υπηρεσίας,
- Η αναμετάδοση των απολεσθέντων πακέτων, ώστε να επιτευχθεί μία σταθερή πιθανότητα απώλειας πακέτου,
- Η απόρριψη πακέτου, ώστε να μην συμβαίνει κατάχρηση των πόρων του συστήματος όταν συμβεί ένα σφάλμα στο κανάλι μετάδοσης το οποίο παραμένει για μακρό χρονικό διάστημα, και
- Η αποφυγή υπερβολικού κατακερματισμού των πακέτων του Πρωτοκόλλου Διαδικτύου.

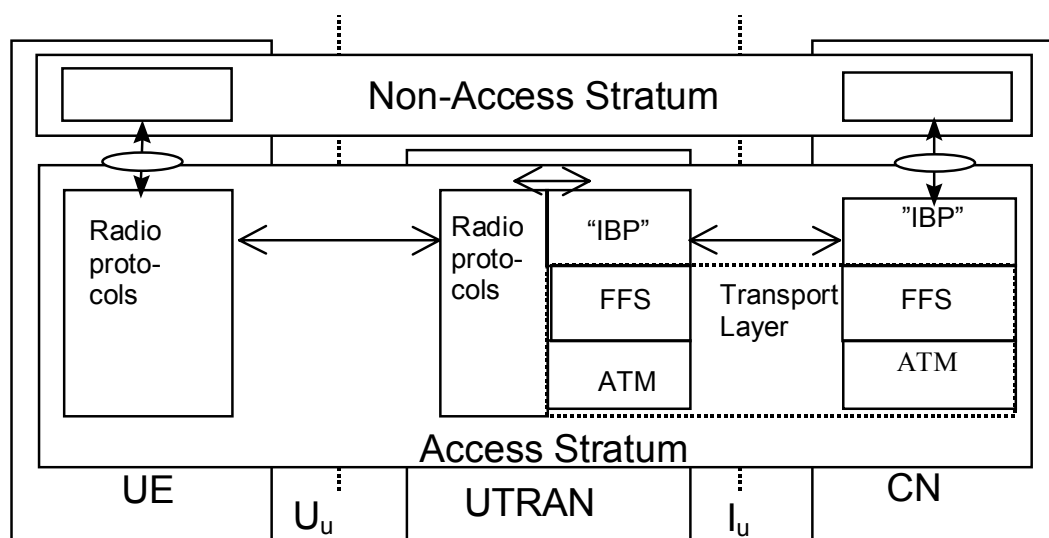
5.4. Περιγραφή των μέσων προσαρμογής του Επίγειου Ασύρματου Δικτύου Πρόσβασης του Γενικευμένου Συστήματος Κινητών Επικοινωνιών

Τα πρωτόκολλα που βασίζονται στα σημεία προσαρμογής I_u και U_u χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, στα πρωτόκολλα τμήματος χρήστη (user plane) και στα πρωτόκολλα τμήματος ελέγχου (control plane). Τα πρωτόκολλα τμήματος χρήστη υλοποιούν την κατεξοχήν υπηρεσία πρόσβασης στο ασύρματο φέρον κανάλι, αυτό δηλαδή που μεταφέρει τα δεδομένα του χρήστη. Τα πρωτόκολλα τμήματος ελέγχου αποσκοπούν στον έλεγχο των ασύρματων φερόντων καναλιών αλλά και των συνδέσεων από τον Διαμορφωτή - Αποδιαμορφωτή ως το δίκτυο. Οι διαδικασίες ελέγχου αυτές περιλαμβάνουν την αίτηση της υπηρεσίας, έλεγχο των διαφόρων πόρων μετάδοσης, την μεταπομπή κλήσης και την αναπροσαρμογή της διαδρομής της κλήσης (streamlining) όπως αυτή φαίνεται στο Σχήμα 50, και άλλα.



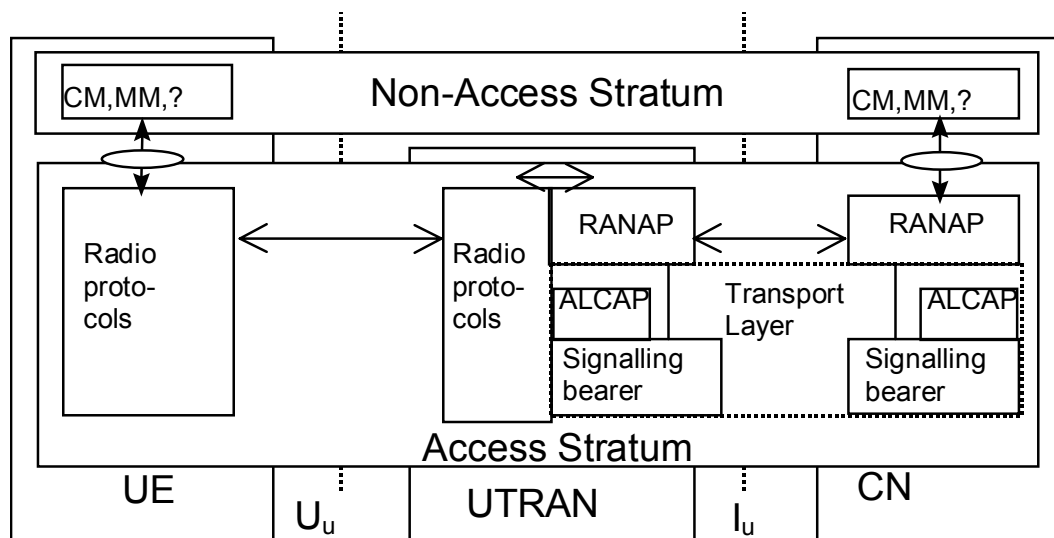
Σχήμα 50 Αναπροσαρμογή διαδρομής κλήσης από τον Πηγαίο Ασύρματο Σταθμό Δικτύου (SRNS) στον Προορισμού (DRNS) υπό τον έλεγχο του Δικτύου Κορμού.

Στο Σχήμα 51 μπορούμε να παρατηρήσουμε την προτεινόμενη δομή των στρωμάτων πρόσβασης για το τμήμα χρήστη. Οι υπηρεσίες του είναι διαθέσιμες στα ανώτερα στρώματα μέσω των Σημείων Προσπέλασης Υπηρεσίας (Service Access Points (SAPs)) και μάλιστα από ένα τέτοιο σημείο σε ένα άλλο. Τα περισσότερα από τα πρωτόκολλα που αναπαρίστανται σε αυτό το σχήμα βρίσκονται υπό περαιτέρω μελέτη, όπως τα ασύρματα πρωτόκολλα, τα εντός ζώνης πρωτόκολλα (in band protocols (IBP)), ακόμα και αυτά που το δηλώνουν ευθαρσώς (for further study (FFS)). Στα τελευταία περιλαμβάνονται πρωτόκολλα όπως διαφορετικοί τύποι του στρώματος πρόσβασης του πρωτοκόλλου Ασύγχρονης Μετάδοσης (AAL) ή ακόμα και διαφορετικοί τύποι απευθείας επικοινωνίας με χρήση του Πρωτοκόλλου Διαδικτύου (IP tunneling), μιας και ανήκουν στην κατηγορία των στρωμάτων μεταφοράς.



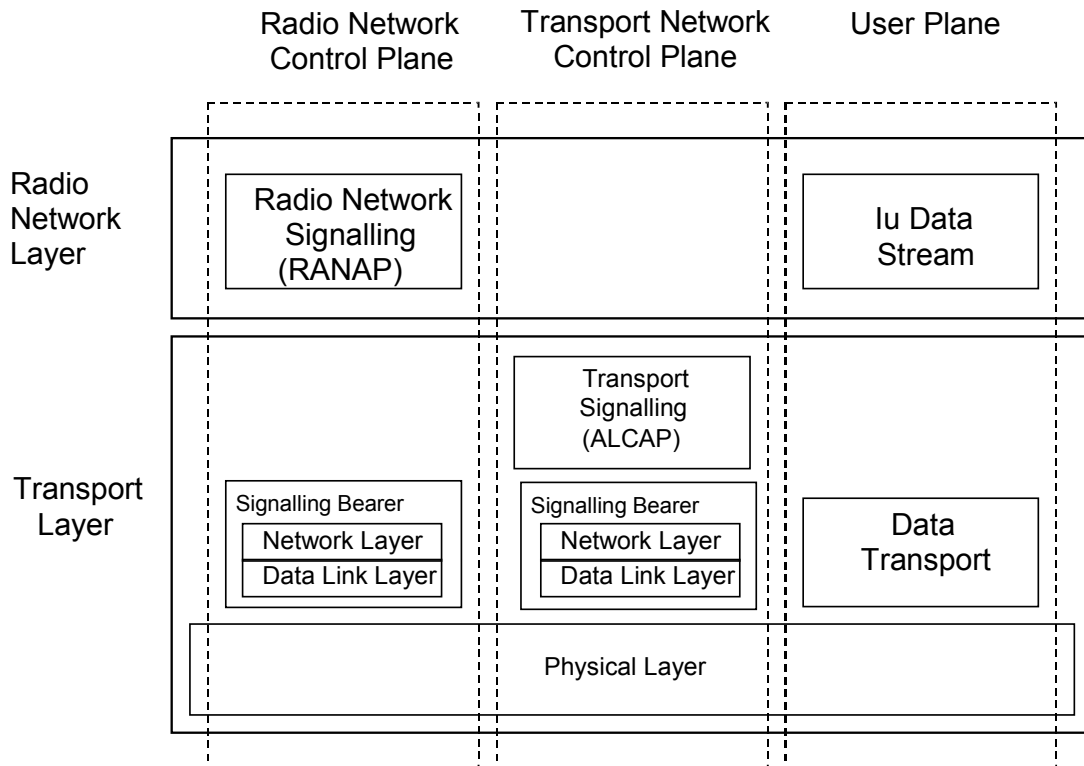
Σχήμα 51 Διαστρωματική αρχιτεκτονική στοίβας πρωτοκόλλων του τμήματος χρήστη.

Για το τμήμα ελέγχου, παρατηρούμε στο Σχήμα 52 ότι εμπλέκονται κυρίως διαδικασίες σηματοδότησης, ενώ σε γενικές γραμμές η διαστρωματική αρχιτεκτονική είναι αντίστοιχη αυτής του τμήματος χρήστη. Δύο πρωτόκολλα φέρουν το κύριο βάρος της εκπλήρωσης των διαδικασιών ελέγχου, το Πρωτόκολλο Μέρους Εφαρμογής Ασύρματου Δικτύου Πρόσβασης (Radio Access Network Application Part (RANAP)) και το Πρωτόκολλο Μέρους Εφαρμογής Ελέγχου Ζεύξης Πρόσβασης (Access Link Control Application Part (ALCAP)). Το πρωτόκολλο Μέρους Εφαρμογής Ασύρματου Δικτύου Πρόσβασης χρησιμοποιείται για τις κατεξοχήν διαδικασίες ελέγχου που σχετίζονται με το σημείο προσαρμογής I_u . Είναι υπεύθυνο για την παροχή υπηρεσιών όπως ειδοποιήσεων, γενικού ελέγχου, εγκατάστασης αφοσιωμένων συνδέσεων, εγκατάστασης φέροντος καναλιού ασύρματης πρόσβασης και άλλες. Επιπρόσθετα, περιέχει διαδικασίες που είναι απαραίτητες για την αναπροσαρμογή της διαδρομής της κλήσης αλλά και την πλήρη μεταπομπή κλήσης (hard handover) με εμπλοκή του δικτύου Κορμού (CN) όπου λαμβάνει χώρα η μεταγωγή της σύνδεσης. Παρόλα αυτά, το πρωτόκολλο Μέρους Εφαρμογής Ασύρματου Δικτύου Πρόσβασης (RANAP) δεν περιέχει διαδικασίες για την δέσμευση των πόρων μεταφοράς στο σημείο προσαρμογής I_u . Αυτές οι διαδικασίες περιλαμβάνονται στις αρμοδιότητες του πρωτοκόλλου Μέρους Εφαρμογής Ελέγχου Ζεύξης Πρόσβασης το οποίο μεσολαβεί για την εγκατάσταση και απεγκατάσταση των συνδέσεων. Η πραγματική φύση του πρωτοκόλλου εξαρτάται από τον τύπο του μέσου μεταφοράς.



Σχήμα 52 Διαστρωματική αρχιτεκτονική στοίβας πρωτοκόλλων του τμήματος ελέγχου.

Μια πιο λεπτομερής αναπαράσταση των δύο αυτών πρωτοκόλλων παρουσιάζεται στο Σχήμα 53, όπου γίνεται εμφανής ο σαφής διαχωρισμός μεταξύ τριών τμημάτων: ελέγχου ασύρματου δικτύου και δικτύου μεταφοράς καθώς και χρήστη, αλλά και διαφοροποίησης της λογικής πλαισίωσης των διαφόρων πρωτοκόλλων ανάλογα με την κατηγορία που ανήκουν, δηλαδή στο επίπεδο ασυρμάτου δικτύου ή στο επίπεδο μεταφοράς.



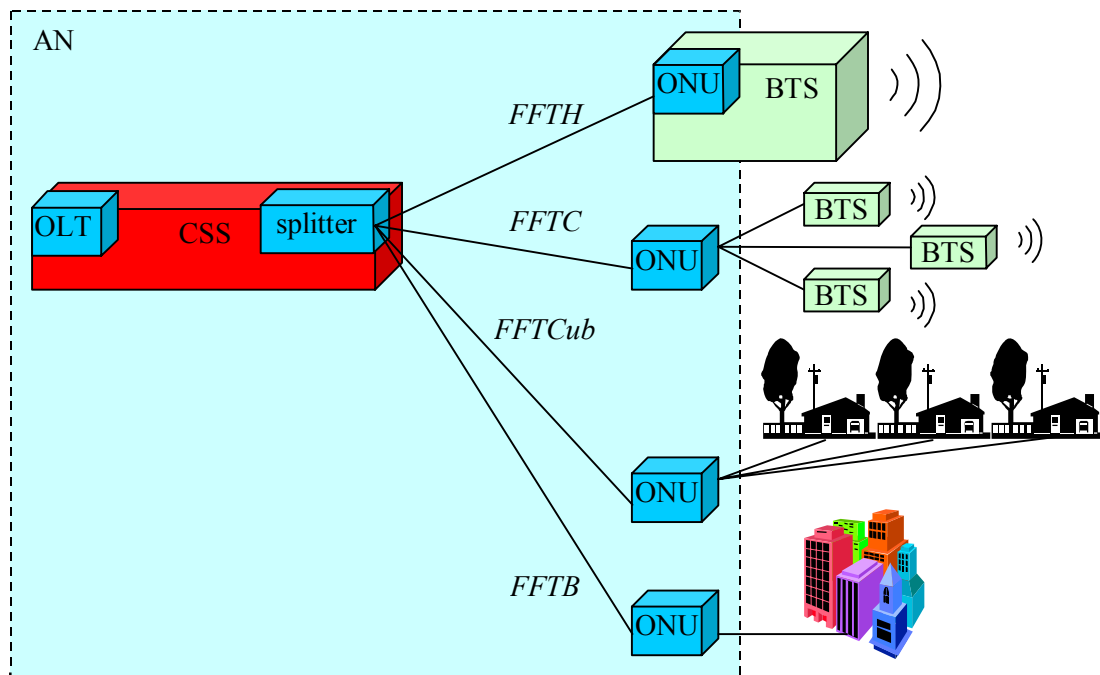
Σχήμα 53 Διαστρωματικός και διατμηματικός διαχωρισμός πρωτοκόλλων και εφαρμογών που σχετίζονται με το I_u σημείο προσαρμογής.

5.5. Προτεινόμενη αρχιτεκτονική με την εμπλοκή του σημείου προσαρμογής $V_{B5.2}$

Πέραν του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Τηλεπικοινωνιακών Προτύπων (ETSI) και άλλοι οργανισμοί είναι ενεργοί στη σχεδίαση και περιγραφή μιας ενιαίας αρχιτεκτονικής μεταξύ των διαφόρων τεχνολογιών. Σε αυτό το πνεύμα, ο οργανισμός προτυποποίησης Δικτύου Πρόσβασης Πλήρους Υπηρεσιών (FSAN) προτείνει την υιοθέτηση του Παθητικού Οπτικού Δικτύου (PON) για το μέρος της μεταφοράς. Σύμφωνα με αυτό το σενάριο, το Παθητικό Οπτικό Δίκτυο θα αποτελεί τον διαμεσολαβητή μεταξύ της ακραίας συσκευής, είτε αυτή είναι τον Διαμορφωτή - Αποδιαμορφωτή, είτε η μονάδα Σταθμού Βάσεως Μετάδοσης (Base Transmission Station (BTS)) ενός ασύρματου δικτύου. Σε κάθε περίπτωση, το Παθητικό Οπτικό Δίκτυο θα πρέπει να είναι σε θέση να διαχωρίζει τις διαφορετικές ροές πακέτων ανάλογα με τις απαιτήσεις τους, ώστε να είναι σε θέση να τις ομαδοποιεί προς παρουσίαση τους στον Κόμβο Υπηρεσιών, αλλά ταυτόχρονα να μπορεί να γεφυρώνει το χάσμα μεταξύ των διαφόρων τεχνολογιών και των ειδικών απαιτήσεων καθεμιάς. Για αυτό το σκοπό θα πρέπει να υλοποιηθούν λειτουργικές μονάδες διασύνδεσης οι οποίες θα έχουν σαν στόχο την μετάφραση και προσαρμογή των διαφορών αυτών μεταξύ των τεχνολογιών. Η αρχιτεκτονική αυτή έχει το πλεονέκτημα ότι χρησιμοποιώντας την οπτική τεχνολογία, μεγάλος όγκος πληροφορίας μπορεί να συγκεντρωθεί και να μεταφερθεί σε μεγάλες αποστάσεις αξιόπιστα και γρήγορα. Επιτυγχάνεται δηλαδή μια αποδοτική εκμετάλλευση τόσο του εξοπλισμού του Δικτύου Πρόσβασης, αφού απαλλασσόμενος από την δέσμευση της απόστασης μπορεί να αξιοποιηθεί από τον μέγιστο αριθμό χρηστών, αλλά ταυτόχρονα το κόστος

του εξοπλισμού στην πλευρά του χρήστη περιορίζεται αισθητά χωρίς να περιορίζονται οι δυνατότητες του.

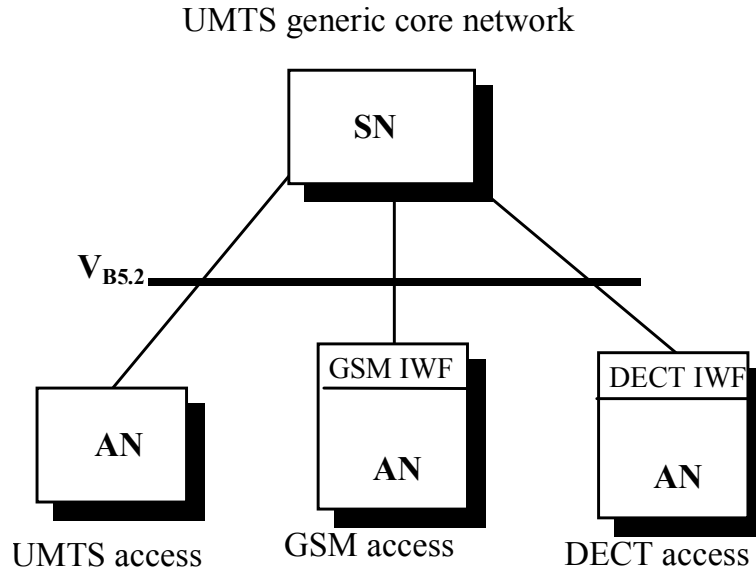
Η προτεινόμενη τοπολογία ευνοεί την εμπλοκή του σημείου προσαρμογής $V_{B5.2}$ [4], [5], [6], [7], [8] αφού αυτό βασίστηκε στις αρχικές του εκδόσεις στην τεχνολογία των Παθητικών Οπτικών Δικτύων. Πέραν τούτου όμως, η αρχή του ανοιχτού δικτύου στην οποία βασίζεται το σημείο προσαρμογής $V_{B5.2}$ ωθεί προς την συνεργασία και με άλλες τεχνολογίες. Ακολούθως θα περιγράψουμε τη βασική δομή ενός τέτοιου συστήματος και τα χαρακτηριστικά του.



Σχήμα 54 Πρότυπο Δίκτυο Πρόσβασης σύμφωνα με τον οργανισμό προτυποποίησης Δικτύου Πρόσβασης Πλήρους Υπηρεσιών (FSAN).

Το σημείο προσαρμογής $V_{B5.2}$ δεν εφαρμόζεται στο επίπεδο που παρουσιάζεται στο Σχήμα 54, αλλά μεταξύ της λειτουργικής οντότητας Δικτύου Πρόσβασης και Κόμβου Παροχής Υπηρεσιών. Σε αυτή την περίπτωση, θα πρέπει να ανταποκρίνεται και στην εμπλοκή διαφόρων άλλων τεχνολογιών πρόσβασης ώστε να είναι σε θέση να συνεργάζεται με κάθε μία ξεχωριστά αλλά και να αποτελεί κομβικό σημείο για την μεταξύ τους συνεργασία. Για το παράδειγμα των ασύρματων δικτύων πρόσβασης, τα παραπάνω αντικατοπτρίζονται στο Σχήμα 55. Σε αυτή την περίπτωση, όπως γίνεται εμφανές από το Σχήμα 55, για κάθε Δίκτυο Πρόσβασης ασύρματης τεχνολογίας ένα διαφορετικό σύνολο από Λειτουργίες Διαλειτουργικότητας (Interworking Functions (IWFs)) είναι απαραίτητο έτσι ώστε να γίνει εφικτή η αντιστοίχιση μεταξύ των σχετιζόμενων με τον Έλεγχο Κλήσης (CC) μηνυμάτων που ανταλλάσσονται μεταξύ Δικτύου Πρόσβασης και Κόμβου Παροχής Υπηρεσιών. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται η αναγωγή όλων των μηνυμάτων σε μορφή που αντιλαμβάνεται το σύστημα αναφοράς, με άμεσο αποτέλεσμα την επίτευξη της διασυνεργασίας μεταξύ των διαφόρων τεχνολογιών και τελικά την επιτυχή εγκατάσταση κλήσης και την διαχείριση αυτής. Σε αντίθετη περίπτωση δεν θα ήταν δυνατή η διαπραγμάτευση μεταξύ των διαφορετικής τεχνολογίας συστημάτων με σκοπό τον προσδιορισμό των αναγκαίων πόρων για την εγκατάσταση μιας κλήσης. Λόγο των διαφορών που

παρουσιάζονται στα επιμέρους πρωτόκολλα, για κάθε τεχνολογία χρειάζονται διαφορετικές Λειτουργίες Διαλειτουργικότητας οι οποίες θα αντιστοιχίσουν τα επιμέρους μηνύματα σε πρότυπα μηνύματα της κεντρικής οντότητας Ελέγχου Κλήσης.

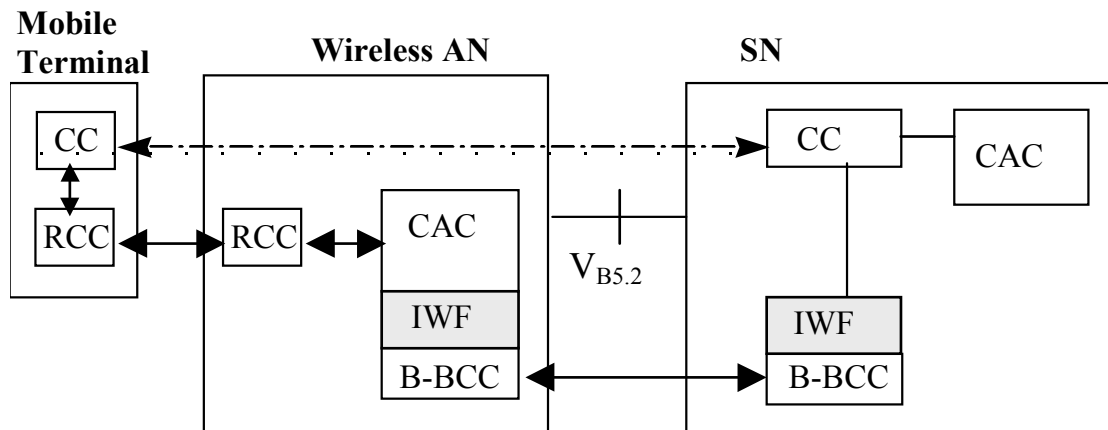


Σχήμα 55 Προτεινόμενη αρχιτεκτονική για την εμπλοκή του σημείου προσαρμογής V_{B5.2} σε περιβάλλον ασύρματων δικτύων πρόσβασης.

Η διαδικασία Ελέγχου Κλήσης εμφανίζει διαφοροποιήσεις από τεχνολογία σε τεχνολογία: υπάρχουν συγκεκριμένα μηνύματα που χρησιμοποιούνται στις ασύρματες τεχνολογίες τα οποία δεν έχουν αντίστοιχα στις ενσύρματες τεχνολογίες. Για αυτό το λόγο, Λειτουργίες Διαλειτουργικότητας χρειάζονται ακόμα και για την προσαρμογή του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης (B-BCCP) στην οντότητα Ελέγχου Κλήσης. Η τελευταία διευθύνει την λειτουργία του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης και το χρησιμοποιεί για να έρθει σε συνεννόηση με την απόμακρη οντότητα Ελέγχου Αποδοχής Κλήσης στο εκάστοτε Δίκτυο Πρόσβασης ώστε να διαπιστωθεί κατά πόσο είναι εφικτή η εγκατάσταση, τροποποίηση και απεγκατάσταση μιας κλήσης.

Εκτός από τα σχετιζόμενα με Έλεγχο Κλήσης μηνύματα, Λειτουργίες Διαλειτουργικότητας είναι απαραίτητες επίσης μεταξύ του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης και των οντοτήτων Ελέγχου Αποδοχής Κλήσης που βρίσκονται στα Δίκτυα Πρόσβασης των επιμέρους τεχνολογιών: η οντότητα Δικτύου Πρόσβασης κάθε τεχνολογίας επιβάλλεται να ελέγχει τη διαθεσιμότητα των πόρων του τοπικά και να αποφασίζει για την ανάθεση τους μέσω της οντότητας Ελέγχου Αποδοχής Κλήσης σε συνεννόηση και συνεργασία πάντα με την ασκούσα κεντρικό έλεγχο και διαχείριση οντότητα Ελέγχου Κλήσης του Κόμβου Παροχής Υπηρεσιών. Η επιπλέον παράμετρος λειτουργίας της οντότητας Ελέγχου Αποδοχής Κλήσης, αυτή δηλαδή που σηματοδοτεί την εμπλοκή της οντότητας Λειτουργιών Διαλειτουργικότητας, αποτελεί η αναγκαιότητα διαχείρισης των πόρων του ασύρματου τμήματος του Δικτύου Πρόσβασης, λειτουργία που λαμβάνει χώρα κάνοντας χρήση της οντότητας Ελέγχου Ασύρματου Καναλιού (Radio Channel

Control (RCC)), όπως φαίνεται στο Σχήμα 56 [9]. Η τελευταία είναι υπεύθυνη για την εγκατάσταση και διαχείριση ενός καναλιού μεταξύ του τερματικού χρήστη και του Δικτύου Πρόσβασης πάνω από το ασύρματο μέσο. Ο ρόλος του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης επεκτείνεται σε αυτή την περίπτωση στην μεταγωγή της ειδικής πληροφορίας που μεταφέρουν τα μηνύματα Ελέγχου Ασύρματου Καναλιού μεταξύ της αντίστοιχης λειτουργικής οντότητας στο Δίκτυο Πρόσβασης και στις εξειδικευμένες λειτουργίες της οντότητας Ελέγχου Κλήσης στον Κόμβο Παροχής Υπηρεσιών. Για τον σκοπό αυτό είναι αναγκαία η επέκταση του ορισμού των πεδίων και της λειτουργικότητας των μηνυμάτων του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης ώστε να επεκταθεί η χρήση τους προς την κατεύθυνση της επικάλυψης και των ειδικών συνθηκών των επιμέρους τεχνολογιών. Σε αυτό συμβάλουν και οι Λειτουργίες Διαλειτουργικότητας οι οποίες αποτελούν τα κατεξοχήν σημεία αντιστοίχισης και διασυνεργασίας μεταξύ των διαφόρων τεχνολογιών.



Σχήμα 56 Λειτουργική αρχιτεκτονική ασύρματης πρόσβασης με χρήση του σημείου προσαρμογής $V_{B5.2}$.

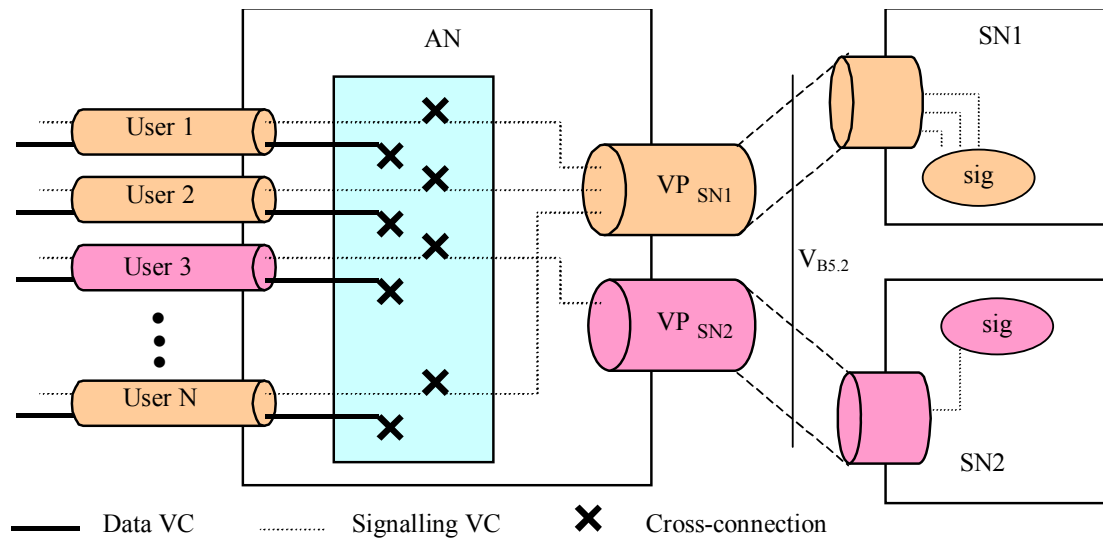
Στην περίπτωση των ασύρματων δικτύων, βαρύνουσα σημασία έχει το θέμα της κινητικότητας χρήστη (user mobility). Επειδή το σημείο προσαρμογής $V_{B5.2}$ αρχικά σχεδιάστηκε με βάση τα σταθερά, ενσύρματα δίκτυα, δεν καλύπτει τις προϋποθέσεις για την εξυπηρέτηση λειτουργιών που σχετίζονται με κινητικότητα χρήστη. Για να επιτευχθεί κάτι τέτοιο, το σημείο προσαρμογής V_{B5} θα πρέπει να βελτιωθεί και να επεκταθεί με στόχο την κάλυψη θεμάτων ασύρματης τεχνολογίας όπως η μεταπομπή κλήσης για όλες τις δυνατές περιπτώσεις της: α) μεταξύ δύο κυψελών (cells) που βρίσκονται εντός των ορίων του ίδιου σταθμού βάσης, β) μεταξύ δύο κυψελών που βρίσκονται σε διαφορετικούς σταθμούς βάσης αλλά υπό την δικαιοδοσία του ίδιου Δικτύου Πρόσβασης, και γ) μεταξύ δύο κυψελών που βρίσκονται σε διαφορετικούς σταθμούς βάσης και σε διαφορετικά Δίκτυα Πρόσβασης.

5.6. Συμμόρφωση του σημείου προσαρμογής $V_{B5.2}$ με τις συστάσεις για το Παγκόσμιο Σύστημα Κινητών Τηλεπικοινωνιών

Ένας αριθμός από Ευρωπαϊκά Προγράμματα έρευνας έχουν ασχοληθεί μέχρι σήμερα διεξοδικά με το Παγκόσμιο Σύστημα Κινητών Τηλεπικοινωνιών και έχουν καταλήξει σε κάποια συμπεράσματα για την δομή και τα χαρακτηριστικά του. Αυτά τα συμπεράσματα έχουν διατυπωθεί με την μορφή συστάσεων [10] στα τεχνικά κείμενα που έχουν παραχθεί από αυτά τα ερευνητικά προγράμματα. Οι συστάσεις αυτές παρατίθενται ακολούθως αλλά ταυτόχρονα σχολιάζεται ο τρόπος με τον οποίο επηρεάζουν την εμπλοκή του σημείου προσαρμογής $V_{B5.2}$ στο Δίκτυο Πρόσβασης του Παγκόσμιου Συστήματος Κινητών Τηλεπικοινωνιών. Οι συστάσεις αυτές χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, ανάλογα με την φύση τους, και συγκεκριμένα σε γενικού σκοπού και ειδικού σκοπού. Οι γενικού σκοπού συστάσεις ασχολούνται με θέματα που αφορούν ευρύτερα θέματα διαλειτουργικότητας, ενώ οι συστάσεις ειδικού σκοπού επικεντρώνονται στις ειδικές απαιτήσεις συγκεκριμένων λειτουργιών οι οποίες θα πρέπει να συμπεριληφθούν στο Παγκόσμιο Σύστημα Κινητών Τηλεπικοινωνιών. Έτσι, έχουμε τα ακόλουθα:

α) Γενικού σκοπού

- 1) «*Το σημείο προσαρμογής I_u θα πρέπει να υποστηρίζει λειτουργίες δρομολόγησης και διευθυνσιοδότησης των μηνυμάτων σηματοδοσίας*»: Λόγο εμπλοκής μεγάλου αριθμού από λειτουργικές οντότητες στο Δίκτυο Πρόσβασης του Παγκόσμιου Συστήματος Κινητών Τηλεπικοινωνιών, χρειάζεται μια λειτουργία που θα ασχολείται αποκλειστικά με την δρομολόγηση μηνυμάτων σηματοδοσίας στον προορισμό τους. Αυτή η λειτουργία θα μπορούσαμε να ισχυριστούμε πως καλύπτεται από τις προδιαγραφές λειτουργίας του σημείου προσαρμογής $V_{B5.2}$ στο Δίκτυο Πρόσβασης. Αυτές καθορίζουν ότι το Δίκτυο Πρόσβασης μπορεί να είναι ταυτόχρονα συνδεδεμένο με περισσότερους του ενός οργανισμούς παροχής υπηρεσιών (Κόμβους Παροχής Υπηρεσιών (SNs)) μέσω διαφορετικών, αφοσιωμένων συνδέσεων Εικονικού Μονοπατιού (VP) που καθορίζονται για κάθε διαφορετικό οργανισμό με ανάθεση provision). Με αυτό τον τρόπο, το Δίκτυο Πρόσβασης θα έχει την δυνατότητα να δρομολογεί τα μηνύματα σηματοδοσίας προς τον κατάλληλο παραλήπτη, ομαδοποιώντας τα ανάλογα με τη προανατεθειμένη, αφοσιωμένη σύνδεση Εικονικού Μονοπατιού που προορίζονται, όπως φαίνεται στο Σχήμα 57. Στο Δίκτυο Πρόσβασης δεν είναι επιθυμητή η επεξεργασία των μηνυμάτων σηματοδοσίας, αφού κύριος στόχος σχεδιασμού του είναι η περικλείση της δυνατής λειτουργικότητας που αντιστοιχεί σε ελάχιστο κόστος κατασκευής. Συνεπώς, η διευθυνσιοδότηση των μηνυμάτων σηματοδοσίας δεν είναι δυνατή στη λειτουργική οντότητα του Δικτύου Πρόσβασης, πράγμα που είναι εφικτό στο Κόμβο Παροχής Υπηρεσιών όπου βρίσκεται και η αντίστοιχη λειτουργική οντότητα διαχείρισης των μηνυμάτων σηματοδοσίας.



Σχήμα 57 Αρχιτεκτονική λειτουργικής οντότητας Δικτύου Πρόσβασης προς υποστήριξη της δρομολόγησης και διευθυνσιοδότησης μηνυμάτων σηματοδοσίας.

- 2) «Το σημείο προσαρμογής I_u θα πρέπει να υποστηρίζει την ελεύθερη διανομή της λειτουργικότητας»: Το περιβάλλον του Παγκόσμιου Συστήματος Κινητών Τηλεπικοινωνιών, που αποτελεί συγκερασμό τεχνολογιών και τάσεων, διαφέρει για κάθε επιμέρους τεχνολογία αλλά και για κάθε τοπολογία διασύνδεσης τους. Το σημείο προσαρμογής $V_{B5.2}$ είναι σε θέση να υποστηρίξει αυτόν τον συγκερασμό τεχνολογιών, ειδικά για το Δίκτυο Πρόσβασης, λόγω της υλοποίησης του σε χαμηλά στρώματα της στοίβας πρωτοκόλλων. Βασισμένο στην τεχνολογία Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης, περιορίζεται σε μεγάλο βαθμό εντός του Στρώματος Προσαρμογής Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης (AAL), επιτρέποντας σε μια εφαρμογή τόσο την χρησιμοποίηση του μέρους του συγκεκριμένου στρώματος που δεν χρησιμοποιείται από τα πρωτόκολλα του σημείου προσαρμογής $V_{B5.2}$ όσο και τα ίδια αυτά πρωτόκολλα, τροποποιημένα βεβαία σε αυτό το ενδεχόμενο προς την κατεύθυνση των προσαυξημένων καθηκόντων τους. Το Στρώμα Προσαρμογής Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης και το υποκείμενο στρώματα Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης ισοδυναμούν με τα κατώτερα στρώματα της στοίβας πρωτοκόλλων που παρουσιάζονται στο Σχήμα 53, αποτελώντας τη βάση του φέροντος σηματοδοσίας (signalling bearer). Με αυτόν τον τρόπο, ανάλογα με την εμπλεκόμενη κατά περίπτωση τεχνολογία, είναι δυνατόν να γίνει χρήση απευθείας του φέροντος σηματοδοσίας που περιγράφηκε παραπάνω ή να χρησιμοποιηθούν άλλοι μηχανισμοί φέροντος ανάλογα με τις λειτουργικές απαιτήσεις. Σε κάθε περίπτωση όμως, λειτουργικότητα μπορεί να προσθαιρεθεί σε οποιοδήποτε σημείο πέραν του φέροντος σηματοδοσίας, με ή χωρίς την παρεμβολή των πρωτοκόλλων του σημείου προσαρμογής $V_{B5.2}$, και οι διάφορες εφαρμογές να υποστηριχτούν με την ανάθεση μιας αφοσιωμένης σύνδεσης Νοητού Μονοπατιού / Νοητού Διαύλου (VP / VC) για κάθε ιδιαίτερη εφαρμογή.
- 3) «Το σημείο προσαρμογής I_u θα πρέπει να υποστηρίζει υπονοούμενη διευθυνσιοδότηση»: Τα κινητά τερματικά θα πρέπει να έχουν το περιθώριο

επιλογής του τύπου λειτουργικότητας που επιθυμούν και όχι του ειδικού τρόπου με τον οποίο θα υλοποιηθεί και θα υποστηριχτεί αυτή η λειτουργικότητα από το δίκτυο. Αυτό γίνεται εφικτό στην λειτουργική δομή του σημείου προσαρμογής $V_{B5.2}$ με την χρήση της παραμέτρου κλάσης υπηρεσίας του Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης στα μηνύματα σηματοδοσίας από τον χρήστη προς το δίκτυο με χρήση του πρωτοκόλλου Σημείου Προσαρμογής Χρήστη προς Δίκτυο (UNI). Αυτά τα μηνύματα παραλαμβάνονται προς επεξεργασία από την ειδικευμένη οντότητα στον Κόμβο Παροχής Υπηρεσιών και από εκεί διαβιβάζεται η απαραίτητη πληροφορία στο Δίκτυο Πρόσβασης με χρήση του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης. Πέραν της υπάρχουσας δυνατότητας, με την χρήση των Λειτουργιών Διαλειτουργικότητας είναι δυνατή η χρήση και άλλων μεθόδων για την συνεννόηση του χρήστη με το δίκτυο για τον πιθυμόμενο τύπο υπηρεσίας.

- 4) «*Το σημείο προσαρμογής I_u θα πρέπει να υποστηρίζει μηνύματα γενικών λειτουργιών, ενώ τα σχετιζόμενα με τα επιμέρους συστήματα μηνύματα θα πρέπει να τερματίζονται εντός των συστημάτων αυτών*»: Το παραπάνω αποτελεί συνέπεια του συγκερασμού διαφορετικών συστημάτων, μιας και προκύπτει η ανάγκη μίας κοινής βάσης μεταξύ αυτών των διαφορετικών συστημάτων. Μηνύματα γενικού σκοπού χαρακτηρίζονται κατά βάση τα μηνύματα που περικλείονται στο σύνολο των μηνυμάτων της οντότητας Ελέγχου Κλήσης, μιας και αυτή έχει τον κεντρικό, διευθύνοντα ρόλο στις διαδικασίες εγκατάστασης, τροποποίησης και απεγκατάστασης κλήσεων. Τέτοιες οντότητες χρησιμοποιούνται από όλες τις τεχνολογίες, με διαφορές στον τρόπο υλοποίησης. Παρόλα αυτά, η χρήση της λειτουργικής οντότητας Ελέγχου Κλήσης που χρησιμοποιείται από το σύστημα που υλοποιεί το σημείο προσαρμογής $V_{B5.2}$ και των μηνυμάτων της σαν βάση αναφοράς και μετάφρασης των μηνυμάτων σηματοδοσίας των διαφόρων συστημάτων αποτελεί εφικτή λύση, λαμβάνοντας υπόψη πιθανή επέκταση των λειτουργικών δυνατοτήτων της υπάρχουσας οντότητας προς την κατεύθυνση της σύγκλισης των τεχνολογικών ιδιαιτεροτήτων. Αυτό θα επιτευχθεί πρωτίστως με την αντιστοίχιση των πεδίων πληροφορίας των μηνυμάτων των επιμέρους τεχνολογιών στα μηνύματα της οντότητας Ελέγχου Κλήσης και τα πεδία πληροφορίας τους μέσω των κατάλληλων Λειτουργιών Διαλειτουργικότητας. Τα μηνύματα που έχουν σημασία για μία μόνο τεχνολογία θα τερματίζονται μέσα στα όρια αυτής, όρια συνήθως που οριοθετούνται από τις επιμέρους οντότητες Λειτουργιών Διαλειτουργικότητας.

β) ειδικού σκοπού

- 5) «*Το σημείο προσαρμογής I_u θα πρέπει να εκτελεί τον Έλεγχο Φέροντος Διαύλου (Bearer Control) του Παγκόσμιου Συστήματος Κινητών Τηλεπικοινωνιών (UMTS) με την επαναχρησιμοποίηση των λειτουργιών της οντότητας Ελέγχου Κλήσης*»: Ο Έλεγχος Φέροντος Διαύλου πραγματοποιείται πάνω από συνδέσεις από άκρο σε άκρο. Αυτές οι συνδέσεις υποστηρίζονται από τις λειτουργίες της οντότητας Ελέγχου Κλήσης του Ψηφιακού Δικτύου Ολοκληρωμένων Υπηρεσιών Ευρείας Ζώνης μέσω του πρωτοκόλλου σηματοδοσίας Q.2931. Η ύπαρξη αυτής της λειτουργικότητας επιτρέπει την επαναχρησιμοποίηση της για το Παγκόσμιο Σύστημα Κινητών Τηλεπικοινωνιών με την προσθήκη πάντα

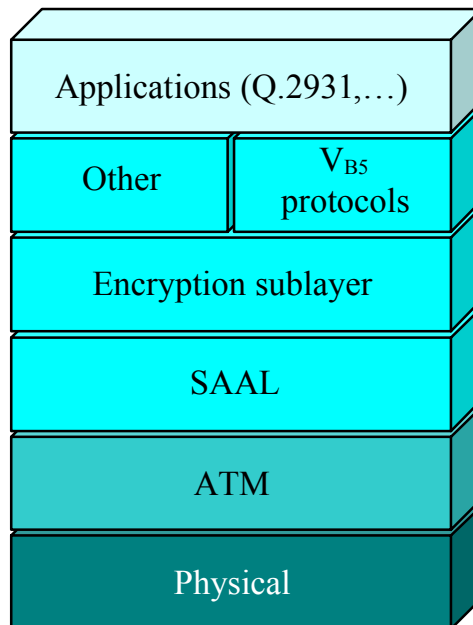
τροποποιήσεων που αποσκοπούν στην κάλυψη των παραμέτρων που σχετίζονται με θέματα κινητικότητας. Το Πρωτόκολλο Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης του σημείου προσαρμογής $V_{B5.2}$ υποστηρίζει την εγκατάσταση, μετατροπή και απεγκατάσταση από άκρο σε άκρο συνδέσεων, μέσω του Δικτύου Πρόσβασης, αλλά δεν υποστηρίζει τις παραμέτρους αυτές που σχετίζονται με την κινητικότητα χρήστη με την παρούσα μορφή, κατάσταση που μπορεί να αλλάξει με την απόπειρα αντιστοίχισης των υπαρχόντων μηνυμάτων με αυτά που σχετίζονται με την κινητικότητα χρήστη και όπου κριθεί απαραίτητο την επέκτασή τους ώστε να περιλάβουν πρόσθετη πληροφορία.

- 6) «*Το σημείο προσαρμογής I_u θα πρέπει να υποστηρίζει τον διαχωρισμό μεταξύ των διαδικασιών Ελέγχου Φέροντος Διαύλου και **Ελέγχου Κλήσης***»: Κύρια αιτία για αυτό αποτελεί το γεγονός ότι στις κινητές επικοινωνίες συνδέσεις μπορούν να αλλάζουν κατά τη διάρκεια μιας κλήσης (μεταπομπή κλήσης (handover)). Αυτό συνεπάγεται την εμπλοκή της οντότητας Ελέγχου Φέροντος Διαύλου (bearer control) για την μετεγκατάσταση της εν ενεργεία κλήσης σε νέα από άκρο σε άκρο σύνδεση, αλλά δεν επηρεάζει άμεσα την λειτουργία της οντότητας Ελέγχου Κλήσης αφού δεν μεταβάλλεται η κατάσταση της κλήσης αυτής καθεαυτής. Επιπρόσθετος λόγος για τον διαχωρισμό αυτόν είναι η διαχείριση των ασύρματων πόρων του συστήματος από μία βελτιωμένη έκδοση από πλευράς δυνατοτήτων του φέροντος διαύλου, περίπτωση κατά την οποία πολλαπλοί φέροντες δίαυλοι μπορούν να εξυπηρετούν μία και μόνο μία κλήση. Το σημείο προσαρμογής $V_{B5.2}$ υποστηρίζει συνδέσεις από σημείο σε σημείο και από σημείο σε πολλαπλά σημεία, επιτρέποντας την ταυτόχρονη διασύνδεση περισσότερων από δύο μέρη σε μία κλήση. Με αυτόν τρόπο γίνεται δυνατόν να υποστηριχτεί η διαδικασία μεταπομπής κλήσης κατά την οποία εγκαθίσταται ένα νέο μέρος στη διμερή επικοινωνία, αποκαλούμενο φύλλο (leaf), και αποτελεί τον νέο κλάδο της σύνδεσης του κινούμενου χρήστη με το απόμακρο μέρος και το μοναδικό εναπομείναν ύστερα από την απελευθέρωση των πόρων που είχαν δεσμευτεί από την αρχική, εγκαταληφθήσα θέση σύνδεσης του χρήστη με το σύστημα. Ενεργό ρόλο σε αυτή τη διαδικασία έχει η οντότητα Ελέγχου Αποδοχής Κλήσης που βρίσκεται στο Δίκτυο Πρόσβασης, η οποία όμως θα πρέπει να βελτιωθεί στην παρούσα έκδοσή της ώστε να συμπεριλάβει τις διαδικασίες εκείνες που θα κάνουν εφικτή τη λειτουργία μεταπομπής κλήσης και άλλες ανάλογες, σχετιζόμενες με την κινητικότητα χρήστη.
- 7) «*Το σημείο προσαρμογής I_u θα πρέπει να υποστηρίζει διαδικασίες **Διαχείρισης Κινητικότητας (Mobility Management)** και συγκεκριμένα όχι μόνο καταχώρηση χρήστη (user registration) και ενημέρωση θέσης (location update) αλλά επίσης και ενημέρωση κυρίαρχου χώρου (domain update) για την περίπτωση της μετάβασης μεταξύ διαφορετικών δικτύων*»: Οι Διαμορφωτές - Αποδιαμορφωτές του Παγκόσμιου Συστήματος Κινητών Τηλεπικοινωνιών θα έχουν την δυνατότητα να μεταπηδούν μεταξύ των διαφορετικών οργανισμών λειτουργίας δικτύου αλλά και μεταξύ δικτύων διαφόρων επιμέρους τεχνολογιών. Για κάθε διαφορετικό οργανισμό ή τεχνολογία, θα υπάρχει ένας υπεύθυνος Κόμβος Παροχής Υπηρεσιών ο οποίος θα συνδέεται με το Δίκτυο Πρόσβασης που

βρίσκεται (εγκαταλείπει ή μεταβαίνει) το τερματικό του χρήστη μέσω του σημείου προσαρμογής $V_{B5.2}$ και με χρήση της αντίστοιχης οντότητας Λειτουργιών Διαλειτουργικότητας. Οι επιμέρους διαδικασίες καταχώρησης χρήστη και ενημέρωσης θέσης αλλά και κυρίαρχου χώρου θα είναι τότε δυνατό να υποστηριχτούν από τον Κόμβο Παροχής Υπηρεσιών, αδιάκριτα από την τοποθεσία του τερματικού χρήστη.

- 8) «*Το σημείο προσαρμογής I_u θα πρέπει να υποστηρίζει διαδικασίες Μεταπομπής Κλήσης και Τεχνολογικής Διαφοροποίησης σε Μακροσκοπική Κλίμακα ανάμεσα σε οντότητες στο επίπεδο του σημείου πρόσβασης στο δίκτυο κορμού*»: Αυτό είναι απαραίτητο στην περίπτωση που ένα τερματικό διαβεί τα όρια που καθορίζονται από τον ελεγκτή εκπομπής-λήψης (transceiver controller). Σε αυτή την περίπτωση η μεταπομπή κλήσης κρίνεται απαραίτητη και λαμβάνει χώρα στο επίπεδο του Κέντρου Ανταλλαγής (LEX) στην περίπτωση μόνο που οι εμπλεκόμενοι ελεγκτές εκπομπής-λήψης, αυτός δηλαδή που εγκαταλείπεται και αυτός προορισμού, δεν είναι συνδεδεμένοι απευθείας μεταξύ τους. Αυτή η λειτουργία είναι παρόμοια με αυτή της απλής, εντός ορίων του τρέχοντος Δικτύου Πρόσβασης μεταπομπής κλήσης με την εξαίρεση πως στην όλη διαδικασία εμπλέκεται και η οντότητα Ελέγχου Αποδοχής Κλήσης του Κόμβου Παροχής Υπηρεσιών η οποία έχει ρόλο αντίστοιχο με αυτόν της ίδιας οντότητας στο Δίκτυο Πρόσβασης. Η απευθείας διασύνδεση των Δικτύων Πρόσβασης είναι κάτι που δεν υποστηρίζεται από την παρούσα μορφή του σημείου προσαρμογής $V_{B5.2}$ και είναι θέμα περαιτέρω μελέτης με ποιόν τρόπο θα γίνει κάτι τέτοιο δυνατό.
- 9) «*Το σημείο προσαρμογής I_u θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν απελευθερωμένο από επιρροές σε σχέση με την Διαχείριση των Πόρων του Ασύρματου μέρους του συστήματος (Radio Resource Management (RRM))*»: Οι αλγόριθμοι Διαχείριση των Πόρων του Ασύρματου μέρους του συστήματος, όπως αλγόριθμοι ελέγχου ισχύος, θεμάτων χρονισμού, διαχείρισης του ασύρματου καναλιού, Ελέγχου Προσπέλασης Μέσου (MAC), θα πρέπει να αντιμετωπίζονται με τη μεγαλύτερη δυνατή ελευθερία όσο το δυνατόν βαθύτερα (προς την πλευρά του χρήστη) στο Δίκτυο Πρόσβασης, ώστε να μην επηρεάζουν το υπόλοιπο σύστημα παρά μόνο το μέρος αυτό του Δικτύου Πρόσβασης στο οποίο εφαρμόζονται αυτές οι τεχνικές. Η πληροφορία που σχετίζεται με αυτούς τους αλγορίθμους και τις σχετικές λειτουργίες παραμένει εντός των ορίων του Δικτύου Πρόσβασης, με εξαίρεση μόνο την πληροφορία που σχετίζεται με την σύνδεση η οποία προωθείται στον Κόμβο Παροχής Υπηρεσιών όπου και την διαχειρίζεται η οντότητα Ελέγχου Κλήσης.
- 10) «*Το σημείο προσαρμογής I_u θα πρέπει να υποστηρίζει πολλαπλούς μηχανισμούς εξακρίβωσης αυθεντικότητας (authentication)*»: Επειδή πρωταρχικός στόχος του Παγκόσμιου Συστήματος Κινητών Τηλεπικοινωνιών είναι η ευελιξία και ενοποίηση όλων των υπάρχοντων τεχνολογιών, η αμοιβαία εξακρίβωση αυθεντικότητας μεταξύ όλων των ζευγών των εμπλεκόμενων οντοτήτων (χρήστη, οργανισμού λειτουργίας δικτύου, και οργανισμού παροχής υπηρεσίας) είναι κάτι το αναμενόμενο να συμβεί. Η κρυπτογράφηση των μηνυμάτων που ανταλλάσσονται πάνω από το σημείο προσαρμογής $V_{B5.2}$ είναι δυνατή μέσω της προσαρμογής

της στοίβας πρωτοκόλλων του σημείου προσαρμογής V_{B5.2} σε ένα στρώμα κρυπτογράφησης, εσωτερικά στο Στρώμα Προσαρμογής Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης, όπως φαίνεται στο Σχήμα 58.



Σχήμα 58 Διαστρωματική αρχιτεκτονική των πρωτοκόλλων του συστήματος με χρήση υποστρώματος κρυπτογράφησης.

5. 7. Αντιστοίχιση Μηνυμάτων

Όπως έγινε σαφές από την προηγούμενη ανάλυση, το μεγαλύτερο βάρος για την διαλειτουργικότητα συστημάτων διαφορετικών τεχνολογιών πέφτει στην λειτουργική οντότητα Ελέγχου Κλήσης. Αυτή ασκώντας τον κεντρικό έλεγχο όλων των διαδικασιών έχει τον πρωτεύοντα ρόλο στη διακριτή μεν αλλά συγχρονισμένη δε λειτουργία των επιμέρους λειτουργικών οντοτήτων των διαφόρων τεχνολογιών. Αυτό επιτυγχάνεται με την χρήση των οντοτήτων Λειτουργιών Διαλειτουργικότητας οι οποίες προσαρμόζουν τις ιδιαιτερότητες των επιμέρους τεχνολογιών στα μηνύματα αναφοράς της οντότητας Ελέγχου Κλήσης. Παρόλα αυτά, υπάρχουν περιπτώσεις που η οντότητα Ελέγχου Κλήσης στην παρούσα έκδοση δεν είναι σε θέση να καλύψει και χρειάζεται να διευρυνθεί προς αυτές τις κατευθύνσεις. Σε γενικές γραμμές όμως μπορούμε να υποστηρίξουμε πως χρησιμοποιώντας σαν βάση τη δεδομένη οντότητα είναι εφικτή η σύγκλιση των διαφόρων τεχνολογιών σε ένα μεγάλο ποσοστό.

Η αντιστοίχιση των μηνυμάτων μεταξύ διαφόρων τεχνολογιών αλλά και συγκεκριμένα μεταξύ ασυρμάτων Δικτύων Πρόσβασης και ενσύρματων Κόμβων Παροχής Υπηρεσιών, αναφερόμενοι κυρίως σε Κόμβους Παροχής Υπηρεσιών Ψηφιακού Δικτύου Ολοκληρωμένων Υπηρεσιών Ευρείας Ζώνης, αλλά και το ανάδρομο, παρουσιάζονται στους Πίνακας 8, και Πίνακας 9 [3]. Αυτά τα μηνύματα σχετίζονται με την οντότητα Ελέγχου Κλήσης και ένα τμήμα τους αναπαριστά την απολύτως αναγκαία λειτουργικότητα για την εγκατάσταση, μετατροπή και απεγκατάσταση μιας κλήσης. Τα μηνύματα που παρουσιάζονται σε αυτόν τον πίνακα καλύπτουν και λειτουργίες που δεν υποστηρίζονται από την παρούσα έκδοση της οντότητας Ελέγχου Κλήσης και για την οποία θα πρέπει να ληφθεί ιδιαίτερη μέριμνα.

Τα μηνύματα που συμπεριλαμβάνονται στην ομάδα βασικών μηνυμάτων του σημείου αναφοράς I_u είναι αυτά που βασίζονται στα μηνύματα του πρωτοκόλλου Σημείου Προσαρμογής Χρήστη προς Δίκτυο (UNI).

Πίνακας 8 Αντιστοίχιση μηνυμάτων που σχετίζονται με την οντότητα Ελέγχου Κλήσης μεταξύ Δικτύων Πρόσβασης και Δικτύου Κορμού (core network) Ψηφιακού Δικτύου Ολοκληρωμένων Υπηρεσιών Ευρείας Ζώνης, όπου παρουσιάζονται μόνο τα μηνύματα αυτά που ανήκουν στην ομάδα βασικών μηνυμάτων του σημείου αναφοράς I_u.

Access Network			Service Node
UMTS/Rainbow	GSM layer 3 (04.08)	DECT	B-ISDN message
Alert	ALERTING	CC-ALERTING	ALERTING
Call-proceeding	CALL PROCEEDING	CC-CALL-PROC	CALL PROCEEDING
Connect	CONNECT	CC-CONNECT	CONNECT
Connect-Ack	CONNECT ACKNOWLEDGE	CC-CONNECT-ACK ¹	CONNECT ACKNOWLEDGE
---	USER INFORMATION	CC-INFO	INFORMATION
Call-Release	RELEASE	CC-RELEASE	RELEASE
Call-Release-complete	RELEASE COMPLETE	CC-RELEASE-COM	RELEASE COMPLETE
Call setup	SETUP	CC-SETUP	SETUP

Πίνακας 9 Αντιστοίχιση μηνυμάτων που σχετίζονται με την οντότητα Ελέγχου Κλήσης μεταξύ Δικτύου Κορμού Ψηφιακού Δικτύου Ολοκληρωμένων Υπηρεσιών Ευρείας Ζώνης και Δικτύων Πρόσβασης, όπου παρουσιάζονται μόνο τα μηνύματα αυτά που ανήκουν στην ομάδα βασικών μηνυμάτων του σημείου αναφοράς I_u.

Service Node	Access Network		
B-ISDN message	UMTS/Rainbow	GSM layer 3 (04.08)	DECT
ALERTING	Alert	ALERTING	CC-ALERTING
CALL PROCEEDING	Call-proceeding	CALL PROCEEDING	CC-CALL-PROC
CONNECT	Connect	CONNECT	CC-CONNECT
CONNECT ACKNOWLEDGE	Connect Ack	CONNECT ACKNOWLEDGE	CC-CONNECT-ACK
INFORMATION	---	USER INFORMATION	CC-INFO
NOTIFY	---	NOTIFY	CC-NOTIFY
RELEASE	Call-Release	RELEASE	CC-RELEASE
RELEASE COMPLETE	Call-Release-complete	RELEASE COMPLETE	CC-RELEASE-COM
SETUP	Call setup	SETUP	CC-SETUP

Παράλληλα υπάρχει και η αντιστοίχιση των μηνυμάτων της οντότητας Ελέγχου Κλήσης του Ψηφιακού Δικτύου Ολοκληρωμένων Υπηρεσιών Ευρείας Ζώνης, που δεν είναι άλλα από αυτά που προσδιορίζονται και περιγράφονται από το πρωτόκολλο Ψηφιακού Συστήματος Σηματοδοσίας Συνδρομητή αρ. 2 (DSS2) [1], [2], με τα μηνύματα του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης. Η

αντιστοίχιση αυτή φαίνεται στον Πίνακα 3 όπου αναπαρίστανται τα σχετικά με την εγκατάσταση, μετατροπή και απεγκατάσταση κλήσης μηνύματα μόνο του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης, τα οποία αντιστοιχίζονται στα μηνύματα του πρωτοκόλλου Ψηφιακού Συστήματος Σηματοδοσίας Συνδρομητή αρ. 2.

Από τα παραπάνω καταλήγουμε στον Πίνακα 10, όπου γίνεται ορατή η αντιστοίχιση των μηνυμάτων που σχετίζονται με τον Έλεγχο Κλήσης και καλύπτουν όλες τις αναφερθείσες τεχνολογίες για την ανταλλαγή μηνυμάτων τόσο στην κατεύθυνση Από τον Κόμβο Παροχής Υπηρεσιών προς το Δίκτυο Πρόσβασης όσο και στην αντίθετη κατεύθυνση, από το Δίκτυο Πρόσβασης προς τον Κόμβο Παροχής Υπηρεσιών. Αυτή η αντιστοίχιση καλύπτει την βασική ομάδα μηνυμάτων που αποσκοπούν στην εγκατάσταση μόνο της από άκρο σε άκρο σύνδεσης και δεν περιλαμβάνουν τις ειδικές περιπτώσεις μετατροπής των χαρακτηριστικών μιας κλήσης ή και της προσθήκης νέου μέλους σε αυτήν.

Πίνακας 10 Αντιστοίχιση βασικών μηνυμάτων που σχετίζονται με τον Έλεγχο Κλήσης ή / και Έλεγχο Αποδοχής Κλήσης μεταξύ του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης και των διαφόρων τεχνολογιών.

UMTS	GSM	DECT	B-ISDN	B-BCCP
Alert	ALERTING	CC-ALERTING	ALERTING	ALLOC_COMP
Call-proceeding	CALL PROCEEDING	CC-CALL-PROC	CALL PROCEEDING	ALLOC_COMP
Connect	CONNECT	CC-CONNECT	CONNECT	ALLOC_COMP
Connect Ack	CONNECT ACKNOWLEDGE	CC-CONNECT-ACK	CONNECT ACKNOWLEDGE	-
-	USER INFORMATION	CC-INFO	INFORMATION	-
-	NOTIFY	CC-NOTIFY	NOTIFY	-
Call-Release	RELEASE	CC-RELEASE	RELEASE	ALLOC_REJ, ALLOC_COMP_REJ
Call-Release-complete	RELEASE COMPLETE	CC-RELEASE-COM	RELEASE COMPLETE	ALLOC_REJ, ALLOC_COMP_REJ
Call setup	SETUP	CC-SETUP	SETUP	ALLOC, ALLOC_ACC

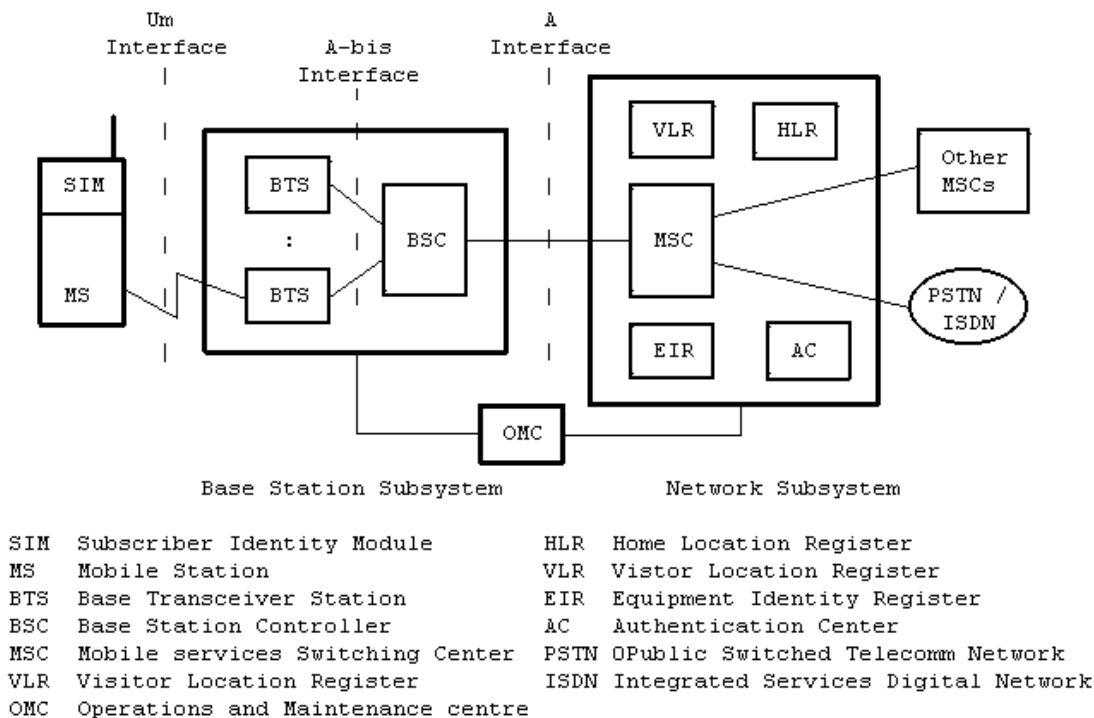
5.8. Το παράδειγμα της μεταπομπής κλήσης

Χαρακτηριστικό παράδειγμα των διαφοροποιήσεων μεταξύ των πρωτοκόλλων σηματοδοσίας που υποστηρίζουν τις διάφορες τεχνολογίες είναι αυτό της δυνατότητας περιαγωγής (roaming) του χρήστη και η υποστήριξη της αναγκαίας για αυτό το σκοπό κινητικότητας του χρήστη με την χρήση της λειτουργίας μεταπομπής κλήσης. Αυτή η λειτουργία αφορά κυρίως τα ασύρματα δίκτυα και δεν υποστηρίζεται από τα σταθερά, μιας και σε αυτές τις τεχνολογίες δεν υπάρχει θέμα κινητικότητας χρήστη: οι γραμμές του φυσικού μέσου που υποστηρίζουν τις συνδέσεις του είναι σαφώς καθορισμένες χωρικά και δεν αφήνουν περιθώρια διαφοροποίησης της θέσης του τερματικού του χρήστη. Αποτελεί λοιπόν ένα κλασικό παράδειγμα διαλειτουργικότητας, όπου ένα πρωτόκολλο σηματοδοσίας καλείται να καλύψει και λειτουργίες οι οποίες δεν είχαν ληφθεί υπόψη κατά την αρχική σχεδίαση του. Για το σκοπό αυτό θα αναπτύξουμε την διαλειτουργικότητα των μηνυμάτων του Παγκόσμιου Συστήματος για τις Κινητές Επικοινωνίες (Global System for Mobile telecommunications (GSM)) που εμπλέκονται στην μεταπομπή κλήσης με τα

μηνύματα του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης. Για το σκοπό αυτό, θα περιγράψουμε πρώτα την αρχιτεκτονική του Παγκόσμιου Συστήματος για τις Κινητές Επικοινωνίες αλλά και την λειτουργία μεταπομπής κλήσης ώστε να μπορέσουμε να αναπτύξουμε την δομή της διαλειτουργικότητας μεταξύ των δύο συστημάτων.

5.8.1. Αρχιτεκτονική του Παγκόσμιου Συστήματος για τις Κινητές Επικοινωνίες (GSM)

Το δίκτυο Παγκόσμιου Συστήματος για τις Κινητές Επικοινωνίες [11], [12] αποτελείται από διάφορες λειτουργικές οντότητες των οποίων οι λειτουργίες και τα σημεία προσαρμογής με τις υπόλοιπες οντότητες είναι σαφώς καθορισμένες στα σχετικά πρότυπα. Η αρχιτεκτονική του συστήματος αυτού, όπως φαίνεται στο Σχήμα 59, διαιρείται σε τρία μέρη: τον Κινητό Σταθμό (Mobile Station (MS)) που αντιστοιχεί στο τερματικό του χρήστη, στο Υποσύστημα Σταθμού Βάσης (Base Station Subsystem (BSS)) και στο Υποσύστημα Δικτύου (Network Subsystem (NS)).



Σχήμα 59 Λειτουργική αρχιτεκτονική Παγκόσμιου Συστήματος για τις Κινητές Επικοινωνίες (GSM).

Ο Κινητός Σταθμός αποτελείται, εκτός από τον υλικό εξοπλισμό όπως οι πομποδέκτες ραδιοσημάτων, η οθόνη και οι επεξεργαστές ψηφιακού σήματος, επίσης από μία έξυπνη κάρτα (smart card) που καλείται Στοιχείο Ταυτότητας Χρήστη (Subscriber Identity Module (SIM)). Αυτό το Στοιχείο Ταυτότητας Χρήστη παρέχει την δυνατότητα κινητικότητας στο χρήστη, ώστε αυτός να έχει τη δυνατότητα πρόσβασης σε όλες τις υπηρεσίες στις οποίες είναι συνδρομητής αδιάφορα από της

θέσεως που βρίσκεται η τερματική του συσκευής ή της χρήστης κάποιας ειδικής συσκευής σαν τερματικό.

Το Υποσύστημα Σταθμού Βάσης αποτελείται από δύο μέρη: τον Αναμεταδότη Σταθμού Βάσης (Base Transceiver Station (BTS)) και τον Ελεγκτή Σταθμού Βάσης (Base Station Controller (BSC)). Αυτά τα δύο μέρη επικοινωνούν μεταξύ τους βάση του σημείου προσαρμογής A-bis, το οποίο επιτρέπει τη συνεργασία στοιχείων που είναι κατασκευασμένα από διαφορετικούς προμηθευτές. Ειδικότερα:

- Ο Αναμεταδότης Σταθμού Βάσης είναι υπεύθυνος για τη παροχή ενός μονοπατιού διέλευσης δεδομένων χωρίς σφάλματα, πράγμα που επιτυγχάνεται με την υλοποίηση των δύο κατωτέρων στρωμάτων του ασύρματου σημείου προσαρμογής (δηλαδή του φυσικού στρώματος και του στρώματος λογικής σύνδεσης). Λόγο του μεγάλου αριθμού Αναμεταδοτών Σταθμού Βάσης που πρέπει να αναπτυχθούν ώστε το σύστημα να καλύπτει αστικές περιοχές στο πλήρες εύρος τους, οι προδιαγραφές για αυτούς επιβάλλουν εκτός από την αξιοπιστία και την εύκολη προσθήκη τους σε οποιοδήποτε σύστημα, επιπλέον το όσο το δυνατόν χαμηλότερο κόστος. Αυτό συνεπάγεται και τη υλοποίηση της ελάχιστης δυνατής λειτουργικότητας η οποία θα έχει σαν αποτέλεσμα τις ελάχιστες απαιτήσεις για την δυναμικότητα και λειτουργικότητα που πρέπει να καλύπτει το υλικό του συστήματος Αναμεταδότη Σταθμού Βάσης. Κάθε Αναμεταδότης Σταθμού Βάσης διαφυλάσσει τουλάχιστον ένα από τα ασύρματα κανάλια του, που χρησιμοποιούνται για την μεταφορά πληροφορίας, αποκλειστικά για την μεταφορά σημάτων ελέγχου.
- Ο Ελεγκτής Σταθμού Βάσης διαχειρίζεται τους ασύρματους πόρους του συστήματος για έναν ή περισσότερους Αναμεταδότες Σταθμού Βάσης. Η βασικές του λειτουργίες είναι: η ανάθεση και ο έλεγχος καναλιών μεταφοράς πακέτων πληροφορίας, ο έλεγχος της λειτουργίας μεταπήδησης συχνότητας (frequency hopping), η διενέργεια της διαδικασίας μεταπομπής κλήσης μόνο στην περίπτωση που αυτή περιορίζεται εντός της περιοχής ελέγχου του τρέχοντος Ελεγκτής Σταθμού Βάσης, και η παροχή μετρήσεων της επίδοσης του ασύρματου μέρους.

Από την στιγμή που ο Κινητός Σταθμός αποκτήσει πρόσβαση στον Αναμεταδότη Σταθμού Βάσης και συγχρονιστεί με αυτόν, ο Ελεγκτής Σταθμού Βάσης θα του αναθέσει ένα αφοσιωμένο κανάλι σηματοδότησης διπλής κατεύθυνσης και θα εγκαταστήσει ένα μονοπάτι ως το Κέντρο Μεταγωγής Κινητών Υπηρεσιών (Mobile Services Switch center (MSC)), οντότητα η οποία βρίσκεται στο Υποσύστημα Δικτύου. Ο Αναμεταδότης Σταθμού Βάσης απεικονίζει επίσης το κανάλι φωνής που χρησιμοποιείται για το ασύρματο μέρος, εύρους 13 kbps, σε κανάλι 64 Kbps που είναι και το πρότυπο κανάλι μεταφοράς φωνής για το Δημόσιο Μεταγώμενο Τηλεφωνικό Δίκτυο (Public Switched Telephone Network (PSTN)) ή το Ψηφιακό Δίκτυο Ενοποιημένων Υπηρεσιών. Ο Κινητός Σταθμός και το Υποσύστημα Σταθμού Βάσης επικοινωνούν με το Κέντρο Μεταγωγής Κινητών Υπηρεσιών πάνω από το σημείο προσαρμογής A.

Το κεντρικό δομικό στοιχείο του Υποσυστήματος Δικτύου αποτελεί η οντότητα Κέντρου Μεταγωγής Κινητών Υπηρεσιών. Αυτή η οντότητα λειτουργεί σαν ένα κοινό στοιχείο μεταγωγής, όπως αυτά του Δημοσίου Μεταγώμενου Τηλεφωνικού

Δικτύου και του Ψηφιακού Δικτύου Ενοποιημένων Υπηρεσιών, αλλά επιπρόσθετα παρέχει όλη την λειτουργικότητα που είναι απαραίτητη για την διαχείριση ενός μετακινούμενου χρήστη. Τέτοια λειτουργικότητα καλύπτει τις διαδικασίες:

- εγγραφής χρήστη (οντότητα Καταχωρητή Εγγραφής Ταυτότητας Εξοπλισμού (Equipment Identity Register (EIR))),
- ταυτοποίησης χρήστη (οντότητα Κέντρου Ταυτοποίησης (Authentication Centre (AC))),
- ενημέρωσης τοποθεσίας χρήστη (οντότητα Καταχωρητή Τοποθεσίας Βάσης (Home Location Register (HLR))),
- δρομολόγησης κλήσης σε έναν χρήστη που κάνει χρήση υπηρεσιών περιαγωγής (οντότητα Καταχωρητή Τοποθεσίας Επισκέπτη (Visitor Location Register (VLR))), και
- μεταγωγής κλήσης.

Το Κέντρο Μεταγωγής Κινητών Υπηρεσιών (MSC) αποτελεί το συνδεδετικό σημείο μεταξύ του ασύρματου τοπικού δικτύου με το δίκτυο σταθερής τηλεφωνίας ή άλλα Κέντρα Μεταγωγής Κινητών Υπηρεσιών, όπως γίνεται εμφανές στο Σχήμα 59. Τέλος, η οντότητα Κέντρου Διαχείρισης και Λειτουργίας (Operation and Maintenance Centre (OMC)) αναλαμβάνει τον ρόλο του υπεύθυνου για τη διαχείριση και την συντήρηση της λειτουργίας των οντοτήτων του ασύρματου δικτύου.

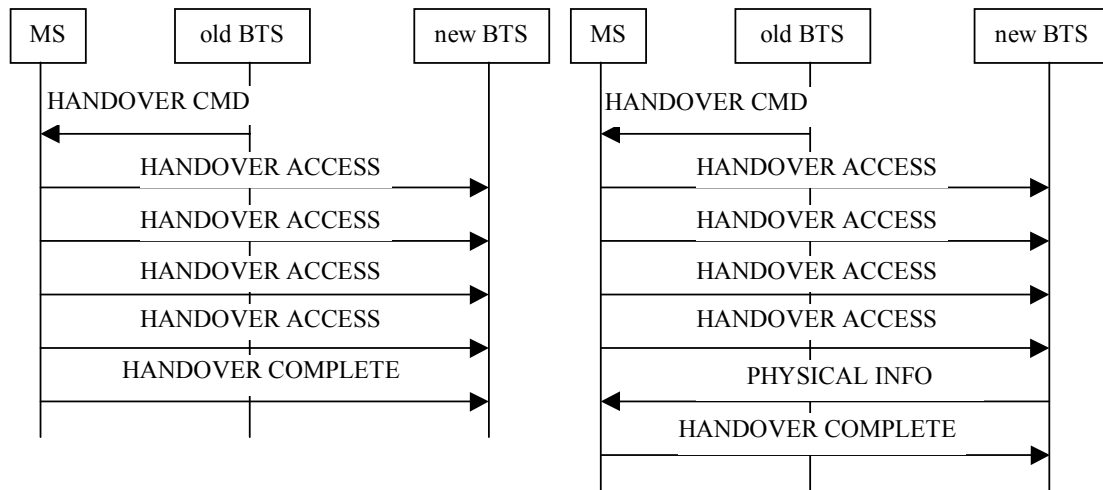
5.8.2. Μεταπομπή Κλήσης (Handover)

Έχοντας αναλύσει την αρχιτεκτονική του Παγκόσμιου Συστήματος για τις Κινητές Επικοινωνίες (GSM), είμαστε σε θέση να ξεκινήσουμε την ανάλυση της διαδικασίας μεταπομπής κλήσης. Ως μεταπομπή κλήσης ονομάζουμε την μεταγωγή μιας εν εξελίξει κλήσης σε ένα διαφορετικό κανάλι μεταφοράς της πληροφορίας ή σε ένα διαφορετική κυψέλη του ασύρματου δικτύου πρόσβασης. Υπάρχουν τέσσερις διαφορετικοί τρόποι μεταπομπής κλήσης, για τη μεταφορά μιας κλήσης μεταξύ:

- Καναλιών (χρονοθυρίδων) που ανήκουν στην αρμοδιότητα της ίδιας κυψέλης του ασύρματου δικτύου πρόσβασης, κύτταρα που αντιστοιχούν σε ένα Αναμεταδότη Σταθμού Βάσης,
- Κυψελών του ασύρματου δικτύου πρόσβασης (Αναμεταδότες Σταθμού Βάσης) που υπόκεινται στον έλεγχο του ίδιου Ελεγκτή Σταθμού Βάσης,
- Κυψελών του ασύρματου δικτύου πρόσβασης (Αναμεταδότες Σταθμού Βάσης) που υπόκεινται στον έλεγχο διαφορετικών Ελεγκτών Σταθμού Βάσης, αλλά υπό τον έλεγχο του ίδιου Κέντρου Μεταγωγής Κινητών Υπηρεσιών, και
- Κυψελών του ασύρματου δικτύου πρόσβασης (Αναμεταδότες Σταθμού Βάσης) που υπόκεινται στον έλεγχο διαφορετικών Κέντρων Μεταγωγής Κινητών Υπηρεσιών.

Οι πρώτοι δύο τρόποι μεταπομπής κλήσης, οι οποίοι χαρακτηρίζονται ως εντός πεδιάς (internal), εμπλέκουν ένα μόνο Ελεγκτή Σταθμού Βάσης. Για αυτό το λόγο, με σκοπό την εξοικονόμηση εύρους του καναλιού σηματοδότησης, η διαδικασία μεταπομπής κλήσης διεξάγεται από τον Ελεγκτή Σταθμού Βάσης χωρίς την παραμικρή παρεμβολή του Κέντρου Μεταγωγής Κινητών Υπηρεσιών (MSC), εκτός από την ενημέρωση του για το αποτέλεσμα της διαδικασίας μεταπομπής της κλήσης

ύστερα από την ολοκλήρωση της. Οι δύο τελευταίοι τρόποι μεταπομπής κλήσης, οι οποίοι χαρακτηρίζονται ως εκτός πεδιάς (external), διαχειρίζονται από τις εμπλεκόμενες οντότητες Κέντρων Μεταγωγής Κινητών Υπηρεσιών. Στην ακόλουθη ανάλυση της αντιστοίχισης μηνυμάτων θα μας απασχολήσουν μόνο τα μηνύματα της εκτός πεδιάς μεταπομπής κλήσης, μιας και θέλουμε να δώσουμε έμφαση στην λειτουργικότητα που χρειάζεται για την εκπλήρωση της διαδικασίας μεταπομπής κλήσης μεταξύ ενός κεντρικού συστήματος (Κέντρο Μεταγωγής Κινητών Υπηρεσιών) και καταναμημένων στοιχείων πρόσβασης (Ελεγκτών Σταθμού Βάσης).



Σχήμα 60 Διαγράμματα ανταλλαγής μηνυμάτων για την περίπτωση της επιτυχούς μεταπομπής κλήσης (handover) στο Παγκόσμιο Σύστημα Κινητών Επικοινωνιών για τις περιπτώσεις (α) συγχρονισμένου και (β) μη συγχρονισμένου Κινητού Σταθμού.

Η διαδικασία μεταπομπής κλήσης αποτελείται, όπως περιγράφεται και στο Σχήμα 60, από δύο διαγράμματα ανταλλαγής μηνυμάτων με βάση τον συγχρονισμό ή όχι του Κινητού σταθμού. Είναι φανερό πως ο Κινητός Σταθμός διεγείρει τον Αναμεταδότη Σταθμού Βάσης του οποίου την εμβέλεια περιέρχεται με στόχο να αποκτήσει πρόσβαση στους πόρους του. Για να επιτύχει τούτο, προβαίνει σε ενέργειες αντίστοιχες του πρωτοκόλλου Πολλαπλής Πρόσβασης με Ανίχνευση Μέσου και με Ανίχνευση Σύγκρουσης (CSMA/CD), δηλαδή πολλαπλή και επίμονη προσπάθεια να αποκτήσει πρόσβαση στο κοινά διαμοιραζόμενο μέσο σε ένα ανταγωνιστικό περιβάλλον, αδιαφορώντας για το γεγονός πως είχε ήδη πρόσβαση με χρήση της υπάρχουσας, απαξιούμενης σύνδεσης με τον πηγαίο Αναμεταδότη Σταθμού Βάσης. Ο πηγαίος Αναμεταδότη Σταθμού Βάσης θα μπορούσε να μεσολαβήσει, προβαίνοντας σε όλες τις απαραίτητες ενέργειες ώστε να γίνει εφικτή η εισαγωγή του Κινητού Σταθμού στο νέο σύστημα προορισμού χωρίς να εμφανιστούν εμπόδια ή άλλες διαφοροποιήσεις της ποιότητας υπηρεσίας, με το να διερευνήσει εκ μέρους του Κινητού Σταθμού την ύπαρξη των απαιτούμενων πόρων στο Αναμεταδότη Σταθμού Βάσης προορισμού. Ένα αφοσιωμένο πρωτόκολλο θα μπορούσε να αναλάβει αυτό τον ρόλο της διακόμισης αυτής της πληροφορίας μεταξύ των δύο Αναμεταδοτών Σταθμού Βάσης και το Πρωτόκολλο Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης αποτελεί μια λύση σε αυτό.

Τα μηνύματα και τα στοιχεία πληροφορίας τα οποία μεταφέρουν την πληροφορία που είναι απαραίτητη για την διεκπεραίωση της διαδικασίας μεταπομπής κλήσης

παρουσιάζονται στον Πίνακα 11. Μπορούμε να παρατηρήσουμε την μεγάλη διακύμανση στο μέγεθος των μηνυμάτων αυτών, από μήνυμα σε μήνυμα, αλλά και το μικρό όγκο πληροφορίας που μεταφέρουν τα περισσότερα από αυτά. Με εξαίρεση μόνο το μήνυμα *HANDOVER_COMMAND* που έχει ένα συνολικό μέγεθος που κυμαίνεται από 9 οκτάδες δυαδικών ψηφίων (bytes) κατ' ελάχιστο έως και το μέγιστο των 55 οκτάδων δυαδικών ψηφίων, τα υπόλοιπα μηνύματα μεταφέρουν εκτός της επικεφαλίδας, με μέγεθος 2 οκτάδων δυαδικών ψηφίων, μοναδικό στοιχείο πληροφορίας με μέγεθος 1 οκτάδας δυαδικών ψηφίων.

Τα περισσότερα από τα στοιχεία πληροφορίας που συντελούν τα παραπάνω μηνύματα έχουν συγκεκριμένο λειτουργικό στόχο που έχει να κάνει με τα ασύρματα χαρακτηριστικά του συστήματος και κατά συνέπεια δεν είναι δυνατή οποιαδήποτε αντιστοίχιση τους με στοιχεία πληροφορίας των μηνυμάτων του πρωτοκόλλου Συστήματος Σηματοδοσίας Ψηφιακού Χρήστη αριθμός 2 (DSS2) και κατά συνέπεια σε αυτά του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης. Μοναδική εξαίρεση αποτελούν τα στοιχεία πληροφορίας *Handover reference* και *RR cause* τα οποία έχουν λειτουργία παρόμοια με αυτή των *Connection reference number* και *RR cause* του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης, όπως αυτά παρουσιάζονται στον Πίνακα 12. Δηλαδή η πλειοψηφία των στοιχείων πληροφορίας αυτών θα πρέπει να συμπεριληφθεί στα τροποποιημένα μηνύματα του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης που θα προκύψουν ώστε να καλύψουν την απαιτούμενη λειτουργικότητα που επιβάλλει το ασύρματο μέρος της σύνδεσης. Αυτή η πρόσθετη πληροφορία δεν επηρεάζει σημαντικά τα μηνύματα που καλούνται να τη φέρουν μιας και το πλεόνασμα του εύρους ζώνης που αυτά καταλαμβάνουν παραμένει ανεκμετάλλευτο. Μοναδική περίπτωση στην οποία θα χρειαστούν περισσότερα από ένα πακέτα Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης για να εμφωλιαστούν όλα τα εμπλεκόμενα στοιχεία πληροφορίας είναι αυτή των στοιχείων πληροφορίας του μηνύματος *HANDOVER_COMMAND*.

Πίνακας 11 Τα μηνύματα και τα αντίστοιχα στοιχεία πληροφορίας που σχετίζονται με την διαδικασία μεταπομπής κλήσης.

Information elements	Message					Information Element size (bytes)
	HANDOVER_ACCESS	HANDOVER_COMMAND	HANDOVER_COMPLETE	HANDOVER_FAILURE	PHYSICAL_INFORMATION	
Protocol discriminator		M	M	M	M	2
Transaction identifier		M	M	M	M	
Message type		M	M	M	M	
Cell description		M				2
Channel description		M				3
Handover reference	M	M				1
Power command		M				1
Synchronisation indication		O				1
Cell channel description		O				17
Channel mode		O				2
Channel description		O				4
Channel mode 2		O				2
Frequency channel sequence		O				10
Mobile allocation		O				2-10
Starting time		O				3
RR cause			M	M		1
Timing advance					M	1
Minimum message size	1	9	3	3	3	
Maximum message size		55				

(M: mandatory (υποχρεωτικό), O: optional (προαιρετικό))

5.8.3. Εμπλοκή του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης

Σε αντίθεση με το Δίκτυο Πρόσβασης που χρησιμοποιείται από το σημείο προσαρμογής $V_{B5.2}$, το Υποσύστημα Σταθμού Βάσης διαθέτει οντότητες με λειτουργίες μηχανισμών αποφάσεων, όπως η λειτουργική μονάδα μεταπομπής κλήσης. Αυτό συνεπάγεται πως η σηματοδότηση του χρήστη προς το δίκτυο δεν περνά διαφανώς από το Υποσύστημα Σταθμού Βάσης, το αντίστοιχο του Δικτύου Πρόσβασης, αλλά τερματίζεται η σύνδεση προσωρινά στο Υποσύστημα Σταθμού Βάσης, πριν προωθηθεί εκ νέου στον τελικό προορισμό του (το Υποσύστημα Δικτύου), ώστε να έχει η αντίστοιχη οντότητα την δυνατότητα επισκόπησης των μηνυμάτων σηματοδότησης ώστε να προβεί στις απαραίτητες ενέργειες όταν τα μηνύματα αυτά απευθύνονται σε λειτουργίες που βρίσκονται υπό τον έλεγχο του Υποσυστήματος Σταθμού Βάσης. Αυτές οι λειτουργίες μπορεί να λαμβάνουν χώρα στο Υποσύστημα Σταθμού Βάσης, μακριά από το Υποσύστημα Δικτύου, που είναι το αντίστοιχο του Κόμβου Παροχής Υπηρεσιών, αλλά δεν το αφήνουν άμοιρο των εξελίξεων. Για κάθε ενέργεια που λαμβάνει χώρα στο Υποσύστημα Σταθμού Βάσης η αντίστοιχη πληροφορία κατάστασης μεταβιβάζεται στο Υποσύστημα Δικτύου. Για τη μεταφορά αυτής της πληροφορίας μια βελτιωμένη έκδοση του Πρωτόκολλο Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης θα μπορούσε να ληφθεί υπόψη. Πιο συγκεκριμένα, η εμπλοκή του Πρωτόκολλο Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης στη διαδικασία μεταπομπής κλήσης, που θα αναλυθεί ακολούθως, αποτελεί το προπομπό και ίσως το πιο χαρακτηριστικό παράδειγμα για την δυνατότητα χρησιμοποίησης του συγκεκριμένου πρωτοκόλλου, και του αντίστοιχου σημείου προσαρμογής $V_{B5.2}$, στο ρόλο του διακομιστή πληροφορίας κατάστασης και ελέγχου μεταξύ των δύο βασικών οντοτήτων του δικτύου: το Υποσύστημα Σταθμού Βάσης και το Υποσύστημα Δικτύου.

Για το σκοπό αυτό, κάποια από τα μηνύματα του Πρωτοκόλλο Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης θα υιοθετηθούν ώστε με κατάλληλες τροποποιήσεις, τόσο στα μηνύματα όσο και στον αλγόριθμο του πρωτοκόλλου (αλλά και του υπόλοιπου συστήματος), να μπορούν να ανταποκρίνονται στις ανάγκες εκπλήρωσης της διαδικασίας μεταπομπής κλήσης. Η επιλογή των μηνυμάτων βασίζεται στη συγγένεια της λειτουργικότητας των μηνυμάτων με αυτή της λειτουργίας μεταπομπής κλήσης, και συγκεκριμένα η επιλογή των μηνυμάτων BRANCH έγινε με δεδομένη την χρήση τους για προσθήκη και αποκοπή πρόσθετων μερών (αποκαλούμενων φύλλα (leaves)) σε μια εν εξελίξει κλήση. Η επαναχρησιμοποίηση των υπαρχόντων μηνυμάτων του Πρωτόκολλο Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης είναι εφικτή λόγω του χαμηλού βαθμού πλήρωσης του καταλαμβανόμενου εύρους ζώνης του αφοσιωμένου στο πρωτόκολλο καναλιού από την πραγματική πληροφορία που μεταφέρει κάθε μήνυμα και στις περισσότερες περιπτώσεις αφήνει μεγαλύτερο από το μισό μέρος του καταλαμβανόμενου για κάθε μήνυμα εύρους ζώνης. Επιπρόσθετα, η πολυπλοκότητα του αλγορίθμου του πρωτοκόλλου δεν θα αυξηθεί δραματικά με την τροποποίηση των λειτουργικών δυνατοτήτων κάποιων μηνυμάτων, σε αντίθεση με την κατάχρηση πόρων του συστήματος όταν για κάθε υποπερίπτωση χρησιμοποιούσαμε και διαφορετικά μηνύματα. Παρόλα αυτά, η δομή των μηνυμάτων (όσον αφορά τα στοιχεία πληροφορίας που έχουν τη δυνατότητα να μεταφέρουν) και η λειτουργικότητα του αλγορίθμου του Πρωτόκολλο Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης που σχετίζεται με αυτά θα πρέπει να τροποποιηθεί ώστε να καλύπτει τις απαιτούμενες προϋποθέσεις εκπλήρωσης της διαδικασίας μεταπομπής κλήσης.

Στον Πίνακα 12 παρουσιάζονται τα μηνύματα της κατηγορίας BRANCH αλλά και τα στοιχεία πληροφορίας που τα απαρτίζουν, αναγράφοντας στο δεξιό μέρος το μέγεθος που μπορεί να έχει κάθε μήνυμα κατ' ελάχιστο και μέγιστο, χωρίς να ληφθούν υπόψη οι 9 οκτάδες δυαδικών ψηφίων της κοινής για όλα τα μηνύματα επικεφαλίδας. Όπως γίνεται εμφανές, υπάρχει περιθώριο για να συμπεριληφθούν και τα στοιχεία πληροφορίας των σχετιζόμενων με την μεταγωγή κλήσης μηνυμάτων, μιας και η ωφέλιμη πληροφορία που μεταφέρουν δεν καταλαμβάνει τόσο μεγάλο όγκο, με εξαίρεση πάντα το μήνυμα *HANDOVER_COMMAND* το οποίο είναι πιθανό να χρειαστεί να καταλάβει χώρο δύο πακέτων Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης (σε συνάρτηση πάντα με το μέγεθος του φιλοξενούντος μηνύματος). Σε κάθε περίπτωση, εκτός από τα στοιχεία που αναφέρονται στο διαχωρισμό των χρηστών, των κλήσεων ακόμα και αυτών των ίδιων των μηνυμάτων μεταξύ τους, ώστε να είναι δυνατή η αναφορά τους σε συγκεκριμένες, εν εξελίξει διαδικασίες του αλγορίθμου του πρωτοκόλλου, δεν είναι άμεσα ορατή οποιαδήποτε άλλη αντιστοίχιση στοιχείων πληροφορίας μεταξύ τους, λόγω της διαφορετικής φύσης των δύο πρωτοκόλλων (ασύρματο και ενσύρματο). Συνεπώς, μπορούμε να υποθέσουμε πως το μέγεθος των μηνυμάτων που συγκεράζουν και τις δύο τάσεις θα ισούται, σε γενικές γραμμές, με το άθροισμα του μεγέθους των στοιχείων πληροφορίας των επιμέρους μηνυμάτων.

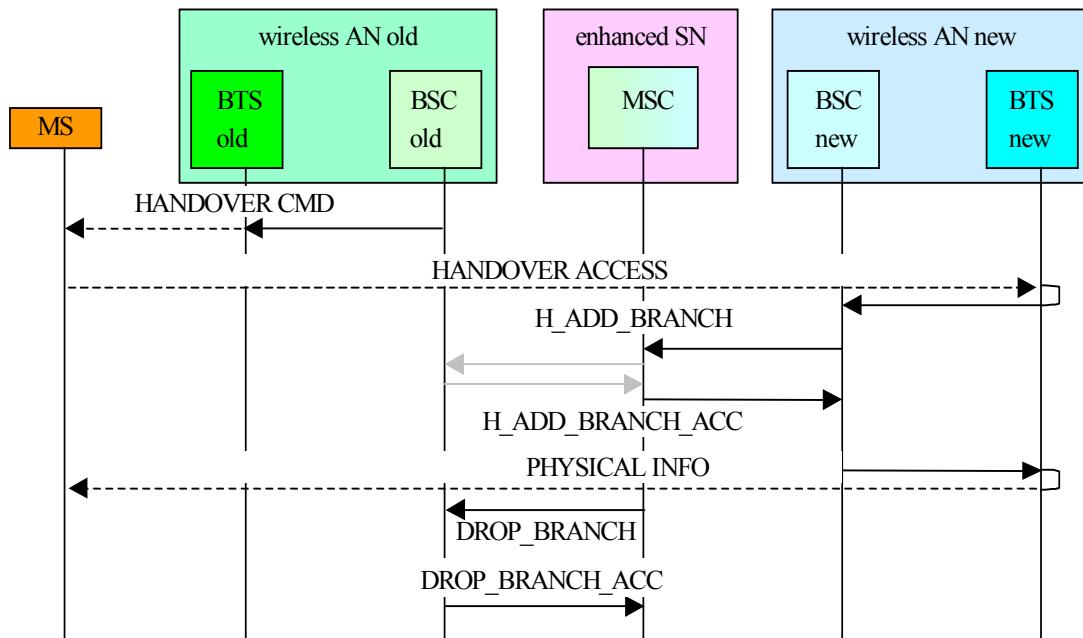
Πίνακας 12 Καταγραφή των μηνυμάτων της κατηγορίας BRANCH και των εμπλεκόμενων κατά περίπτωση στοιχείων πληροφορίας.

Message	Information elements							mess. size	
	Connection reference number	User port connection identifier	Alternative user port VPCI	Automatic congestion level	Reject cause	Branch identifier	Branch identifier list	min	max
ADD_BRANCH	M	M	O			M		21	31
ADD_BRANCH_ACC		O		O					17
ADD_BRANCH_REJ				O	M			5	10
DROP_BRANCH	M						M	13	
DROP_BRANCH_ACC				O					5
DROP_BRANCH_REJ				O	M			5	10
element min size	7	8	6	5	5	6	6		
element max size		12							

(M: mandatory (υποχρεωτικό), O: optional (προαιρετικό))

Έχοντας αναλύσει την δομή των μηνυμάτων, στο Σχήμα 61 παρουσιάζεται η ανταλλαγή μηνυμάτων της διαδικασίας μεταπομπής κλήσης με την εμπλοκή ενός βελτιωμένου Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης, για την

περίπτωση παθητικού Αναμεταδότη Σταθμού Βάσης. Τα μηνύματα που χρησιμοποιούνται είναι τα αντίστοιχα με αυτά του κατεξοχήν Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης, αλλά εξελιγμένα προς την κατεύθυνση να συμπεριληφθεί και η πληροφορία μεταγωγής κλήσης, και συγκεκριμένα ακολουθούν την ακόλουθη μορφή *H_ADD_BRANCH* (από *ADD_BRANCH*). Στην περίπτωση αυτή, προσεγγίζουμε το θέμα παραπλήσια με τη διαδικασία που ακολουθείται στο Παγκόσμιο Σύστημα Κινητών Επικοινωνιών, όπου δηλαδή το δίκτυο εκδίδει ένα μήνυμα *HANDOVER_COMMAND* προς τον Κινητό Σταθμό και από εκεί και πέρα αναλαμβάνει ο Κινητός Σταθμός να προσπαθεί να αποκτήσει πρόσβαση στους πόρους του Αναμεταδότη Σταθμού Βάσης προορισμού. Ο Αναμεταδότης Σταθμού Βάσης προορισμού, και κατά συνέπεια ο Ελεγκτής Σταθμού Βάσης προορισμού, κατά την λήψη μηνύματος *HANDOVER_ACCESS*, προερχόμενο από τον Κινητό Σταθμό, θα το αντιστοιχήσει στο κατάλληλο μήνυμα του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης το οποίο θα προωθηθεί προς το Κέντρο Μεταγωγής Κινητών Υπηρεσιών. Το Κέντρο Μεταγωγής Κινητών Υπηρεσιών, το αντίστοιχο του Κόμβου Παροχής Υπηρεσιών, έχει πρωτεύοντα ρόλο στη διασύνδεση των διαφόρων Αναμεταδοτών Σταθμού Βάσης, μιας και αποτελεί το κομβικό σημείο τους. Με αυτή την τοπολογία αστέρα, κάθε Αναμεταδότης Σταθμού Βάσης θα πρέπει να αναφέρει την κατάσταση του στο έχοντα τον κεντρικό ρόλο συντονισμού Κέντρο Μεταγωγής Κινητών Υπηρεσιών, αλλά και να επικοινωνήσει με κάποιο άλλον Αναμεταδότη Σταθμού Βάσης πάλι μέσω αυτού. Με αυτόν τον τρόπο αποφεύγεται η διπλή μεταφορά πληροφορίας που θα λάβει χώρα μεταξύ των δύο εμπλεκόμενων Αναμεταδοτών Σταθμού Βάσης και για την ενημέρωση του υπεύθυνου Κέντρου Μεταγωγής Κινητών Υπηρεσιών.



Σχήμα 61 Διάγραμμα ανταλλαγής μηνυμάτων κατά την διαδικασία μεταπομπής κλήσης (handover) υποθέτοντας παθητικό Αναμεταδότη Σταθμού Βάσης, με την εμπλοκή ενός βελτιωμένου Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης.

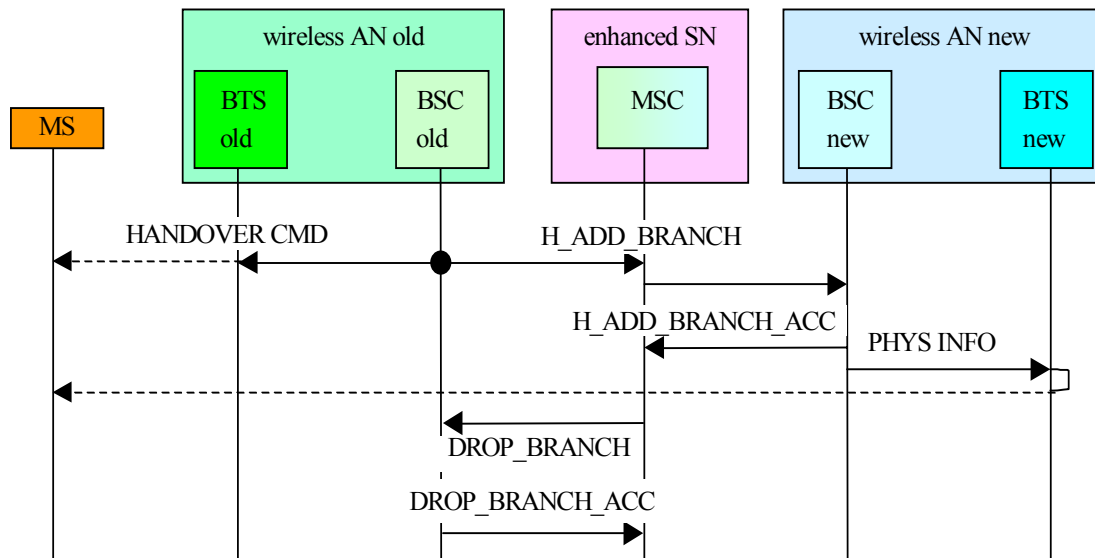
Αξίζει να σημειωθεί ότι υπάρχουν δύο ακόμα δυνατές περιπτώσεις συνδέσεων: αυτή κατά την οποία η εν εξελίξει κλήση εμπλέκει δύο χρήστες που ανήκουν στην περιοχή του ίδιου (πηγαίου) Ελεγκτή Σταθμού Βάσης ή σε αυτή που οι δύο εμπλεκόμενοι χρήστες ανήκουν σε διαφορετικούς Ελεγκτές Σταθμού Βάσης. Στην πρώτη περίπτωση, τα μηνύματα διακλάδωσης (*BRANCH*) θα πρέπει να προωθούνται ως τον πηγαίο Ελεγκτή Σταθμού Βάσης, όπου παραμένει το υπόλοιπο μέρος της σύνδεσης, ώστε να λάβει χώρα η διακλάδωση της σύνδεσης. Από την άλλη μεριά, όταν το έτερο μέρος της υποκείμενης σε μεταπομπή κλήσης σύνδεσης βρίσκεται σε διαφορετικό από τον πηγαίο Ελεγκτή Σταθμού Βάσης, η διακλάδωση θα λάβει χώρα στο Κέντρο Μεταγωγής Κινητών Υπηρεσιών, μιας και από εκεί διέρχεται η φυσική σύνδεση. Για αυτό τον λόγο, τα βέλη που αναπαριστούν ανταλλαγή μηνυμάτων μεταξύ του Κέντρου Μεταγωγής Κινητών Υπηρεσιών και του πηγαίου Ελεγκτή Σταθμού Βάσης έχουν χρωματιστεί γκρι στο διάγραμμα του Σχήμα 61, ακριβώς για να δοθεί έμφαση στην προαιρετική χρήση τους. Ο Κινητός Σταθμός πληροφορείται για την επιτυχημένη μεταπομπή της κλήσης με το μήνυμα *PHYSICAL_INFO*.

Μετά την επιτυχημένη διακλάδωση της εν εξελίξει σύνδεσης, το Κέντρο Μεταγωγής Κινητών Υπηρεσιών θα αναλάβει τη κατάργηση του εγκαταλειπόμενου μέρους της σύνδεσης, κάνοντας χρήση των μηνυμάτων του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης, όπως το μήνυμα *DROP_BRANCH*. Αυτό προαπαιτεί μία αντιστοίχιση των ενδεικτών σύνδεσης, κατ' ελάχιστον, μεταξύ των μηνυμάτων του πρωτοκόλλου του Παγκόσμιου Συστήματος για τις Κινητές Επικοινωνίες και του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης, ώστε να είναι σε θέση το Κέντρο Μεταγωγής Κινητών Υπηρεσιών να έχει μια ολοκληρωμένη εικόνα για τους πόρους του συστήματος.

Μία άλλη προσέγγιση στο θέμα της μεταπομπής κλήσης (handover) είναι αυτό του ενεργού στη διαδικασία μεταπομπής κλήσης (handover) Ελεγκτή Σταθμού Βάσης (BSC). Σε αυτή την περίπτωση, ο πηγαίος Ελεγκτής Σταθμού Βάσης (BSC) έχει πλήρη πρωτοβουλία κινήσεων, εκδίδοντας όχι μόνο την εντολή εκκίνησης (*HANDOVER_COMMAND*) της διαδικασίας μεταπομπής κλήσης (handover) προς τον Κινητό Σταθμό, αλλά και το μήνυμα *H_ADD_BRANCH* προς το Κέντρο Μεταγωγής Κινητών Υπηρεσιών. Σε αυτή την περίπτωση, η χρήση του μηνύματος *H_ADD_BRANCH* ξεφεύγει από τα πλαίσια της χρήσης των αντίστοιχων μηνυμάτων του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης αφού αυτά έχουν κατεύθυνση από το Κόμβο Παροχής Υπηρεσιών προς το Δίκτυο Πρόσβασης και όχι το ανάποδο. Συνεπώς τίθεται το θέμα εξέλιξης του πρωτοκόλλου προς την κατεύθυνση της αναγνώρισης της αμφίδρομης χρήσης αυτών των μηνυμάτων ή του ορισμού νέων μηνυμάτων (και αντίστοιχης κατάστασης πρωτοκόλλου) για την μεταφορά αυτής της πληροφορίας από την περίμετρο του συστήματος προς το κέντρο.

Παρόλα αυτά, αυτή η λειτουργία θα απαλλάξει τον χρήστη από την διαδικασία διέγερσης του Ελεγκτή Σταθμού Βάσης, μέσω του Αναμεταδότη Σταθμού Βάσης, σπουδαίου την εμβέλεια περιέρχεται με στόχο να αποκτήσει πρόσβαση στους πόρους του. Αυτό είναι δυνατό μιας και ο πηγαίος Ελεγκτής Σταθμού Βάσης μπορεί να αναλάβει τον ρόλο του προπομπού του Κινητού Σταθμού στην εμβέλεια των πόρων του Ελεγκτή Σταθμού Βάσης προορισμού, ύστερα από μία φάση διαπραγματεύσεως μεταξύ τους. Αυτή η διαπραγματεύσεως περιγράφεται από το διάγραμμα ανταλλαγής μηνυμάτων που φαίνεται στο Σχήμα 62. Τα μηνύματα είναι στην πραγματικότητα με την περίπτωση του μη ενεργού Ελεγκτή Σταθμού Βάσης, εκτός από το γεγονός πως η όλη διαδικασία έχει ανάστροφη φορά. Ο χρήστης θα

ενημερωθεί για την διαθεσιμότητα (ή όχι) των αναγκαίων πόρων μετά το πέρας της διαδικασίας διαπραγματεύσεων. Προσοχή χρειάζεται στο γεγονός πως και στις δύο περιπτώσεις οι διαδικασίες διαπραγματεύσεων θεωρούνται ολοκληρωμένες όταν ο χρήστης εκπέμπει ένα μήνυμα *HANDOVER_COMPLETE*. Παρόλα αυτά, αυτό το μήνυμα δεν αναπαριστάται στα διαγράμματα των Σχήμα 61 και Σχήμα 62, μιας και δεν έχει άλλο, κρίσιμο ρόλο στη διαδικασία διαπραγμάτευσης που περιγράφεται σε αυτά τα σχήματα.



Σχήμα 62 Διάγραμμα ανταλλαγής μηνυμάτων κατά την διαδικασία μεταπομπής κλήσης υποθέτοντας ενεργητικό Αναμεταδότη Σταθμού Βάσης, με την εμπλοκή ενός βελτιωμένου Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης.

5.9. Συμπεράσματα

Το σημείο αναφοράς V_{B5} μπορεί να θέσει υποψηφιότητα για το βασικό σημείο αναφοράς I_u του Παγκόσμιου Συστήματος Κινητών Τηλεπικοινωνιών (UMTS) μεταξύ ενός Κόμβου Παροχής Υπηρεσιών της ίδιας τεχνολογίας και Δικτύου Πρόσβασης οποιασδήποτε τεχνολογίας. Αυτό θα καταστεί δυνατό με την εξέλιξη και βελτίωση των υφισταμένων πρωτοκόλλων του σημείου αναφοράς V_{B5} προς την κατεύθυνση της κάλυψης των διαφοροποιήσεων που παρουσιάζονται από τεχνολογία σε τεχνολογία, με μεγαλύτερη έμφαση στο θέμα της κινητικότητας χρήστη που εμφανίζεται σε Δίκτυα Πρόσβασης ασύρματης τεχνολογίας.

Μέσω αυτής της βελτιωμένης έκδοσης του σημείου αναφοράς V_{B5} θα είναι δυνατή η εγκατάσταση σύνδεσης μεταξύ χρηστών που βρίσκονται υπό την περιοχή δικτύων Πρόσβασης διαφορετικών τεχνολογιών, πάντα υπό την επίβλεψη του Κόμβου Παροχής Υπηρεσιών. Η αντιστοίχιση των μηνυμάτων σηματοδοσίας των επιμέρους τεχνολογιών σε μηνύματα της οντότητας Ελέγχου Κλήσης (CC), οντότητα που ασκεί τον κεντρικό έλεγχο και εποπτεία, αποτελεί ορόσημο για την επίτευξη του στόχου της ενοποίησης των Δικτύων Πρόσβασης κάθε τεχνολογίας. Το μεγαλύτερο πρόβλημα επικεντρώνεται στη μεριά του χρήστη, όπου χρησιμοποιούνται διαφορετικοί τύποι πρωτοκόλλων σηματοδοσίας χρήστη προς δίκτυο (UNI). Η δομή των μηνυμάτων

σηματοδοσίας για αυτές τις περιπτώσεις διευθύνεται από τις συγκεκριμένες απαιτήσεις της υποκείμενης τεχνολογίας του τρέχοντος Δικτύου Πρόσβασης.

Η αντιστοίχιση των μηνυμάτων σηματοδοσίας των επιμέρους τεχνολογιών με αυτά της οντότητας Ελέγχου Κλήσης προϋποθέτει αλλά και συνεπάγεται στο ορισμό ενός συνόλου Λειτουργιών Διαλειτουργικότητας (IWF), οι οποίες θα μεσολαβούν μεταξύ του Κόμβου Παροχής Υπηρεσιών και των επιμέρους Δικτύων Πρόσβασης κατά περίπτωση. Σκοπός των Λειτουργιών Διαλειτουργικότητας αυτών δεν είναι μόνο η αντιστοίχιση μηνυμάτων αλλά και η συνεργασία μεταξύ των λειτουργικών οντοτήτων Ελέγχου Αποδοχής Κλήσης που σχετίζονται με τις επιμέρους τεχνολογίες και βρίσκονται τόσο στα Δίκτυα Πρόσβασης όσο και στον Κόμβο Παροχής Υπηρεσιών. Το Πρωτόκολλο Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης (B-BCCP) μπορεί να αναλάβει τον ρόλο του διακομιστή πληροφορίας μεταξύ αυτών των οντοτήτων που βρίσκονται στο κέντρο και την περιφέρεια του συστήματος.

5.10. Αναφορές

- [1] UMTS Forum, “*The path towards UMTS – Technologies for the Information Society*”, 1998.
- [2] IETF RFC 2460, “*Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification*”, R. Hinden and S. Deering, December 1998.
- [3] Willie W. Lu, Qi Bi, “*Wireless Mobile ATM Technologies for Third-Generation Wireless Communications*”, IEEE Communications magazine vol. 37 No. 11, November 1999.
- [4] ETSI SMG2 UMTS Architecture Group, “*Draft 0.0.9 of UTRAN Architecture Description*”, Editor: Nortel, December 1998.
- [5] ETSI Draft EN/SPS-03047-1, “*V interfaces at the digital Service Node; Interfaces at the $V_{B5.2}$ reference point for the support of broadband or combined narrowband and broadband Access Networks; Part 1: Interface specification*”, Version 1.1.1, March 1997.
- [6] Draft new recommendation G.967.2 “*V-Interfaces at the Service Node – $V_{B5.2}$ Reference Point Specification*”, March 1998.
- [7] EXPERT-VIKING Deliverable DV3, “*B-BCCP Simulation and Experiments Definition*”, Editor: Giannis Pikrammenos, National Technical University of Athens, November 1998.
- [8] P. Giannakakis, N. Lepidas, I. Pikrammenos, I. S. Venieris, “*The Broadband Bearer Connection Control Protocol: Performance driven design and implementation*”, Computer Communications 22, p. 1549-1561.
- [9] I. A. Pikrammenos, “*The Interconnection of Third Ggeneration Mmobile Systems (UMTS) with Fixed and Wireless Access Networks over $V_{B5.2}$* ”, EUROCOMM 2000, Munich, Germany, May 2000.
- [10] ACTS Guideline NIF-G4, “*Requirements on the Iu Interface between Access and Core Networks*”, Draft A, Editor: Giuseppe Guena, July 1998.
- [11] ETSI 2nd final draft, pr-I ETS 300 022, “*European digital cellular telecommunications system (phase 1): mobile radio interface layer 3 specification*”, (GSM 04.08), February 1992.

- [12] David M. Balston. “*The pan-European System: GSM.*” Artech House, Boston, 1993.
- [13] D. E. McDysan, D. L. Spohn, “*ATM Theory and Application*”, McGraw-Hill, Inc. 1994.
- [14] U. Black, “*Data Networks*”, Prentice-Hall Inc. 1989.
- [15] U. Black, “*ATM Volume I: Foundation for Broadband Networks, 2nd Edition*”, Prentice-Hall Inc. 1999.
- [16] U. Black, “*ATM Volume II: Signaling in Broadband Networks*”, Prentice-Hall Inc. 1998.
- [17] U. Black, “*ATM Volume III: Interworking with ATM*”, Prentice-Hall Inc. 1999.
- [18] M. dePrycker, “*Asynchronous Transfer Mode, Solutions for Broadband ISDN, 2nd Edition*”, Prentice-Hall Inc. 1993.
- [19] S. Rao, “*Broadband Access and NI Chain Guidelines*”, ACTS September 1999.
- [20] Ι. Σ. Βενιέρης, «*Δίκτυα Ευρείας Ζώνης*», ΕΜΠ, 1998.
- [21] D. Minoli, “*Telecommunications Technology Handbook*”, Artech House Inc. 1991.
- [22] D. Minoli, G. Dobrowski “*Principles of Signaling for Cell Relay and Frame Relay*”, Artech House Inc. 1995.
- [23] M. Schwartz, “*Broadband Integrated Networks*”, Prentice-Hall Inc. 1996.
- [24] T. M. Chen, S. S. Liu, “*ATM Switching Systems*”, Artech House Inc. 1995.
- [25] R. O. Onvural, “*Asynchronous Transfer Mode Networks*”, Artech House Inc. 1994.

Κεφάλαιο 6ο Υποστήριξη Κλάσεων Υπηρεσίας Πρωτοκόλλου Δέσμευσης Πόρων (RSVP) από το σύστημα V_{B5.2}

«Το γεγονός της συνεχούς αναφοράς στις αρχαίες ελληνικές επιστήμες, καθιστά λοιπόν τον ρομαντισμό εξωεπιστημονικό λόγο οικείο στους Έλληνες λόγιους που διδάσκουν τις επιστήμες γιατί ο λόγος αυτός είναι παρόμοιος αυτού των 'διδασκάλων του γένους' του 18ου αιώνα. Η επιστροφή στις ρίζες των ρομαντικών εκλαμβάνεται από τους Έλληνες ως επιστροφή στην αρχαία Ελλάδα και το Βυζάντιο. Εξάιρεται η μεγαλοφυΐα των Αρχαίων, είτε πρόκειται για τον Αλέξανδρο είτε για τον Ευκλείδη. Εξυμνείται το μεγαλείο της Αρχαίας Ελλάδας καθώς και των επιστημόνων της. Νοσταλγείτε η περίοδος όπου γεννήθηκαν οι παγκόσμιες αξίες αλλά και οι επιστήμες. Η παρακμή του ελληνικού πολιτισμού και των επιστημών του, προκαλεί θλίψη και οδυρμό. Η διαφορά μεταξύ Ελλήνων και Ευρωπαίων ρομαντικών έγκειται στο χρονικό προσδιορισμό της παρακμής. Οι πρώτοι ακολουθώντας την παράδοση του ορθόδοξου μεταβυζαντινού ουμανισμού, περιλαμβάνουν το Βυζάντιο στο ελληνικό μεγαλείο... το Βυζάντιο θεωρείται ως ελληνική ορθόδοξη αυτοκρατορία, όπου η επιστήμη των αρχαίων διασώθηκε και αναπτύχθηκε και όπου η φιλοσοφία τους εμπλουτίστηκε με το χριστιανισμό...»

*'Ρομαντισμός και επιστήμη στον ελληνικό χώρο', Ευθύμιος Νικολαΐδης
Η ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΣΚΕΨΗ ΣΤΟΝ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΧΩΡΟ 18ος-19ος αι
Εκδόσεις Τροχάλια, 1998.*

6.1. Εισαγωγή

Τα βασισμένα σε Πρωτόκολλο Διαδικτύου (IP) δίκτυα παρέχουν υπηρεσία βέλτιστης προσπάθειας (best effort) εξ ορισμού. Αυτή η λειτουργία επιτρέπει τον περιορισμό της πολυπλοκότητας στους εξυπηρετητές (hosts) και να καταστήσει το δίκτυο σχετικά απλό. Όσο μεγαλύτερος αριθμός εξυπηρετητών συνδέονται στο δίκτυο, παρόλο που η ζήτηση όρων τελικά ξεπερνά τις δυνατότητες του δικτύου, η παροχή υπηρεσιών δεν στερείται από τους χρήστες με αποτέλεσμα την αποσύνθεση της ποιότητας της υπηρεσίας. Από αυτή την άποψη, οι υπηρεσίες που σχετίζονται με το

Πρωτόκολλο Διαδικτύου θα πρέπει να συμπληρωθούν ώστε να παρέχουν ικανοποιητικές υπηρεσίες σε απαιτητικές εφαρμογές όπως η τηλεφωνία.

Προς αυτή την κατεύθυνση σχεδιάστηκαν πρωτόκολλα Ποιότητας Υπηρεσίας (Quality of Service (QoS)) ώστε να είναι σε θέση να αντιμετωπίσουν απαιτητικές εφαρμογές. Με αυτόν τον τρόπο θα είναι σε θέση να διαχειρίζονται το εύρος ζώνης με καλύτερο τρόπο και να συμβαδίζουν με τις απαιτήσεις των εφαρμογών αυτών. Στόχος τους είναι η παροχή κάποιου βαθμού προβλεψιμότητας και ελέγχου πέραν αυτού που παρέχει υπηρεσία βέλτιστης προσπάθειας (best effort). Ένα τέτοιο πρωτόκολλο είναι το Πρωτόκολλο Δέσμευσης Πόρων (Resource Reservation Protocol (RSVP)). Είναι στην ουσία ένα πρωτόκολλο σηματοδότησης το οποίο παρέχει υπηρεσίες εγκατάστασης και ελέγχου δεσμεύσεων για να επιτρέψει την λειτουργία της αρχιτεκτονικής Ενοποιημένων Υπηρεσιών (Integrated Services (IS)), η οποία αποτελεί μια προσέγγιση της Προσομοίωσης Κυκλώματος (Circuit Emulation) σε δίκτυα Πρωτοκόλλου Διαδικτύου. Αποτελεί το πλέον πολύπλοκο πρωτόκολλο τόσο για εφαρμογές όσο και για Στοιχεία Δικτύου (NE) αλλά παράλληλα παρέχει τον μεγαλύτερο βαθμό ευελιξίας στην ανάθεση πόρων αλλά και στην πληροφόρηση των χρηστών.

Τα δίκτυα Ψηφιακού Δικτύου Ενοποιημένων Υπηρεσιών (ISDN), όπου η Ποιότητα Υπηρεσίας έχει πρωταρχικό ρόλο σε βάρος της απλότητας του δικτύου, αποτελούν το αντίστοιχο του δικτύου Ενοποιημένων Υπηρεσιών του Πρωτοκόλλου Διαδικτύου. Στα δίκτυα τεχνολογίας Ψηφιακού Δικτύου Ενοποιημένων Υπηρεσιών χρησιμοποιείται σε μεγάλο βαθμό το πρωτόκολλο Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης, που αποτελεί δημοφιλή τεχνολογία για δίκτυα κορμού, αλλά έχει και σημαντικό ρόλο σε τοπικά δίκτυα επίσης. Το πρωτόκολλο Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης πλεονεκτεί από άλλες τεχνολογίες, όπως του Πρωτοκόλλου Διαδικτύου, στο ότι παρέχει εγγυήσεις Ποιότητας Υπηρεσίας, με κόστος όμως μεγάλης πολυπλοκότητας. Παρόλο που η δομή των πακέτων πρωτοκόλλου Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης και η μεταγωγή πακέτων επιτρέπουν την εκτεταμένη εκμετάλλευση των διαθέσιμων πόρων του συστήματος, απαιτείται μία πολύπλοκη υποδομή πρωτοκόλλων, ώστε να γίνει δυνατή η γεφύρωση των διαφορών τόσο των τοπικών δικτύων όσο και των δικτύων κορμού που βρίσκονται σε λειτουργία. Η συνεργασία μεταξύ λειτουργικών μονάδων που έχουν διαφορετικούς κατασκευαστές και διαφορετικές τεχνολογίες είναι δυνατή μέσω της Αρχιτεκτονικής Ανοικτού Δικτύου (ONP) η οποία περιγράφει τις προϋποθέσεις που πρέπει να πληρούν τα σημεία προσαρμογής μεταξύ των διαφόρων Στοιχείων Δικτύου.

Το σημείο προσαρμογής V_{B5} συμβαδίζει με την αρχή της Αρχιτεκτονικής Ανοικτού Δικτύου για δίκτυα Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης και αποτελεί το ενδιαμέσο της λειτουργικής μονάδας Δικτύου Πρόσβασης, που παίζει το ρόλο του συγκεντρωτή της κίνησης, και της λειτουργικής μονάδας Κόμβου Παροχής Υπηρεσιών, η οποία αποτελεί το αντίστοιχο του στοιχείου μεταγωγής ακραίο στοιχείο του δικτύου. Βασικό κομμάτι του σημείου προσαρμογής V_{B5} αποτελεί το Πρωτόκολλο Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης (B-BCCP). Αυτό το πρωτόκολλο χρησιμοποιείται για την μεταφορά πληροφορίας ελέγχου μεταξύ του Δικτύου Πρόσβασης και του Κόμβου Παροχής Υπηρεσιών ώστε να γίνει δυνατό η εγκατάσταση συνδέσεων κατά παραγγελία στο Δίκτυο Πρόσβασης υπό τον έλεγχο του Κόμβου Παροχής Υπηρεσιών. Με αυτόν τον τρόπο γίνεται δυνατή η μετάβαση του σημείου διανομής μιας σύνδεσης πολλαπλής εκπομπής πιο κοντά στον τελικό χρήστη, δηλαδή στο Δίκτυο, Πρόσβασης, κατανέμοντας έτσι λειτουργικότητα σε όλα τα Στοιχεία Δικτύου. Για να συμβεί αυτό θα πρέπει να συνεργάζεται με πρωτόκολλα σηματοδότησης ώστε

να ανταποκρίνεται στις αιτήσεις των χρηστών. Το Πρωτόκολλο Δέσμευσης Πόρων θα μπορούσε να παραλληλιστεί με ένα τέτοιο πρωτόκολλο σηματοδότησης, μιας και αποσκοπεί στη από άκρο σε άκρο μεταφορά πληροφορίας που σχετίζεται με την εγκατάσταση, τροποποίηση ή διαγραφή μιας συνόδου μεταξύ δύο ή περισσότερων χρηστών.

Η διασύνδεση του Πρωτοκόλλου Δέσμευσης Πόρων με το Πρωτόκολλο Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης θα μπορούσε να γίνει δυνατή δεδομένης της υπέρβασης των προβλημάτων που σχετίζονται με την υποστήριξη της αρχιτεκτονικής Ενοποιημένων Υπηρεσιών από δίκτυα τεχνολογίας Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης. Μια τέτοια προοπτική θα επέτρεπε την αξιοποίηση εξοπλισμού διαφόρων τεχνολογιών και κατασκευαστών με βάση την αρχή της Αρχιτεκτονικής Ανοικτού Δικτύου, αλλά και να κάνει καλύτερη διαχείριση των πόρων του συστήματος μεταβιβάζοντας λειτουργικότητα από το κεντρικό σύστημα του Κόμβου Παροχής Υπηρεσιών στα περιφερειακά Δίκτυα Πρόσβασης όπως επίσης και την προώθηση του σημείου διανομής της κοινά πληροφορίας πιο κοντά στον τελικό χρήστη, βαθύτερα στο Δίκτυο Πρόσβασης. Η λειτουργικότητα που πρέπει να υποστηριχτεί από ένα σύστημα V_{B5.2} ώστε να καλύπτει τις απαιτήσεις του χρήστη, η οποίες θα εκφράζονται με χρήση μηνυμάτων του Πρωτοκόλλου Δέσμευσης Πόρων, αλλά και η περιγραφή της έμπρακτης υποστήριξης με την μορφή μηνυμάτων του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης περιγράφονται σε αυτή την ενότητα.

6.2. Αρχιτεκτονική Ενοποιημένων Υπηρεσιών (IS) Πρωτοκόλλου Διαδικτύου

Οι υπηρεσίες που προσφέρονται από τα υπάρχοντα, εγκατεστημένα Πρωτόκολλα Διαδικτύου δεν είναι κατάλληλα για εφαρμογές πραγματικού χρόνου επειδή μπορούν ανά πάσα στιγμή να παρουσιάσουν μεταβαλλόμενες καθυστερήσεις λόγω εναπόθεσης πακέτων σε ουρά (queueing delays) αλλά και απώλειες των μεταδιδόμενων πακέτων λόγω της εμφάνισης φαινομένων συμφόρησης (congestion). Ο συγκερασμός μηχανισμών που παρέχουν Ποιότητα Υπηρεσίας σε πραγματικό χρόνο, οι οποίοι θα είναι σε θέση να ελέγχουν την από άκρο σε άκρο καθυστέρηση μετάδοσης του πακέτου, προϋποθέτουν την ύπαρξη δυνατοτήτων άσκησης ελέγχου αποδοχής και διαχείρισης δικτύου οι οποίες δίνουν την δυνατότητα στους οργανισμούς λειτουργία του δικτύου να ελέγχουν τον επιμερισμό του εύρους ζώνης και άλλων πόρων που σχετίζονται με την Ποιότητα Υπηρεσίας ανάμεσα σε διαφορετικές κλάσεις ροών πακέτων. Αυτός ο τρόπος λειτουργίας του δικτύου ονομάζεται ελεγχόμενος επιμερισμός ζεύξεων (controlled link sharing).

Η Αρχιτεκτονική Ενοποιημένων Υπηρεσιών Πρωτοκόλλου Διαδικτύου [1] προέκυψε σαν λύση στο πρόβλημα της παροχής πάνω από Πρωτόκολλο Διαδικτύου ελεγχόμενου επιμερισμού ζεύξεων, υπηρεσιών πραγματικού χρόνου και υπηρεσιών βέλτιστης προσπάθειας (best effort) σε παραδοσιακές εφαρμογές χωρίς απαιτήσεις πραγματικού χρόνου. Σε αυτή την προσπάθεια δίνεται έμφαση στο διαχωρισμό ενός νέου μοντέλου υπηρεσίας, το οποίο καθορίζει την ορατή προς τα έξω συμπεριφορά του δικτύου, από το προτεινόμενο πλαίσιο υλοποίησης αναφοράς. Το πλαίσιο υλοποίησης αναφοράς περιλαμβάνει ένα δομικό στοιχείο ελέγχου κίνησης πακέτων (traffic control module), το οποίο επιβάλλει διαφοροποιήσεις στην Ποιότητα Υπηρεσίας, και ένα πρωτόκολλο εγκατάστασης δεσμεύσεων το οποίο δημιουργεί την προσαρμοσμένη σε κάθε ροή πακέτων κατάσταση κάθε εξυπηρετητή ή δρομολογητή (router) σε όλο το μήκος της διαδρομής των ροών αυτών. Ακολουθώς περιγράφονται

οι ορισμοί αυτοί της Αρχιτεκτονικής Ενοποιημένων Υπηρεσιών Πρωτοκόλλου Διαδικτύου.

6.2.1. Περιγραφή Ροής Πακέτων και Υπηρεσίας

Ως Ροή Πακέτων (Flow) ορίζεται η διακριτή ροή σχετιζόμενων μεταξύ τους αυτοδύναμων πακέτων (datagrams) τα οποία προέρχονται από τη δραστηριότητα ενός και μόνο χρήστη και προϋποθέτουν την ίδια Ποιότητα Υπηρεσίας [1]. Μια ροή πακέτων θεωρείται απλή, πράγμα το οποίο σημαίνει πως αποτελείται από μία πηγή και, στις περιπτώσεις που το δίκτυο έχει δυνατότητα πολλαπλής εκπομπής (multicasting), *ν* προορισμούς.

Οι ροές πακέτων καθορίζουν μια βέλτιστη γραμμικότητα μεταξύ των ροών πακέτων με τρόπο που να είναι διακριτές από την αρχιτεκτονική Ενοποιημένων Υπηρεσιών. Κάθε Στοιχείο Δικτύου χρησιμοποιεί Ορισμούς Φίλτρου (filter specs) για να διαχωρίζει την ροή στην οποία ανήκει κάθε πακέτο. Αυτοί οι Ορισμοί Φίλτρου περιέχουν την απαιτούμενη πληροφορία για την διεξαγωγή αυτής της αναγνώρισης πακέτων. Συγκεκριμένα, περιέχουν τις διευθύνσεις του εξυπηρετητή πηγής και προορισμού και ενός αριθμού θύρας παράλληλα με τον ενδείκτη πρωτοκόλλου ή ενδείκτη ροής, όπως καθορίζεται από το [2].

Η Επιτρεπόμενη Μορφή Κίνησης Πακέτων (allowed traffic pattern) μιας ροής πακέτων περιγράφεται με χρήση ενός Ορισμού Κίνησης Πακέτων (traffic specification (TSpec)). Αξίζει να σημειωθεί ότι ο Ορισμός Κίνησης Πακέτων περιγράφει την συμπεριφορά του αποστολέα στην χειρότερη περίπτωση και όχι τον μέσο ρυθμό γέννησης πακέτων. Καθόσον η πηγή είναι σύμμορφη με τον Ορισμό Κίνησης Πακέτων της, μπορεί να αναμένει ότι οι συμβεβλημένες με το δίκτυο εγγυήσεις Ποιότητας Υπηρεσίας θα τηρηθούν. Ένας Ορισμός Κίνησης Πακέτων μπορεί για παράδειγμα να πάρει τη μορφή του ορισμού ενός δοχείου αδειών (token bucket) ή ενός άνω ορίου του μέγιστου ρυθμού αποστολής.

Οι προϋποθέσεις της Ποιότητας Υπηρεσίας για μια ροή πακέτων εκφράζονται με έναν Ορισμό Προϋποθέσεων Υπηρεσίας (service request specification (RSpec)). Ένας τέτοιος ορισμός μπορεί να περιέχει προϋποθέσεις για το εύρος ζώνης, το μέγιστο αποδεκτό όριο καθυστέρησης ή ρυθμό απώλειας πακέτου.

Ο συνδυασμός της πληροφορίας που περιέχεται σε έναν Ορισμό Κίνησης Πακέτων και σε έναν Ορισμό Προϋποθέσεων Υπηρεσίας, μερικές φορές αποκαλείται Ορισμός Ροής Πακέτων (flow specification (flowspec)). Ένας Ορισμός Ροής Πακέτων (flowspec) και ένας Ορισμός Φίλτρου (filter spec) συντελούν μια Χαρακτηριστική Περιγραφή Ροής Πακέτων (flow descriptor).

Μία Υπηρεσία (Service), ή Υπηρεσία Ελέγχου Ποιότητας Υπηρεσίας (QoS control service) περιγράφει ένα διακριτό με όνομα, συντονισμένο σύνολο δυνατοτήτων ελέγχου Ποιότητας Υπηρεσίας που παρέχονται από κάθε Στοιχείο Δικτύου. Ο ορισμός μιας υπηρεσίας θα πρέπει να περιλαμβάνει έναν προσδιορισμό των λειτουργιών που θα πρέπει να εκτελεστούν από το Στοιχείο Δικτύου, την απαραίτητη πληροφορία για την εκτέλεση αυτών των λειτουργιών, την πληροφορία που εξάγει το Στοιχείο Δικτύου, καθώς και άλλη σχετική πληροφορία.

6.2.2. Μοντέλο Ενοποιημένων Υπηρεσιών

Το βασικό μοντέλο που περιγράφεται στο [1] θεωρεί μόνο ποσοτικές δεσμεύσεις υπηρεσίας που αφορούν τα όρια ανώτατης και κατώτατης καθυστέρησης μετάδοσης

για κάθε πακέτο σε μια ροή [3]. Οι εφαρμογές συνεπώς μπορούν αν διαχωριστούν σε δύο κατηγορίες με βάση τον τρόπο που σχετίζεται η απόδοσης τους με την συμπεριφορά της καθυστέρησης μετάδοσης, σε (α) εφαρμογές πραγματικού χρόνου και (β) ελαστικές εφαρμογές.

- (α) Στις Εφαρμογές Πραγματικού Χρόνου η μεταδιδόμενη πληροφορία έχει αξία μόνο όταν φθάσει στον προορισμό της εντός ενός συγκεκριμένου χρονικού ορίου. Συνήθως οι εφαρμογές αυτές ανήκουν στην κλάση των εφαρμογών αναπαραγωγής (playback applications) που αποτελείται από μια πηγή η οποία μετατρέπει ένα σήμα σε πακέτα δεδομένων και τα μεταδίδει στο δίκτυο. Στη μεριά του δέκτη, τα πακέτα φθάνουν συνήθως εκτός σειράς και κατά συνέπεια με κυμαινόμενη καθυστέρηση. Ο δέκτης τότε προσπαθεί να επαναδιατάξει τα πακέτα και αν αναπαράγει την αρχική πληροφορία της πηγής από τα πακέτα αυτά όσο το δυνατόν πιστότερα στο αρχικό πρότυπο με το κόστος κάποιας χρονικής καθυστέρησης από την στιγμή της μετάδοσης τους.

Κάθε εφαρμογή θα πρέπει να έχει μια εκ των προτέρων εκτίμηση της τιμής της καθυστέρησης αυτής για να μπορέσει να λειτουργήσει αποδοτικά. Αυτή τιμή μπορεί να επιλεγεί είτε από τη δέσμευση της υπηρεσίας δικτύου που θα περιέχει ένα ανώτατο όριο είτε από παρατήρηση της ως προηγουμένως αφιχθείσας κίνησης πακέτων. Η επίδοση των εφαρμογών αναπαραγωγής (playback applications) καθορίζεται από την αργοπορία (latency) και την πιστότητα (fidelity) της παρουσίασης, παράγοντες που επηρεάζονται αμφότεροι από τη συμπεριφορά της καθυστέρησης που παρουσιάζεται στο δίκτυο. Κατ' αρχήν η αργοπορία μιας εφαρμογής εξαρτάται από τις προβλεπόμενες τιμές της καθυστέρησης που θα αναμένεται παρουσιαστεί σε μελλοντικά αφικνούμενα πακέτα. Στη συνέχεια, η πιστότητα της αναπαραγωγής μπορεί να διαταραχτεί από τον υπερκερασμό του ανώτατου ορίου καθυστέρησης από μεμονωμένα πακέτα της ροής. Η ευαισθησία στην απώλεια της πιστότητας οδηγεί στον περαιτέρω ορισμό δυο κλάσεων εφαρμογών, καθεμία από τις οποίες προϋποθέτει μια δεδομένη κλάση υπηρεσίας:

- Οι Μη Ανεκτικές Εφαρμογές (Intolerant Applications) οι οποίες προϋποθέτουν απόλυτα πιστή αναπαραγωγή (playback) και μπορούν να βρουν εφαρμογή για παράδειγμα στην Προσομοίωση Κυκλώματος. Σε αυτές τις εφαρμογές θα πρέπει να επιλεγεί μία σταθερή τιμή καθυστέρησης η οποία να είναι μεγαλύτερη από το μέγιστη αναμενόμενη καθυστέρηση πακέτου. Ανάλογα, προϋποτίθεται ένα αξιόπιστο άνω όριο της τιμής της καθυστέρησης πακέτου. Μια υπηρεσία που επιβάλει ένα τέτοιο αξιόπιστο όριο καλείται Εγγυημένη Υπηρεσία (Guaranteed Service) [4], και περιέχει το κατάλληλο μοντέλο υπηρεσίας για εφαρμογές αναπαραγωγής.
- Οι Ανεκτικές Εφαρμογές (Tolerant Applications) λειτουργούν ικανοποιητικά ακόμα και με κάποια βαθμιαία απώλεια πιστότητας. Οι περισσότερες εφαρμογές πραγματικού χρόνου κινούμενης εικόνας. (video) και ήχου (sound) παρουσιάζουν ανοχή ή ακόμα και προσαρμογή ρυθμού στις μονάδες κωδικοποίησης τους. Το μοντέλο υπηρεσίας που προτείνεται [1] για τις Ανεκτικές Εφαρμογές καλείται Προβλεπόμενη Υπηρεσία (Predictive Service). Τα όρια της καθυστέρησης για αυτή την υπηρεσία είναι αρκετά αλλά όχι απόλυτα αξιόπιστα, μιας και η τιμή τους βγαίνει από εκτιμήσεις βασισμένες σε στατιστικά στοιχεία συμπεριφοράς των υπολοίπων ροών του συστήματος και δεν αποτελεί την χειρότερη περίπτωση τιμής της

καθυστερήσης. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται σημαντικό όφελος από την συνολική εκμετάλλευση του συστήματος εις βάρος κάποιας μικρής έκπτωσης της πιστότητας. Μολοταύτα, σε νεότερες εκδόσεις της Αρχιτεκτονικής Ενοποιημένων Υπηρεσιών η ονομασία Προβλεπόμενη Υπηρεσίας δεν αναφέρεται αλλά άντ' αυτής η παρόμοια υπηρεσία ελεγχόμενου φορτίου [5]. Αυτή η υπηρεσία προσπαθεί να προσεγγίσει την συμπεριφορά της υπηρεσίας βέλτιστης προσπάθειας (best effort) κάτω από συνθήκες αφόρτιστου δικτύου για κάθε χρονική στιγμή. Οι εφαρμογές θα μπορούν να υποθέτουν σε αυτή την περίπτωση πως σχεδόν όλα τα μεταδιδόμενα πακέτα θα φτάσουν στον προορισμό τους και ότι η παρουσιαζόμενη καθυστέρηση μεταφοράς των περισσότερων πακέτων δεν θα ξεπερνά σημαντικά την ελάχιστη καθυστέρηση που εμφανίστηκε για κάθε επιτυχημένη παράδοση πακέτου. Για όλα αυτά χρειάζεται ένας μηχανισμός ελέγχου κλήσης ώστε να διαβεβαιώσει θα επιτευχθεί η απαιτούμενη ποιότητα από την τρέχουσα υπηρεσία ακόμα και σε συνθήκες υπερφορτισμένου δικτύου.

(β) Στις Ελαστικές Εφαρμογές (Elastic Applications) σε κάθε περίπτωση αναμένεται η λήψη όλης της πληροφορίας πριν αναληφθεί οποιαδήποτε ενέργεια. Παρόλο που η επίδοση αυτών των εφαρμογών θα επηρεάζεται από μία μεγάλη μέση τιμή της καθυστέρησης, δεν προαπαιτεί τον χαρακτηρισμό της καθυστέρησης αυτής για να τεθεί σε λειτουργία ο μηχανισμός της εφαρμογής. Υποκατηγορίες ελαστικών εφαρμογών με διαφορετικά χαρακτηριστικά καθυστέρησης είναι οι:

- αλληλεπιδραστικής έκρηξης κίνησης (interactive burst) όπως η εφαρμογή απόμακρης σύνδεσης (Telnet),
- αλληλεπιδραστικής ομαδικής μεταφοράς (interactive bulk transfer), όπως η εφαρμογή Πρωτοκόλλου Μεταφοράς Αρχείων (FTP), και
- ασύγχρονης ομαδικής μεταφοράς (asynchronous bulk transfer) όπως οι εφαρμογές ηλεκτρονικού ταχυδρομείου (e-mail) και τηλεομοιοτυπίας (fax).

Ένα δίκτυο θα πρέπει να παρέχει την υπηρεσία βέλτιστης προσπάθειας (best effort) για χρήση με ελαστικές εφαρμογές γνωστή ως υπηρεσία όσο το δυνατόν συντομότερα (as soon as possible (ASAP)). Η υπηρεσία βέλτιστης προσπάθειας δεν υπόκειται σε έλεγχο αποδοχής.

Άλλα θέματα που αναφέρονται στο μοντέλο Ενοποιημένων Υπηρεσιών περιλαμβάνουν:

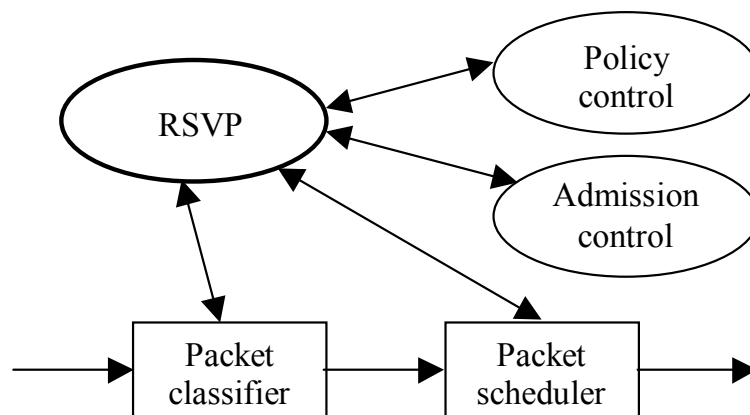
- Διαμοιρασμό των Πόρων (Resource Sharing): Ακριβώς όπως οι δεσμεύσεις για τη Ποιότητα Υπηρεσίας καθορίζουν τον τρόπο που το δίκτυο αναθέτει τους πόρους του, ο Διαμοιρασμός Ζεύξης (Link Sharing) καθορίζει τον τρόπο που θα διαμοιραστεί το συνολικό εύρος ζώνης μιας ζεύξης μεταξύ διαφόρων οντοτήτων. Πιθανές μορφές Διαμοιρασμού Ζεύξης είναι:
 - Ο Διαμοιρασμός ζεύξης μεταξύ πολλαπλών οντοτήτων,
 - Ο Διαμοιρασμός ζεύξης μεταξύ πολλαπλών πρωτοκόλλων, και
 - Ο Διαμοιρασμός ζεύξης μεταξύ πολλαπλών υπηρεσιών.
- Απόρριψη Πακέτου (Packet Dropping): Το μοντέλο Ενοποιημένων Υπηρεσιών προτείνει την εισαγωγή μιας Προληπτικής Υπηρεσίας Πακέτου (Preemptive Packet Service) η οποία αποκόπτει τα πακέτα που έχουν σημειωθεί ως Προληπτικά Επιλεγόμενα σαν λιγότερο σημαντικά από τα μη σημειωμένα. Αυτό

συμβαίνει σε περιπτώσεις που το δίκτυο φτάσει σε μια κατάσταση υπερφόρτισης όπου υπάρχει κίνδυνος να μην ανταποκριθεί σύμφωνα με τις δεσμεύσεις, οπότε και απορρίπτει τα λιγότερο σημαντικά πακέτα για να μειώσει την εμφανιζόμενη καθυστέρηση των υπολοίπων πακέτων.

- Ανάδραση Χρησιμοποίησης (Usage Feedback): Η υπηρεσία Ελεγχόμενου Διαμοιρασμού Ζεύξης, που είναι σε θέση να επιβάλει όρια στην κατανάλωση πόρων, αποτελεί ένα από τους τρόπους αποτροπής της κατάχρησης των πόρων του δικτύου. Μια άλλη δυνατότητα είναι να καταστήσει τους χρήστες υπεύθυνους για τον τρόπο χρησιμοποίησης των πόρων που ο καθένας επιλέγει, ενέργεια που είναι γνωστή ως Λογιστική του Δικτύου (Network Accounting).
- Μοντέλο Δέσμευσης (Reservation Model): Το Μοντέλο Δέσμευσης περιγράφει τον τρόπο με τον οποίο μια εφαρμογή διαπραγματεύεται με το δίκτυο ένα συγκεκριμένο επίπεδο Ποιότητας Υπηρεσίας. Ένας Ορισμός Ροής (flowspec) μεταβιβάζεται στον κατάλληλο διαχειριστή πόρων, ο οποίος έχει την δυνατότητα να απορρίψει την αίτηση, να την αποδεχτεί ή να αποδώσει Ποιότητα Υπηρεσίας χαμηλότερου επιπέδου όταν το δίκτυο δεν είναι σε θέση να αντεπεξέλθει στο πλήρες εύρος της αρχικής αίτησης. Όλα τα σχετιζόμενα δομικά στοιχεία κατά μήκος της διαδρομής της ροής θα πρέπει να ενημερωθούν για το αποδιδόμενο επίπεδο Ποιότητας Υπηρεσίας ώστε να προβούν σε αντίστοιχες τοπικές δεσμεύσεις. Για αυτό το λόγο χρησιμοποιείται το Πρωτόκολλο Δέσμευσης Πόρων.

6.2.3. Δομικό Στοιχείο Ελέγχου Κίνησης Πακέτων

Οι Λειτουργίες Ελέγχου Κίνησης Πακέτων (Traffic Control Functions) μέσα σε έναν εξυπηρετητή ή έναν δρομολογητή παρέχονται από τη Λειτουργική Μονάδα Προγραμματισμού Πακέτου (Packet Scheduler), τη Λειτουργική Μονάδα Κατάταξης σε Κλάσεις Πακέτου (Packet Classifier) και τη Λειτουργική Μονάδα Ελέγχου Πολιτικής (Policy Control), όπως φαίνονται στο Σχήμα 63 όπου αναπαριστάται σε γενικές γραμμές το μοντέλο αναφοράς.



Σχήμα 63 Διάγραμμα συσχέτισης των λειτουργικών οντοτήτων που σχετίζονται με το Πρωτόκολλο Δέσμευσης Πόρων.

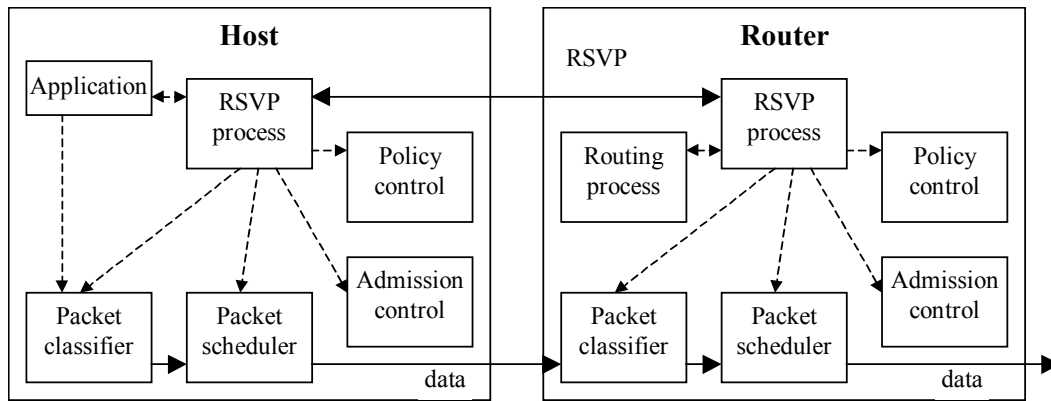
- Η Λειτουργική Μονάδα Κατάταξης σε Κλάσεις Πακέτου αναλαμβάνει να κατατάξει σε κλάσεις τα εισερχόμενα πακέτα αφού αυτά αναγνωριστούν με βάση

την πληροφορία που περιέχει ο Ορισμός Φίλτρου ότι δηλαδή ανήκουν σε κάποια συγκεκριμένη ροή πακέτων, ώστε να γίνει δυνατή η υποστήριξη των λειτουργιών ελέγχου κίνησης πακέτων και λογιστικής. Τα πακέτα που ανήκουν σε μία κλάση αντιμετωπίζονται με τον ίδιο τρόπο, ενώ παράλληλα η επιλογή για την κατάταξη στην κατάλληλη κλάση λαμβάνεται τοπικά σε κάθε δρομολογητή, αντικατοπτρίζοντας την σημασία που δίνει ο συγκεκριμένος δρομολογητής σε μία μεμονωμένη ροή πακέτων. Η κατάταξη των πακέτων σε κλάσης μπορεί αν γίνει με βάση την διεύθυνση των εξυπηρετητών πηγής και προορισμού, τον αριθμό πρωτοκόλλου και τα πεδία θυρών. Εναλλακτική δε μέθοδο αποτελεί η πρόταση της προσθήκης στην επικεφαλίδα πακέτου του Πρωτοκόλλου Διαδικτύου ενός πεδίου ενδεικτική ροής (flow id) το οποίο θα περιορίσει την μεταφορά πλεονάζουσας πληροφορίας.

- Η Λειτουργική Μονάδα Προγραμματισμού Πακέτου διαχειρίζεται κυρίως τη προώθηση διαφόρων ροών πακέτων με την αναταξινόμηση της ουράς εξόδου σύμφωνα με την βαρύτητα που αποδίδεται στην κλάση του πακέτου. Για αυτό το λόγο αποτελεί τμήμα της μονάδας εξόδου ώστε να έχει πρόσβαση και έλεγχο στις ουρές εξόδου από το σύστημα. Ο αλγόριθμος που εκτελείται σε αυτή την λειτουργία ακολουθεί το παράδειγμα των βασισμένων σε προτεραιότητες αλγορίθμων κυκλικής λειτουργίας (round robin) ή ισοδύναμη, δίκαια εναπόθεση σε ουρά (weighted fair queueing). Επίσης στη Λειτουργική Μονάδα Προγραμματισμού Πακέτου συμπεριλαμβάνεται και διαδικασία λήψης απόφασης απόρριψης πακέτου σε περιπτώσεις υπερφόρτωσης του δικτύου.
- Η Λειτουργική Μονάδα Ελέγχου Πολιτικής αποτελεί το μηχανισμό ο οποίος αναλαμβάνει την αξιόπιστη αναγνώριση χρήστη, και την επιλεκτική αποδοχή κλήσεων για κάθε αίτηση δέσμευσης, σύμφωνα με την πολιτική του διαχειριστή του δικτύου ή την ανάδραση προς τον χρήστη του κόστους, πραγματικού ή εικονικού, της χρήσης των πόρων στην οποία έχει προβεί. Με αυτόν τον τρόπο θα επιβληθεί μια τεχνητή πίεση προς τον χρήστη που προβαίνει σε δεσμεύσεις, ώστε να αποφευχθεί κατάχρηση των πόρων του συστήματος από χρήστες οι οποίοι θα προσπαθήσουν να καρπωθούν της προνομιακής αντιμετώπισης του δικτύου, λόγω των δεσμεύσεων, και να διεκδικήσουν επιλεκτική πρόσβαση στους πόρους αυτούς.

6.2.4. Πρωτόκολλο Δέσμευσης Πόρων (RSVP)

Το Πρωτόκολλο Δέσμευσης Πόρων (Resource ReserVation Protocol (RSVP)) είναι το πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται στα δίκτυα Ενοποιημένων Υπηρεσιών (IS) για την εγκαθίδρυση δεσμεύσεων πόρων. Σύμφωνα με το [6]: το Πρωτόκολλο Δέσμευσης Πόρων χρησιμοποιείται από ένα εξυπηρετητή, για λογαριασμό της ροής δεδομένων μιας εφαρμογής, για να αιτήσει μια δεδομένη Ποιότητα Υπηρεσίας από το δίκτυο για τις δεδομένη ροή πληροφορίας. Το Πρωτόκολλο Δέσμευσης Πόρων χρησιμοποιείται επίσης από τους δρομολογητές για να μεταφέρουν τις αιτήσεις ελέγχου Ποιότητας Υπηρεσίας (QoS) σε όλους τους κόμβους κατά μήκος της διαδρομής της ροής πακέτων και να εγκαθιδρύσουν καθώς και να συντηρήσουν μια κατάσταση που θα παρέχει την απαιτούμενη υπηρεσία. Οι αιτήσεις του Πρωτοκόλλου Δέσμευσης Πόρων συνήθως καταλήγουν, αν και όχι πάντα αναγκαστικά, στη δέσμευση πόρων σε κάθε κόμβο κατά μήκος της διαδρομής της ροής πακέτων. Το Σχήμα 64 περιγράφει την λειτουργία του Πρωτοκόλλου Δέσμευσης Πόρων τόσο σε εξυπηρετητές (hosts) όσο και σε δρομολογητές (routers).



Σχήμα 64 Λειτουργική συσχέτιση εξυπηρετητή (Host) και δρομολογητή (Router) με βάση το Πρωτόκολλο Δέσμευσης Πόρων (RSVP).

Το Πρωτόκολλο Δέσμευσης Πόρων είναι σχεδιασμένο με στόχο:

- Να υποστηρίζει ετερογενείς δέκτες,
- Να προσαρμόζεται στην μεταβλητότητα συνδρομών σε ομάδες πολλαπλής εκπομπής (multicast groups),
- Να εκμεταλλευτεί τα κοινά χαρακτηριστικά των απαιτήσεων των πηγών που αντιστοιχούν σε διάφορες εφαρμογές ώστε να προβεί στην αποτελεσματική χρησιμοποίηση των πόρων του συστήματος,
- Να επιτρέπει στους δέκτες να αλλάζουν κανάλια,
- Να προσαρμόζεται δυναμικά στις μεταβολές των υποκείμενων διαδρομών απλής (unicast) ή πολλαπλής εκπομπής,
- Να ελέγχει τη πλεονάζουσα πληροφορία του πρωτοκόλλου ώστε η πολυπλοκότητα του συστήματος να αυξάνεται με ρυθμό μικρότερο του γραμμικού σε σχέση με τον αριθμό των συμμετεχόντων, και
- Να κάνει τη σχεδίαση προσαρμόσιμη στις διαφοροποιήσεις των υποκείμενων ετερογενών τεχνολογιών δικτύου.

Με άλλα λόγια, το Πρωτόκολλο Δέσμευσης Πόρων χειρίζεται αιτήσεις δέσμευσης πόρων που προέρχονται από τον χρήστη για μονόδρομες (simplex) ροές πακέτων.

Για να μπορέσει να ανταποκριθεί σε πολύ μεγάλες, δυναμικά μεταβαλλόμενες ομάδες πολλαπλής εκπομπής, το Πρωτόκολλο Δέσμευσης Πόρων δημιουργεί και καταστρέφει Προσαρμόσιμες Καταστάσεις (soft states) σε κάθε κόμβο του δικτύου κατά μήκος της διαδρομής της ροής πακέτων. Αυτό σημαίνει ότι το Πρωτόκολλο Δέσμευσης Πόρων περιοδικά αποστέλλει μηνύματα ανανέωσης (refresh messages) για να συντηρήσει την κατάσταση δέσμευσης κατά μήκος των διαδρομών ροής πακέτων. Η απουσία συγκεκριμένου αριθμού μηνυμάτων ανανέωσης συνεπάγεται αυτόματα την εξάντληση του χρόνου (time out) και την κατάργηση της κατάστασης δέσμευσης. Αυτή η Προσαρμόσιμη Κατάσταση έχει τις ακόλουθες συνέπειες:

- Η κατάργηση μιας κατάστασης που εξαντλήθηκε ο χρόνος της αυτόματα απελευθερώνει τους πόρους του συστήματος που εκ των πραγμάτων φαίνεται πως δεν χρησιμοποιούνται πλέον,

- Η Ποιότητα Υπηρεσίας μιας ροής πακέτων θα επανέλθει αυτόματα από αλλαγή διαδρομής αν υπάρχει ικανοποιητική χωρητικότητα κατά μήκος της νέας διαδρομής. Η κατάσταση κατά μήκος της παλιάς διαδρομής της ροής πακέτων θα καταργηθεί μετά το πέρας του ορίου εξάντλησης του χρόνου, και νέες δεσμεύσεις θα λάβουν χώρα κατά μήκος της νέας διαδρομής μέσω των περιοδικών μηνυμάτων ανανέωσης, και
- Λόγο του περιοδικού ρυθμού της αποστολής μηνυμάτων ανανέωσης, το Πρωτόκολλο Δέσμευσης Πόρων αναμένεται να αντιμετωπίσει τυχόν απώλειες πακέτων με βαθμιαία αύξηση της περιόδου μετάδοσης των μηνυμάτων. Συνεπώς δεν χρειάζονται βελτιώσεις του Πρωτοκόλλου Δέσμευσης Πόρων ώστε να συμπεριληφθούν και ακριβοί μηχανισμοί αξιόπιστης μετάδοσης των μηνυμάτων.

Παρόλο που το Πρωτόκολλο Δέσμευσης Πόρων βρίσκεται λειτουργικά πάνω από το Πρωτόκολλο Διαδικτύου δεν είναι αντίστοιχο με πρωτόκολλο μεταφοράς αλλά λειτουργεί παρόμοια με πρωτόκολλα ελέγχου. Το Πρωτόκολλο Δέσμευσης Πόρων δεν αποτελεί επίσης πρωτόκολλο δρομολόγησης αλλά προορίζεται να συνεργαστεί με πρωτόκολλα δρομολόγησης απλής και πολλαπλής εκπομπής. Η συνεργασία μεταξύ της μονάδας δρομολόγησης και της μονάδας του Πρωτοκόλλου Δέσμευσης Πόρων ενός κόμβου επιτρέπει την τοπική διόρθωση: η οντότητα δρομολόγησης ενός κόμβου ειδοποιεί την μονάδα του Πρωτοκόλλου Δέσμευσης Πόρων για αλλαγές των διαδρομών των ροών πακέτων που χειρίζεται το Πρωτόκολλο Δέσμευσης Πόρων, έτσι ώστε η μονάδα του Πρωτοκόλλου Δέσμευσης Πόρων να είναι σε θέση να προσαρμόσει τις δεσμεύσεις των πόρων γρήγορα στις νέες διαδρομές.

6.2.5. Μηνύματα και Αντικείμενα του Πρωτοκόλλου Δέσμευσης Πόρων

Το Πρωτόκολλο Δέσμευσης Πόρων είναι σχεδιασμένο να χρησιμοποιείται από πολλές υπηρεσίες ελέγχου Ποιότητας Υπηρεσίας, οι οποίες με τη σειρά τους προορίζονται να με συνεργαστούν περισσότερους του ενός μηχανισμούς δέσμευσης πόρων. Ο ρόλος του Πρωτοκόλλου Δέσμευσης Πόρων συντελείται βασικά στην διανομή δεδομένων ελέγχου Ποιότητας Υπηρεσίας κατά μήκος του δικτύου και η μετάβαση αυτών των δεδομένων στην μονάδα ελέγχου κίνησης πακέτων σε κάθε εξυπηρετητή (host) κατά μήκος της διαδρομής.

Λόγο του λογικού διαχωρισμού μεταξύ υπηρεσιών ελέγχου Ποιότητας Υπηρεσίας και διανομής της πληροφορίας ελέγχου Ποιότητας Υπηρεσίας, ο ορισμός του Πρωτοκόλλου Δέσμευσης Πόρων ορίζει μόνο την δομή (format) των αντικειμένων ελέγχου Ποιότητας Υπηρεσίας του Πρωτοκόλλου Δέσμευσης Πόρων, αλλά ο κώδικας του Πρωτοκόλλου Δέσμευσης Πόρων αντιμετωπίζει το περιεχόμενο αυτών των αντικειμένων σαν γκρίζα πληροφορία.

Τα αντικείμενα του Πρωτοκόλλου Δέσμευσης Πόρων περικλείονται στα μηνύματα του Πρωτοκόλλου Δέσμευσης Πόρων, τα οποία αποστέλλονται από σταθμό άλματος σε σταθμό άλματος (hop-by-hop) μεταξύ των φερόντων δυνατότητας Πρωτοκόλλου Δέσμευσης Πόρων δρομολογητών σαν απλά αυτοδύναμα πακέτα Πρωτοκόλλου Διαδικτύου με αριθμό πρωτοκόλλου 46. Οι κατευθύνσεις διάδοσης των μηνυμάτων του Πρωτοκόλλου Δέσμευσης Πόρων διαχωρίζονται σε ανοδική (upstream) για την κατεύθυνση από τον δέκτη προς την πηγή και καθοδική (downstream) από την πηγή προς τον δέκτη.

Οι βασικές κλάσεις αντικειμένων του Πρωτοκόλλου Δέσμευσης Πόρων που συναντώνται στην βιβλιογραφία [7] για χρήση με τα μηνύματα του πρωτοκόλλου είναι τα ακόλουθα:

- FLOWSPEC,
- ADSPEC, και
- SENDER_TSPEC.

Αυτά τα αντικείμενα περιλαμβάνονται στα δύο σημαντικότερα μηνύματα του Πρωτοκόλλου Δέσμευσης Πόρων, τα (α) PATH και (β) RESV.

(α) Το μήνυμα PATH μεταδίδεται στην καθοδική κατεύθυνση ακολουθώντας την ίδια φορά με τα πακέτα πληροφορίας. Κατά τη διαδρομή του, αποθηκεύει σε κάθε κόμβο την κατάσταση διαδρομής (path state). Αυτή η κατάσταση διαδρομής (path state) αποτελείται από την διεύθυνση Πρωτοκόλλου Διαδικτύου μονόδρομης κατεύθυνσης του προηγούμενου σταθμού άλματος. Αυτή η πληροφορία χρησιμοποιείται για την δρομολόγηση των μηνυμάτων RESV πίσω στην πηγή ακολουθώντας την ανοδική φορά. Επιπρόσθετα σε αυτή την διεύθυνση, περιέχει τα αντικείμενα:

- SENDER_TEMPLATE: περιέχει την απαραίτητη πληροφορία για την ταυτοποίηση των πακέτων δεδομένων του αποστολέα του PATH μηνύματος, και δομούνται με τη μορφή των Ορισμών Φίλτρου, μορφή που χρησιμοποιείται επίσης και από τα μηνύματα RESV. Τα μηνύματα αυτά δεν αλλάζουν καθόλου κατά μήκος της διαδρομής.
- SENDER_TSPEC: απαραίτητο για κάθε μήνυμα PATH, περιγράφει τα όρια της κίνησης πακέτων που αναμένεται να γεννήσει η πηγή και μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τους δέκτες κατά την αίτηση δέσμευσης πόρων.
- ADSPEC: συλλέγουν τόσο πληροφορία για τις ιδιότητες της διαδρομής των πακέτων, όπως οι διατιθέμενες υπηρεσίες ή εκτιμήσεις για την καθυστέρηση και το εύρος ζώνης, όσο και παραμέτρους που απαιτούνται για συγκεκριμένες υπηρεσίες ελέγχου Ποιότητας Υπηρεσίας. Δημιουργούνται από τις πηγές ή από ενδιάμεσα στοιχεία του δικτύου και τα πεδία τους μεταβάλλονται κατά μήκος της διαδρομής, από κόμβο ο οποίος φέρει το Πρωτόκολλο Δέσμευσης Πόρων σε κόμβο. Διαφημίζει τις δυνατές παραμέτρους των υπηρεσιών που συνθέτονται από τις ιδιότητες όλων των προηγούμενων κόμβων της ανοδικής κατεύθυνσης της διαδρομής. Αυτό γίνεται καθώς σε κάθε κόμβο συγκρίνονται τα πεδία του ADSPEC μηνύματος με τις δυνατότητες του τρέχοντος κόμβου, πριν προωθηθεί το μήνυμα περαιτέρω. Ο δέκτης μπορεί να χρησιμοποιήσει την πληροφορία που φέρει το μήνυμα αυτό για να προβλέψει την από άκρο σε άκρο Ποιότητα Υπηρεσίας, να επιλέξει την πλέον κατάλληλη υπηρεσία και να διαβαθμίσει τις απαιτήσεις του σε Ποιότητα Υπηρεσίας σύμφωνα με τις τρέχουσες δυνατότητες του δικτύου. Συγκεκριμένα μπορεί ο δέκτης να αποκομίσει την πληροφορία ύπαρξης ή όχι κόμβου στο δίκτυο που δεν έχει υλοποιημένο Πρωτόκολλο Δέσμευσης Πόρων. Σε αυτή την περίπτωση οι τιμές των παραμέτρων θα πρέπει να κριθούν μη αξιόπιστες, καθώς σε κάποιο σημείο της διαδρομής η ροή θα βρει αποκλειστικά και μόνο διαθέσιμη την υπηρεσία βέλτιστης προσπάθειας.

(β) Το μήνυμα RESV διαδίδεται στην ανοδική κατεύθυνση της διαδρομής των πακέτων από τους δέκτες που ενδιαφέρονται να εγκαταστήσουν δεσμεύσεις πόρων για μια ή περισσότερες πηγές. Ακολουθεί ακριβώς την ανάδρομη φορά των PATH μηνυμάτων, χρησιμοποιώντας την κατάσταση διαδρομής που δημιουργήθηκε από αυτό. Τα βασικά αντικείμενα που περιέχονται στο RESVμήνυμα ανήκουν στις κλάσεις:

- FLOWSPEC,
- FILTER_SPEC, και
- STYLE.

Ένας δέκτης που επιθυμεί να προβεί σε μια δέσμευση μπορεί αν χρησιμοποιήσει την πληροφορία που περιέχεται στο μήνυμα PATH των αντικειμένων ADSPEC και SENDER_TSPEC για να επιλέξει λογικές τιμές παραμέτρων υπηρεσίας για τα αντικείμενα TSpec και RSpec του RESV μηνύματος. Με τον ίδιο τρόπο τα δεδομένα από το αντικείμενο SENDER_TEMPLATE χρησιμοποιούνται για να δομήσουν το FILTER_SPEC.

Κάθε RESV μήνυμα που λαμβάνεται προωθείται στις μονάδες ελέγχου αποδοχής και πολιτικής. Αν περάσει και από τους δύο ελέγχους, τότε εγκαθίσταται η κατάσταση δέσμευσης (reservation state) στον κόμβο διαβιβάζοντας το αντικείμενο FILTER_TSPEC στη Λειτουργική Μονάδα Κατάταξης σε Κλάσεις Πακέτου, και διαμορφώνεται η Λειτουργική Μονάδα Προγραμματισμού Πακέτου σύμφωνα με το FLOWSPEC.

Αυτή η διαδικασία δεν οδηγεί υποχρεωτικά σε νέα δέσμευση πόρων. Ανάλογα με την υφή της δέσμευσης που επιλέγεται με το αντικείμενο STYLE η νέα αίτηση θα ομαδοποιηθεί μαζί με άλλες μεταβάλλοντας έτσι τις υπάρχουσες δεσμεύσεις. Οι αποτελεσματικές τιμές του αντικειμένου FLOWSPEC μερικών ομαδοποιημένων αιτήσεων υπολογίζεται από την εύρεση του Ελάχιστου Άνω Ορίου (Least Upper Bound) ή του Μέγιστου Κάτω Ορίου (Greatest Lower Bound) που καθορίζει τις πλέον απαιτητικές εφαρμογές. Ένα μήνυμα RESV με τροποποιημένο αντικείμενο FLOWSPEC προωθείται ανοδικά αν η αίτηση δέσμευσης δεν ικανοποιείται από προηγούμενες δεσμεύσεις άλλων δεκτών της ίδιας ροής.

Τέλος, οι πηγές για τις οποίες έχουν εγκατασταθεί οι δεσμεύσεις κίνησης πακέτων, μπορούν να επιλέγονται έμμεσα (implicitly) με χρήση του καθολικού ενδείκτη (wildcard) ο οποίος επιλέγει όλες τις πηγές της τρέχουσας συνόδου (session) ή ρητά (explicitly) με μια λίστα πηγών. Στην τελευταία περίπτωση χρειάζονται οι Ορισμοί Φίλτρου για κάθε πηγή.

Το βασικό μοντέλο περιλαμβάνει μια διάταξη μοναδικού περάσματος: οι δέκτες αποστέλλουν τις αιτήσεις δέσμευσης ανοδικά οι οποίες θα γίνουν αποδεκτές ή θα απορριφθούν από τους κόμβους κατά μήκος της ανάστροφης διαδρομής που διασχίζουν τα δεδομένα. Παράλληλα οι πηγές και τα Στοιχεία Δικτύου διαφημίζουν τα χαρακτηριστικά τις κίνησης πακέτων και τις δυνατότητες παροχής υπηρεσιών στην καθοδική φορά ώστε να γνωρίζουν οι δέκτες τις δυνατότητες της ανοδικής φοράς της διαδρομής. Οι δέκτες μπορούν να χρησιμοποιήσουν αυτή την πληροφορία για να παραμετροποιήσουν τις αιτήσεις δέσμευσης σύμφωνα με τα πραγματικά χαρακτηριστικά των δυνατοτήτων του δικτύου.

6.2.6. Οι Ενοποιημένες Υπηρεσίες στα δίκτυα Πρωτοκόλλου Διαδικτύου – πρωτοκόλλου Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης

Τεχνικές λειτουργίας του Πρωτοκόλλου Διαδικτύου πάνω από τοπικά δίκτυα πρωτοκόλλου Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης είναι η αποκαλούμενη Κλασικού Πρωτοκόλλου Διαδικτύου (CLIP) [8] και Προσομοίωσης Τοπικού Δικτύου (LAN Emulation). Παρόλα αυτά υπάρχουν κάποια προβλήματα στη εφαρμογή αυτών των τεχνικών, όπως περιγράφεται στο [9]. Τα βασικότερα από αυτά αφορούν το μοντέλο υπηρεσίας, το μοντέλο δέσμευσης και την δρομολόγηση με βάση την Ποιότητα Υπηρεσίας.

Το μοντέλο υπηρεσίας για το πρωτόκολλο Ενοποιημένων Υπηρεσιών της αρχιτεκτονικής του Διαδικτύου (Internet) χρησιμοποιεί τις ακόλουθες κλάσεις υπηρεσίας: βέλτιστης προσπάθειας (best effort), εγγυημένης υπηρεσίας (guaranteed), προβλεπόμενης καθυστέρησης (predictive delay) και ελεγχόμενης καθυστέρησης (controlled delay). Το πρωτόκολλο Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης διαθέτει πέντε κλάσεις υπηρεσίας οι οποίες δεν αντιστοιχίζονται πλήρως με αυτές του Πρωτοκόλλου Διαδικτύου (IP), και είναι οι: Σταθερού Ρυθμού (CBR), πραγματικού χρόνου Μεταβλητού Ρυθμού (rt-VBR), Μη πραγματικού χρόνου Μεταβλητού Ρυθμού (non real time Variable Bit Rate (nrt-VBR)), Απροσδιόριστου Ρυθμού (Unspecified Bit Rate (UBR)), και Διαθέσιμου Ρυθμού (ABR). Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά της κάθε κλάσης ενώ στον παρουσιάζεται η προτεινόμενη χρήση της κάθε υπηρεσίας για την προσαρμογή στις ανάγκες των επιμέρους εφαρμογών, όπως παρουσιάζονται στο [10].

Πίνακας 13 Περιοχές εφαρμογής των κλάσεων υπηρεσίας του πρωτοκόλλου Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης.

APPLICATION AREA	CBR	rt-VBR	nrt-VBR	ABR	UBR
Critical Data	**	*	***	*	n/s
LAN Interconnect LAN Emulation	*	*	**	***	**
Data transport/ Interworking (IP- FR-SMDS)	*	*	**	***	**
Circuit emulation -PABX	***	**	n/s	n/s	n/s
POTS/ISDN - Video Conference	***			n/s	n/s
Compressed Audio	*	***	**	**	*
Video Distribution	***	**	*	n/s	n/s
Interactive Multimedia	***	***	**	**	*
Score to indicate the "advantage": optimum: ***, good: **, fair : *; not quoted are felt presently not applicable with advantage (might be in the future); n/s = not suitable					

Οι διαφορές μεταξύ των μοντέλων δέσμευσης πόρων που χρησιμοποιούνται από το Πρωτόκολλο Δέσμευσης Πόρων και το αντίστοιχο πρωτόκολλο σηματοδοσίας για το πρωτόκολλο Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης, που είναι το πρωτόκολλο Σημείου Προσαρμογής Χρήστη Προς Δίκτυο έκδοση 3.1 (UNI 3.1), συνοψίζονται στον Πίνακα 14:

Πίνακας 14 Διαφορές μεταξύ του Πρωτοκόλλου Δέσμευσης Πόρων και του πρωτοκόλλου σηματοδοσίας Σημείου Προσαρμογής Χρήστη Προς Δίκτυο έκδοση 3.1 για το πρωτόκολλο Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης.

Κατηγορία	RSVP	UNI 3.1
Προσανατολισμός	Με βάση τον δέκτη	Με βάση την πηγή
Κατάσταση δέσμευσης πόρων των Στοιχείων Δικτύου	Προσαρμόσιμη κατάσταση	Σταθερή κατάσταση
Χρόνος εγκατάστασης Ποιότητας Υπηρεσίας	Διαφορετικός από αυτόν εγκατάστασης της διαδρομής	Συνοφασμένος με αυτόν εγκατάστασης της διαδρομής
Δυνατότητα μεταβολής Ποιότητας Υπηρεσίας	Δυναμική Ποιότητα Υπηρεσίας	Στατική Ποιότητα Υπηρεσίας

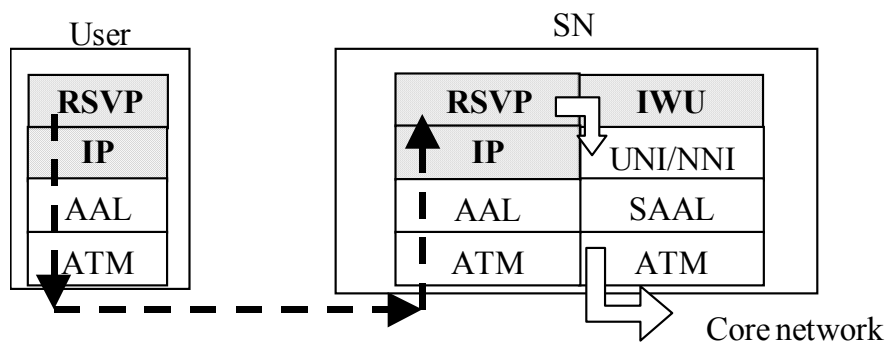
6.3. Υποστήριξη της λειτουργίας του Πρωτοκόλλου Δέσμευσης Πόρων από την λειτουργική αρχιτεκτονική του V_{B5}

6.3.1. Αντιστοίχιση λειτουργικών επιπέδων

Στο Σχήμα 65 περιγράφεται η διαστρωματική δομή των λειτουργικών οντοτήτων που περιγράφουν την δυνατή συνεργασία μεταξύ του Πρωτοκόλλου Δέσμευσης Πόρων και πρωτοκόλλου σηματοδοσίας Σημείου Προσαρμογής Χρήστη Προς Δίκτυο έκδοση 3.1 [12] για το πρωτόκολλο Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης. Στη μεριά του χρήστη, η εφαρμογή κάνει χρήση του Πρωτοκόλλου Δέσμευσης Πόρων, το οποίο χρησιμοποιεί τις υπηρεσίες του Πρωτοκόλλου Διαδικτύου για τη μεταφορά των μηνυμάτων του. Το Πρωτόκολλο Διαδικτύου στη συνέχεια κάνει χρήση των υπηρεσιών του πρωτοκόλλου Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης το οποίο έχει την ευθύνη για την παροχή υπηρεσιών μεταφοράς δεδομένων πάνω από το φυσικό στρώμα. Στην μεριά του Κόμβου Παροχής Υπηρεσιών υπάρχει υλοποιημένη η ίδια στοίβα πρωτοκόλλων, έτσι ώστε το σύστημα να αντιλαμβάνεται τις αιτήσεις του χρήστη. Στη συνέχεια, οι αιτήσεις αυτές μεταφράζονται σε μηνύματα που αντιλαμβάνεται ο μηχανισμός Ελέγχου Κλήσης, μηχανισμός ο οποίος αποτελεί την κεντρική μονάδα διεύθυνσης των λειτουργιών που σχετίζονται με τον έλεγχο των κλήσεων. Ο μηχανισμός αυτός αποτελεί σημείο αναφοράς για τα πρωτόκολλα σηματοδοσίας του πρωτοκόλλου Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης, όπως του πρωτοκόλλου Σημείου Προσαρμογής Χρήστη προς Δίκτυο αλλά και του πρωτοκόλλου Σημείου Προσαρμογής Δικτύου προς Δίκτυο. Για αυτό το λόγο, τα

μηνύματα του Πρωτοκόλλου Δέσμευσης Πόρων, που φέρουν τις αιτήσεις δέσμευσης του χρήστη, μεταφράζονται σε μηνύματα αντιστοίχων πρωτοκόλλων σηματοδότησης του πρωτοκόλλου Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης με τη βοήθεια μιας λειτουργικής οντότητας Λειτουργιών Διαλειτουργικότητας.

Η λειτουργική οντότητα Λειτουργιών Διαλειτουργικότητας περιέχει την απαραίτητη λειτουργικότητα για να ανταποκριθεί όχι μόνο στην αντιστοίχιση των μηνυμάτων μεταξύ των δύο συστημάτων, αλλά και στην γεφύρωση του χάσματος μεταξύ των δύο διαφορετικών τμημάτων λειτουργίας του πρωτοκόλλου Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης, συγκεκριμένα του τμήματος χρήστη και του τμήματος ελέγχου όπως φαίνεται στο Σχήμα 65. Αυτός ο διαχωρισμός συμβαίνει διότι τα μηνύματα του Πρωτοκόλλου Δέσμευσης Πόρων που σχετίζονται με δεσμεύσεις μεταφέρονται με τον ίδιο ακριβώς τρόπο που μεταφέρονται και τα δεδομένα. Αυτό συνεπάγεται για την τεχνολογία του πρωτοκόλλου Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης ότι θα χρησιμοποιείται τον ίδιο Νοητό Δίαυλο και δεν θα χρησιμοποιείται διαφορετικό κανάλι όπως συμβαίνει για τα πρωτόκολλα σηματοδότησης του πρωτοκόλλου Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης. Συνεπώς η πληροφορία που σχετίζεται με μηνύματα δεσμεύσεων του θα πρέπει να φτάνει μέχρι την λειτουργική οντότητα του Πρωτοκόλλου Δέσμευσης Πόρων, η οποία θα ξεχωρίζει τα μηνύματα από τα δεδομένα και θα τα προωθεί προς τη λειτουργική οντότητα Λειτουργιών Διαλειτουργικότητας για να μεταφραστούν και να προωθηθούν περαιτέρω.



Σχήμα 65 Διαστρωματική δομή των λειτουργικών οντοτήτων.

Η λειτουργική οντότητα του Πρωτοκόλλου Δέσμευσης Πόρων είχε κεντρικό ρόλο διαχειριστή στην αρχιτεκτονική Ενοποιημένων Υπηρεσιών. Αυτό πρέπει να αλλάξει στην περίπτωση μας ώστε να καταστεί σύμμορφο με την αρχιτεκτονική του συστήματος V_{B5} [13], [14]. Για να συμβεί αυτό, η λειτουργική οντότητα του Πρωτοκόλλου Δέσμευσης Πόρων θα αλληλεπιδρά μόνο με την οντότητα Ελέγχου Κλήσης, μέσω της λειτουργικής οντότητας Λειτουργιών Διαλειτουργικότητας. Τα διάφορα λειτουργικά τμήματα που έρχονταν σε συνεργασία με τη λειτουργική οντότητα του Πρωτοκόλλου Δέσμευσης Πόρων καλύπτονται από αντίστοιχες οντότητας της αρχιτεκτονικής του V_{B5}. Συγκεκριμένα:

- Η λειτουργική οντότητα Κατάταξης σε Κλάσεις Πακέτου και η λειτουργική οντότητα Προγραμματισμού Πακέτου καλύπτονται από την λειτουργικότητα του πρωτοκόλλου Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης και συγκεκριμένα από την αντιστοίχιση των ροών του Πρωτοκόλλου Δέσμευσης Πόρων σε Νοητά Μονοπάτια / Νοητούς Δίαυλους.

- Η λειτουργική οντότητα Ελέγχου Πολιτικής (Policy Control) μπορεί να περιληφθεί στο Μοντέλο Πληροφορίας του V_{B5}, όπου βρίσκεται και η πληροφορία για την κατάσταση των συνδέσεων αλλά και των χρηστών του συστήματος.
- Η λειτουργική οντότητα Αποδοχής Κλήσης (Admission Control) ισοδυναμεί ουσιαστικά με αυτή του Ελέγχου Αποδοχής Κλήσης. Η τελευταία είναι υπεύθυνη για τον έλεγχο των πόρων τοπικά σε κάθε κόμβο ώστε να διαπιστωθεί αν υπάρχουν διαθέσιμοι πόροι για να ικανοποιηθούν οι αιτήσεις. Σε συνεργασία με την ασκούσα τον κεντρικό έλεγχο λειτουργική οντότητα Ελέγχου Κλήσης έρχεται σε επικοινωνία με την ομότιμη λειτουργική οντότητα στο δίκτυο πρόσβασης για να επαληθεύσει την διαθεσιμότητα των πόρων και στο Δίκτυο Πρόσβασης. Αυτό γίνεται με χρήση του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης [15], λόγο ακριβώς της ύπαρξης δύο διαφορετικών, ανεξάρτητων λειτουργικών οντοτήτων Ελέγχου Αποδοχής Κλήσης σε Δίκτυο Πρόσβασης και Κόμβο Παροχής Υπηρεσιών, όπου η αίτηση δέσμευσης πόρων του χρήστη μεταφέρεται από τον Κόμβο Παροχής Υπηρεσιών που έχει υλοποιημένο το Πρωτόκολλο Δέσμευσης Πόρων στο Δίκτυο Πρόσβασης που δεν διαθέτει τέτοια λειτουργικότητα.

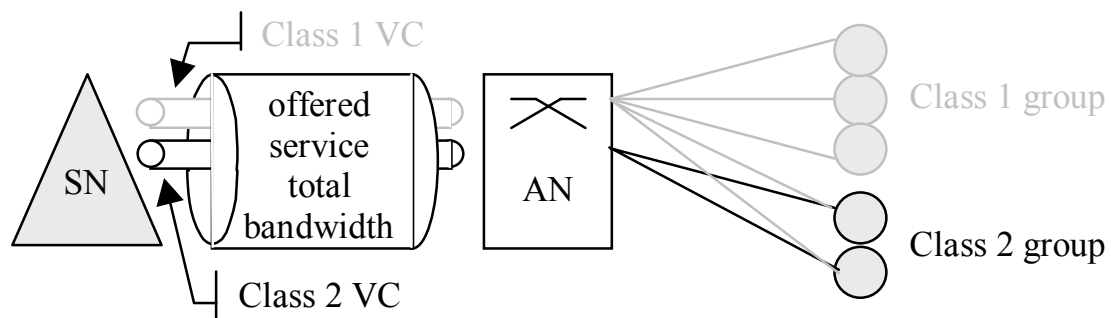
6.3.2. Διαλειτουργικότητα μεταξύ Πρωτοκόλλου Δέσμευσης Πόρων και Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης

Η προτεινόμενη διαλειτουργικότητα μεταξύ των μηχανισμών των δύο πρωτοκόλλων στοχεύει στην εγκατάσταση τοπικών συνδέσεων σε επίπεδο σύνδεσης απλής και πολλαπλής εκπομπής. Η περίπτωση της πολλαπλής εκπομπής (multicast) έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον μιας και η εμπλοκή του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης επιτρέπει την ύπαρξη ευέλικτων μονοπατιών πολλαπλής εκπομπής. Αυτό βασίζεται στη λειτουργικότητα του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης να μεταβάλλει τα χαρακτηριστικά μιας σύνδεσης κατά παραγγελία του χρήστη και να διακλαδίζει μια σύνδεση προς την κατεύθυνση της δημιουργίας δένδρων πολλαπλής εκπομπής (multicast trees), αλλά και της δυνατότητας παροχής συνδέσεων κατά παραγγελία στο Δίκτυο Πρόσβασης:

- Η εγκατάσταση συνδέσεων κατά παραγγελία στο Δίκτυο Πρόσβασης μας επιτρέπει την βαθύτερη προώθηση του σημείου διακλάδωσης του καναλιού πολλαπλής εκπομπής στο Δίκτυο Πρόσβασης. Με αυτόν τον τρόπο εκμεταλλευόμαστε καλύτερα τους πόρους του συστήματος, μιας και γίνεται εφικτή η διασπορά της λειτουργικότητας αλλά και της κατάληψης του εύρους ζώνης σε όλα τα Στοιχεία Δικτύου του Δικτύου Πρόσβασης.
- Η δυνατότητα μεταβολής των χαρακτηριστικών μιας σύνδεσης επιτρέπει την υποστήριξη της Προσαρμόσιμης Κατάστασης του Πρωτοκόλλου Δέσμευσης Πόρων σε τοπικό επίπεδο, μεταξύ Δικτύου Πρόσβασης και Κόμβου Παροχής Υπηρεσιών.
- Η δυνατότητα διακλάδωσης κάνει εφικτή την υλοποίηση συνδέσεων πολλαπλής εκπομπής. Παράλληλα, δίνει την δυνατότητα πραγματοποίησης της διακλάδωσης σε διαφορετικό σημείο από αυτό του κεντρικού συστήματος του Κόμβου Παροχής Υπηρεσιών, με αποτέλεσμα την λειτουργική αποσυμφόρηση του σε κάποιον βαθμό.

Με βάση αυτή τη λειτουργικότητα, οι κλάσεις υπηρεσίας του Πρωτοκόλλου Δέσμευσης Πόρων υποστηρίζονται σύμφωνα με την ακόλουθη τακτική: για την βασική κλάση υπηρεσίας θα δημιουργηθεί ένα δέντρο πολλαπλής εκπομπής (multicast tree) αφοσιωμένο σε αυτή την κλάση. Για κάθε πρόσθετη κλάση, ένα νέο αφοσιωμένο δέντρο πολλαπλής εκπομπής θα δημιουργείται, μέλη του οποίου θα είναι μόνο αυτοί οι χρήστες που επιθυμούν τις υπηρεσίες αυτής της κλάσης, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 66. Με αυτό τον τρόπο η βασική κλάση θα υποστηρίζεται πάντα από το βασικό δέντρο, που αντιστοιχεί σε μία σύνδεση Νοητού Διαύλου με πολλούς συνδεδεμένους χρήστες, ενώ οι πρόσθετες κλάσεις θα εξυπηρετούνται από πρόσθετους Νοητούς Διαύλους καθένα από τα οποία θα αποτελεί και ένα δέντρο πολλαπλής εκπομπής [11]. Το αποτέλεσμα θα είναι N διαδοχικά δέντρα, όπου N μπορεί να είναι:

- Ο αριθμός των υποστηριζόμενων κλάσεων υπηρεσίας, κατά την οποία εκδοχή κάθε δέντρο θα έχει και διαφορετικό εύρος ζώνης, αντίστοιχο των αιτήσεων δέσμευσης μειούμενο κατά το άθροισμα του μεγέθους εύρους ζώνης των δέντρων χαμηλότερων κλάσεων, ώστε το συνολικό άθροισμα να αντιστοιχεί στο υποστηριζόμενο από την κλάση υπηρεσίας, ή
- Ο πολλαπλασιαστής της τιμής εύρους ζώνης του βασικού δέντρου που θα αντιστοιχεί με το επιθυμητό εύρος για να καλυφθούν οι απαιτήσεις της τρέχουσας κλάσης υπηρεσίας, με αποτέλεσμα ο αριθμός των δέντρων πολλαπλής εκπομπής να υπερβαίνει τον αριθμό των παρεχόμενων υπηρεσιών, όταν το απαιτούμενο εύρος ζώνης ανώτερης κλάσης υπηρεσίας είναι μεγαλύτερο από αυτό χαμηλότερης κατά μέγεθος που υπερβαίνει αυτό του Νοητού Διαύλου του βασικού δέντρου.



Σχήμα 66 Υποστήριξη των κλάσεων υπηρεσίας του Πρωτοκόλλου Δέσμευσης Πόρων με αφοσιωμένες συνδέσεις πρωτοκόλλου Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης δενδροειδούς μορφής.

Σε κάθε χρονική στιγμή, τα μέλη κάθε δέντρου θα απεικονίζουν τον συνολικό αριθμό των χρηστών της αντίστοιχης κλάσης υπηρεσίας. Έτσι θα είναι πιο εύκολο να διαχειριστούν οι χρήστες με υψηλές απαιτήσεις Ποιότητας Υπηρεσίας από τους υπόλοιπους, με απλή αναδρομή στα μέλη ενός δέντρου και την προνομιακή διαχείριση αυτής της σύνδεσης.

Η έννοια της προσαρμόσιμης κατάστασης επιβάλλει την δυναμική προσαρμογή της σύνδεσης στις απαιτήσεις χρήσης. Με άλλα λόγια, τα εγκατεστημένα δέντρα πολλαπλής εκπομπής θα υποστηρίζουν μόνο τις κλάσεις υπηρεσίας για τις οποίες

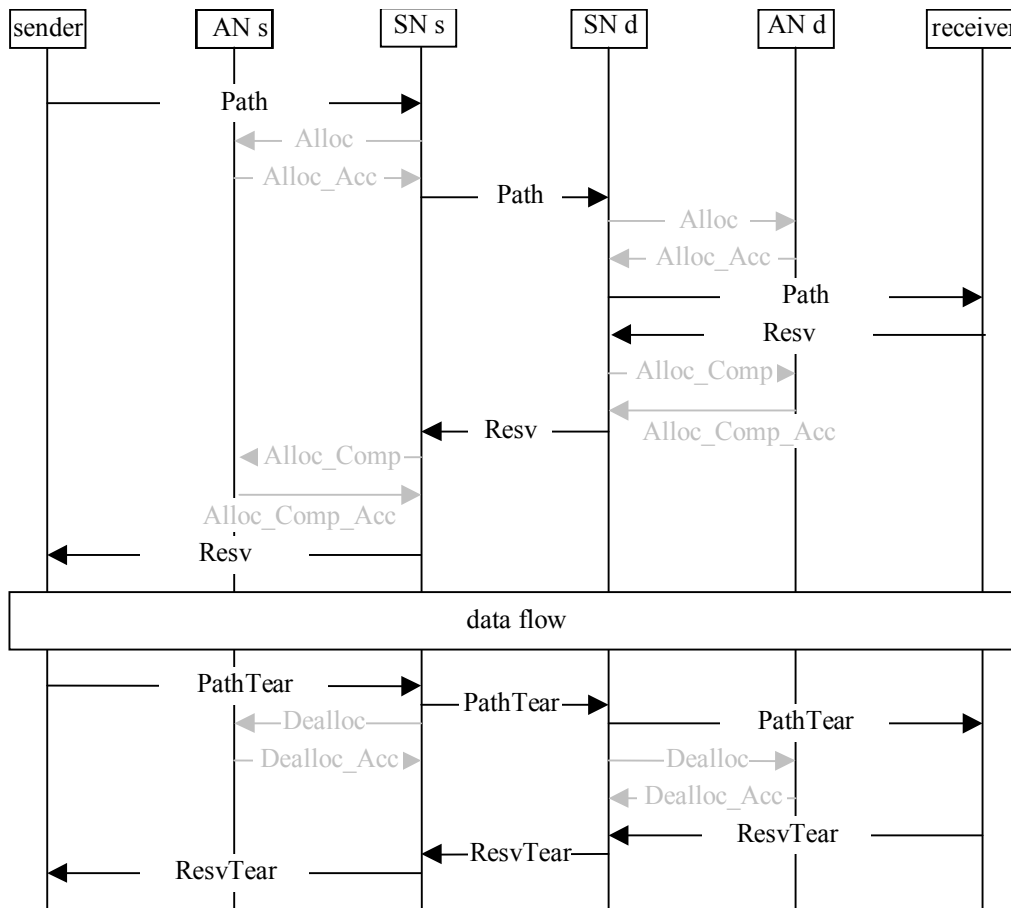
υπάρχουν μέλη. Όταν κάποιος χρήστης αιτήσει σύνδεση σε κάποια κλάση υπηρεσίας που δεν υποστηρίζεται τη δεδομένη χρονική στιγμή, τότε θα πρέπει να δημιουργηθεί η υποδομή για την υποστήριξή της. Αυτό όμως συνεπάγεται την διαρκή εγκατάσταση και απεγκατάσταση Νοητών Διαύλων, πράγμα το οποίο είναι εξαιρετικά χρονοβόρο και απαιτητικό σε επεξεργαστική ισχύ, με αποτέλεσμα την επιβάρυνση των μονάδων επεξεργασίας προς όφελος εύρους ζώνης.

Από την άλλη μεριά, θα ήταν επίσης δυνατό να εγκατασταθεί μια σύνδεση από άκρο σε άκρο με το μέγιστο εύρος ζώνης, ώστε να δικαιολογεί την δέσμευση και διατήρηση των πόρων στο μέγιστο βαθμό. Κάθε νέο μέλος θα λάμβανε μόνο το μέρος του εύρους που αντιστοιχεί στην επιθυμητή κλάση υπηρεσίας, χωρίς την συνεχή αλλαγή κατάστασης των κόμβων του συστήματος. Για να γίνει αυτό όμως θα πρέπει σε κάθε ομάδα πιθανών δεκτών να υπάρχει ένας δέκτης ο οποίος θα παίζει το ρόλο της καταβόθρας για να υλοποιηθεί και αν συντηρηθεί η από άκρο σε άκρο σύνδεση για όσο χρόνο χρειάζεται. Με αυτή τη μέθοδο το κυρίως δίκτυο παραμένει σε μια σταθερή κατάσταση ενώ παράλληλα όλες οι μεταβολές και μεταβάσεις λαμβάνουν χώρα τοπικά, στο Δίκτυο Πρόσβασης.

Η απόφαση υλοποίησης μιας από τις δύο μεθόδους εγκατάστασης και συντήρησης δέντρων πολλαπλής εκπομπής σχετίζεται με τον αριθμό και τα χαρακτηριστικά των συνδεδεμένων χρηστών. Μικρός αριθμός μελών χωρίς συχνές μεταπηδήσεις μεταξύ κλάσεων υπηρεσίας ευνοεί τη πρώτη μέθοδο ενώ μεγάλος αριθμός χρηστών με συχνές μεταβολές και μεταπηδήσεις οδηγεί στην δεύτερη.

6.3.3. Αντιστοίχιση μηνυμάτων

Τα μηνύματα του Πρωτοκόλλου Δέσμευσης Πόρων είτε μεταφέρονται στο δίκτυο αυτούσια είτε αντιστοιχίζονται σε μηνύματα πρωτοκόλλων σηματοδοσίας πριν προωθηθούν περαιτέρω. Κάθε Κόμβος Παροχής Υπηρεσιών από τον οποίο διέρχονται θα πρέπει να διαθέτει την απαραίτητη λειτουργικότητα για να αντιστοιχίσει ή να προωθήσει τα μηνύματα του Πρωτοκόλλου Δέσμευσης Πόρων που λαμβάνει. Αυτό συνεπάγεται την υλοποίηση ενός τμήματος του Πρωτοκόλλου Δέσμευσης Πόρων σε κάθε Κόμβο Παροχής Υπηρεσιών ώστε να γίνει δυνατή η προώθηση των μηνυμάτων αλλά και η επεξεργασία τους όταν αποβλέπουν σε χρήστες εντός των ορίων των συγκεκριμένων Κόμβων Παροχής Υπηρεσιών.



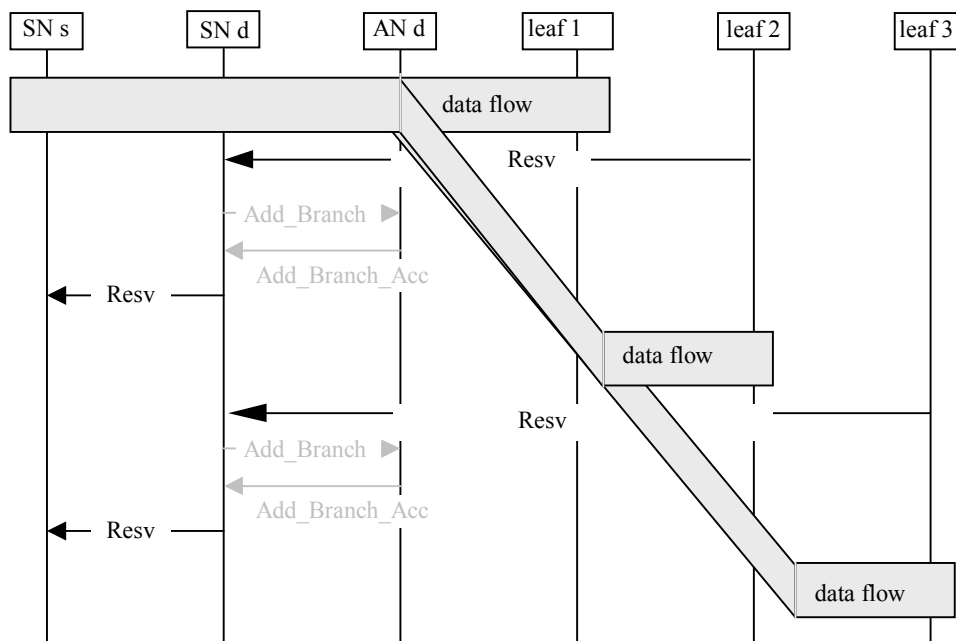
Σχήμα 67 Διάγραμμα ανταλλαγής μηνυμάτων για την εγκατάσταση και απεγκατάσταση κλήσης. (s: source (πηγή), d: destination (προορισμός))

Στο Σχήμα 67 απεικονίζεται η ανταλλαγή μηνυμάτων που περιορίζεται μεταξύ του Πρωτοκόλλου Δέσμευσης Πόρων και του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης για την εγκατάσταση και απεγκατάσταση μιας κλήσης. Σε γενικές γραμμές μπορούμε να ισχυριστούμε πως σε αυτό το διάγραμμα τα μηνύματα του Πρωτοκόλλου Δέσμευσης Πόρων έχουν υποκαταστήσει τα αντίστοιχα των πρωτοκόλλων σηματοδότησης του πρωτοκόλλου Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης. Το Πρωτόκολλο Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης, τα μηνύματα του οποίου φαίνονται στο σχήμα με γκρι χρώμα, μεσολαβεί για τον έλεγχο της διαθεσιμότητας των απαιτούμενων για την σύνδεση πόρων τοπικά στο Δίκτυο Πρόσβασης προτού προωθηθεί το μήνυμα PATH ή RESV περαιτέρω. Έτσι, σε κάθε έκδοση μηνύματος PATH και αφού υπάρχουν οι απαιτούμενοι πόροι διαθέσιμοι στον Κόμβο Παροχής Υπηρεσιών, τα μηνύματα *Alloc* και *Alloc_Acc* αποστέλλονται για να επιβεβαιώσουν την ύπαρξη των απαιτούμενων πόρων και στο Δίκτυο Πρόσβασης. Η ίδια διαδικασία λαμβάνει χώρα και στην πλευρά του δέκτη, όπου ο έλεγχος των πόρων γίνεται πριν το μήνυμα PATH μεταφερθεί στον τελικό παραλήπτη. Τα μηνύματα *Alloc* και *Alloc_Acc* έχουν επίσης τη χρήση δέσμευσης των πόρων, και κατά συνέπεια το Δίκτυο Πρόσβασης θα έχει ανταποκριθεί και δεσμεύσει πόρους για το πλήρες εύρος ζώνης που χαρακτηρίζει την ροή της πηγής. Με δεδομένη την απόκριση του δέκτη, όταν δηλαδή λάβει ο Κόμβος Παροχής Υπηρεσιών στην περιοχή του οποίου βρίσκεται ο δέκτης το μήνυμα RESV, τότε είναι δυνατόν να τροποποιηθεί η αρχική δέσμευση πόρων με τη χρήση των μηνυμάτων *Alloc_Comp* και *Alloc_Comp_Acc*. Αφού γίνει

επιτυχώς ο έλεγχος διαθεσιμότητας των πόρων και παράλληλα η δέσμευση των απαιτούμενων πόρων, η απόκριση του δέκτη μεταφέρεται πίσω στην πηγή. Κατά τη λήψη του μηνύματος RESV από τον Κόμβο Παροχής Υπηρεσιών όπου βρίσκεται η πηγή επαναλαμβάνεται η διαδικασία ανταλλαγής μηνυμάτων *Alloc_Comp* και *Alloc_Comp_Acc*, και αν είναι απαραίτητο τροποποίηση των δεσμεύσεων, προτού τερματιστεί η διαδικασία εγκατάστασης της κλήσης με την προώθηση της απόκρισης του δέκτη στην πηγή.

Για την απεγκατάσταση της κλήσης δεν είναι απαραίτητος καμιάς μορφής έλεγχος. Άρα, σε αυτή την περίπτωση τα μηνύματα PATHTEAR και RESVTEAR του Πρωτοκόλλου Δέσμευσης Πόρων προωθούνται στο δίκτυο χωρίς καθυστέρηση, ενώ η τοπική αποδέσμευση των πόρων στο Δίκτυο Πρόσβασης αναλαμβάνεται στη συνέχεια από το Πρωτόκολλο Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης με τα μηνύματα *Dealloc* και *Dealloc_Acc*.

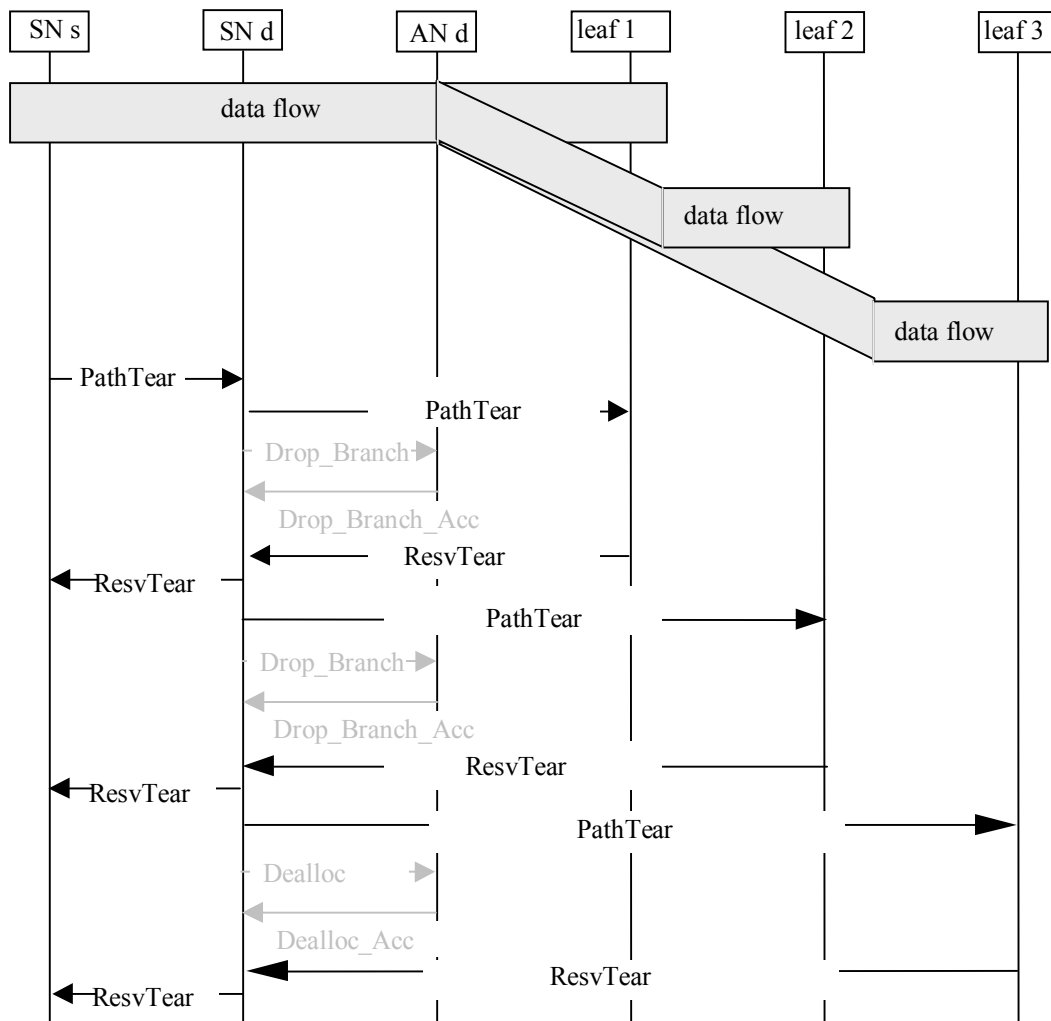
Στην περίπτωση που εμπλέκονται περισσότεροι των δύο χρηστών στην ίδια σύνοδο, η διαδικασία που ακολουθείται δεν είναι η ίδια με αυτή που περιγράφηκε πιο πριν. Συγκεκριμένα, όταν αυτοί οι χρήστες ανήκουν στο ίδιο Δίκτυο Πρόσβασης τότε για την συμμετοχή τους στην εν εξελίξει σύνοδο χρησιμοποιούνται τα μηνύματα *Add_Branch* του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης, ενώ για την έξοδο τους από τη σύνοδο τα *Drop_Branch* σε συνδυασμό με τα προηγουμένως αναφερθέντα *Dealloc* και *Dealloc_Acc*. Από τη στιγμή λοιπόν που θα αποφασιστεί σε πια κλάση υπηρεσίας αντιστοιχεί η αίτηση του νέου χρήστη, αυτός θα επικολληθεί σε όλους τους δενδροειδούς μορφής Νοητούς Διαύλους που αντιστοιχούν σε αυτή την κλάση υπηρεσίας. Η διαδικασία που ακολουθείται είναι η ίδια: θεωρώντας πως τουλάχιστον ο πρώτος χρήστης είναι συνδεδεμένος με την πηγή, και υπάρχει ροή πληροφορίας όπως φαίνεται στο Σχήμα 68.



Σχήμα 68 Διάγραμμα ανταλλαγής μηνυμάτων για την εγκατάσταση νέου μέρους σε μια σύνοδο.

Κατά τη λήψη αιτήσεως συμμετοχής στη σύνοδο από νέο χρήστη (μήνυμα RESV) θα γίνει η προσθήκη του νέου χρήστη στη σύνοδο, με την εγκατάσταση νέου μέρους-φύλλου στο σημείο διανομής που βρίσκεται στο Δίκτυο Πρόσβασης, χρησιμοποιώντας τα μηνύματα *Add_Branch* και *Add_Branch_Acc* του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης. Μετά την επιτυχή προσθήκη του νέου μέρους-φύλλου στη σύνοδο, η αίτηση του χρήστη μεταφέρεται στον Κόμβο Παροχής Υπηρεσιών που βρίσκεται η πηγή ενώ παράλληλα η ροή πληροφορίας καλύπτει και το νέο μέλος της συνόδου. Για κάθε πρόσθετο μέρος ακολουθείται ακριβώς η ίδια διαδικασία, όπως φαίνεται στο Σχήμα 68.

Για την εξαγωγή μέρους από μια σύνοδο ακολουθείται παρόμοια διαδικασία: για κάθε χρήστη, πλην του τελευταίου της συνόδου, που επιθυμεί να εγκαταλείψει τη σύνοδο, απορρίπτεται ένα μέρος-φύλλο από το σημείο διανομής που βρίσκεται στο Δίκτυο Πρόσβασης, χρησιμοποιώντας τα μηνύματα *Drop_Branch* και *Drop_Branch_Acc* του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης, ενώ ο τελευταίος της συνόδου χρησιμοποιεί τα μηνύματα *Dealloc* και *Dealloc_Acc* για να αποδεσμεύσει πλήρως τους πόρους, όπως φαίνεται στο Σχήμα 69.



Σχήμα 69 Διάγραμμα ανταλλαγής μηνυμάτων για την κατάργηση της συνόδου με αίτημα της πηγής.

Όταν όμως επιθυμεί η πηγή να διακόψει την σύνοδο, αυτή η επιθυμία επηρεάζει όλα τα εμπλεκόμενα μέρη-φύλλα. Σε αυτή την περίπτωση ακολουθείται η διαδικασία που φαίνεται στο Σχήμα 69: μηνύματα PATHTEAR αποστέλλονται από την πηγή σε κάθε μέρος-φύλλο της τρέχουσας συνόδου ενώ παράλληλά αποκόβονται από το σύνοδο κατά σειρά, αφήνοντας για το τελευταίο μέρος της συνόδου την διαδικασία αποδέσμευσης των πόρων με τα μηνύματα *Dealloc* και *Dealloc Acc*. Στο τέλος της διαδικασίας, δεν θα υπάρχει πλέον ροή δεδομένων ενώ οι πόροι θα έχουν αποδεσμευτεί και θα είναι διαθέσιμοι για περαιτέρω εκμετάλλευση.

6.4. Συμπεράσματα

Το Πρωτόκολλο Δέσμευσης Πόρων αποτελεί έναν μηχανισμό δέσμευσης πόρων από άκρο σε άκρο, αντίστοιχο των πρωτοκόλλων σηματοδότησης της τεχνολογίας Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης. Σκοπός του είναι να παρέχει την λειτουργικότητα αυτή που θα επιτρέψει στα δίκτυα τεχνολογίας Πρωτοκόλλου Διαδικτύου να παρέχουν εγγυήσεις Ποιότητας Υπηρεσίας σε απαιτητικές εφαρμογές, με τέτοιο τρόπο που να αφήνει το δίκτυο όσο το δυνατόν απλούστερο από άποψη πολυπλοκότητας. Από την άλλη μεριά, η απαιτούμενη λειτουργικότητα που θα παρέχει εγγυήσεις Ποιότητας Υπηρεσίας βρίσκεται υλοποιημένη στο πρωτόκολλο Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης. Συνεπώς, η συνεργασία των δύο τεχνολογιών, Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης και Πρωτοκόλλου Διαδικτύου, θα αποτελούσε ωφέλιμο συνδυασμό ο οποίος θα αξιοποιούσε τις λειτουργικές δυνατότητες της τεχνολογίας Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης με την απλότητα του ευρύτατα διαδεδομένου Πρωτοκόλλου Διαδικτύου. Επιπλέον λόγος για αυτή τη συνεργασία αποτελεί το σημείο προσαρμογής V_{B5.2} το οποίο θα βελτιώσει περαιτέρω τη λειτουργία των μηχανισμών δέσμευσης μιας και παρέχει τη δυνατότητα επέκτασης του χώρου εφαρμογής των λειτουργιών που σχετίζονται με τις δεσμεύσεις πλησιέστερα στους τελικούς χρήστες ενώ παράλληλα καταμερίζει το λειτουργικό φόρτο σε όλα τα εμπλεκόμενα Στοιχεία Δικτύου.

Βασικό χαρακτηριστικό του σημείου προσαρμογής V_{B5.2} αποτελεί το Πρωτόκολλο Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης, το οποίο αποτελεί τον μεσολαβητή μεταξύ Δικτύου Πρόσβασης και Κόμβου Παροχής Υπηρεσιών της αρχιτεκτονικής του V_{B5.2} για την μεταφορά πληροφορίας που σχετίζεται με διαδικασίες ελέγχου κλήσης. Συγκεκριμένα, πριν από κάθε απόφαση της ασκούσας τον κεντρικό διαχειριστικό ρόλο λειτουργικής οντότητας Ελέγχου Κλήσης, που βρίσκεται στον Κόμβο Παροχής Υπηρεσιών, το πρωτόκολλο αυτό μεσολαβεί στην ανταλλαγή μηνυμάτων μεταξύ της κεντρικής οντότητας Ελέγχου Κλήσης και της οντότητας Ελέγχου Αποδοχής Κλήσης του Δικτύου Πρόσβασης για την επαλήθευση της διαθεσιμότητας των απαιτούμενων πόρων. Κατά συνέπεια, τα μηνύματα αυτά θα πρέπει να έχουν άμεση σχέση με τα μηνύματα δέσμευσης του χρήστη, τα οποία αποστέλλονται με χρήση του Πρωτοκόλλου Δέσμευσης Πόρων.

Η αντιστοίχιση των μηνυμάτων των δύο αυτών πρωτοκόλλων γίνεται εφικτή μέσω της μεσολαβούσης μετάφρασης τους στα μηνύματα αναφοράς της λειτουργίας Ελέγχου Κλήσης, μιας και αποτελεί τη διαδικασία με τον κεντρικό ρόλο. Το τμήμα της λειτουργικής οντότητας του Πρωτοκόλλου Δέσμευσης Πόρων που είναι αναγκαίο να υλοποιηθεί σε κάθε Κόμβο Παροχής Υπηρεσιών, ώστε να καταστεί αυτός ικανός να διαχωρίζει τα μηνύματα δέσμευσης του χρήστη από τα υπόλοιπα δεδομένα, θα πρέπει κατά συνέπεια να γίνει εταίρος της οντότητας Ελέγχου Κλήσης και να

απολέσει της ιδιότητας της κεντρικής λειτουργίας που είχε στην αρχιτεκτονική αναφοράς του μοντέλου Ενοποιημένων Υπηρεσιών. Οι υπόλοιπες λειτουργικές οντότητες του μοντέλου αυτού είτε καλύπτονται είτε μπορούν να συμπεριληφθούν από λειτουργικότητα του συστήματος V_{B5.2}. Η αντιστοίχιση των μηνυμάτων δε μεταξύ του Πρωτοκόλλου Δέσμευσης Πόρων και των πρωτοκόλλων ή λειτουργικών οντοτήτων του συστήματος V_{B5.2} γίνεται μέσω μιας ειδικής λειτουργικής οντότητας Λειτουργιών Διαλειτουργικότητας.

6.5. Αναφορές

- [1] IETF RFC 1633, “*Integrated Services in the Internet Architecture: an Overview*”, B. Barden, D. Clark, S. Shenker, June 1994.
- [2] IETF RFC 2460, “*Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification*”, R. Hinden and S. Deering, December 1998.
- [3] IETF Internet Draft <draft-ietf-intserv-svc-template-03.txt>, “*Network Element Service Specification Template*”, S. Shenker, J. Wroclawski, November 1996.
- [4] IETF Internet Draft <draft-ietf-intserv-guaranteed-svc-06.txt>, “*Specification of Guaranteed Quality of Service*”, S. Shenker, C. Partidge, R. Guerin, August 1996.
- [5] IETF Internet Draft <draft-ietf-intserv-charac-02.txt>, “*General Characterisation Parameters for Integrated Service Network Element*”, S. Shenker, J. Wroclawski, October 1996.
- [6] IETF <draft-ietf-rsvp-spec-14.txt>, “*Resource ReserVation Protocol (RSVP) – Version 1 Functional Specifiction*”, B. Braden, L. Zhang, S. Berson, S. Herzog, S. Jamin, November 1996.
- [7] IETF Internet draft <draft-ietf-intserv-rsvp-use-01.txt>, “*The use of RSVP with IETF IntServ*”, J. Wroclawski, October 1996.
- [8] IETF RFC 1577, “*Classical IP and ARP over ATM*”, M. Laubach, January 1994.
- [9] IETF RFC 1821, “*Integration of Real - Time Services in an IP-ATM Network Architecture*”, M. Borden, E. S. Crawley, B. S. Davie, S. G. Bastell, August 1995.
- [10] ATM FORUM white paper, “*ATM Service Categories: The Benefits to the User*”, editor: Livio Lambarelli, CSELT, Torino, Italy.
- [11] S. Berson, “*Classical RSVP and IP over ATM*”, USC Information Science Institute, April 1996.
- [12] The ATM Forum Technical Committee af-sig-0061.000 (07/96) - ATM User Network Interface (UNI) Signalling Specification v 3.1.
- [13] Draft new recommendation G.967.2 “*V-Interfaces at the Service Node – V_{B5.2} Reference Point Specification*”, March 1998.
- [14] ETSI Draft DE/SPS-03047-1, Draft V_{B5.2} reference point, November 1997.
- [15] EXPERT-VIKING Deliverable DV3, “*B-BCCP Simulation and Experiments Definition*”, Editor: Giannis Pikrammenos, National Technical University of Athens, November 1998.

Κεφάλαιο 7ο Υλοποίηση και αξιολόγηση του συστήματος διαχείρισης του V_{B5.2}

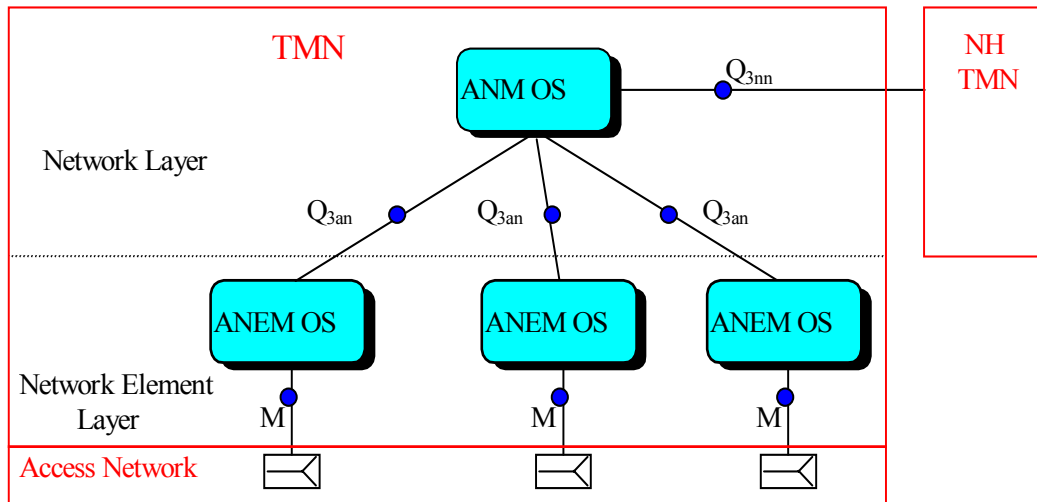
*«..., ο Τζόζεφ Γουέην πήγε, ένα δειλινό, στην κουνιστή πολυθρόνα κοντά στο τζάκι, και στάθηκε μπροστά στον πατέρα του. Έμοιαζαν αυτοί οι δύο. Είχαν φαρδιά και μακριά μύτη, ξεπεταγμένα ζυγωματικά και τα δύο πρόσωπα λες και ήταν φτιαγμένα από κάποιο υλικό πιο σκληρό και πιο ανθεκτικό από τη σάρκα, μια πέτρινη ύλη που δεν άλλαζε εύκολα. Το γέني του Τζόζεφ ήταν μαύρο και μεταξένιο, ωστόσο αρκετά αραιό ώστε να ξεχωρίζει από κάτω ο περίγυρος του πηγουνιού του. Το γέني του γέρου ήταν μακρύ και άσπρο. Το άγγιζε εδώ και εκεί με τα δάχτυλα εξερευνητικά και γύριζε την άκρη του προς τα μέσα για να το προφυλάξει από την φωτιά. Πέρασε μια στιγμή ώσπου να αντιληφθεί ο γέρος πως ο γιος του στεκόταν πλάι του. Ανασήκωσε τα μάτια του, γέρικα, πονηρά και ατάραχα μάτια και πολύ γαλανά. Και τα μάτια του Τζόζεφ ήταν εξίσου γαλανά αλλά ζωηρά και γεμάτα νεανική περιέργεια. Τώρα που είχε έρθει μπροστά στον πατέρα του, δίστασε να επιμείνει στα καινούργια επαναστατικά του σχέδια.
«δεν θα μας αρκούνε πια οι σοδιές, κύρη μου» είπε με σεβασμό...»*

*Σ' ΕΝΑΝ ΑΓΝΩΣΤΟ ΘΕΟ,
J. Steinbeck,
Εκδόσεις Γράμματα, 1986.*

7.1. Το Σύστημα Διαχείρισης του V_{B5}

Στα πραγματικά περιβάλλοντα επικοινωνιών το τηλεπικοινωνιακό σύστημα πρέπει να υπόκειται στην διαχείριση ενός Διαχειριστή Δικτύου, αποκαλούμενου Δημόσιο Δίκτυο (National Host (NH)). Για να συμβεί αυτό, χρειάζεται ένα σημείο προσαρμογής Δικτύου Διαχείρισης Τηλεπικοινωνιών (Telecommunications Management Network (TMN)). Μέσω αυτού του σημείου προσαρμογής το Δίκτυο Πρόσβασης μετατρέπεται σε ένα διαχειρίσιμο κομμάτι του συνολικού δικτύου Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης. Το Σύστημα Λειτουργιών (Operations System (OS)) που αναπτύχθηκε για προγενέστερες εκδόσεις Δικτύων Πρόσβασης θα πρέπει να τροποποιηθεί προς αυτή την κατεύθυνση. Σε αυτές τις τροποποιήσεις συγκαταλέγονται και η Διαχείριση Στοιχείου Δικτύου Πρόσβασης (AN Element Management) αλλά και τα Συστήματα Λειτουργιών Διαχείρισης Δικτύου Πρόσβασης

(το Σύστημα Λειτουργιών Διαχείρισης Στοιχείου Δικτύου Πρόσβασης (Access Network Element Management Operations System (ANEM-OS)) και το Σύστημα Λειτουργιών Διαχείρισης Δικτύου Πρόσβασης (Access Network Element Management Operations System (ANM-OS)) αντίστοιχα) καθώς και τα σημεία προσαρμογής Q_{3an} , Q_{3nn} και M , όπως φαίνεται στο Σχήμα 71.



Σχήμα 70 Η λειτουργική διάταξη των επιμέρους Συστημάτων Λειτουργιών σε ένα σύστημα διαχείρισης με βάση τις αρχές του Δικτύου Διαχείρισης Τηλεπικοινωνιών.

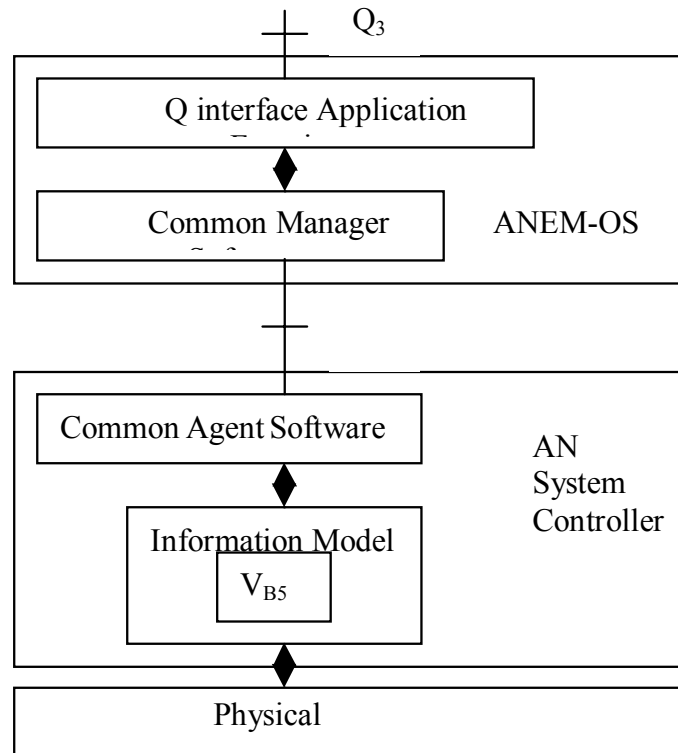
Ο λόγος ύπαρξης του σημείου προσαρμογής Q_{3nn} είναι αν επιτρέψει την διαχείριση από μακριά της οντότητας Δικτύου Πρόσβασης με βάση το Δίκτυο Διαχείρισης Τηλεπικοινωνιών. Με αυτό τον τρόπο, το Δίκτυο Πρόσβασης θα καταστεί μέρος του συνολικού δικτύου, όπως φαίνεται στο Σχήμα 70. Αποτελεί στην ουσία το σημείο προσαρμογής που χρησιμοποιεί το Σύστημα Λειτουργιών Διαχείρισης Δικτύου Πρόσβασης για να παρουσιάσει στο Σύστημα Διαχείρισης του Δημόσιου Δικτύου την άποψη δικτύου της οντότητας Δικτύου Πρόσβασης. Η άποψη δικτύου που λαμβάνει το Σύστημα Διαχείρισης του Δημόσιου Δικτύου μέσω του σημείου προσαρμογής Q_{3nn} είναι ανεξάρτητη από την εγκατεστημένη φυσική οντότητα Δικτύου Πρόσβασης και συνεπώς κάθε τέτοια οντότητα που είναι σύμμορφη με μία γενική οντότητα Δικτύου Πρόσβασης θεωρείται διαχειρίσιμη μέσω του σημείου προσαρμογής Q_{3nn} .

Το Σύστημα Λειτουργιών Διαχείρισης Δικτύου Πρόσβασης περιλαμβάνει και μετάφραση των θεμάτων που σχετίζονται με τα επιμέρους δίκτυα και ορίζονται στο σημείο προσαρμογής Q_{3nn} σε θέματα που αφορούν το σημείο προσαρμογής Q_{3an} , που αναπτύχθηκε αρχικά στο πρόγραμμα RACE II R2024 (BAF), καθώς και αναπαράστασης των παραμέτρων επίδοσης του Δικτύου Πρόσβασης.

Το σημείο προσαρμογής είναι αυτό που χρησιμοποιεί το Σύστημα Λειτουργιών Διαχείρισης Στοιχείου Δικτύου Πρόσβασης για να παρουσιάσει την άποψη Στοιχείου Δικτύου του Δικτύου Πρόσβασης στο Σύστημα Λειτουργιών Διαχείρισης Δικτύου Πρόσβασης. Το Σύστημα Λειτουργιών Διαχείρισης Στοιχείου Δικτύου Πρόσβασης αποτελεί το σύνορο του Δικτύου Διαχείρισης Τηλεπικοινωνιών και είναι υπεύθυνο

για την διαχείριση του εξοπλισμού που βρίσκεται εντός της περιοχής που οριοθετείται ως σύστημα πρόσβασης

Μέσω του ιδιόκτητου σημείου προσαρμογής M , το Σύστημα Λειτουργιών Διαχείρισης Στοιχείου Δικτύου Πρόσβασης διαχειρίζεται το σύστημα πρόσβασης, ένα Παθητικό Οπτικό Δίκτυο για την περίπτωση μας. Στην ουσία είναι μία σύνδεση Ethernet. Η οντότητα που σχετίζεται με το σημείο προσαρμογής V_{B5} αποτελεί μέρος του συστήματος του Δικτύου Πρόσβασης είναι υλοποιημένο εντός του ελεγκτή του συστήματος, όπως φαίνεται στο Σχήμα 71.



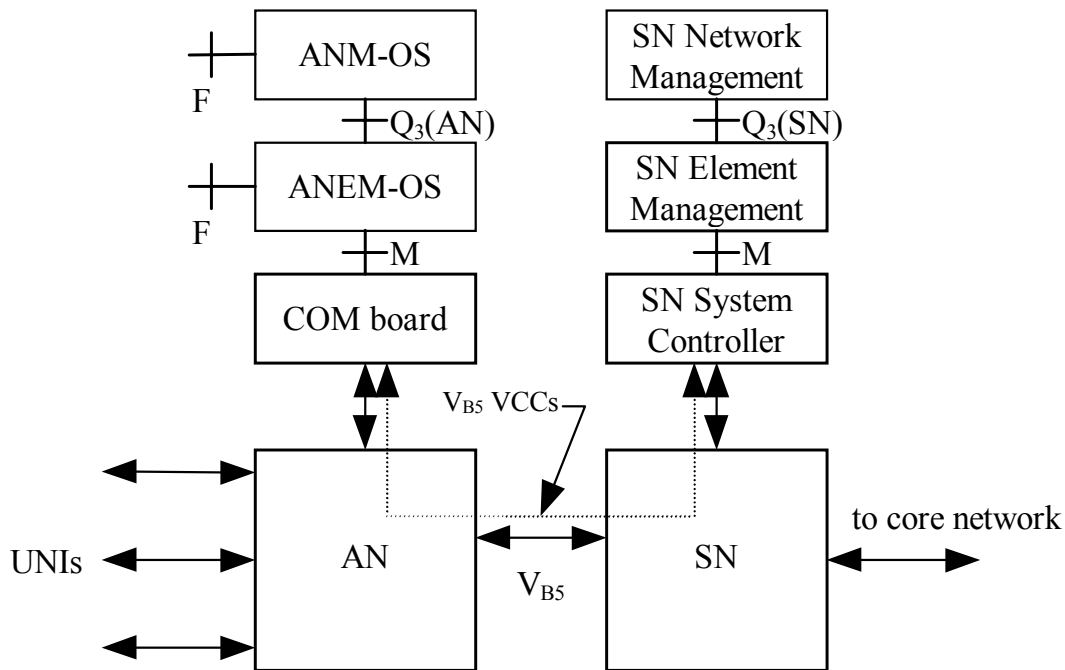
Σχήμα 71 Περιβάλλον πλαισίωσης της λειτουργικής οντότητας του V_{B5} .

7.2. Λειτουργική αρχιτεκτονική του συστήματος V_{B5}

Το Σχήμα 72 αναπαριστά το περιβάλλον του συστήματος λειτουργιών που υλοποιήθηκε για το πρόγραμμα BONAPARTE αλλά υιοθετήθηκε και από το πρόγραμμα VIKING. Σε αυτή την υλοποίηση, το Σύστημα Λειτουργιών Διαχείρισης Στοιχείου Δικτύου Πρόσβασης συνδέεται στο σύστημα λειτουργιών στοιχείου δικτύου του αντίστοιχου Δημόσιου Δικτύου μέσω του Συστήματος Λειτουργιών Διαχείρισης Δικτύου Πρόσβασης. Τόσο το Σύστημα Λειτουργιών Διαχείρισης Δικτύου Πρόσβασης όσο και το Σύστημα Λειτουργιών Στοιχείου Διαχείρισης Δικτύου Πρόσβασης παρέχουν ένα σημείο προσαρμογής F για τον χειριστή του συστήματος. Οι λειτουργίες ελέγχου του συστήματος του Δικτύου Πρόσβασης υλοποιούνται στην κάρτα Ελέγχου, διαδικασιών Λειτουργίας, Επίβλεψης και

Διαχείρισης (OAM) αλλά και Διαχείρισης (Control, OAM and Management (COM)), η οποία περικλείεται φυσικά στη μονάδα Οπτικός Τερματισμός Γραμμής (OLT) του δικτύου πρόσβασης.

Μία πιο λεπτομερής αναπαράσταση της υλοποίησης του σημείου προσαρμογής V_{B5} στο περιβάλλον του Συστήματος Λειτουργιών παρουσιάζεται στο Σχήμα 73, όπου παρουσιάζονται οι διάφορες λειτουργίες του Συστήματος Λειτουργιών αλλά και των υποκείμενων δομών.

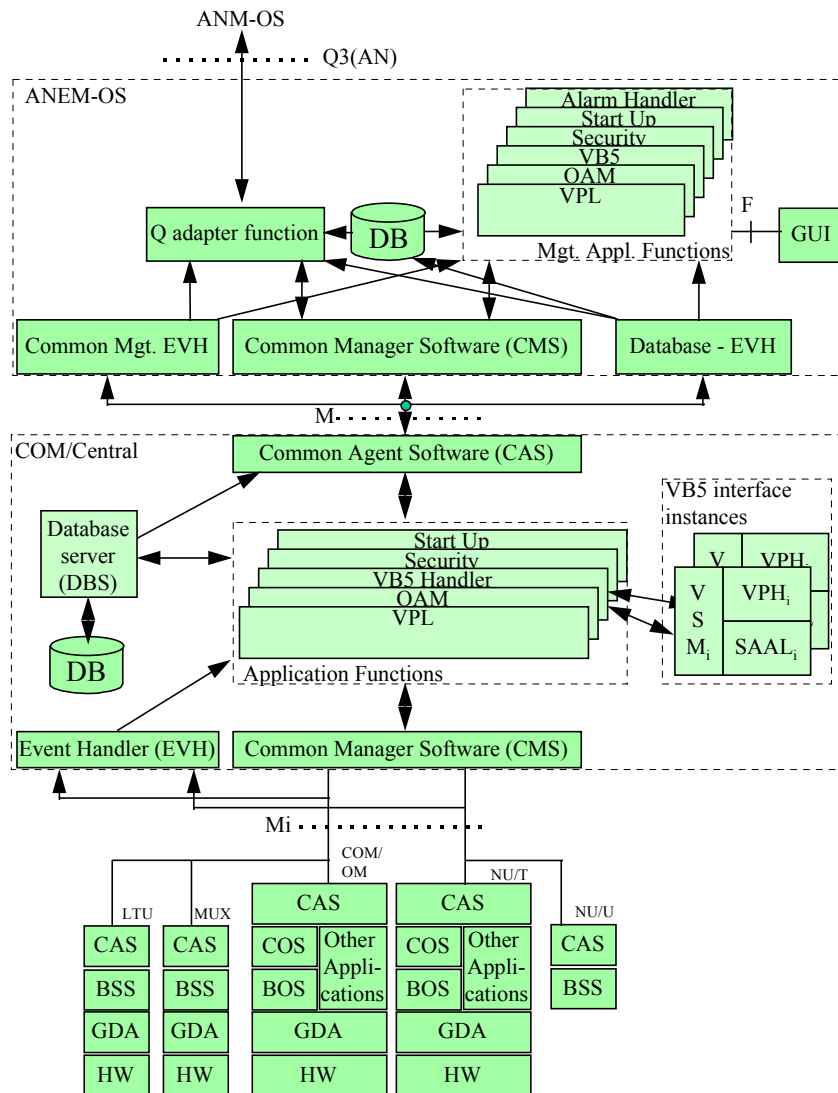


Σχήμα 72 Περιβάλλον Συστήματος Λειτουργιών.

Το ανώτερο τμήμα του διαγράμματος που σημειώνεται σαν Σύστημα Λειτουργιών Στοιχείου Διαχείρισης Δικτύου Πρόσβασης (ANEM-OS) παρέχει πληροφορία στο Σύστημα Λειτουργιών Διαχείρισης Δικτύου Πρόσβασης (ANM-OS) μέσω του σημείου προσαρμογής Q_3 για το Δίκτυο Πρόσβασης, αναγραφόμενο και ως Q_{3an} . Αυτό το σημείο αναφοράς μεταφέρει, μεταξύ άλλων, και εντολές που σχετίζονται με το σημείο προσαρμογής V_{B5} προερχόμενες από το Σύστημα Λειτουργιών Διαχείρισης Δικτύου Πρόσβασης. Επίσης, σημείο προσαρμογής από το οποίο γίνεται διέλευση εντολών που σχετίζονται με το V_{B5} είναι το F, που απευθύνεται προς το Γραφικό Περιβάλλον Σημείου Προσαρμογής Χρήστη (Graphical User Interface (GUI)). Αυτό το σημείο προσαρμογής εξασφαλίζει την εκτέλεση των εντολών του χρήστη με την σύνδεση τους με Λειτουργίες Εφαρμογών Διαχείρισης (Management Application Functions (MAFs)). Δεδομένα μπορούν να ανακληθούν από τη βάση δεδομένων με χρήση των Λειτουργιών Εφαρμογών Διαχείρισης, αλλά μόνο η οντότητα Διαχείρισης Γεγονότων που σχετίζονται με τη Βάση Δεδομένων (Database Event Handler (EVH)) μπορεί να αποθηκεύσει ή να τροποποιήσει την βάση δεδομένων. Επίσης έχει την δυνατότητα να στέλνει μηνύματα σε σχετικές Λειτουργίες Εφαρμογών Διαχείρισης για την πρέπουσα επίλυση των αναφερόμενων γεγονότων.

Το Σύστημα Λειτουργιών Στοιχείου Διαχείρισης Δικτύου Πρόσβασης χρησιμοποιεί το σημείο προσαρμογής M μέσω της λειτουργικής οντότητας Λογισμικού Κοινού

Διαχειριστή (Common Manager Software (CMS)), για να συνδεθεί με την κάρτα Ελέγχου, διαδικασιών Λειτουργίας, Επίβλεψης και Διαχείρισης (OAM) αλλά και Διαχείρισης και τις αντίστοιχες λειτουργίες που βρίσκονται υλοποιημένα στον Οπτικό Τερματισμό Γραμμής. Η ομότιμη οντότητα του Λογισμικού Κοινού Διαχειριστή στο σημείο προσαρμογής M είναι η οντότητα Λογισμικού Κοινού Ανταποκριτή (Common Agent Software (CAS)).



Σχήμα 73 Λεπτομερής αναπαράσταση των λειτουργιών του συστήματος διαχείρισης όπως υλοποιήθηκε στο σύστημα V_{B5}.

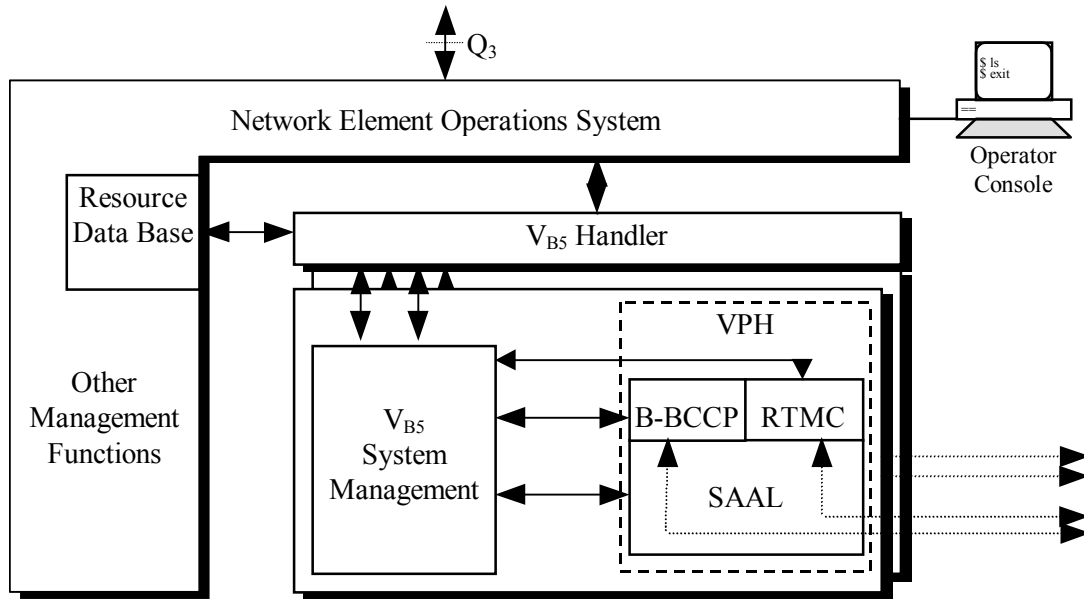
Ο οντότητα διαχείρισης του V_{B5} είναι μία από τις λειτουργίες διαχείρισης, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 73. Παρέχει την βασική λειτουργικότητα για αυτό, δηλαδή την δημιουργία και διαγραφή σημείων προσαρμογής V_{B5} και χειρισμό γεγονότων που σχετίζονται με το V_{B5}. Η επικοινωνία με το ομότιμο τμήμα του σημείου προσαρμογής V_{B5} στον Κόμβο Παροχής Υπηρεσιών λαμβάνει χώρα με χρήση των λειτουργικών οντοτήτων της Διαχείρισης Συστήματος V_{B5} (V_{B5} System Management (VSM)) και του Χειριστή του Πρωτοκόλλου V_{B5} (V_{B5} Protocol Handler (VPH)) που είναι συνδεδεμένες με το σημείο αναφοράς V_{B5}.

Όλες οι Λειτουργίες Εφαρμογών έχουν δικαίωμα να προσπελάζουν ελεύθερα τη Βάση Δεδομένων (Database (DB)) της κάρτας Ελέγχου, διαδικασιών Λειτουργίας, Επίβλεψης και Διαχείρισης (OAM) αλλά και Διαχείρισης (COM) είτε για ανάγνωση είτε για εγγραφή δεδομένων. Η πρόσβαση σε αυτή διευθύνεται από τον Εξυπηρετητή Βάσης Δεδομένων (Data Base Server (DBS)). Η πληροφορία που περιέχει η βάση αποτελείται από πρόσφατα ενημερωμένα στοιχεία για Συνδέσεις Νοητού Μονοπατιού και Λογικές Θύρες Υπηρεσίας (Logical Service Port (LSP)). Αιτήσεις μετατροπής αυτής της πληροφορίας μπορούν να γίνουν από τις Λειτουργίες Εφαρμογών Διαχείρισης του V_{B5}. Η λειτουργική οντότητα Χειρισμού του V_{B5} θα είναι σε θέση να αναγνώθει την παρούσα κατάσταση των λειτουργικών οντοτήτων που σχετίζονται με αυτό, και να τις μετατρέπει στις αντίστοιχες οντότητες της Διαχείρισης Συστήματος V_{B5}. Επίσης θα πρέπει να παρέχει πρόσβαση στο χειριστή των ειδικών για το V_{B5} λειτουργιών, όπως οι LOCK LSP/VPC, VB5 START-UP/RESET. Αυτές οι δυνατότητες προβλέπεται να υλοποιηθούν εντός των Λειτουργιών Εφαρμογών Διαχείρισης του V_{B5} στο Σύστημα Λειτουργιών Στοιχείου Διαχείρισης Δικτύου Πρόσβασης.

Το περιβάλλον Συστήματος Λειτουργιών πλαισιώνεται από το σχετικό με την κάρτα λογισμικό, όπως φαίνεται στο κατώτερο τμήμα στο Σχήμα 73. Εκτός από το φυσικό επίπεδο, καμία άλλη λειτουργική οντότητα δεν παίζει σημαντικό ρόλο για αυτό καθεαυτό το V_{B5}. Μολοταύτα, για την διαχείριση του συστήματος, και για ακρίβεια την διαχείριση της ροής πακέτων F4, που είναι τα πακέτα διαδικασιών Λειτουργίας, Επίβλεψης και Διαχείρισης (OAM) που ασχολούνται με την ροή πακέτων σε επίπεδο Νοητού Μονοπατιού, σημαντικό ρόλο έχουν οι οντότητες Κοινού Λογισμικού διαδικασιών Λειτουργίας, Επίβλεψης και Διαχείρισης (Common OAM Software (COS)) και ειδικών για κάθε Κάρτα Λογισμικού διαδικασιών Λειτουργίας, Επίβλεψης και Διαχείρισης (Board specific OAM Software (BOS)).

7.3. Υλοποίηση της λειτουργικής οντότητας V_{B5}

Όπως έχει ήδη προαναφερθεί, η λειτουργική οντότητα V_{B5} αποτελεί μέρος του Στοιχείου Δικτύου Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης. Το Σχήμα 74 περιγράφει τη δομή του Στοιχείου Δικτύου δίνοντας έμφαση στη συσχέτιση μεταξύ των λειτουργικών του οντοτήτων. Τα βέλη μεταξύ των διαφόρων λειτουργικών οντοτήτων περιγράφουν τα κανάλια μέσα από τα οποία μεταφέρονται τα μηνύματα που σχετίζονται με γεγονότα του συστήματος.



Σχήμα 74 Λειτουργική περιγραφή του Στοιχείου Δικτύου και των λειτουργικών οντοτήτων του.

Κύριες εργασίες της οντότητας Συστήματος Λειτουργιών Στοιχείου Δικτύου (NE OS) είναι: η Διαχείριση των Πόρων του συστήματος και η άσκηση Ελέγχου Αποδοχής Κλήσης (CAC) για το στοιχείο δικτύου, η επικοινωνία με τη διαχείριση στοιχείου με χρήση του σημείου προσαρμογής Q₃ καθώς και με την κονσόλα του χειριστή, όπως επίσης και άλλες εργασίες που σχετίζονται με διαχείριση για το τρέχον Στοιχείο Δικτύου. Επίσης, περιλαμβάνει και την Βάση Δεδομένων των Πόρων του συστήματος.

Η Βάση Δεδομένων των Πόρων του συστήματος (Resource Database) περιέχει τα Αντικείμενα Διαχείρισης (Managed Objects (MOs)) του Στοιχείου Δικτύου. Κάθε Αντικείμενο Διαχείρισης έχει παραμέτρους που περιγράφουν την παρούσα κατάσταση του. Οι απαραίτητες παράμετροι για το V_{B5} είναι: η κατάσταση διοικητικής διαχείρισης, η κατάσταση μερικής διοικητικής διαχείρισης και η λειτουργική κατάσταση. Τα Αντικείμενα Διαχείρισης που είναι αναγκαία για το V_{B5} στη συγκεκριμένη βάση δεδομένων είναι τα: vrCTPs ή vrTTPs που χρησιμοποιούνται για να προσδιορίζουν Συνδέσεις Νοητών Μονοπατιών, και Λογικών Θυρών Υπηρεσίας (LSPs) όπως και Λογικών Θυρών Χρήστη (LUPs).

Στον Κόμβο Παροχής Υπηρεσιών οι ομότιμες εκ μακρού καταστάσεις διοικητικής διαχείρισης παρέχουν πληροφορία για την διαθεσιμότητα των σχετιζόμενων με το V_{B5} πόρων στο Δίκτυο Πρόσβασης. Τοπικές μεταβολές διοικητικής διαχείρισης δεν αναφέρονται κατ' ανάγκην στο Δίκτυο Πρόσβασης και συνεπώς μπορούν να εκπληρωθούν χώρα απευθείας από το Συστήματος Λειτουργιών Στοιχείου Δικτύου χωρίς την παρεμβολή της οντότητας Συστήματος Διαχείρισης V_{B5}.

Τα στοιχεία Φυσικής Θύρας Υπηρεσίας (Physical Service Port (PSP)) και Φυσικής Θύρας Χρήστη (Physical User Port (PUP)) δεν είναι Αντικείμενα Διαχείρισης του V_{B5}. Κάθε δραστηριότητα διοικητικής διαχείρισης σε αυτά να αντικείμενα θα αναλυθεί σε Συνδέσεις Νοητών Μονοπατιών, Λογικές Θύρες Υπηρεσίας και Λογικές Θύρες Χρήστη τα οποία είναι γνωστά στο σημείο προσαρμογής V_{B5}.

Η οντότητα Χειριστή του V_{B5} (V_{B5} Handler) δέχεται εντολές από το Σύστημα Λειτουργιών Στοιχείου Δικτύου και τις διαβιβάζει στην κατάλληλη διεργασία σημείου προσαρμογής V_{B5}. Επίσης συλλέγει μηνύματα από τις διεργασίες σημείου προσαρμογής V_{B5} και τις διαβιβάζει στο Σύστημα Λειτουργιών ή τη βάση δεδομένων. Κατά τη λήψη μιας εντολής εκκίνησης του σημείου προσαρμογής V_{B5} από την χειριστή του συστήματος, η οντότητα Χειρισμού του V_{B5} δημιουργεί μία νέα διεργασία, η οποία περιέχει μία οντότητα Συστήματος Διαχείρισης V_{B5}, μία οντότητα Χειρισμού Πρωτοκόλλου του V_{B5} και μία οντότητα Σηματοδοσίας Στρώματος Προσαρμογής Πρωτοκόλλου Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης (Signalling ATM Adaptation Layer (SAAL)).

Στην οντότητα Διαχείρισης Συστήματος V_{B5} κατά την λήψη ενός στοιχείου πληροφορίας τόσο από την οντότητα πρωτοκόλλου Ελέγχου Διαχείρισης Πραγματικού Χρόνου (RTMC) όσο και από αυτήν του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης οι απαραίτητες ενέργειες θα ληφθούν. Τέτοιες ενέργειες είναι η ειδοποίηση διαχείρισης στοιχείου ή η ενημέρωση της κατάστασης των πόρων του συστήματος.

Αποτελώντας τμήμα της οντότητας Χειρισμού του V_{B5} η οντότητα πρωτοκόλλου Ελέγχου Διαχείρισης Πραγματικού Χρόνου μεριμνά για την επικοινωνία μεταξύ των συστημάτων διαχείρισης σε Δίκτυο Πρόσβασης και Κόμβο Παροχής Υπηρεσιών αποστέλλοντας και λαμβάνοντας μηνύματα. Χρησιμοποιεί κατάβαση μια προκαθορισμένη Σύνδεση Νοητού Διαύλου (VCC) πάνω από το σημείο προσαρμογής V_{B5} το οποίο τερματίζεται με μια λειτουργία του Στρώματος Προσαρμογής Πρωτοκόλλου Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης σε κάθε μεριά της σύνδεσης.

Η οντότητα Διαχείρισης Συστήματος V_{B5} περνά στοιχεία πληροφορίας στην οντότητα πρωτοκόλλου Ελέγχου Διαχείρισης Πραγματικού Χρόνου τα οποία αντικατοπτρίζουν ενέργειες του χειριστή του συστήματος. Κάθε τέτοιο γεγονός ενεργοποιεί μία, όπως αποκαλείται, συνδιαλλαγή. Η οντότητα πρωτοκόλλου Ελέγχου Διαχείρισης Πραγματικού Χρόνου θα δημιουργήσει μια διεργασία για να διεκπεραιώσει αυτή την συναλλαγή. Το σχετιζόμενο με το λαμβανόμενο στοιχείο πληροφορίας μήνυμα υπονοεί ένα μήνυμα που θα μεταφερθεί στην απόμακρη ομότιμη οντότητα μέσω του σημείου προσαρμογής V_{B5}. Η διεργασία στη συνέχεια αναμένει για μια επιβεβαίωση ή ένα μήνυμα αποτελέσματος της συγκεκριμένης ενέργειας, κατά την λήψη των οποίων θα προβεί στις απαραίτητες ενέργειες, όπως για παράδειγμα να ειδοποιήσει την οντότητα Διαχείρισης Συστήματος V_{B5} για το αποτέλεσμα. Κατά την της συναλλαγής, όταν για παράδειγμα έχουν ληφθεί οι απαραίτητες επιβεβαιώσεις ή όταν έχει συμβεί κάποιο σφάλμα, η διεργασία θα τερματιστεί.

Η λήψη ενός μηνύματος από την απόμακρη, ομότιμη οντότητα μπορεί επίσης να δραστηριοποιήσει την έναρξη μιας συναλλαγής. Η πρωτοκόλλου Ελέγχου Διαχείρισης Πραγματικού Χρόνου θα διαβιβάσει το στοιχείο πληροφορίας στην οντότητα Διαχείρισης Συστήματος V_{B5} υποδεικνύοντας το περιεχόμενο του μηνύματος. Περαιτέρω, ένα μήνυμα επιβεβαίωσης θα επιστραφεί στην απόμακρη, ομότιμη οντότητα, η οποία ευθύνεται για την εκκίνηση της διαδικασίας συναλλαγής. Όταν η συναλλαγή τελειώσει, η σχετιζόμενη με αυτή διεργασία θα τερματιστεί. Το γεγονός ότι για κάθε συναλλαγή θα δημιουργηθεί μια διεργασία σημαίνει ότι

πολλαπλές συναλλαγές είναι δυνατόν να είναι εν ενεργεία την ίδια στιγμή. Το πρωτόκολλο Ελέγχου Διαχείρισης Πραγματικού Χρόνου περιγράφεται στο [2]. Το πρωτόκολλο Ελέγχου Διαχείρισης Πραγματικού Χρόνου είναι ασύμμετρο, δηλαδή τα μηνύματα που προέρχονται από το Δίκτυο Πρόσβασης είναι διαφορετικά από αυτά του Κόμβου Παροχής Υπηρεσιών. Ενδεικτικά, δύο σύνολα από μηνύματα που προέρχονται από τις δύο κατευθύνσεις περιέχονται στους Πίνακες 15 και Πίνακας 16, ενώ η δομή των μηνυμάτων περιγράφεται στο [2].

Πίνακας 15 Μηνύματα του πρωτοκόλλου Ελέγχου Διαχείρισης Πραγματικού Χρόνου (RTMC) προερχόμενα από το Δίκτυο Πρόσβασης.

Message	Function
BLOCK_CMD	Indication to SN that LSP or VPCs are unavailable for calls
UNBLOCK_CMD	Indication to SN that LSP or VPCs are available for calls
AWAIT_CLEAR	Request to SN to wait for a resource to clear
AWAIT_CLEAR_COMP_ACK	Acknowledgement of clear completion message from SN
REQ_LSP_ID	Request to SN to report its LSP identifier
LSP_ID	Report LSP identifier to the SN (upon request)
RESET_CMD	Request for reset operation initiated by the AN operator
RESET_ACK	Acknowledgement of an SN reset request
CONSISTENCY_CHECK_REQ_ACK	Acknowledgement of a VPCI check request by the SN
CONSISTENCY_CHECK_END_ACK	Acknowledgement of a VPCI check completion
PROTOCOL_ERROR	RTMC protocol error indication

Πίνακας 16 Μηνύματα του πρωτοκόλλου Ελέγχου Διαχείρισης Πραγματικού Χρόνου (RTMC) προερχόμενα από τον Κόμβο Παροχής Υπηρεσιών.

Message	Function
BLOCK_ACK	Acknowledgement of a block indication by the AN
UNBLOCK_ACK	Acknowledgement of an unblock indication by the AN
AWAIT_CLEAR_ACK	Acknowledgement of an await clear request by the AN
AWAIT_CLEAR_COMP	Indication that on-demand connections are cleared on resource
REQ_LSP_ID	Request to AN to report its LSP identifier
LSP_ID	Report LSP identifier to the AN (upon request)
RESET_CMD	Indication of a reset operation initiated by the SN operator
RESET_ACK	Acknowledgement of an AN reset request
CONSISTENCY_CHECK_REQ	Request from SN to AN to start a VPCI check
CONSISTENCY_CHECK_END	Request from SN to AN to stop a VPCI check
PROTOCOL_ERROR	RTMC protocol error indication

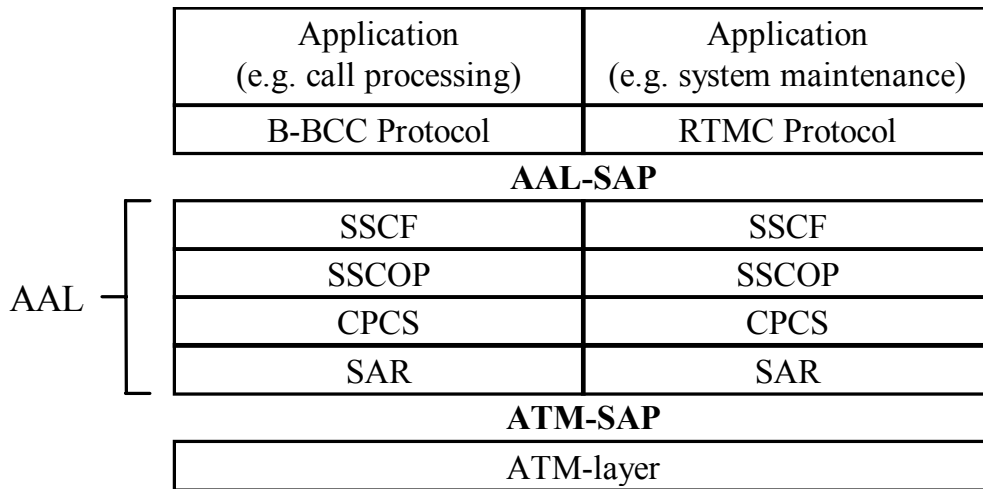
Η λειτουργία του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης (B-BCCP) έχει αναπτυχθεί σε προηγούμενα τμήματα. Σε γενικές γραμμές ακολουθεί τις σχέσεις με τις άλλες λειτουργικές οντότητες που έχει το πρωτόκολλο Ελέγχου Διαχείρισης Πραγματικού Χρόνου. Δηλαδή, σε κάθε λήψη μηνύματος από απόμακρη

ομότιμη οντότητα το προωθεί προς την οντότητα Διαχείρισης Συστήματος V_{B5} για να γίνουν οι απαραίτητες ενέργειες και ανάστροφα. Διαφοροποιείται όμως σημαντικά από τη λειτουργία του πρωτοκόλλου Ελέγχου Διαχείρισης Πραγματικού Χρόνου μιας και δεν έχει καμία σχέση με τις διαδικασίες διαχείρισης και μεταφοράς σχετικής πληροφορίας. Με αυτή τη βάση, η συμμετοχή του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης στη διαχείριση του συστήματος δεν καταλαμβάνει κύριο μέρος και δεν βαρύνει τη λειτουργία του συστήματος διαχείρισης.

Τέλος, όπως φαίνεται στο Σχήμα 75, το στρώμα πρωτοκόλλου Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης παρέχει δύο μόνιμες συνδέσεις από σημείο σε σημείο μέσω μιας αφοσιωμένης Σύνδεσης Νοητού Μονοπατιού μεταξύ του Δικτύου Πρόσβασης και του Κόμβου Παροχής Υπηρεσιών, και συγκεκριμένα μία για το πρωτόκολλο Ελέγχου Διαχείρισης Πραγματικού Χρόνου και μία για το Πρωτόκολλο Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης. Το V_{B5} χρησιμοποιεί τις υπηρεσίες του Στρώματος Προσαρμογής του πρωτοκόλλου Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης για Σηματοδοσία για τη συνεργασία με το πρωτόκολλο Σημείου Προσαρμογής Χρήστη προς Δίκτυο (UNI) [1], [2], [3], [4], [5] για το λόγο ότι αυτό έχει ελάχιστη πολυπλοκότητα και παρέχει όλη την απαιτούμενη λειτουργικότητα. Συγκεκριμένα χρησιμοποιούνται οι ακόλουθες λειτουργίες του πρωτοκόλλου Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης για Σηματοδοσία:

- Επιβεβαιωμένης μεταφοράς δεδομένων,
- Εγκατάστασης και επεγκατάστασης συνδέσεων πρωτοκόλλου Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης για Σηματοδοσία για επιβεβαιωμένη μεταφορά, και
- Διαφάνεια για τη μεταφερόμενη πληροφορία

Τα σημεία από τα οποία οι λειτουργίες του πρωτοκόλλου Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης για Σηματοδοσία είναι προσπελάσιμες ονομάζονται Σημεία Προσπέλασης Υπηρεσίας (SAP). Η λειτουργία Κατάτμησης και Επανενώσης (SAR) παρέχει υπηρεσίες κατάτμησης των εισερχόμενων δομών πληροφορίας, από εδώ και μπρος Μονάδες Δεδομένων Υπηρεσίας (Service Data Units (SDUs)), ώστε να προσαρμοστούν σε πακέτα πρωτοκόλλου Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης, ενώ την ίδια στιγμή τα εισερχόμενα πακέτα πρωτοκόλλου Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης επανεώνονται σε Μονάδες Δεδομένων Υπηρεσίας και προωθούνται στο Υπόστρωμα Σύγκλισης Κοινού Μέρους (Common Part Convergence Sublayer (CPCS)). Το Υπόστρωμα Σύγκλισης Κοινού Μέρους παρέχει διαφανή μεταφορά Μονάδων Δεδομένων Υπηρεσίας που παράγονται από το αμέσως υψηλότερο στρώμα [5].



Σχήμα 75 Στοιβά πρωτοκόλλων του V_{B5} βασισμένων στο πρωτόκολλο Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης για Σηματοδοσία (SAAL).

Οι απαιτήσεις από τα δομικά στοιχεία του πρωτοκόλλου Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης για Σηματοδοσία καθορίζουν ότι μόνο η υπηρεσία κατάστασης μηνύματος είναι απαραίτητη. Επίσης, η λειτουργία κατάτμησης και επανένωσης της Λειτουργίας Συντονισμού Βασισμένη στην Υπηρεσία (Service Specific Co-ordination Function (SSCF)) δεν είναι απαραίτητη για το πρωτόκολλο Ελέγχου Διαχείρισης Πραγματικού Χρόνου. Τα μηνύματα που περιέχουν σφάλματα δεν θα παραδίδονται στο πρωτόκολλο Ελέγχου Διαχείρισης Πραγματικού Χρόνου.

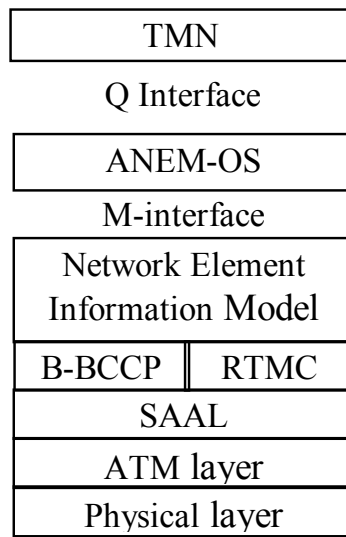
Για τη Λειτουργία του Προσανατολισμένου σε Σύνδεση Πρωτοκόλλου Βασισμένου στην Υπηρεσία (Service Specific Connection Oriented Protocol (SSCOP)) [6], η οποία παρέχει τον μηχανισμό για την εγκατάσταση και απεγκατάσταση συνδέσεων αλλά και την αξιόπιστη ανταλλαγή πληροφορίας μεταξύ ομότιμων, απόμακρων οντοτήτων εφαρμόζεται το βασικό μέγεθος παραθύρου. Η ανάκτηση τοπικής πληροφορίας δεν είναι απαραίτητη, ενώ είναι η λειτουργία επανασυγχρονισμού. Στην προκειμένη περίπτωση δεν χρειάζεται να λάβει χώρα ανταλλαγή δεδομένων διαχείρισης μεταξύ των δύο απόμακρων, ομότιμων οντοτήτων. Τέλος, κατά την απεγκατάσταση μιας σύνδεσης οι ενδιάμεσες μνήμες μηνυμάτων θα καθαριστούν.

Όσον αφορά την Λειτουργία Συντονισμού Βασισμένη στην Υπηρεσία (Service Specific Co-ordination Function, η οποία αντιστοιχίζει τις συγκεκριμένες απαιτήσεις του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης σε υπηρεσίες της Λειτουργίας του Προσανατολισμένου σε Σύνδεση Πρωτοκόλλου Βασισμένου στην Υπηρεσία, ισχύει ότι χρειάζεται μόνο η υπηρεσία επιβεβαιωμένης μεταφοράς, αλλά και οι παράμετροι του Προσανατολισμένου σε Σύνδεση Πρωτοκόλλου Βασισμένου στην Υπηρεσία όπως και οι χρονισμοί του.

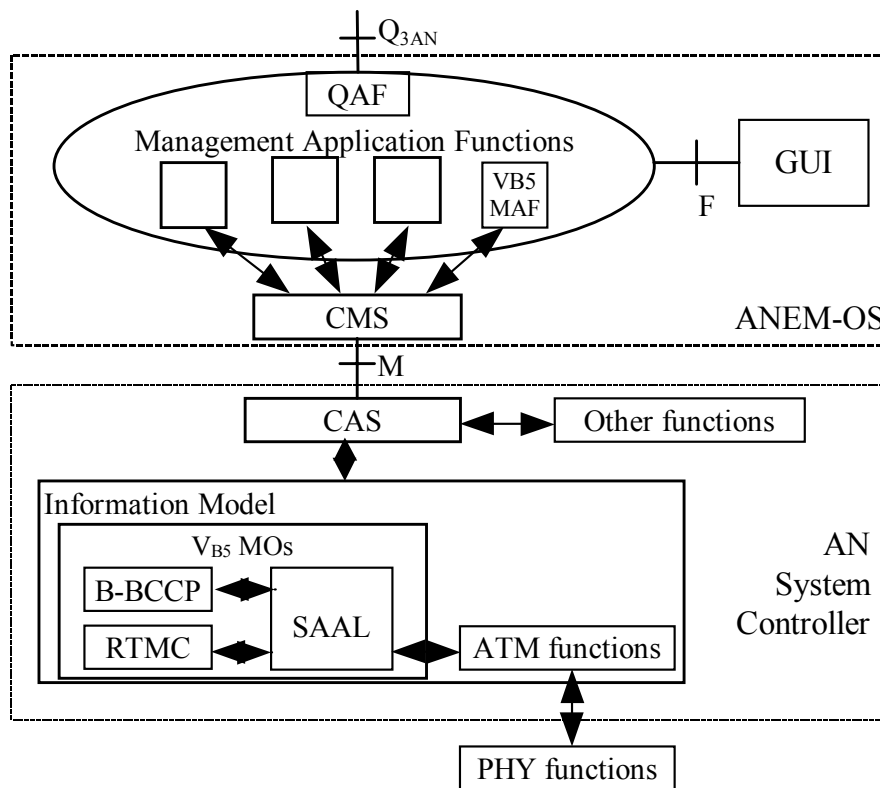
7.4. Μοντέλο Πληροφορίας και Αντικείμενα Διαχείρισης του V_{B5}

Από τα παραπάνω, αφού αναπτύξαμε τη λειτουργικότητα του Στοιχείου Δικτύου (NE) και των λειτουργικών οντοτήτων που αυτό περιέχει, μαζί με αυτές και του V_{B5}, καθώς και τη λειτουργία του υπερκείμενου συστήματος διαχείρισης καταλήγουμε στο Σχήμα 76 όπου τα δύο μέρη συνενώνονται μέσω του Μοντέλου Πληροφορίας

(Information Model (IM)) του Στοιχείου Δικτύου. Το V_{B5} αποτελεί μέρος του Μοντέλου Πληροφορίας, όπως καταδεικνύεται από το Σχήμα 77.



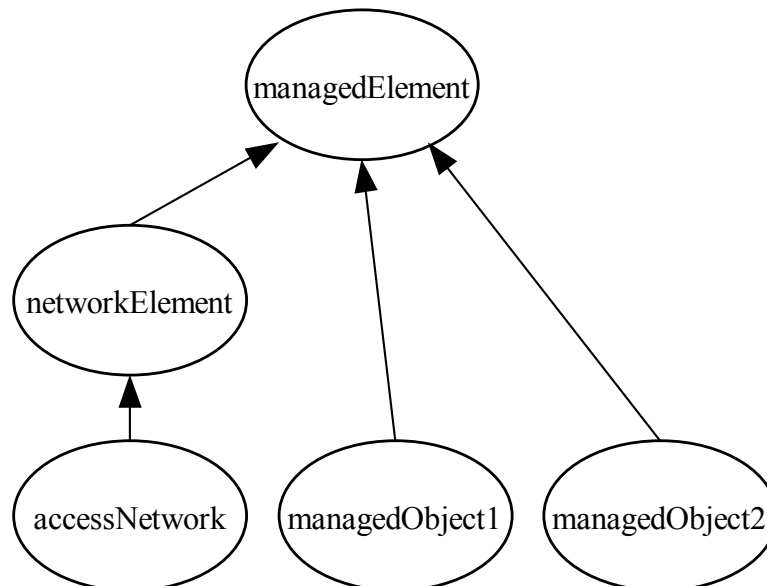
Σχήμα 76 Συνολική άποψη της διαστρωματικής αρχιτεκτονικής του συστήματος διαχείρισης.



Σχήμα 77 Πλαισίωση των λειτουργικών οντοτήτων του V_{B5} στο Μοντέλο Πληροφορίας και το σύστημα διαχείρισης γενικότερα.

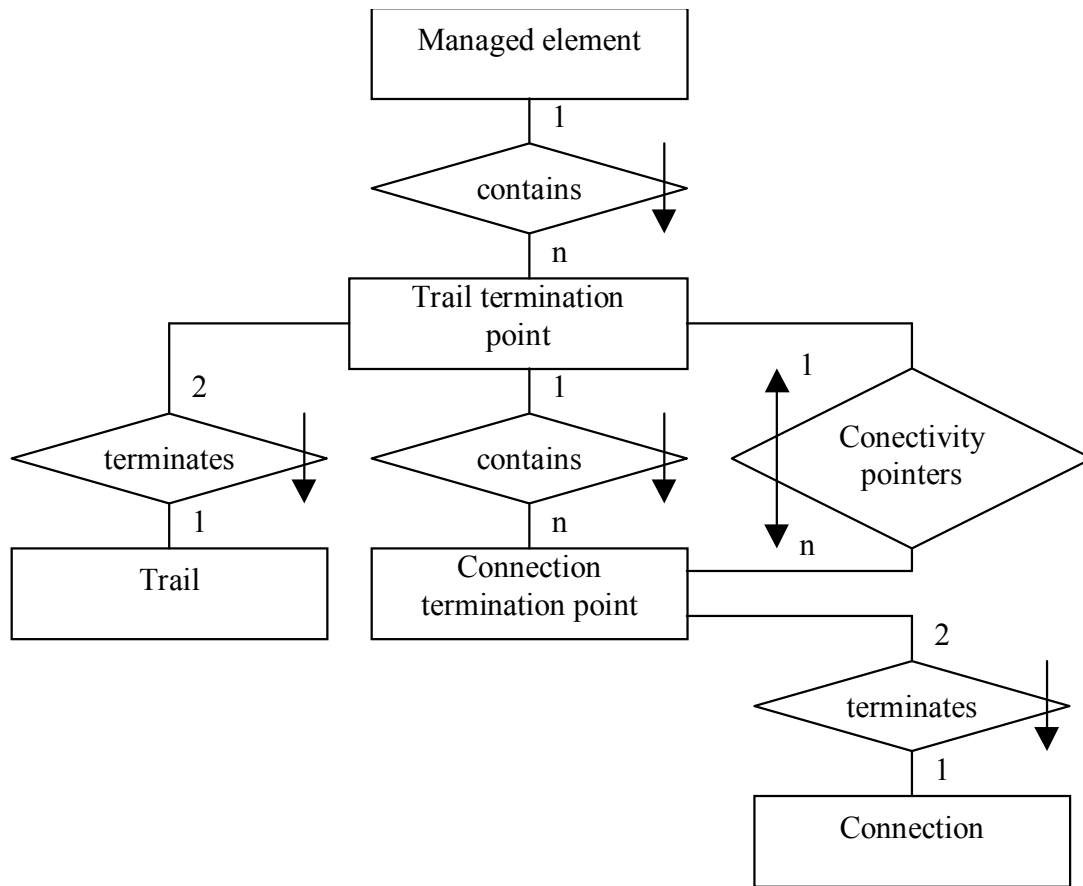
Το Μοντέλο Πληροφορίας περιγράφει το Στοιχείο Πληροφορίας, σε αυτή την περίπτωση το σύστημα Παθητικού Οπτικού Δικτύου βασισμένου σε τεχνολογία Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης (APON), με χρήση των Αντικειμένων Διαχείρισης, βάση της προδιαγραφής I.751 [7]. Επίσης, βασίζεται στις συσχετίσεις μεταξύ των Αντικειμένων Διαχείρισης με αντικείμενα που αναπαριστούν το συγκεκριμένο για το δίκτυο υλικό αλλά και τα συγκεκριμένα για το V_{B5} αντικείμενα [8], [9].

Στο Σχήμα 78 παρουσιάζεται μια συνοπτική περιγραφή του τρόπου απεικόνισης της πληροφορίας με χρήση του Μοντέλου Πληροφορίας σε μορφή δέντρου αλληλουχίας. Σύμφωνα με αυτό, τα Αντικείμενα Διαχείρισης ομαδοποιούνται σύμφωνα με τα κοινά χαρακτηριστικά τους και αναπαριστούνται το ένα προς το άλλο μέσο ιεραρχικών υποσυνόλων.



Σχήμα 78 Παράδειγμα δέντρου αλληλουχίας Μοντέλου Πληροφορίας Στοιχείου Δικτύου.

Πιο συγκεκριμένα, την ιεραρχική άποψη αναπαράστασης των Αντικειμένων Διαχείρισης και της πληροφορίας που αυτά φέρουν σε υπερκείμενα Αντικείμενα Διαχείρισης παρουσιάζει το Σχήμα 79 [10]. Σε αυτό γίνεται εμφανής η ομαδοποίηση, μίας και περισσότερα του ενός Αντικείμενα Διαχείρισης μπορούν να αποτελέσουν τμήμα του υπερκείμενου Αντικειμένου Διαχείρισης το οποίο και ασκεί συγκεκριμένες ενέργειες σε αυτά, όπως γίνεται φανερό από το σχήμα.

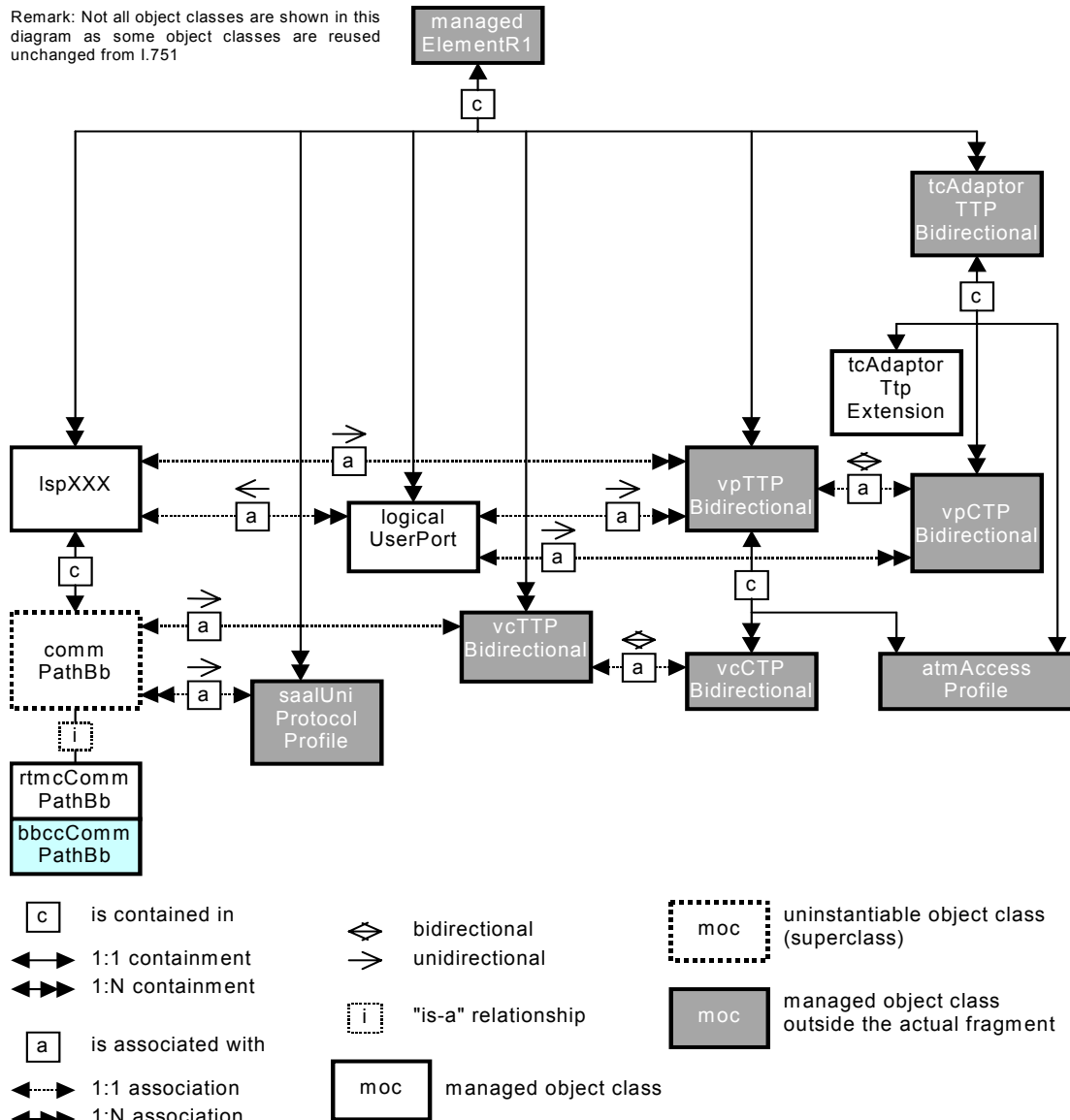


Σχήμα 79 Παράδειγμα συσχέτισης οντοτήτων Μοντέλου Πληροφορίας για το τμήμα σημείου τερματισμού (σύνδεσης).

Το Στοιχείο Δικτύου αντιμετωπίζεται σαν ένα αντικείμενο, το *managedElementR1*, το οποίο περιέχει άλλα αντικείμενα τα οποία με τη σειρά τους απεικονίζουν περισσότερο λεπτομερώς το Δίκτυο Πρόσβασης. Το σημείο προσαρμογής για το αντικείμενο *managedElementR1*, που είναι οι λειτουργίες – μέλη του, αποτελεί τον εξυπηρετητή της βάσης δεδομένων, μέσω του οποίου μπορούν να δημιουργηθούν νέα αντικείμενα, να διαγραφούν υπάρχοντα αντικείμενα αλλά και να μεταβληθούν οι τιμές των παραμέτρων τους. Το σημείο προσαρμογής V_{B5} καθορίζεται σαν μια κλάση αντικειμένου η οποία περιέχεται από το αντικείμενο *managedElementR1* [11], [12].

Μέρος του Διαγράμματος Συσχέτισης Αντικειμένων (Entity Relationship Diagram (ERD)) του Δικτύου Πρόσβασης, εμπεριεχομένου του σημείου προσαρμογής V_{B5} απεικονίζεται στο Σχήμα 80.

Remark: Not all object classes are shown in this diagram as some object classes are reused unchanged from I.751



Σχήμα 80 Διάγραμμα Συσχέτισης Αντικειμένων (ERD) του Μοντέλου Πληροφορίας (IM) για το Δίκτυο Πρόσβασης.

Στο Δίκτυο Πρόσβασης ένας αριθμός από οντότητες σημείου προσαρμογής μπορούν να δημιουργηθούν υπό την καθοδήγηση του Κόμβου Παροχής Υπηρεσιών, ή με άλλα λόγια το αντικείμενο Στοιχείου Δικτύου μπορεί να περιέχει έναν αριθμό από αντικείμενα IspVb52An, όπου τα αντικείμενα αυτά αποτελούν την έκδοση για το σημείο προσαρμογής V_{B5.2} του αντικειμένου IspXXX. Κατά βάση, ένα αντικείμενο V_{B5} είναι αρκετό για τον έλεγχο και των τεσσάρων σημείων προσαρμογής V_B του συστήματος. Παρόλα αυτά, για λόγους υλοποίησης μπορεί να υπάρχει ένα σημείο προσαρμογής V_{B5.2} για κάθε φυσικό σημείο προσαρμογής V_B στο σύστημα. Επίσης, στην περίπτωση που περισσότεροι του ενός Κόμβοι Παροχής Υπηρεσίας είναι συνδεδεμένοι με το Δίκτυο Πρόσβασης τότε υποχρεωτικά για κάθε Κόμβο Παροχής Υπηρεσιών θα δημιουργηθεί και διαφορετική οντότητα σημείου προσαρμογής V_{B5.2}.

Οι ακόλουθες κλάσεις Αντικειμένων Διαχείρισης θα πρέπει να συμπεριληφθούν στο Μοντέλο Πληροφορίας για να καθορίσουν επακριβώς μία οντότητα σημείου προσαρμογής V_{B5.2}:

- Το αντικείμενο *lspVb52* (αφηρημένη βάση κλάσης) αποτελεί βάση κλάσης Αντικειμένων Διαχείρισης για μία Λογική Θύρα Υπηρεσίας, που αντιστοιχεί σε ένα σημείο αναφοράς V_{B5.2}.
- Το αντικείμενο *lspVb52An* αποτελεί ένα πλήρες αντικείμενο Λογικής Θύρα Υπηρεσίας στο Δίκτυο Πρόσβασης.
- Το αντικείμενο *commPathBb* αποτελεί βάση κλάσης για ένα πρωτόκολλο Σύνδεσης Νοητού Διαύλου.
- Το αντικείμενο *rtmcCommPathBb* αντικατοπτρίζει τη Σύνδεση Νοητού Διαύλου που μεταφέρει τα μηνύματα του πρωτοκόλλου Ελέγχου Διαχείρισης Πραγματικού Χρόνου στον Κόμβο Παροχής Υπηρεσιών.
- Το αντικείμενο *bbccCommPathBb* αντικατοπτρίζει τη Σύνδεση Νοητού Διαύλου που μεταφέρει τα μηνύματα του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης στον Κόμβο Παροχής Υπηρεσιών.
- Το αντικείμενο *logicalUserPort* είναι το Αντικείμενο Διαχείρισης που ομαδοποιεί τα Νοητά Μονοπάτια σε μια θύρα χρήστη που ανήκουν σε μια και μόνο μια Λογική Θύρα Υπηρεσίας.

Το αντικείμενο *vcTTPBidirectional* αποτελεί το σημείο τερματισμού ενός Νοητού Διαύλου και ως τέτοιο συσχετίζεται με τα αντικείμενα *rtmcCommPathBb* και *bbccCommPathBb* μιας αυτά χρειάζονται ένα Νοητό Δίαυλο για τη μεταφορά των μηνυμάτων τους. Η σχέση των δύο τελευταίων αντικειμένων με το αντικείμενο *saalUniProtocolProfile* δικαιολογείται από το γεγονός πως το τελευταίο περιέχει τις παραμέτρους του πρωτοκόλλου Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης για Σηματοδοσία. Η συσχέτιση των αντικειμένων *lspVb52An* και *vpTTPBidirectional* δικαιολογείται από τη συσχέτιση του σημείου προσαρμογής V_{B5.2} με τα Νοητά Μονοπάτια που διέρχονται από αυτό και τερματίζονται στο Δίκτυο Πρόσβασης, όπως για παράδειγμα στην περίπτωση που λαμβάνει χώρα μία διασύνδεση Νοητού Διαύλου στο Δίκτυο Πρόσβασης. Επειδή κάθε Λογική Θύρα Χρήστη αντιστοιχεί σε ένα σημείο προσαρμογής V_{B5.2}, υπάρχει η αντιστοίχιση των αντικειμένων *logicalUserPort* και *lspVb52An*. Τέλος, για κάθε χρήστη ή ομάδα χρηστών, τα Νοητά Μονοπάτια που του αντιστοιχούν, και τερματίζονται στο Δίκτυο Πρόσβασης όταν π.χ. λαμβάνει χώρα μία διασύνδεση Νοητού Διαύλου στο Δίκτυο Πρόσβασης, ομαδοποιούνται σε Λογικές Θύρες Χρήστη υπάρχει η συσχέτιση των αντικειμένων *logicalUserPort* και *vpTTPBidirectional*. Μεγαλύτερη λεπτομέρεια για την υλοποίηση των Αντικειμένων Διαχείρισης και τα σχετιζόμενα Διαγράμματα Συσχέτισης Αντικειμένων μπορούν να βρεθούν στα [13], [14].

7.5. Υλοποίηση και εκτίμηση επίδοσης συστήματος διαχείρισης

Στο Σχήμα 81 παρουσιάζεται το διάγραμμα Δέντρου Περιεκτικότητας (Containment Tree) των Αντικειμένων Διαχείρισης ενός Δικτύου Διαχείρισης Τηλεπικοινωνιών. Όπως γίνεται διακριτό, μερικά Αντικείμενα Διαχείρισης βρίσκονται ήδη υλοποιημένα στο Δίκτυο Διαχείρισης Τηλεπικοινωνιών. Στο συγκεκριμένο σχήμα όμως δεν

περιέχονται τα αντικείμενα: *logicalUserPort*, *vpTTPBidirectional*, *vcTTPBidirectional*, *lspVb51An* (που είναι το αντίστοιχο του αντικειμένου *lspXXX* για το σημείο προσαρμογής V_{B5.1}), *rtmcCommPathBb* και *CommPathBb* για την V_{B5.1} έκδοση αλλά επιπρόσθετα *lspXXX* και *bbccCommPathBb* για την V_{B5.2} έκδοση, όπως γίνεται στο Σχήμα 80, καθώς και τα αντικείμενα που σχετίζονται με Νοητούς Διαύλους. Κανονικά, το Αντικείμενο Διαχείρισης *lspVb51An* αποτελεί υποκλάση του *lspXXX*, αλλά στην παρούσα υλοποίηση θεωρούνται ταυτόσημα.

Στην αναφερόμενη υλοποίηση αποβλέπουμε στο να εκτιμήσουμε το επιπρόσθετο φόρτο του συστήματος διαχείρισης λόγω της εμπλοκής του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης που αποτελεί ουσιαστικά και την βασική διαφοροποίηση μεταξύ των δύο εκδόσεων του σημείου προσαρμογής V_{B5}. Η μεταγλώττιση του προγράμματος που περιέχει το σύνολο των Αντικειμένων Διαχείρισης, για μία απλή περίπτωση, θα μας οδηγήσει στο πρωταρχικό συμπέρασμα για το μέγεθος επιβάρυνσης του συστήματος με την συμπεριβολή και των πρόσθετων Αντικειμένων Διαχείρισης. Η εκτίμηση αυτή βασίζεται στο μέγεθος του αρχείου εκτέλεσης που παράγεται από την μεταγλώττιση του πηγαίου κώδικα που περιγράφει το σύστημα διαχείρισης και τα Αντικείμενα Διαχείρισης [15]. Αυτό γίνεται γιατί το παράδειγμα που υλοποιούμε είναι σχετικά απλό, ώστε να έχουμε μια σαφή εικόνα για το αποτέλεσμα, αλλά και γιατί δεν είναι το σύστημα σε θέση να υλοποιηθεί εξ ολοκλήρου, μιας και βρίσκεται ακόμα υπό εξέλιξη, ώστε να είμαστε σε θέση να εκτιμήσουμε και την επίδραση σε άλλους πόρους του συστήματος.

Το αποτέλεσμα της μεταγλώττισης όταν συμπεριλάβουμε τα Αντικείμενα Διαχείρισης που είναι απαραίτητα για το V_{B5.1} είναι ένα αρχείο εκτέλεσης 27% περίπου μεγαλύτερο από αυτό του Δικτύου Διαχείρισης Τηλεπικοινωνιών όταν υλοποιείται μόνο του. Επιπρόσθετα, αυτό το μέγεθος φτάνει το 29% κατά την συμπεριβολή του V_{B5.1}, έχουμε δηλαδή μια περαιτέρω αύξηση της τάξης του 2% από αυτή του V_{B5.2}. Αυτή την αύξηση την επιφέρουν ουσιαστικά τα Αντικείμενα Διαχείρισης που συγκαταλέγονται στην κλάση αντικειμένου *bbccCommPathBb* και που φαίνεται στο Σχήμα 80 με γαλάζιο χρώμα ότι είναι η βασική διαφορά των δύο συστημάτων (V_{B5.1} και V_{B5.2}).

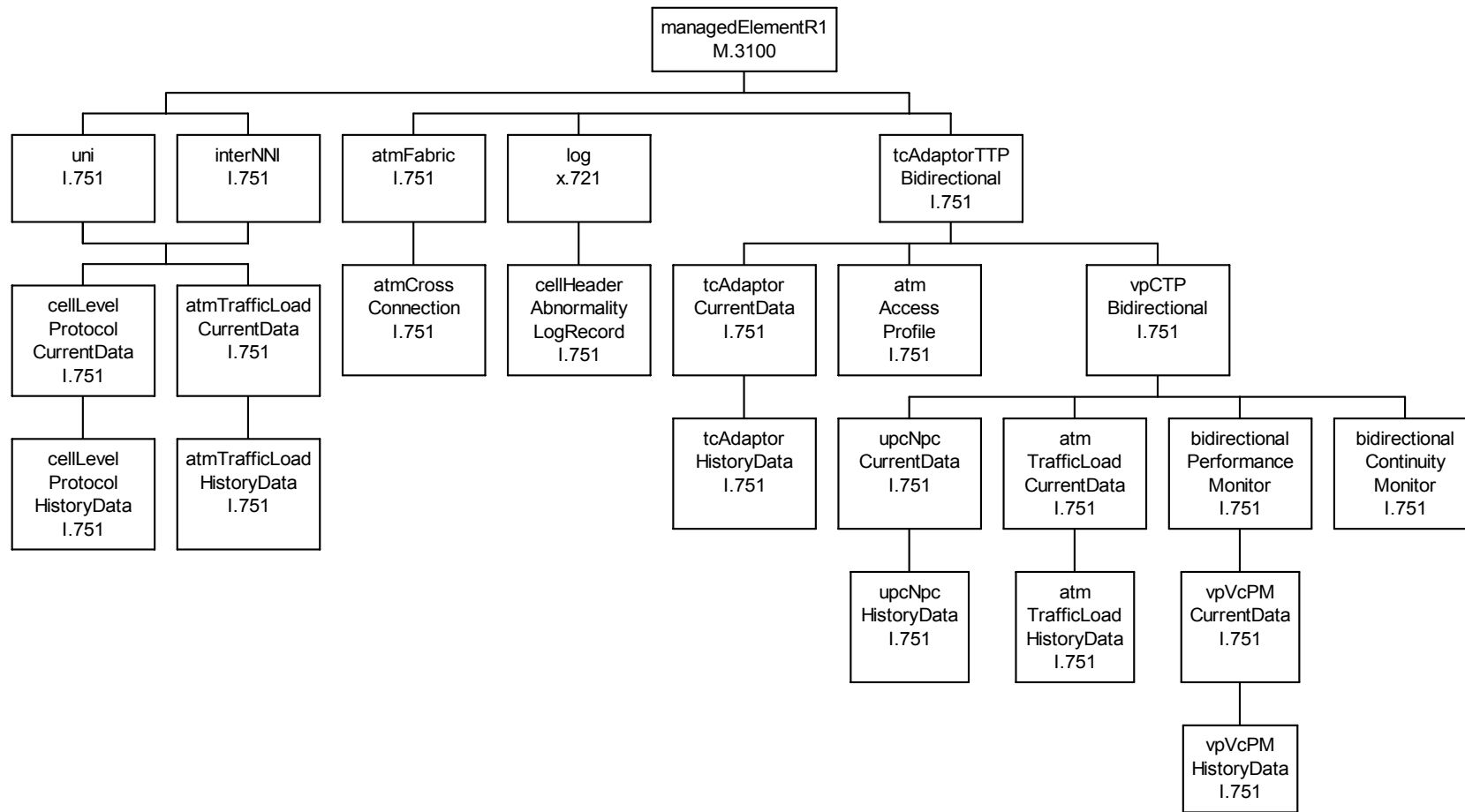
Αυτή η διαφοροποίηση δεν επιβαρύνει σημαντικά την πολυπλοκότητα του συστήματος διαχείρισης, μιας και τα αντικείμενα που προστίθενται είναι λιγοστά. Το Σχήμα 82 παρουσιάζει ένα παράδειγμα αρχικοποίησης του συστήματος διαχείρισης, όπου τα εμπλεκόμενα Αντικείμενα Διαχείρισης παρατίθενται σε πλήρη λεπτομέρεια, όπου μπορούμε να διακρίνουμε με γαλάζιο χρώμα τα επιπρόσθετα αντικείμενα.

7.5.1. Πλατφόρμα OSIMIS

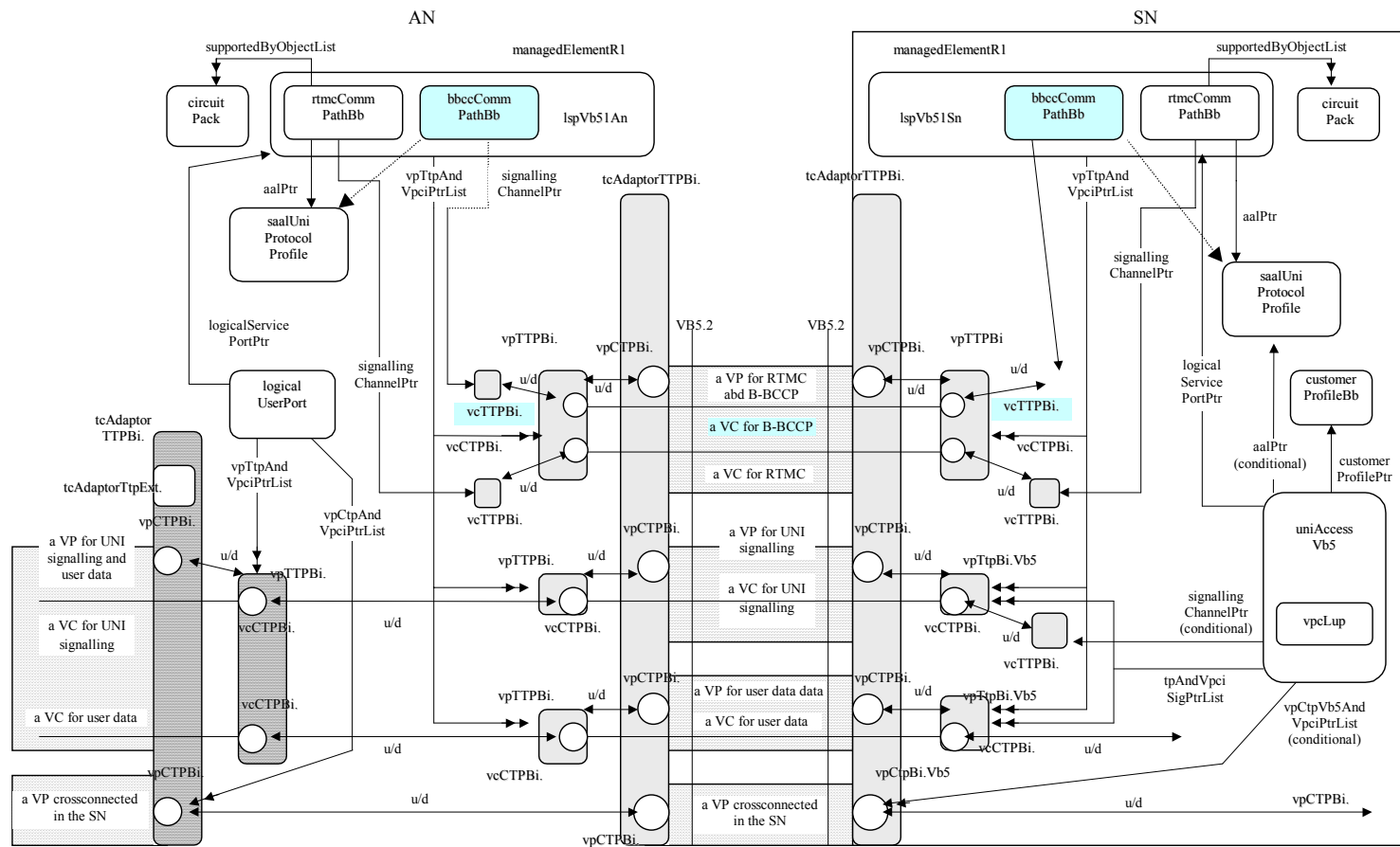
Για την υλοποίηση του συστήματος διαχείρισης χρησιμοποιήθηκε η πλατφόρμα Υπηρεσίας Πληροφορίας Διαχείρισης του Διεθνούς Οργανισμού Τυποποίησης (OSI Management Information Service (OSIMIS)) η οποία είναι βασισμένη κατά κύριο λόγο στη γλώσσα C++ και αποτελεί την αντικειμενοστραφή πλατφόρμα διαχείρισης αντικειμένων του μοντέλου του Διεθνούς Οργανισμού Τυποποίησης [16]. Παρέχει την βάση για μία γρήγορη και αποτελεσματική κατασκευή πολύπλοκων συστημάτων Δικτύου Διαχείρισης Τηλεπικοινωνιών [17], αποκρύπτοντας την πλεονάζουσα πληροφορία για τις λεπτομέρειες της υποκείμενης υπηρεσίας διαχείρισης μέσω των αντικειμενοστραφών Σημείων Προσαρμογής Εφαρμογών Προγράμματος (Application Program Interfaces (APIs)). Με αυτό τον τρόπο επιτρέπει στους αναλυτές και σχεδιαστές του συστήματος διαχείρισης να επικεντρώσουν την προσοχή

τους στην απαραίτητη ευφυΐα που πρέπει να διαθέτουν οι εφαρμογές διαχείρισης και όχι στην μηχανική διασύνδεση των υπηρεσιών διαχείρισης με τα πρωτόκολλα πρόσβασης. Το μοντέλο διαχειριστή – ανταποκριτή (manager – agent) και η σημείωση των Αντικειμένων Διαχείρισης σαν αφαιρετική απεικόνιση των πραγματικών πόρων του συστήματος χρησιμοποιούνται από το Δίκτυο Διαχείρισης Τηλεπικοινωνιών και τη πλατφόρμα Υπηρεσίας Πληροφορίας Διαχείρισης του Διεθνούς Οργανισμού Τυποποίησης, ώστε να γίνει εφικτή η παροχή ειδικής υποστήριξης για την πραγματοποίηση ιεραρχιών διαχείρισης.

Η πλατφόρμα Υπηρεσίας Πληροφορίας Διαχείρισης του Διεθνούς Οργανισμού Τυποποίησης σχεδιάστηκε εξ αρχής με σκοπό την υποστήριξη της ενοποίησης των υπάρχοντων συστημάτων, είτε με τις ιδιαίτερες λειτουργικές δυνατότητες διαχείρισης του καθενός, είτε με διαφορετικά μοντέλα διαχείρισης. Στην πλατφόρμα υποστηρίζονται διαφορετικές μέθοδοι για την αλληλεπίδραση με τους πραγματικούς, διαχειρίσιμους πόρους του συστήματος, περικλείοντας χαλαρά συνδεδεμένους πόρους. Το γεγονός ότι επιλέχθηκε το μοντέλο του Διεθνούς Οργανισμού Τυποποίησης σαν το βασικό μοντέλο επιτρέπει την ενοποίηση και άλλων μοντέλων, συνήθως όχι τόσο ισχυρών, όπως για παράδειγμα το Απλό Πρωτόκολλο Διαχείρισης Δικτύου (Simple Network Management Protocol (SNMP)) [18] που χρησιμοποιείται σε εφαρμογές Διαδικτύου όσο και η Αρχιτεκτονική Διαμεσολάβησης Αίτησης Κοινού Αντικειμένου του Οργανισμού Διαχείρισης Αντικειμένου (Object Management Group (OMG) Common Object Request Broker Architecture (CORBA)) [19]. Η πλατφόρμα Υπηρεσίας Πληροφορίας Διαχείρισης του Διεθνούς Οργανισμού Τυποποίησης παρέχει ήδη μια γενική εφαρμογή πύλης διαφυγής (gateway) μεταξύ του Απλού Πρωτοκόλλου Διαχείρισης Δικτύου και της Υπηρεσίας Κοινής Διαχείρισης Πληροφορίας (Common Management Information Service (CMIS)) [20], ενώ παράλληλα μια παρόμοια προσέγγιση για την ενοποίηση της διαχείρισης του Διεθνούς Οργανισμού Τυποποίησης και της Αρχιτεκτονική Διαμεσολάβησης Αίτησης Κοινού Αντικειμένου του Οργανισμού Διαχείρισης Αντικειμένου είναι εφικτή.



Σχήμα 81 Διάγραμμα Δέντρου Περιεκτικότητας Αντικειμένων Διαχείρισης ενός Δικτύου Διαχείρισης Τηλεπικοινωνιών.



Some Entities, e.g., atmAccessProfile, are omitted.

Σχήμα 82 Παράδειγμα αρχικοποίησης συστήματος διαχείρισης που περιλαμβάνει τα Αντικείμενα Διαχείρισης που περικλύονται σε Δίκτυο Πρόσβασης και Κόμβο Παροχής Υπηρεσιών.

7.6. Συμπεράσματα

Το βασισμένο σε Νοητούς Διαύλους (VCs) Δίκτυο Πρόσβασης θεωρείται φυσική εξέλιξη των Δικτύων Πρόσβασης που χρησιμοποιούν στατικά Νοητά Μονοπάτια (VPs). Η εξέλιξη αυτή θα επιτρέψει την δυνατότητα ανάθεσης πόρων στη βάση της κάθε επιμέρους σύνδεσης και των αναγκών της. Η τροποποίηση του συστήματος διαχείρισης που θα οδηγήσει τελικά στο επιθυμητό αποτέλεσμα, δηλαδή ένα σύστημα βασισμένο στο V_{B5.2} που θα επιτρέψει την διασύνδεση Νοητών Διαύλων στο επίπεδο του Δικτύου Πρόσβασης, και η επιβάρυνση του συστήματος που είχε υιοθετήσει το V_{B5.1} έχει βαρύνουσα σημασία. Το σύστημα διαχείρισης, που βασίζεται στο Δίκτυο Διαχείρισης Τηλεπικοινωνιών, αποτελεί από μόνο του ένα εξαιρετικά πολύπλοκο σύστημα λειτουργικών οντοτήτων, που καλούνται να συνεργαστούν αλλά και να εργαστούν ταυτόχρονα χρησιμοποιώντας σε μεγάλο βαθμό τους ίδιους πόρους του συστήματος. Σε ένα τέτοιο λοιπόν σύστημα, μας ενδιαφέρει να καθορίσουμε εκείνες τις τροποποιήσεις που θα το καταντήσουν ικανό να φέρει επιπλέον λειτουργικότητα αλλά χωρίς να παρεμβαίνει ή ακόμα και να παρεμποδίζει την λειτουργία των υπολοίπων λειτουργικών οντοτήτων. Η επιβάρυνση του συστήματος λόγω της προσθήκης λειτουργικών οντοτήτων είναι ένα από τα θέματα που μας απασχόλησαν.

Η σημαντικότερη διαφορά μεταξύ των V_{B5.1} και V_{B5.2} είναι ότι το τελευταίο υποστηρίζει τη διασύνδεση χρηστών κατά παραγγελία στο Δίκτυο Πρόσβασης αλλά και ότι έχει σχεδιαστεί ώστε να υποστηρίζει την ομαδοποίηση σε επίπεδο φέρουσας σύνδεσης, χρησιμοποιώντας το Πρωτόκολλο Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης (B-BCCP). Αυτές οι διαφορές επικεντρώνονται στην μερική τροποποίηση του συστήματος διαχείρισης του V_{B5.1} και την προσθήκη νέων Αντικειμένων Διαχείρισης (MOs) τα οποία αφορούν στο μεγαλύτερο βαθμό το Πρωτόκολλο Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης και τις σχετιζόμενες με αυτό λειτουργίες. Είναι δε εμφανής με γαλάζιο χρώμα στο Σχήμα 77 και στο Σχήμα 82.

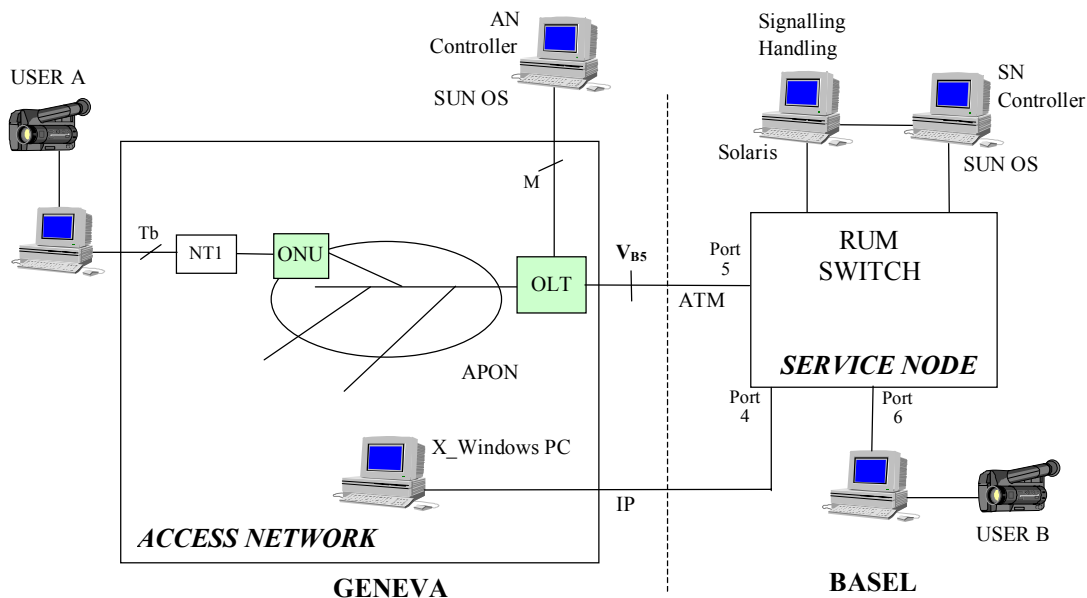
Οι τροποποιήσεις αυτές συνεπάγονται μια επιβάρυνση του συστήματος διαχείρισης, όσον αφορά το μέγεθος του εκτελέσιμου αρχείου που θα παραχθεί από την μεταγλώττιση του κώδικα που περιγράφει το σύστημα διαχείρισης συμπεριλαμβανομένων και των Αντικειμένων Διαχείρισης, της τάξης του 2%. Αυτή επιβάρυνση, αν και βασίζεται σε μία απλή υπόθεση υλοποίησης ώστε α έχουμε σαφή συμπεράσματα για την συμπεριφορά του συστήματος, κρίνεται αρκετά μικρή για να επηρεάσει σε σημαντικό βαθμό ένα πραγματικό σύστημα όπου θα δημιουργούνται περισσότερο πολύπλοκες καταστάσεις. Η πολυπλοκότητα του προκύπτοντος συστήματος δεν μεταβάλλεται σημαντικά μιας και ελάχιστα νέα Αντικείμενα Διαχείρισης προσθέτονται σε αυτό, όπως γίνεται εμφανές στο Σχήμα 82.

Συνεπώς, η υλοποίηση του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης θα έχει ευεργετική επίδραση σε ένα τηλεπικοινωνιακό σύστημα, μιας και θα κάνει δυνατή την ευκολότερη, ταχύτερη, και με μεγαλύτερη ευελιξία τη διασύνδεση του χρήστη με το σύστημα, σε σχέση με το V_{B5.1}.

7.7. Παράδειγμα χρήσης του συστήματος διαχείρισης

Σαν παράδειγμα χρήσης του συστήματος διαχείρισης του V_{B5} παρατίθεται το Σχήμα 83, το οποίο απεικονίζει την διάταξη του εξοπλισμού του συστήματος V_{B5.2} που χρησιμοποιήθηκε για την επίδειξη λειτουργίας του συστήματος στο κοινό της

έκθεσης τηλεπικοινωνιακού εξοπλισμού και υπηρεσιών Telecom '99 που έλαβε χώρα στην Γενεύη. Από το σχήμα γίνεται εμφανές πως το σύστημα έχει χωριστεί σε δύο κομμάτια: στην Γενεύη θα βρίσκεται ο εξοπλισμός επίδειξης, που αποτελείται από το Δίκτυο Πρόσβασης και τερματικά ελέγχου του συστήματος όπως και της εφαρμογής που θα κάνει χρήση των υπηρεσιών του συστήματος. Στην αντίπερα μεριά, στη πειραματική πλατφόρμα της Βασιλείας, βρίσκεται ο εξοπλισμός του Κόμβου Παροχής Υπηρεσιών, τα τερματικά που τον ελέγχουν και ο δεύτερος χρήστης που θα εμπλακεί στην επίδειξη της λειτουργικότητας του συστήματος. Σκοπός της επίδειξης είναι να έρθουν σε εικονική συνδιάσκεψη (videoconference) οι δύο χρήστες χρησιμοποιώντας την εφαρμογή ISABEL, η οποία θα κάνει χρήση των υπηρεσιών του συστήματος. Για να επιτευχθεί αυτό, θα πρέπει να έρθει το σύστημα σε κατάλληλη κατάσταση, πράγμα το οποίο θα επιτευχθεί μέσω ενεργειών του συστήματος διαχείρισης του. Με αυτόν τον τρόπο θα γίνει κατανοητή η λειτουργία του συστήματος διαχείρισης αλλά και η λειτουργικότητα των εμπλεκόμενων πρωτοκόλλων στην διαδικασία ενεργοποίησης και διαχείρισης του συστήματος.

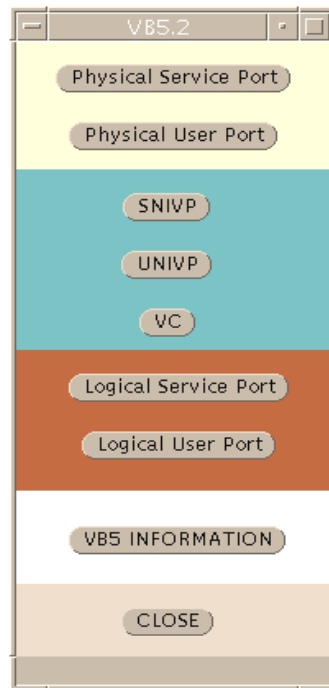


Σχήμα 83 Σενάριο επίδειξης των δυνατοτήτων του V_{B5.2}.

Η επίδειξη χωρίζεται σε δύο μέρη. Το πρώτο μέρος επικεντρώνεται στο σημείο προσαρμογής V_{B5.1} και συγκεκριμένα στην επίδειξη της λειτουργίας του πρωτοκόλλου Ελέγχου Διαχείρισης Πραγματικού Χρόνου (RTMC). Το δεύτερο μέρος επιδεικνύει την τροποποιημένη λειτουργικότητα του συστήματος που γίνεται διαθέσιμη με την εμπλοκή του V_{B5.2}, το οποίο χρησιμοποιεί εν παραλλήλω με το πρωτόκολλο Ελέγχου Διαχείρισης Πραγματικού Χρόνου και το Πρωτόκολλο Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης (B-BCCP). Ακολούθως παρουσιάζεται μία βήμα προς βήμα προσέγγιση των ενεργειών που πρέπει να ληφθούν από τον χειριστή του συστήματος διαχείρισης ώστε να γίνει πραγματικότητα το επιθυμητό αποτέλεσμα, δηλαδή η επικοινωνία μεταξύ των δύο χρηστών.

Κατά την εκκίνηση του συστήματος, παρουσιάζεται στον χειριστή η λίστα πλήκτρων επιλογών που φαίνεται στο Σχήμα 84. Από αυτή τη λίστα πλήκτρων επιλογών γίνεται εφικτή η πρόσβαση στα επιμέρους παράθυρα διαλόγου, είτε σχετίζονται με το V_{B5}

είτε όχι, και επιτρέπουν στον χειριστή να κάνει τις αναγκαίες ρυθμίσεις ώστε να εγκαταστήσει τις συνδέσεις πάνω από το σημείο προσαρμογής V_{B5}.



Σχήμα 84 Λίστα πλήκτρων επιλογών του συστήματος διαχείρισης του V_{B5}.

7.7.1. Επίδειξη λειτουργικότητας του V_{B5.1}

Κατ' αρχήν, θα παρουσιαστεί η λειτουργικότητα του πρωτοκόλλου Ελέγχου Διαχείρισης Πραγματικού Χρόνου το οποίο αποτελεί τμήμα τόσο του V_{B5.1} όσο και του V_{B5.2}. Ο ρόλος του επικεντρώνεται στην ανταλλαγή πληροφορίας σε πραγματικό χρόνο μεταξύ του Δικτύου Πρόσβασης και του Κόμβου Παροχής Υπηρεσιών, πληροφορίας που σχετίζεται με την διαθεσιμότητα πόρων στο Δίκτυο Πρόσβασης. Παράλληλα, μέσα από αυτή την επίδειξη θα γίνει φανερή η διαδικασία που πρέπει να ακολουθηθεί για την εγκατάσταση μιας κλήσης σε αυτή την περίπτωση ώστε να συγκριθεί με αυτή του V_{B5.2}.

Για να συνδεθεί ένας χρήστης στο σημείο προσαρμογής V_{B5} θα πρέπει να ακολουθηθούν τα εξής βήματα:

- Η παροχή συνδέσεων πρωτοκόλλου Σύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης ,
- Η παροχή Νοητών Μονοπατιών (VPs) στη Λογική Θύρα Χρήστη (LUP),
- Η παροχή Νοητών Μονοπατιών στον Κόμβο Παροχής Υπηρεσιών,
- Η σύνδεση των Νοητών Μονοπατιών του Σημείου Προσαρμογής Κόμβου Παροχής Υπηρεσιών (SNI) με τα Νοητά Μονοπάτια του Σημείου Προσαρμογής Χρήστη προς Δίκτυο (UNI) (InstallVPC),
- Η παροχή ενός σημείου προσαρμογής V_{B5},

- Η δημιουργία μιας Λογικής Θύρας Υπηρεσίας (LSP) στον Κόμβο Παροχής Υπηρεσιών,
- Η δημιουργία μιας Λογικής Θύρας Χρήστη που συσχετίζεται με τη Λογική Θύρα Υπηρεσίας,
- Η συσχέτιση των συνδέσεων πρωτοκόλλου Σύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης με το σημείο προσαρμογής V_B ,
- Η συσχέτιση των Νοητών Μονοπατιών του Σημείου Προσαρμογής Κόμβου Παροχής Υπηρεσιών με τη Λογική Θύρα Υπηρεσίας, αρκεί ο χειριστής του Κόμβου Παροχής Υπηρεσιών να έχει κάνει την συσχέτιση πριν τον χειριστή του Δικτύου Πρόσβασης γιατί σε αντίθετη περίπτωση οι πόροι παραμένουν άγνωστοι για την μεριά του Κόμβου Παροχής Υπηρεσιών], και
- Η συσχέτιση των Νοητών Μονοπατιών του Σημείου Προσαρμογής Χρήστη προς Δίκτυο με τη Λογική Θύρας Χρήστη.

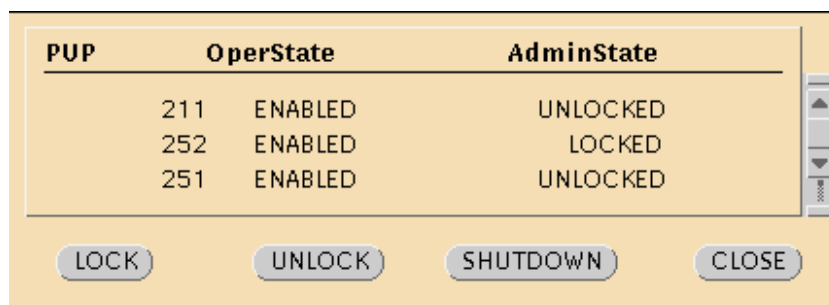
Οι συγκεκριμένες ενέργειες στις οποίες θα πρέπει να προβεί ο χειριστής του συστήματος περιγράφονται ακολούθως.

7.7.1.1. Χειροκίνητη παροχή συνδέσεων πρωτοκόλλου Σύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης

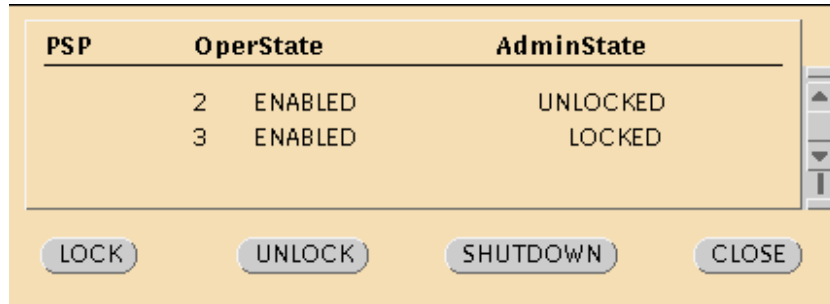
Επειδή η παροχή συνδέσεων πρωτοκόλλου Σύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης δεν είναι εργασία που σχετίζεται με το σύστημα V_{B5}, οι συνδέσεις αυτές θεωρούνται ότι βρίσκονται εν ενεργεία, με αρμοδιότητα τρίτων.

7.7.1.2. Αποδέσμευση Φυσικών Θυρών

Η πρώτη ενέργεια αφορά την αλλαγή της κατάστασης διοικητικής διαχείρισης τόσο της Φυσικής Θύρας Χρήστη (PUP) όσο και της Φυσικής Θύρας Υπηρεσίας (PSP) με χρήση των αντίστοιχων παραθύρων που εμφανίζονται με την επιλογή του κατάλληλου πλήκτρου από τη λίστα πλήκτρων επιλογών που φαίνεται στο Σχήμα 84. Η αλλαγή της κατάσταση από δεσμευμένη σε αποδεσμευμένη θα επιτρέψει την ροή πακέτων πληροφορίας στο φυσικό μέσο. Οι παράμετροι των Λογικών Θυρών συνδέονται με το Αντικείμενο Διαχείρισης *tcAdaptorTTPBidirectional*.



Σχήμα 85 Παράθυρο διαλόγου αποδέσμευση της Φυσικής Θύρας Χρήστη (PUP).



Σχήμα 86 Παράθυρο διαλόγου αποδέσμευση της Φυσικής Θύρας Υπηρεσίας (PSP).

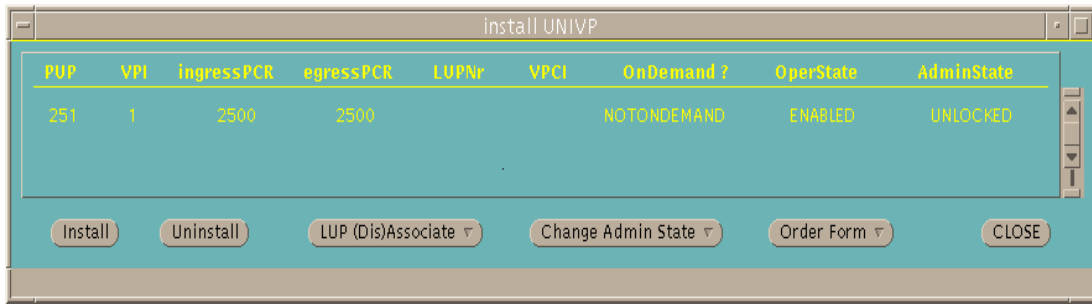
7.7.1.3. Ανάθεση Νοητών Μονοπατιών (VPs) στο Σημείο Προσαρμογής Χρήστη προς Δίκτυο (UNI)

Με την επιλογή του πλήκτρου *UNIVP* εμφανίζεται στον χειριστή το παράθυρο διαλόγου που φαίνεται στο Σχήμα 87, όπου μπορεί να προβεί στην απόδοση τιμών όπως αυτές παρουσιάζονται ακολούθως στον Πίνακας 17:

Πίνακας 17 Απόδοση τιμών σε Νοητά Μονοπάτια (VPs) στο Σημείο Προσαρμογής Χρήστη προς Δίκτυο (UNI).

<i>Parameter</i>	<i>Setting</i>	<i>Comment</i>
OnDemand ?	NOT ON DEMAND	Bandwidth is pre-assigned to this VP
PUPI	251	Port #1 of T-card #5 in ONU #2
VPI	1	Allowed values : 0 to 255
Ingress PCR	2500 (ATM cells/s)	= 2500*53*8 =1.06 Mbits/s bandwidth
Egress PCR	2500 (ATM cells/s)	= 2500*53*8 =1.06 Mbits/s bandwidth

Οι καταστάσεις λειτουργίας και διοικητικής διαχείρισης του Νοητού Μονοπατιού θέτονται αυτόματα στις κοινά αποδεκτές τιμές τους. Όταν τα Νοητά Μονοπάτια συσχετισθούν με ένα σημείο προσαρμογής V_{B5}, το πρωτόκολλο Ελέγχου Διαχείρισης Πραγματικού Χρόνου επικοινωνεί με τις κατάλληλες οντότητες για να ενημερώσει για τις αλλαγές αυτές και οι αναγραφόμενες τιμές στο παράθυρο διαλόγου ενημερώνονται αυτόματα.



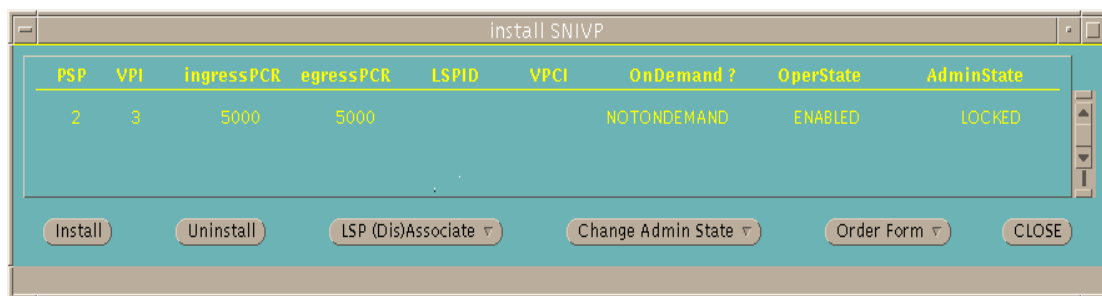
Σχήμα 87 Παράθυρο διαλόγου ανάθεσης Νοητών Μονοπατιών (VPs) στο Σημείο Προσαρμογής Χρήστη προς Δίκτυο (UNI).

7.7.1.4. Ανάθεση Νοητών Μονοπατιών (VPs) στο Σημείο Προσαρμογής Υπηρεσίας (SNI)

Με την επιλογή του πλήκτρου *SNIVP* εμφανίζεται στον χειριστή το παράθυρο διαλόγου που φαίνεται στο Σχήμα 88, όπου μπορεί να προβεί στην απόδοση τιμών όπως αυτές παρουσιάζονται ακολούθως στον Πίνακας 18:

Πίνακας 18 Απόδοση τιμών σε Νοητά Μονοπάτια (VPs) στο Σημείο Προσαρμογής Υπηρεσίας (SNI).

Parameter	Setting	Comment
OnDemand?	NOT ON DEMAND	bandwidth is pre-assigned to this VP
PSPI	2	Physical Service Port #2 in OLT
VPI	3	Allowed values : 0 to 15
Ingress PCR	5000 (ATM cells/s)	= 5000*53*8 =2.12 Mbits/s bandwidth
Egress PCR	5000 (ATM cells/s)	= 5000*53*8 =2.12 Mbits/s bandwidth



Σχήμα 88 Παράθυρο διαλόγου ανάθεσης Νοητών Μονοπατιών (VPs) στο Σημείο Προσαρμογής Υπηρεσίας (SNI).

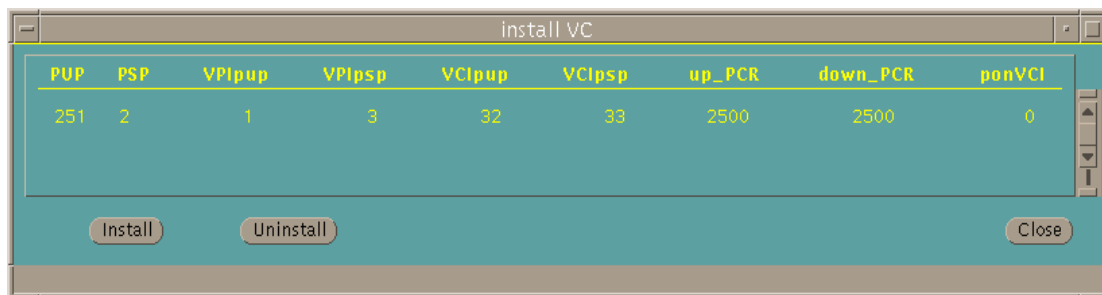
Οι καταστάσεις λειτουργίας και διοικητικής διαχείρισης του Νοητού Μονοπατιού θέτονται αυτόματα στις κοινά αποδεκτές τιμές τους. Όταν τα Νοητά Μονοπάτια συσχετισθούν με ένα σημείο προσαρμογής V_{B5}, το πρωτόκολλο Ελέγχου Διαχείρισης Πραγματικού Χρόνου επικοινωνεί με τις κατάλληλες οντότητες για να ενημερώσει για τις αλλαγές αυτές και οι αναγραφόμενες τιμές στο παράθυρο διαλόγου ενημερώνονται αυτόματα.

7.7.1.5. Σύνδεση των χρηστών στον Κόμβο Παροχής Υπηρεσιών

Έχοντας αναθέσει Νοητά Μονοπάτια σε Κόμβο Παροχής Υπηρεσιών και στο Σημείο Προσαρμογής Χρήστη προς Δίκτυο, μπορούμε τώρα να συνδέσουμε τους χρήστες με τον Κόμβο Παροχής Υπηρεσιών μέσω της λειτουργίας διασύνδεσης σε επίπεδο Νοητού Διαύλου (VCXC). Με την επιλογή του πλήκτρου *VC* μεταφερόμαστε στο παράθυρο διαλόγου που φαίνεται στο Σχήμα 89 και να καταχωρήσουμε τις τιμές που δίνονται στον Πίνακας 19. Κατά το πέρας της διαδικασίας, το σύστημα θα αναθέσει έναν μοναδικό ενδείκτη σε κάθε σύνδεση. Αξίζει να σημειωθεί ότι η λειτουργία διασύνδεσης σε επίπεδο Νοητού Διαύλου είναι μέρος του και όχι του που περιορίζεται στη η λειτουργία διασύνδεσης σε επίπεδο Νοητού Μονοπατιού (VPXC).

Πίνακας 19 Απόδοση τιμών σε επίπεδο Νοητού Διαύλου (VC) για τον χρήστη A.

<i>Parameter</i>	<i>Setting</i>	<i>Comment</i>
PUPI	251	
PSPI	2	
VPIrup	1	
VPIpsp	3	
VCIrup	32	Allowed values :32 to 255
VCIpsp	33	Allowed values :32 to 255
upstream PCR	2500 (ATM cells/s)	
downstream PCR	2500 (ATM cells/s)	



Σχήμα 89 Παράθυρο διαλόγου ανάθεσης τιμών σε επίπεδο Νοητού Διαύλου (VC).

7.7.1.6. Ανάθεση του σημείου προσαρμογής V_{B5}

Έχοντας εγκαταστήσει τις συνδέσεις μεταξύ χρηστών και Κόμβου Παροχής Υπηρεσιών, πρέπει να τις διαχειριστούμε με την ανάθεση τους σε ένα σημείο προσαρμογής V_{B5}. Το σημείο προσαρμογής V_{B5} δημιουργείται βάση της έννοιας των λογικών θυρών, ενώ στην ουσία μία Λογική Θύρα Υπηρεσίας αποτελεί ένα σημείο προσαρμογής V_{B5}, καθόσον Η Λογική Θύρα Χρήστη είναι λογικά ισοδύναμη στη Λογική Θύρα Υπηρεσίας από τη μεριά του χρήστη. Αξίζει να τονισθεί ότι πρέπει πρώτα να δημιουργηθεί μια Λογική Θύρα Υπηρεσίας και ακολούθως μια Λογική Θύρα Χρήστη να συσχετιστεί με αυτή.

7.7.1.7. Δημιουργία Λογικής Θύρα Υπηρεσίας (LSP) στον Κόμβο Παροχής Υπηρεσιών

Επιλέγοντας το πλήκτρο *LSP* το παράθυρο διαλόγου που φαίνεται στο Σχήμα 90 θα εμφανιστεί. Τότε μπορούμε να προβούμε στην απόδοση των τιμών που διακρίνονται στον Πίνακα 20.

Πίνακας 20 Απόδοση τιμών για τη δημιουργία Λογικής Θύρα Υπηρεσίας (LSP) στον Κόμβο Παροχής Υπηρεσιών.

<i>Parameter</i>	<i>Setting</i>	<i>Comment</i>
LSPID	1	ID assigned by operator
PSPI	2	
VPI	4	VPI dedicated to the B-BCC and RTMC protocols only, does not carry data
VPCI	1	This VPCI is reserved for the RTMC and B-BCC protocol VP
VCirtmc	32	RTMC is part of V _{B5.1} and V _{B5.2}
RTMC PCR	5	ATM cells/s
VCibbcc	33	B-BCC is a feature of V _{B5.2} only
BBCC PCR	5	ATM cells/s



Σχήμα 90 Παράθυρο διαλόγου ανάθεσης τιμών για τη δημιουργία Λογικής Θύρα Υπηρεσίας (LSP) στον Κόμβο Παροχής Υπηρεσιών.

Τώρα, ο χειριστής μπορεί να πατήσει το πλήκτρο *START* για να ξεκινήσει η λειτουργία του σημείου προσαρμογής V_{B5}. Όταν η ενέργεια εκκίνησης του πρωτοκόλλου Ελέγχου Διαχείρισης Πραγματικού Χρόνου τελειώσει επιτυχώς, η ένδειξη *OperState* θα μεταβληθεί σε *Enabled*. Αυτή η ενέργεια μπορεί να γίνει και από τον χειριστή του Κόμβου Παροχής Υπηρεσιών.

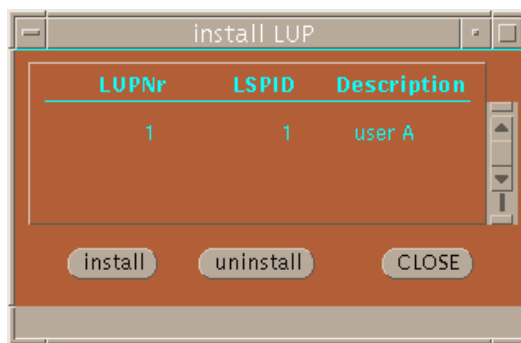
7.7.1.8. Δημιουργία Λογικής Θύρας Χρήστη (LUP) και συσχέτισης της με μια Λογική Θύρα Υπηρεσίας (LSP)

Επιλέγοντας το πλήκτρο *LUP* το παράθυρο διαλόγου που φαίνεται στο Σχήμα 91 θα εμφανιστεί. Τότε μπορούμε να προβούμε στην απόδοση των τιμών που διακρίνονται

στον Πίνακα 21 οι οποίες την συσχετίζουν με μια προϋπάρχουσα Λογική Θύρα Υπηρεσίας.

Πίνακας 21 Απόδοση τιμών για τη δημιουργία Λογικής Θύρας Χρήστη (LUP) και συσχέτισης της με μια Λογική Θύρα Υπηρεσίας (LSP).

<i>Parameter</i>	<i>Setting</i>	<i>Comment</i>
LUPNr	1	Unique number assigned by operator
LSPID	1	VB5 interface ID



Σχήμα 91 Παράθυρο διαλόγου για τη δημιουργία Λογικής Θύρας Χρήστη (LUP) και συσχέτισης της με μια Λογική Θύρα Υπηρεσίας (LSP).

7.7.1.9. Συσχέτιση συνδέσεων Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης με το σημείο προσαρμογής V_{B5}.

Έχοντας ήδη δημιουργήσει τα αντικείμενα Λογικών Θυρών Χρήστη, Λογικής Θύρας Υπηρεσίας, Νοητών Μονοπατιών, Νοητού Μονοπατιού Σημείου Προσαρμογής Κόμβου Παροχής Υπηρεσιών (SNI VP) και συνδέσεων, πρέπει τώρα ο χειριστής να δημιουργήσει συσχετίσεις ανάμεσα στα Νοητά Μονοπάτια και τις αντίστοιχες λογικές θύρες ώστε να περατωθεί η συσχέτιση του χρήστη με το σημείο προσαρμογής V_{B5}.

7.7.1.10. Συσχέτιση Νοητού Μονοπατιού Σημείου Προσαρμογής Κόμβου Παροχής Υπηρεσιών (SNI VP) με Λογική Θύρα Υπηρεσίας (LSP)

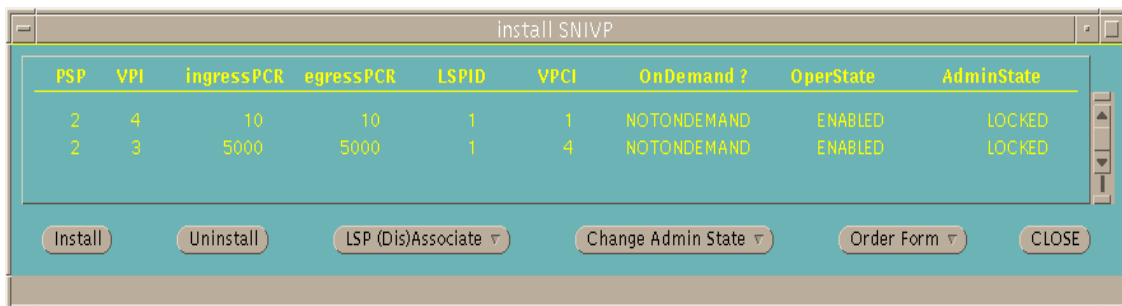
Έχοντας δημιουργήσει την απαιτούμενη Λογική Θύρα Υπηρεσίας, ο χειριστής του συστήματος επιστρέφει στο παράθυρο διαλόγου που προκύπτει από την επιλογή του πλήκτρου *SNIVP*, όπου γίνεται η συσχέτιση με το V_{B5}, όπως φαίνεται στο Σχήμα 92. Για να γίνει αυτό, ο χειριστής θα πρέπει πρώτα να μεταβάλει την κατάσταση διοικητικής διαχείρισης του Σημείου Προσαρμογής Φυσικής Θύρας Υπηρεσίας (PSPI) σε δεσμευμένη (locked) με την επιλογή του κατάλληλου πλήκτρου από την αντίστοιχη λίστα πλήκτρων επιλογής στο συγκεκριμένο παράθυρο διαλόγου. Τότε γίνεται δυνατή η απόδοση τιμών για το Σημείο Προσαρμογής Λογικής Θύρας Υπηρεσίας με συγκεκριμένη τιμή Ενδείκτη (LSPID) και της τιμής του Ενδείκτη Σύνδεσης Νοητού Μονοπατιού (VPCI), όπως φαίνεται στον Πίνακα 22. Κατόπιν, πρέπει να επανέλθει η κατάσταση διοικητικής διαχείρισης σε αποδεσμευμένη

(unlocked) ώστε να γίνει δυνατή η διακίνηση πακέτων πληροφορίας στο φυσικό μέσο.

Πίνακας 22 Απόδοση τιμών για τη συσχέτιση Νοητού Μονοπατιού Σημείου Προσαρμογής Κόμβου Παροχής Υπηρεσιών (SNI VP) με Λογική Θύρα Υπηρεσίας (LSP).

<i>Parameter</i>	<i>Setting</i>	<i>Comment</i>
PSPI	2	
VP	3	
LSPID	1	Must already exist
VPCI	4	Assigned by operator, must be unique within its LSP

Αξίζει να σημειωθεί ότι η τιμή 4 του Ενδείκτη Σύνδεσης Νοητού Μονοπατιού εμφανίζεται αυτόματα.



Σχήμα 92 Παράθυρο διαλόγου για τη συσχέτιση Νοητού Μονοπατιού Σημείου Προσαρμογής Κόμβου Παροχής Υπηρεσιών (SNI VP) με Λογική Θύρα Υπηρεσίας (LSP).

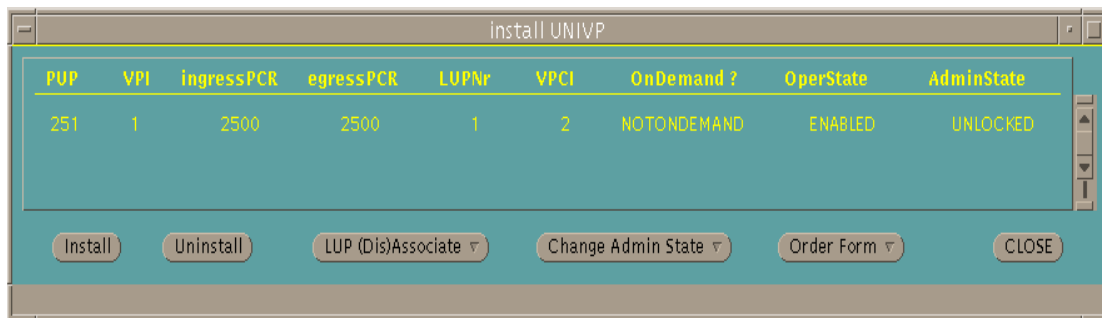
7.7.1.11. Συσχέτιση Νοητού Μονοπατιού Σημείου Προσαρμογής Χρήστη προς Δίκτυο (UNI VP) με Λογική Θύρα Χρήστη (LUP)

Δεδομένης της πρωθύτερης δημιουργίας της Λογικής Θύρας Χρήστη, ο χειριστής του συστήματος επιστρέφει στο παράθυρο διαλόγου που προκύπτει από την επιλογή του πλήκτρου *UNIVP*, όπου γίνεται η συσχέτιση με το V_{B5}, όπως φαίνεται στο Σχήμα 93. Για να γίνει αυτό, ο χειριστής θα πρέπει πρώτα να μεταβάλει την κατάσταση διοικητικής διαχείρισης του Σημείου Προσαρμογής Φυσικής Θύρας Χρήστη (PUPI) σε δεσμευμένη (locked) με την επιλογή του κατάλληλου πλήκτρου από την αντίστοιχη λίστα πλήκτρων επιλογής στο συγκεκριμένο παράθυρο διαλόγου. Τότε γίνεται δυνατή η συσχέτιση του Νοητού Μονοπατιού με μια Λογική Θύρα Χρήστη, όπου και γίνεται η απόδοση τιμών για τον Αριθμό Λογικής Θύρας Υπηρεσίας (LUPNr) και της τιμής του Ενδείκτη Σύνδεσης Νοητού Μονοπατιού, όπως φαίνεται στον Πίνακας 23. Κατόπιν, πρέπει να επανέλθει η κατάσταση διοικητικής διαχείρισης

σε αποδεδουλευμένη (unlocked) ώστε να γίνει δυνατή η διακίνηση πακέτων πληροφορίας στο φυσικό μέσο.

Πίνακας 23 Απόδοση τιμών για τη συσχέτιση Νοητού Μονοπατιού Σημείου Προσαρμογής Χρήστη προς Δίκτυο (UNI VP) με Λογική Θύρα Χρήστη (LUP) [χρήστης A].

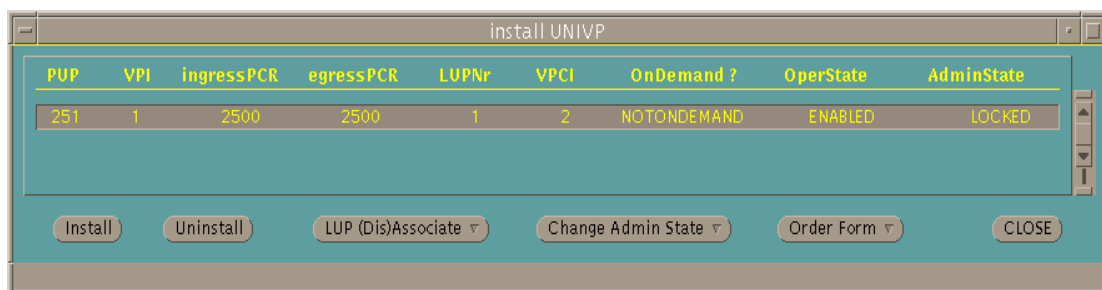
<i>Parameter</i>	<i>Setting</i>	<i>Comment</i>
PUPI	251	
VP	1	
LUPNr	1	Must already exist
VPCI	2	Assigned by operator, must be unique within its LUP



Σχήμα 93 Παράθυρο διαλόγου για τη συσχέτιση Νοητού Μονοπατιού Σημείου Προσαρμογής Χρήστη προς Δίκτυο (UNI VP) με Λογική Θύρα Χρήστη (LUP).

7.7.1.12. Παρακολούθηση μιας ζεύξης όταν η σύνδεση κοπεί

Έχοντας προβεί σε όλες τις ενέργειες για την εγκατάσταση Νοητών Μονοπατιών και την συσχέτιση τους με το σημείο προσαρμογής V_{B5}, είναι δυνατό να παρακολουθήσουμε την κατάσταση τους, με χρήση του πρωτοκόλλου Ελέγχου Διαχείρισης Πραγματικού Χρόνου, όπως φαίνεται στο Σχήμα 94.



Σχήμα 94 Παράδειγμα για τη παρακολούθηση μιας ζεύξης.

Για να γίνει δυνατή η διακίνηση πακέτων στο φυσικό μέσο, η αντίστοιχη κατάσταση λειτουργίας θα πρέπει να χαρακτηρίζεται επιτρεπτή (*enabled*) και η κατάσταση

διοικητικής διαχείρισης να χαρακτηρίζεται αποδεδευσμένη (*unlocked*). Ο χειριστής έχει τη δυνατότητα να δεσμεύσει ένα Νοητό Μονοπάτι με την επιλογή του κατάλληλου πλήκτρου και να παρακολουθήσει τις συνέπειες της ενέργειας του. Τότε το πρωτόκολλο Ελέγχου Διαχείρισης Πραγματικού Χρόνου θα δραστηριοποιηθεί, επιδεικνύοντας τη λειτουργικότητα του V_{B5}.

7.7.2. Επίδειξη λειτουργικότητας του V_{B5.2}

Το σημείο προσαρμογής V_{B5.2} αποτελεί υπερσύνολο του V_{B5.1}. Περιλαμβάνει τόσο το πρωτόκολλο Ελέγχου Διαχείρισης Πραγματικού Χρόνου όσο και το Πρωτόκολλο Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης, το οποίο επιτρέπει την δημιουργία συνδέσεων τόσο κατ' απαίτηση όσο και με ανάθεση. Αυτό γίνεται εφικτό λόγω της δυνατότητας του V_{B5.2} να εκτελεί λειτουργίες διασύνδεσης σε επίπεδο Νοητού Διαύλου στο Δίκτυο Πρόσβασης, με αποτέλεσμα την περισσότερο αποδοτική εκμετάλλευση των πόρων του Δικτύου Πρόσβασης.

Μια αφοσιωμένη σύνδεση Νοητού Μονοπατιού (VP), που θα εξυπηρετεί και τα δύο πρωτόκολλα του V_{B5.2} είναι αναγκαία, και ο Ενδείκτης Σύνδεσης Νοητού Μονοπατιού με τιμή 1 έχει δεσμευτεί για αυτό. Για το παράδειγμα που ακολουθεί πρέπει πριν εκκινηθεί η διαδικασία να απεγκατασταθούν όλες οι Συνδέσεις Νοητού Διαύλου (Virtual Channel Connections (VCCs)) και οι Συνδέσεις Νοητού Μονοπατιού, ως ακολούθως:

- Απεγκατάσταση Σύνδεσης Νοητού Διαύλου,
- Δέσμευση Νοητού Μονοπατιού,
- Αποσυσχέτιση, και
- Απεγκατάσταση Σύνδεσης Νοητού Μονοπατιού για τη μεριά του χρήστη μόνο.

Στο παράδειγμα θα γίνει χρήση της εφαρμογής ISABEL, που είναι μια προσαρμόσιμη στις ανάγκες του χρήστη εφαρμογή, σχεδιασμένη να προσφέρει υπηρεσίες τηλεεργασίας (*tele-working*), τηλεσυνδιασκεψής (*tele-conferencing*), κ.ά. και η οποία έχει χρησιμοποιηθεί ευρύτατα στα ερευνητικά προγράμματα RACE/ACTS που επιδοτούνται από την Ευρωπαϊκή Κοινότητα. Χαρακτηριστικά της εφαρμογής είναι η δυνατότητα διασύνδεσης μεγάλου αριθμού αλληλεπιδρόμενων χρηστών, η διασύνδεση χρηστών που χρησιμοποιούν δίκτυα ετερογενούς τεχνολογίας, και η επίτευξη ενοποιημένης διαχείρισης γεγονότων.

Ξεκινώντας από ένα σημείο βασισμένοι στο προηγούμενο παράδειγμα, θεωρούμε πως οι λογικές θύρες παραμένουν ως είχαν (για την εγκατάσταση του σημείου προσαρμογής V_{B5.2}), σύμφωνα με τις παραγράφους 7.7.1.7. και 7.7.1.8. .

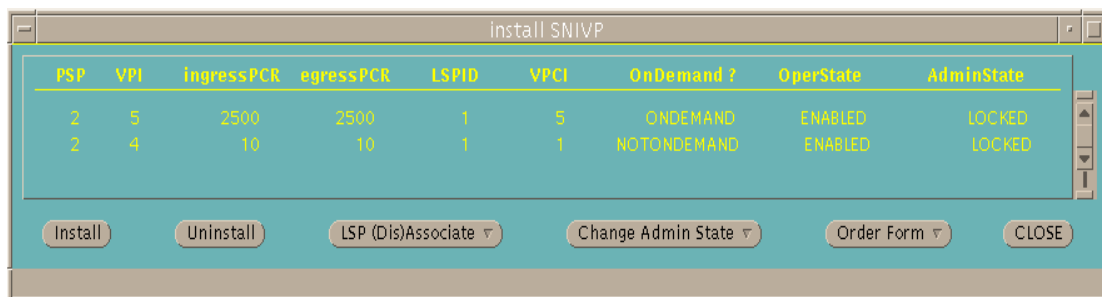
7.7.2.1. Ανάθεση ενός κατά παραγγελία Νοητού Μονοπατιού στον Κόμβο Παροχής Υπηρεσιών

Για αυτή την ενέργεια ανατρέχουμε στο παράθυρο διαλόγου που αντιστοιχεί στην επιλογή του πλήκτρου *SNIVP* και αποδίδουμε τις τιμές που διακρίνονται στον Πίνακα 24, είναι δε δυνατή η άμεση συσχέτιση του με την Λογική Θύρα Υπηρεσίας

που ήδη υπάρχει. Στο Σχήμα 95 διακρίνεται εκτός από τις τιμές που μόλις αναθέσαμε και οι τιμές για το Νοητό Μονοπάτι που φέρει το πρωτόκολλο Ελέγχου Διαχείρισης Πραγματικού Χρόνου και το Πρωτόκολλο Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης.

Πίνακας 24 Απόδοση τιμών σε ένα κατά παραγγελία Νοητό Μονοπάτι (OnDemand VP) στον Κόμβο Παροχής Υπηρεσιών.

<i>Parameter</i>	<i>Setting</i>	<i>Comment</i>
OnDemand?	ON DEMAND	B-BCC protocol allocates the bandwidth on a connection by connection basis
PSPI	2	
VPI	5	Allowed values : 0 to 15
Ingress PCR	2500 (ATM cells/s)	= 2500*53*8 =1.06 Mbits/s bandwidth
Egress PCR	2500 (ATM cells/s)	= 2500*53*8 =1.06 Mbits/s bandwidth
LSPID	1	
VPCI	5	



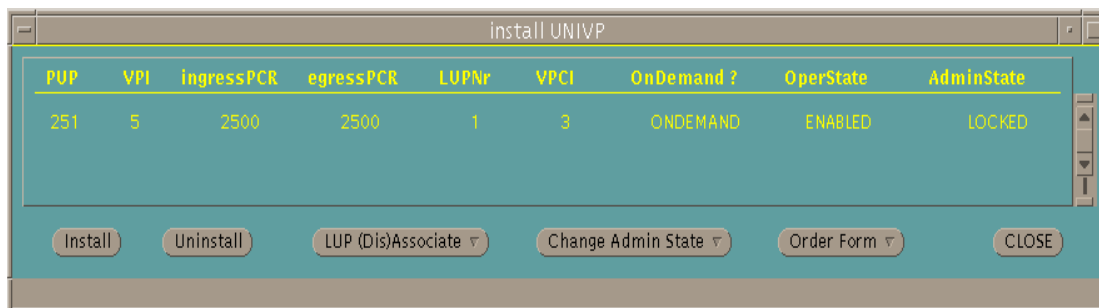
Σχήμα 95 Παράθυρο διαλόγου για την απόδοση τιμών σε ένα κατά παραγγελία Νοητό Μονοπάτι (OnDemand VP) στον Κόμβο Παροχής Υπηρεσιών.

7.7.2.2. Ανάθεση κατά παραγγελία πόρων στο Δίκτυο Πρόσβασης και συσχέτιση τους με το σημείο προσαρμογής V_{B5.2}

Κατά παραγγελία Νοητά Μονοπάτια ανατίθενται με χρήση του παραθύρου διαλόγου που προκύπτει με την επιλογή του πλήκτρου *UNIVP*, όπως φαίνεται στο Σχήμα 96. Οι χρήστες που εμπλέκονται στο παράδειγμα έχουν συσχετισθεί με τις Λογικές Θύρες Χρήστη που έχουν δημιουργηθεί πρωτύτερα. Τυπικές τιμές απόδοσης φαίνονται στους Πίνακας 25 και Πίνακας 26.

Πίνακας 25 Απόδοση τιμών για κατά παραγγελία ανάθεση πόρων στο Δίκτυο Πρόσβασης [χρήστης A].

<i>Parameter</i>	<i>Setting</i>	<i>Comment</i>
OnDemand?	ON DEMAND	B-BCC protocol allocates the bandwidth on a connection by connection basis
PUPI	251	Port #1 of T-card #5 in ONU #2
VPI	5	Allowed values : 0 to 255
Ingress PCR	2500 (ATM cells/s)	= 2500*53*8 =1.06 Mbits/s bandwidth
Egress PCR	2500 (ATM cells/s)	= 2500*53*8 =1.06 Mbits/s bandwidth
LUPNr	1	
VPCI	3	



Σχήμα 96 Παράθυρο διαλόγου για την απόδοση τιμών σε κατά παραγγελία ανάθεση πόρων στο Δίκτυο Πρόσβασης.

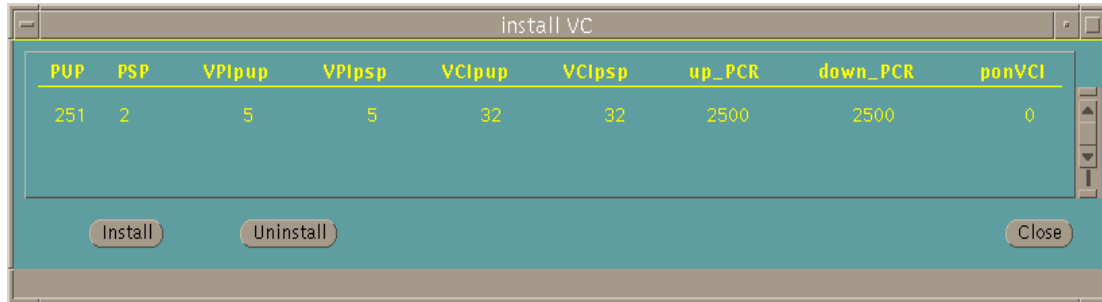
7.7.2.3. Σύνδεση χρήστη A με χρήστη B

Αφού εγκατασταθούν τα κατά παραγγελία Νοητά Μονοπάτια και συσχετιστούν με τις αντίστοιχες λογικές πόρτες, γίνεται δυνατή η λειτουργία διασύνδεσης σε επίπεδο Νοητών Διαύλων στο Δίκτυο Πρόσβασης μεταξύ χρήστη και Κόμβου Παροχής Υπηρεσιών μέσω του σημείου προσαρμογής V_{B5.2}, με χρήση του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης το οποίο χειρίζεται τις κατά παραγγελία συνδέσεις. Οι ρυθμίσεις που φαίνονται στον Πίνακας 26 και στο Σχήμα 97 δεν γίνονται από τον χειριστή του συστήματος, αλλά από το λογισμικό της οντότητας Ελέγχου Κλήσης (CC).

Πίνακας 26 Παράθεση τιμών κατά τη σύνδεση χρήστη A με χρήστη B.

<i>Parameter</i>	<i>Setting</i>	<i>Comment</i>
PUPI	251	
PSPI	2	
VPIrup	5	
VPIrsp	5	

VCIpup	32	
VCIpsp	32	
upstream PCR	2500 (ATM cells/s)	
downstream PCR	2500 (ATM cells/s)	



Σχήμα 97 Παράθυρο διαλόγου απεικόνισης τιμών κατά τη σύνδεση χρήστη A με χρήστη B.

7.7.2.4. Απεγκατάσταση των συνδέσεων, Νοητών Μονοπατιών και Λογικών Θυρών

Φτάνοντας στο τέλος της επίδειξης, για να μπορέσουμε να εκκινήσουμε την διαδικασία από την αρχή θα πρέπει πρώτα να ανατρέξουμε όλες τις ρυθμίσεις που κάναμε, να απεγκαταστήσουμε δηλαδή κάθε σύνδεση (δηλαδή απεγκατάσταση Νοητού Διαύλου), Νοητό Μονοπάτι και Λογική Θύρα, ως ακολούθως:

Απεγκατάσταση Νοητών Μονοπατιών Σημείου Προσαρμογής Χρήστη προς Δίκτυο (UNI VP):

Από το παράθυρο διαλόγου που προκύπτει με την επιλογή του πλήκτρου *UNIVP* κάνουμε τα εξής:

- Επιλέγουμε τα κατά παραγγελία Νοητά Μονοπάτια (OnDemand VPs) και αλλάζουμε την κατάσταση διοικητικής διαχείρισης τους σε δεσμευμένα (LOCKED),
- Καταργούμε την συσχέτιση τους με Λογικές Θύρες Χρήστη (LUPs),
- Απεγκαταστούμε αυτά τα Νοητά Μονοπάτια (VPs),
- Επιλέγουμε τα ανατεθειμένα Νοητά Μονοπάτια και αλλάζουμε την κατάσταση διοικητικής διαχείρισης τους σε δεσμευμένα (LOCKED),
- Καταργούμε την συσχέτιση τους με Λογικές Θύρες Χρήστη και τα απεγκαταστούμε.

Απεγκατάσταση Νοητών Μονοπατιών Σημείου Προσαρμογής Χρήστη προς Υπηρεσίας (SNI VP):

Από το παράθυρο διαλόγου που προκύπτει με την επιλογή του πλήκτρου *UNIVP* κάνουμε τα εξής:

- Δεν πειράζουμε το Νοητό Μονοπάτι που μεταφέρει τα πρωτόκολλα του V_{B5.2}.
- Επιλέγουμε τα κατά παραγγελία Νοητά Μονοπάτια (OnDemand VPs) και αλλάζουμε την κατάσταση διοικητικής διαχείρισης τους σε δεσμευμένα (LOCKED),
- Καταργούμε την συσχέτιση τους με Λογικές Θύρες Υπηρεσίας (LSPs),
- Απεγκαταστούμε αυτά τα Νοητά Μονοπάτια (VPs),
- Επιλέγουμε τα ανατεθειμένα Νοητά Μονοπάτια και αλλάζουμε την κατάσταση διοικητικής διαχείρισης τους σε δεσμευμένα (LOCKED), και
- Καταργούμε την συσχέτιση τους με Λογικές Θύρες Υπηρεσίας.

Απεγκατάσταση Λογικών Θυρών Χρήστη (LUPs):

Από το παράθυρο διαλόγου που προκύπτει με την επιλογή του πλήκτρου *LUP* απεγκαταστούμε όλες τις Λογικές Θύρες Χρήστη (LUPs).

Απεγκατάσταση Λογικών Θυρών Υπηρεσίας (LSPs):

Από το παράθυρο διαλόγου που προκύπτει με την επιλογή του πλήκτρου *LSP* απεγκαταστούμε όλες τις Λογικές Θύρες Υπηρεσίας (LSPs).

Τώρα η διαδικασία μπορεί να ξεκινήσει πάλι από τη αρχή.

7.8. Αναφορές

- [1] ETSI Draft EN/SPS-03047-1, “*V interfaces at the digital Service Node; Interfaces at the V_{B5.1} reference point for the support of broadband or combined narrowband and broadband Access Networks; Part 1: Interface specification*”, Version 1.1.1, March 1997.
- [2] ETSI Draft EN 301 005-1, “*V interfaces at the digital Service Node; Interfaces at the V_{B5.1} reference point for the support of broadband or combined narrowband and broadband Access Networks; Part 1: Interface specification*”, Version 0.11.0, July 1997.
- [3] ITU-T Recommendation Q.2130 (ETS 300 437-1), “*B-ISDN Signalling ATM Adaptation Layer - Service Specific Coordination Function for support of signalling at the User Network Interface (SSFC at UNI)*”, July 1994
- [4] ITU-T Recommendation I.361, “*B-ISDN ATM layer specification*”, August 1995
- [5] ITU-T Recommendation I.363.5, “*B-ISDN Adaptation Layer (AAL) type 5 specification*”, October 1995
- [6] ITU-T Recommendation Q.2110 (ETS 300 436-1), “*Broadband Integrated Services Digital Network; Signalling ATM Adaptation Layer (SAAL); Service Specific Connection Oriented Protocol (SSCOP); Part 1: Protocol specification*”, November 1995

- [7] ITU-T I.751, “*Asynchronous Transfer Mode Management of the Network Element View*”, March 1996.
- [8] ITU-T, “*Revised Draft Recommendation Q.825.2*”, January 1998.
- [9] Draft EN DE/SPS-03049-1, “*Q₃ interface specification for V_{B5} reference points for the support of broadband or combined narrowband/broadband access networks; Part 1: Q₃ interface specification for V_{B5.1} reference points*”, Version 3c, July 1996.
- [10] ITU-T M.3100, “*Generic Network Information Model*”, October 1992.
- [11] BONAPARTE Deliverable 15, “*V_{B5} Interface High Level Specifications*”, November 1996.
- [12] BONAPARTE Deliverable 18, “*V_{B5} Interface Low Level Specifications*”, August 1997.
- [13] ITU Revised draft recommendation Q.832.1, July 1998.
- [14] ITU Revised draft recommendation Q.825.2, January 1998.
- [15] I. A. Pikrammenos, A. Markou, I. S. Venieris, “*Telecommunications Management Network Enhancements due to the V_{B5.2} Implementation*”, ComCon’99, Athens, June 1999.
- [16] ITU-T X.701, “*Information Technology – Open System Interconnection – Systems Management Overview*”, July 1991.
- [17] ITU-T M.3010, “*Principles for a Telecommunications Management Network, Working Party IV*”, December 1991.
- [18] Network Working Group, Request for Comments 1157, “*A Simple Network Management Protocol (SNMP)*”, J. Case, M. Fedor, M. Schoffstall, J. Davin, May 1990.
- [19] Object Management Group, “*The Common Object Request Broker Architecture and Specification (CORBA)*”, 1991.
- [20] ITU-T X.710, “*Information Technology – Open System Interconnection – Common Management Information Service Definition*”, Version 2, July 1991.
- [21] D. E. McDysan, D. L. Spohn, “*ATM Theory and Application*”, McGraw-Hill, Inc. 1994.
- [22] U. Black, “*ATM Volume I: Foundation for Broadband Networks, 2nd Edition*”, Prentice-Hall Inc. 1999.
- [23] U. Killat, “*Access to B-ISDN via PONs*”, Wiley 1996.
- [24] Ι. Σ. Βενιέρης, «*Δίκτυα Ευρείας Ζώνης*», ΕΜΠ, 1998.
- [25] J. A. Sanchez-Papaspiliu, “*The OSI Structure of management Information Guidelines for the Definition of Management Objects*”, NTUA.
- [26] Β. Μάγκλαρης, Τ. Χιώτης, Θ. Καρούνος, Φ. Σταματελόπουλος, “*Διαχείριση Δικτύων Υπολογιστών*”, ΕΜΠ 1994.
- [27] H.-G. Hegering S. Abeck, B. Nuemair, “*Integrated Management of Networked Systems*”, Morgan Kaufmann Publishers 1998.

Ελληνικό Ευρετήριο Όρων

Άδεια πρόσβασης	<i>Permit</i>
Αλληλεπιδραστική έκρηξη κίνησης	<i>Interactive burst</i>
Αλληλεπιδραστική ομαδική μεταφορά	<i>Interactive bulk transfer</i>
Ανάδραση Χρησιμοποίησης	<i>Usage Feedback</i>
Αναδραστικός έλεγχος	<i>Reactive control</i>
Ανάθεση εκ των προτέρων	<i>Pre-assigned</i>
Αναμεταδότης Σταθμού Βάσης	<i>Base Transceiver Station (BTS)</i>
Αναπαραγωγή	<i>Playback</i>
Αναπροσαρμογή της διαδρομής κλήσης	<i>Streamlining</i>
Ανεκτική Εφαρμογή	<i>Tolerant Application</i>
Ανεκτός (ή Μέσος) Ρυθμό Πακέτων	<i>Sustainable Cell Rate (SCR)</i>
Ανοδική κατεύθυνση	<i>Upstream</i>
Αντικείμενο Διαχείρισης	<i>Managed Object (MO)</i>
Απευθείας επικοινωνία με χρήση του Πρωτοκόλλου Διαδικτύου	<i>IP tunneling</i>
Απλή εκπομπή	<i>Unicast</i>
Απλό Πρωτόκολλο Διαχείρισης Δικτύου	<i>Simple Network Management Protocol (SNMP)</i>
Από σημείο προς πολλαπλά σημεία	<i>Point-to-multipoint</i>
Από σταθμό άλματος σε σταθμό άλματος	<i>hop-by-hop</i>
Αποδεσμευμένη	<i>Unlocked</i>
Αποδοχή Κλήσης	<i>Admission Control</i>
Απομάστευση	<i>Tap</i>

Απόρριψη Πακέτου	<i>Packet Dropping</i>
Αποτελεσματικότητα	<i>Efficiency</i>
Αποφυγή συμφόρησης	<i>Congestion avoidance</i>
Απροσδιόριστος Ρυθμός	<i>Unspecified Bit Rate (UBR)</i>
Αργοπορία	<i>Latency</i>
Αριθμός Λογικής Θύρας Υπηρεσίας	<i>LUPNr</i>
Αρχιτεκτονική Διαμεσολάβησης Αίτησης Κοινού Αντικειμένου του Οργανισμού Διαχείρισης Αντικειμένου	<i>Object Management Group (OMG) Common Object Request Broker Architecture (CORBA)</i>
Αρχιτεκτονική Διαφοροποιημένων Υπηρεσιών	<i>Differentiated Services (DS)</i>
Αρχιτεκτονική Ενοποιημένων Υπηρεσιών	<i>Integrated Services (IS)</i>
Αστυνόμευση	<i>Policing</i>
Ασύγχρονη ομαδική μεταφορά	<i>Asynchronous bulk transfer</i>
Ασύγχρονος Τρόπος Μετάδοσης	<i>Asynchronous Transfer Mode (ATM)</i>
Ασφάλεια	<i>Security</i>
Αυτοδύναμο πακέτο	<i>Datagram</i>
Αυτόκλητη άδεια	<i>Unsolicited</i>
Βάση Δεδομένων	<i>Database (DB)</i>
Βάση Δεδομένων των Πόρων	<i>Resource Database</i>
Βολιδοσκόπηση	<i>Ping</i>
Βραχεία θυρίδα	<i>Short slot</i>
Γενικό Σημείο Προσαρμογής	<i>Generic Interface</i>
Γραφικό Περιβάλλον Σημείου Προσαρμογής Χρήστη	<i>Graphical User Interface (GUI)</i>
Δέντρο Περιεκτικότητας	<i>Containment Tree</i>
Δέντρο πολλαπλής εκπομπής	<i>Multicast tree</i>
Δεσμευμένη	<i>Locked</i>
Δημόσιο Μεταγώμενο Τηλεφωνικό Δίκτυο	<i>Public Switched Telephone Network (PSTN)</i>
Διάγραμμα Συσχέτισης Αντικειμένων	<i>Entity Relationship Diagram (ERD)</i>
Διαδίκτυο	<i>Internet</i>
Διαθέσιμος Ρυθμός	<i>Available Bit Rate (ABR)</i>
Διακύμανση της Καθυστέρησης Πακέτου	<i>Cell Delay Variation (CDV)</i>

Διαμοιρασμός Ζεύξης	<i>Link Sharing</i>
Διαμοιρασμός των Πόρων	<i>Resource Sharing</i>
Διαμορφωτής - Αποδιαμορφωτής	<i>modem</i>
Διαστασιολόγηση	<i>Ranging</i>
Διασύνδεση	<i>Cross Connect (XC)</i>
Διασύνδεση σε επίπεδο Νοητού Διαύλου	<i>Virtual Channel Cross Connect (VCXC)</i>
Διασύνδεση σε επίπεδο Νοητού Μονοπατιού	<i>Virtual Path Cross Connect (VPXC)</i>
Διαφοροποίηση μακροσκοπικής κλίμακας	<i>Macro-diversity</i>
Διαχείριση Ασφάλειας	<i>Security Management</i>
Διαχείριση Διάταξης	<i>Configuration Management</i>
Διαχείριση Επίδοσης	<i>Performance Management</i>
Διαχείριση Κινητικότητας	<i>Mobility Management</i>
Διαχείριση Λογιστικής	<i>Accounting Management</i>
Διαχείριση Στοιχείου Δικτύου Πρόσβασης	<i>AN Element Management</i>
Διαχείριση Συστήματος V _{B5}	<i>V_{B5} System Management (VSM)</i>
Διαχείριση Σφάλματος	<i>Fault Management</i>
Διαχείριση των Πόρων του Ασύρματου μέρους του συστήματος	<i>Radio Resource Management (RRM)</i>
Διαχείρισης Γεγονότων που σχετίζονται με τη Βάση Δεδομένων	<i>Database Event Handler (EVH)</i>
Διαχειριστής – ανταποκριτής	<i>Manager – agent</i>
Διευθυνσιοδότηση	<i>Addressing</i>
Δίκαια εναπόθεση σε ουρά	<i>Weighted fair queueing</i>
Δίκτυο Διαχείρισης Τηλεπικοινωνιών	<i>Telecommunications Management Network (TMN)</i>
Δίκτυο Κορμού	<i>Core Network (CN)</i>
Δίκτυο Πρόσβασης	<i>Access Network (AN)</i>
Δομή	<i>Format</i>
Δομικό στοιχείο ελέγχου κίνησης πακέτων	<i>Traffic control module</i>
Δοχείο αδειών	<i>Token bucket</i>
Δρομολόγηση συνδέσεων	<i>Routing</i>

Δρομολογητής	<i>Router</i>
Δυαδικό Ψηφίο	<i>Bit</i>
Δυναμική διαστασιολόγηση	<i>Dynamic ranging</i>
Εγγυημένη Υπηρεσία	<i>Guaranteed Service</i>
Ειδικό για κάθε Κάρτα Λογισμικό διαδικασιών Λειτουργίας, Επίβλεψης και Διαχείρισης	<i>Board specific OAM Software (BOS)</i>
Εικονική συνδιάσκεψη	<i>Videoconference</i>
Εκατομμύρια ψηφία ανά δευτερόλεπτο	<i>Mbps</i>
Εκρηκτικός τρόπος λειτουργίας	<i>Burst mode</i>
Εκτός πεδιάς	<i>External</i>
Ελαστική Εφαρμογή	<i>Elastic Application</i>
Ελάχιστο Άνω Όριο	<i>Least Upper Bound</i>
Ελεγκτή Σταθμού Βάσης	<i>Base Station Controller (BSC)</i>
Ελεγκτής Ασύρματου Δικτύου	<i>Radio Network Controller (RNC)</i>
Ελεγχόμενη καθυστέρηση	<i>Controlled delay</i>
Ελεγχόμενος επιμερισμός ζεύξεων	<i>Controlled link sharing</i>
Έλεγχος Κλήσης / Σύνδεσης	<i>Call / Connection Control (CC)</i>
Έλεγχος Αποδοχής Κλήσης	<i>Call Admission Control (CAC)</i>
Έλεγχος Ασύρματου Καναλιού	<i>Radio Channel Control (RCC)</i>
Έλεγχος και επαναφορά	<i>Consistency</i>
Έλεγχος Λαθών Επικεφαλίδας	<i>Header Error Control (HEC)</i>
Έλεγχος Παραμέτρων Χρήστη	<i>User Parameter Control (UPC)</i>
Έλεγχος Πολιτικής	<i>Policy Control</i>
Έλεγχος ροής πακέτων	<i>Flow control</i>
Έλεγχος συμφόρησης πακέτων	<i>Congestion control</i>
Έλεγχος Φέροντος Διαύλου	<i>Bearer Channel Control</i>
Έμμεσα	<i>Implicitly</i>
Έναρξη – Διακοπή	<i>On-Off</i>
Ενδείκτης Νοητού Διαύλου	<i>Virtual Channel Identifier (VCI)</i>
Ενδείκτης Νοητού Μονοπατιού	<i>Virtual Path Identifier (VPI)</i>
Ενδείκτης ροής	<i>Flow id</i>
Ενδείκτης Σύνδεσης	<i>Connection identifier</i>
Ενδείκτης Σύνδεσης Νοητού	<i>VPCI</i>

Μονοπατιού	
Ενημέρωση θέσης	<i>Location update</i>
Ενημέρωση κυρίαρχου χώρου	<i>Domain update</i>
Ενοποιημένες Υπηρεσίες	<i>Integrated Services (IS)</i>
Εντός ζώνης πρωτόκολλα	<i>In band protocols (IBP)</i>
Εντός πεδιάς	<i>Internal</i>
Εξακρίβωση αυθεντικότητας	<i>Authentication</i>
Εξασφαλισμένη Προώθηση	<i>Assured Forwarding</i>
Εξυπηρετητής	<i>Host</i>
Εξυπηρετητής Βάσης Δεδομένων	<i>Data Base Server (DBS)</i>
Επίγειο Ασύρματο Δίκτυο Πρόσβασης του Γενικευμένου Συστήματος Κινητών Επικοινωνιών	<i>UMTS Terrestrial Access Network (UTRAN)</i>
Επίδοση	<i>Performance</i>
Επίπεδο Διαχείρισης	<i>Management plane</i>
Επίπεδο Ελέγχου	<i>Control plane</i>
Επίπεδο Χρήστη	<i>User plane</i>
Επισπευμένη Προώθηση	<i>Expedited Forwarding</i>
Επιτρεπόμενη Μορφή Κίνησης Πακέτων	<i>Allowed traffic pattern</i>
Ευρείας Ζώνης	<i>Broadband (BB)</i>
Ευρωπαϊκός Οργανισμός Τηλεπικοινωνιακών Προτύπων	<i>European Telecommunications Standards Institute (ETSI)</i>
Εφαρμογή αναπαραγωγής	<i>Playback application</i>
Εφαρμογή απόμακρης σύνδεσης	<i>Telnet</i>
Ζεύξη δεδομένων	<i>Data link</i>
Ζεύξη Νοητού Διαύλου	<i>Virtual Channel Link (VCL)</i>
Ζεύξη Νοητού Μονοπατιού	<i>Virtual Channel Link (VCL)</i>
Ηγέτη – Ακόλουθου	<i>Master-slave</i>
Ηλεκτρονικό ταχυδρομείο	<i>e-mail</i>
Ήχος	<i>Sound</i>
Ισοδύναμη Χωρητικότητα	<i>Equivalent Capacity</i>
Ισονομία	<i>Fairness</i>
Καθοδική κατεύθυνση	<i>Downstream</i>
Καθολική εκπομπή	<i>Broadcast</i>

Καθολικός ενδείκτης	<i>Wildcard</i>
Καθυστέρηση λόγω εναπόθεσης πακέτων σε ουρά	<i>Queueing delay</i>
Καθυστέρηση μετάβασης μετ' επιστροφής	<i>Round trip delay</i>
Καλωδιακή Τηλεόραση	<i>Cable TV (CATV)</i>
Κάρτα Ελέγχου, διαδικασιών Λειτουργίας, Επίβλεψης και Διαχείρισης (OAM) αλλά και Διαχείρισης	<i>Control, OAM and Management (COM) board</i>
Κατά παραγγελία	<i>On demand</i>
Κατάσταση δέσμευσης	<i>Reservation state</i>
Κατάσταση διαδρομής	<i>Path state</i>
Κατάτμηση και Επανένωσης	<i>Segmentation and Reassembly (SAR)</i>
Καταχώρηση χρήστη	<i>User registration</i>
Καταχωρητής Εγγραφής Ταυτότητας Εξοπλισμού	<i>Equipment Identity Register (EIR)</i>
Καταχωρητής Τοποθεσίας Βάσης	<i>Home Location Register (HLR)</i>
Καταχωρητής Τοποθεσίας Επισκέπτη	<i>Visitor Location Register (VLR)</i>
Κεντρικό Επικεφαλής Σύστημα	<i>Head-end</i>
Κέντρο Ανταλλαγής	<i>Local Exchange (LEX)</i>
Κέντρο Διαχείρισης και Λειτουργίας	<i>Operation and Maintenance Centre (OMC)</i>
Κέντρο Μεταγωγής Κινητών Υπηρεσιών	<i>Mobile Services Switch Center (MSC)</i>
Κέντρο Ταυτοποίησης	<i>Authentication Centre (AC)</i>
Κινητικότητα χρήστη	<i>User mobility</i>
Κινητός Σταθμός	<i>Mobile Station (MS)</i>
Κλασικό Πρωτόκολλο Διαδικτύου	<i>Classical IP (CLIP)</i>
Κλειδί κωδικοποίησης	<i>Encryption key</i>
Κοινό Λογισμικό διαδικασιών Λειτουργίας, Επίβλεψης και Διαχείρισης	<i>Common OAM Software (COS)</i>
Κόμβος Παροχής Υπηρεσιών	<i>Service Node (SN)</i>
Κρυπτογράφηση	<i>Encryption</i>
Κυκλική λειτουργία	<i>Round robin</i>

Κυψέλη	<i>Cell</i>
Λειτουργία Διαλειτουργικότητας	<i>Interworking Function (IWF)</i>
Λειτουργία Διαλειτουργικότητας / Αντιστοίχισης	<i>Interworking / Mapping Function</i>
Λειτουργία Ελέγχου Κίνησης Πακέτων	<i>Interworking / Mapping Function</i>
Λειτουργία Εφαρμογών Διαχείρισης	<i>Management Application Function (MAF)</i>
Λειτουργία Προσαρμογής Πρόσβασης	<i>Access Adaptation Function</i>
Λειτουργία Πυρήνα Δικτύου Πρόσβασης	<i>AN Kernel Function</i>
Λειτουργία Σημείου Προσαρμογής με Δίκτυο Κορμού	<i>Core Interface Function</i>
Λειτουργία Σημείου Προσαρμογής με Χρήστη	<i>User Interface Function</i>
Λειτουργία Συντονισμού Βασισμένη στην Υπηρεσία	<i>Service Specific Co-ordination Function (SSCF)</i>
Λειτουργία του Προσανατολισμένου σε Σύνδεση Πρωτοκόλλου Βασισμένου στην Υπηρεσία	<i>Service Specific Connection Oriented Protocol (SSCOP)</i>
Λειτουργία, Επίβλεψη και Διαχείριση	<i>Operation, Administration and Management (OAM)</i>
Λειτουργική Μονάδα Ελέγχου Πολιτικής	<i>Policy Control</i>
Λειτουργική Μονάδα Κατάταξης σε Κλάσεις Πακέτου	<i>Packet Classifier</i>
Λειτουργική Μονάδα Προγραμματισμού Πακέτου	<i>Packet Scheduler</i>
Λογική Θύρα Υπηρεσίας	<i>Logical Service Port (LSP)</i>
Λογική Θύρα Χρήστη	<i>Logical User Port (LUP)</i>
Λογισμικό	<i>Software</i>
Λογισμικό Κοινού Ανταποκριτή	<i>Common Agent Software (CAS)</i>
Λογισμικό Κοινού Διαχειριστή	<i>Common Manager Software (CMS)</i>
Λογιστική	<i>Accounting</i>
Λογιστική του Δικτύου	<i>Network Accounting</i>
Μέγιστο Κάτω Όριο	<i>Greatest Lower Bound</i>
Μέγιστος Ρυθμός Μετάδοσης	<i>Peak Cell Rate (PCR)</i>
Μετάδοση Φωνής πάνω από Πρωτόκολλο Διαδικτύου	<i>Voice over IP (VoIP)</i>

Μεταπομπή κλήσης	<i>Handover</i>
Μη Ανεκτική Εφαρμογή	<i>Intolerant Application</i>
Μη προσανατολισμένων σε σύνδεση δικτύων	<i>Connectionless</i>
Μήνυμα ανανέωσης	<i>Refresh message</i>
Μικρή χρονοθυρίδα κρατήσεων	<i>Reservation mini-slot</i>
Μονάδα Δεδομένων Υπηρεσίας	<i>Service Data Unit (SDU)</i>
Μονάδα Δικτύου	<i>Network Unit (NU)</i>
Μονόδρομος	<i>Simplex</i>
Μοντέλο Δέσμευσης	<i>Reservation Model</i>
Μοντέλο Πληροφορίας	<i>Information Model (IM)</i>
Νοητό Μονοπάτι	<i>Virtual Path (VP)</i>
Νοητό Μονοπάτι Σημείου Προσαρμογής Κόμβου Παροχής Υπηρεσιών	<i>SNI VP</i>
Νοητός Δίαυλος	<i>Virtual Channel (VC)</i>
Οκτάδα διαδικιών ψηφίων	<i>Byte</i>
Ομάδα Εργασίας Μηχανικής Διαδικτύου	<i>Internet Engineering Task Force (IETF)</i>
Ομάδα Οικιακών Ευρείας Ζώνης θεμάτων του οργανισμού Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης	<i>ATM Forum – Residential Broadband (RBB) group</i>
Ομάδα πολλαπλής εκπομπής	<i>Multicast group</i>
Οπτική Μονάδα Δικτύου	<i>Optical Network Unit (ONU)</i>
Οπτικό Δίκτυο Διανομής	<i>Optical Distribution Network (ODN)</i>
Οπτικός Τερματισμός Γραμμής	<i>Optical Line termination (OLT)</i>
Οργανισμός Δικτύου Πρόσβασης Απάντων Υπηρεσιών	<i>Full Service Access Network (FSAN)</i>
Οργανισμός λειτουργίας δικτύου	<i>Network operator</i>
Οργανισμός παροχής υπηρεσιών	<i>Service provider</i>
Οργανισμός Παροχής Υπηρεσιών Διαδικτύου	<i>Internet Service Provider (ISP)</i>
Οργανισμός Παροχής Υπηρεσιών Διαδικτύου	<i>Internet Service Provider (ISP)</i>
Όριο μετάπτωσης κατάστασης	<i>Threshold (th)</i>
Ορισμός Κίνησης Πακέτων	<i>Traffic specification (TSpec)</i>
Ορισμός Προϋποθέσεων Υπηρεσίας	<i>Service request specification</i>

	<i>(RSpec)</i>
Ορισμός Ροής Πακέτων	<i>Flow specification (flowspec)</i>
Ορισμός Φίλτρου	<i>Filter spec</i>
Παγκόσμιο Σύστημα για τις Κινητές Επικοινωνίες	<i>Global System for Mobile telecommunications (GSM)</i>
Παγκόσμιο Σύστημα Κινητών Τηλεπικοινωνιών	<i>Universal Mobile Telecommunications System (UMTS)</i>
Παθητικά Οπτικά Δίκτυα βασισμένα σε τεχνολογία Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης	<i>ATM Passive Optical Networks (APONs)</i>
Παθητικό Οπτικό Δίκτυο	<i>Passive Optical Network (PON)</i>
Παθητικό Οπτικό Δίκτυο δεύτερης γενιάς	<i>SuperPON</i>
Πεδίο αιτήσεων με υπέρθεση	<i>Piggy-backed</i>
Πεζοδρόμιο	<i>Kerb</i>
Περιοδική	<i>Roaming</i>
Πιστότητα	<i>Fidelity</i>
Πιστωτική Μονάδα	<i>Credit</i>
Πλατφόρμα Υπηρεσίας Πληροφορίας Διαχείρισης του Διεθνούς Οργανισμού Τυποποίησης	<i>OSI Management Information Service (OSIMIS)</i>
Πλήρης μεταπομπή κλήσης	<i>Hard handover</i>
Ποιότητα Υπηρεσίας	<i>Quality of Service (QoS)</i>
Πολλαπλή εκπομπή	<i>multicast</i>
Πολλαπλή Πρόσβαση Διαμοιρασμού Μήκους Κύματος	<i>Wavelength Division Multiple Access (WDMA)</i>
Πολλαπλή Πρόσβαση Διαμοιρασμού Χρόνου	<i>Time Division Multiple Access (TDMA)</i>
Πολυπλεξία Διαμοιρασμού Συχνότητας	<i>Frequency Division Multiplexing (FDM)</i>
Πραγματικού χρόνου κινούμενη εικόνα	<i>Video</i>
Προβλεπόμενη καθυστέρηση	<i>Predictive delay</i>
Προβλεπόμενη Υπηρεσία	<i>Predictive Service</i>
Προληπτική Υπηρεσία Πακέτου	<i>Preemptive Packet Service</i>
Προληπτικός έλεγχος	<i>Preventive control</i>
Προσαρμόσιμη Κατάσταση	<i>Soft state</i>

Προσομοίωση Κυκλώματος	<i>Circuit Emulation</i>
Προσομοίωση Τοπικού Δικτύου	<i>LAN Emulation</i>
Πρότυπου Διασύνδεσης Ανοιχτού Συστήματος	<i>Open System Interconnection (OSI)</i>
Πρωτόκολλο Συστήματος Σηματοδοσίας Ψηφιακού Χρήστη αριθμός 2	<i>Digital Subscriber Signalling System No 2 (DSS2)</i>
Πρωτόκολλο Δέσμευσης Πόρων	<i>Resource Reservation Protocol (RSVP)</i>
Πρωτόκολλο Διαδικτύου	<i>Internet Protocol (IP)</i>
Πρωτόκολλο Ελέγχου Μετάδοσης	<i>Transport Control Protocol (TCP)</i>
Πρωτόκολλο Ελέγχου Πρόσβασης Μέσου	<i>Medium Access Control (MAC)</i>
Πρωτόκολλο Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης	<i>Broadband – Bearer Channel Control Protocol (B-BCCP)</i>
Πρωτόκολλο Μέρους Εφαρμογής Ασύρματου Δικτύου Πρόσβασης	<i>Radio Access Network Application Part (RANAP)</i>
Πρωτόκολλο Μέρους Εφαρμογής Ελέγχου Ζεύξης Πρόσβασης	<i>Access Link Control Application Part (ALCAP)</i>
Πρωτόκολλο Μεταφοράς Αρχείων	<i>File Transfer Protocol (FTP)</i>
Πρωτόκολλο Ολοκληρωμένων Υπηρεσιών Μέρους Χρήστη Ευρείας Ζώνης	<i>Broadband-Integrated Services User Part (B-ISUP)</i>
Πρωτόκολλο Πλαισιόχρονης Ψηφιακής Ιεραρχίας	<i>Plesiochronous Digital Hierarchy (PDH)</i>
Πρωτόκολλο Πολλαπλής Πρόσβασης με Ανίχνευση Μέσου και με Ανίχνευση Σύγκρουσης	<i>Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection (CSMA/CD)</i>
Πρωτόκολλο Σύγχρονης Ψηφιακής Ιεράρχησης	<i>Synchronous Digital Hierarchy (SDH)</i>
Πρωτόκολλο Συντονισμού Διαχείρισης Πραγματικού Χρόνου	<i>Real Time Management Coordination (RTMC)</i>
Πύλη διαφυγής	<i>Getaway</i>
Ρητά	<i>Explicitly</i>
Ροή πακέτων	<i>Flow</i>
Ρυθμός Απώλειας Πακέτου	<i>Cell Loss Rate (CLR)</i>
Σηματοδοσία	<i>Signalling</i>
Σηματοδοσία Στρώματος Προσαρμογής Πρωτοκόλλου	<i>Signalling ATM Adaptation Layer (SAAL)</i>

Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης	
Σημείο Προσαρμογής Δικτύου Πρόσβασης	<i>AN interface (ANI)</i>
Σημείο Προσαρμογής Εφαρμογών Προγράμματος	<i>Application Program Interface (API)</i>
Σημείο Προσαρμογής Κόμβου Παροχής Υπηρεσιών	<i>SN Interface (SNI)</i>
Σημείο Προσαρμογής Λογικής Θύρας Υπηρεσίας με συγκεκριμένη τιμή Ενδείκτη	<i>LSPID</i>
Σημείο Προσαρμογής Σηματοδοσίας Δικτύου προς Δίκτυο	<i>Network to Network Interface (NNI)</i>
Σημείο Προσαρμογής Φυσικής Θύρας Υπηρεσίας	<i>PSPI</i>
Σημείο Προσαρμογής Χρήστη προς Δίκτυο	<i>User Network Interface (UNI)</i>
Σημείο Προσπέλασης Υπηρεσίας	<i>Service Access Point (SAP)</i>
Σημείου Προσαρμογής Φυσικής Θύρας Χρήστη	<i>PUPI</i>
Σπίτι	<i>Home</i>
Σταθερού Ρυθμού	<i>Constant Bit Rate (CBR)</i>
Σταθμός Βάσεως Μετάδοσης	<i>Base Transmission Station (BTS)</i>
Στατικής, λεπτομερούς διαστασιολόγησης	<i>Static fine ranging</i>
Στενής Ζώνης	<i>Narrowband (NB)</i>
Στοιχείο Β	<i>Node B</i>
Στοιχείο Δικτύου Πρόσβασης	<i>AN Element (ANE)</i>
Στοιχείο Ταυτότητας Χρήστη	<i>Subscriber Identity Module (SIM)</i>
Στοιχείου Δικτύου	<i>Network Element (NE)</i>
Στρώμα Προσαρμογής σε Ασύγχρονο Τρόπο Μετάδοσης	<i>ATM Adaptation Layer (AAL)</i>
Στρώμα Προσαρμογής του πρωτοκόλλου Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης για Σηματοδοσία	<i>Signalling ATM Adaptation Layer (SAAL)</i>
Συγκεντρωτή Κίνησης	<i>Cabinet (Cab)</i>
Σύγκλιση	<i>Convergence</i>
Σύγκλιση Μετάδοσης	<i>Transmission Convergence (TC)</i>
Συμπεριφορά Άλματος	<i>Per-Hop-Behaviour (PHB)</i>

Συμφόρηση	<i>Congestion</i>
Συμφωνία Επιπέδου Υπηρεσίας	<i>Service Level Agreement (SLA)</i>
Συνάρτηση κατανομής πιθανότητας	<i>Probability distribution function (pdf)</i>
Σύνδεση Νοητού Διαύλου	<i>Virtual Channel Connection (VCC)</i>
Σύνδεση Νοητού Μονοπατιού	<i>Virtual Path Connection (VPC)</i>
Σύνοδος Ψηφιακής Ηχητικής και Τηλεοπτικής Πληροφορίας	<i>Digital Audio Video Council (DAVIC)</i>
Σύστημα Ελέγχου / Διαχείρισης	<i>System Control / Management</i>
Σύστημα Λειτουργιών	<i>Operations System (OS)</i>
Σύστημα Λειτουργιών Διαχείρισης Δικτύου Πρόσβασης	<i>Access Network Element Management Operations System (ANM-OS)</i>
Σύστημα Λειτουργιών Διαχείρισης Στοιχείου Δικτύου Πρόσβασης	<i>Access Network Element Management Operations System (ANEM-OS)</i>
Σύστημα Λειτουργιών Στοιχείου Δικτύου	<i>NE OS</i>
Σφάλμα	<i>Fault</i>
Τερματικός Εξοπλισμός Χρήστη	<i>User Equipment (UE)</i>
Τερματισμός Γραμμής	<i>Line termination (LT)</i>
Τερματισμός Δικτύου	<i>Network Termination (NT1)</i>
Τηλεεργασία	<i>Tele-working</i>
Τηλεομοιοτυπία	<i>Fax</i>
Τηλεσυνδιασκεψη	<i>Tele-conferencing</i>
Τηλεφωνία	<i>Plain Old Telephony System (POTS)</i>
Τομέας Τηλεπικοινωνιών της Διεθνούς Τηλεπικοινωνιακής Ένωσης	<i>International Telecommunications Union – Telecommunications Sector (ITU-T)</i>
Τοπολογία	<i>Configuration</i>
Τροφοδότης	<i>Feeder</i>
Υβριδικό Ομοαξονικό – Οπτικό Δίκτυο	<i>Hybrid Fiber Coaxial (HFC) Network</i>
Υλικό	<i>Hardware</i>
Υπηρεσία	<i>Service</i>
Υπηρεσία βέλτιστη προσπάθειας	<i>Best effort service</i>
Υπηρεσία Ελέγχου Ποιότητας Υπηρεσίας	<i>QoS control service</i>
Υπηρεσία Κοινής Διαχείρισης	<i>Common Management Information</i>

Πληροφορίας	<i>Service (CMIS)</i>
Υπηρεσία Μεταβλητού Ρυθμού μη πραγματικού χρόνου	<i>Non real time Variable Bit Rate (nrt-VBR) service</i>
Υπηρεσία Μεταβλητού Ρυθμού πραγματικού χρόνου	<i>Real time Variable Bit Rate (rt-VBR) service</i>
Υπό περαιτέρω μελέτη	<i>For further study (FFS)</i>
Υπόστρωμα Σύγκλισης Κοινού Μέρους	<i>Common Part Convergence Sublayer (CPCS)</i>
Υποσύστημα Ασυρμάτων Δικτύων	<i>Radio Network Subsystem (RNS)</i>
Υποσύστημα Δικτύου	<i>Radio Network Subsystem (RNS)</i>
Υποσύστημα Σταθμού Βάσης	<i>Base Station Subsystem (BSS)</i>
Φέρον σηματοδοσίας	<i>Signalling bearer</i>
Φύλλο	<i>Leaf</i>
Φυσική Θύρα Υπηρεσίας	<i>Physical Service Port (PSP)</i>
Φυσική Θύρα Χρήστη	<i>Physical User Port (PUP)</i>
Φυσικό Μέσο	<i>Physical Medium (PM)</i>
Φυσικό στρώμα	<i>Physical layer</i>
Χαρακτηριστική Περιγραφή Ροής Πακέτων	<i>Flow descriptor</i>
Χειριστής του V_{B5}	<i>V_{B5} Handler</i>
Χειριστής του Πρωτοκόλλου V_{B5}	<i>V_{B5} Protocol Handler (VPH)</i>
Χονδροειδής διαστασιολόγησης	<i>Coarse ranging</i>
Χρονοθυρίδα	<i>Slot</i>
Ψηφιακή Γραμμή Συνδρομητή	<i>Digital Subscriber Line (DSL)</i>
Ψηφιακό Δικτύου Ενοποιημένων Υπηρεσιών Ευρείας Ζώνης	<i>Broadband-Integrated Services Digital Network (B-ISDN)</i>
Ψηφιακό Δικτύου Ολοκληρωμένων Υπηρεσιών	<i>Integrated Services Digital Network (ISDN)</i>

Αγγλικό Ευρετήριο Όρων

Access Adaptation Function	<i>Λειτουργία Προσαρμογής Πρόσβασης</i>
Access Link Control Application Part (ALCAP)	<i>Πρωτόκολλο Μέρους Εφαρμογής Ελέγχου Ζεύξης Πρόσβασης</i>
Access Network (AN)	<i>Δίκτυο Πρόσβασης</i>
Access Network Element Management Operations System (ANEM-OS)	<i>Σύστημα Λειτουργιών Διαχείρισης Στοιχείου Δικτύου Πρόσβασης</i>
Access Network Element Management Operations System (ANM-OS)	<i>Σύστημα Λειτουργιών Διαχείρισης Δικτύου Πρόσβασης</i>
Accounting	<i>Λογιστική</i>
Accounting Management	<i>Διαχείριση Λογιστικής</i>
Addressing	<i>Διευθυνσιοδότηση</i>
Admission Control	<i>Αποδοχή Κλήσης</i>
Allowed traffic pattern	<i>Επιτρεπόμενη Μορφή Κίνησης Πακέτων</i>
AN Element (ANE)	<i>Στοιχείο Δικτύου Πρόσβασης</i>
AN Element Management	<i>Διαχείριση Στοιχείου Δικτύου Πρόσβασης</i>
AN Interface (ANI)	<i>Σημείο Προσαρμογής Δικτύου Πρόσβασης</i>
AN Kernel Function	<i>Λειτουργία Πυρήνα Δικτύου Πρόσβασης</i>
Application Program Interface (API)	<i>Σημείο Προσαρμογής Εφαρμογών Προγράμματος</i>
Assured Forwarding	<i>Εξασφαλισμένη Προώθηση</i>
Asynchronous bulk transfer	<i>Ασύγχρονη ομαδική μεταφορά</i>

Asynchronous Transfer Mode (ATM)	<i>Ασύγχρονος Τρόπος Μετάδοσης</i>
ATM Adaptation Layer (AAL)	<i>Στρώμα Προσαρμογής σε Ασύγχρονο Τρόπο Μετάδοσης</i>
ATM Forum – Residential Broadband (RBB) group	<i>Ομάδα Οικιακών Ευρείας Ζώνης θεμάτων του οργανισμού Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης</i>
ATM Passive Optical Networks (APONs)	<i>Παθητικά Οπτικά Δίκτυα βασισμένα σε τεχνολογία Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης</i>
Authentication	<i>Εξακρίβωση αυθεντικότητας</i>
Authentication Centre (AC)	<i>Κέντρο Ταυτοποίησης</i>
Available Bit Rate (ABR)	<i>Διαθέσιμος Ρυθμός</i>
Base Station Controller (BSC)	<i>Ελεγκτή Σταθμού Βάσης</i>
Base Station Subsystem (BSS)	<i>Υποσύστημα Σταθμού Βάσης</i>
Base Transceiver Station (BTS)	<i>Αναμεταδότης Σταθμού Βάσης</i>
Base Transmission Station (BTS)	<i>Σταθμός Βάσεως Μετάδοσης</i>
Bearer Channel Control	<i>Έλεγχος Φέροντος Διαύλου</i>
Best effort service	<i>Υπηρεσία βέλτιστη προσπάθειας</i>
Bit	<i>Δυαδικό Ψηφίο</i>
Board specific OAM Software (BOS)	<i>Ειδικό για κάθε Κάρτα Λογισμικό διαδικασιών Λειτουργίας, Επίβλεψης και Διαχείρισης</i>
Broadband – Bearer Channel Control Protocol (B-BCCP)	<i>Πρωτόκολλο Ελέγχου Φέροντος Διαύλου Ευρείας Ζώνης</i>
Broadband (BB)	<i>Ευρείας Ζώνης</i>
Broadband-Integrated Services Digital Network (B-ISDN)	<i>Ψηφιακό Δικτύου Ενοποιημένων Υπηρεσιών Ευρείας Ζώνης</i>
Broadband-Integrated Services User Part (B-ISUP)	<i>Πρωτόκολλο Ολοκληρωμένων Υπηρεσιών Μέρους Χρήστη Ευρείας Ζώνης</i>
Broadcast	<i>Καθολική εκπομπή</i>
Burst mode	<i>Εκρηκτικός τρόπος λειτουργίας</i>
Byte	<i>Οκτάδα διαδυκών ψηφίων</i>
Cabinet (Cab)	<i>Συγκεντρωτή Κίνησης</i>
Cable TV (CATV)	<i>Καλωδιακή Τηλεόραση</i>
Call / Connection Control (CC)	<i>Έλεγχος Κλήσης / Σύνδεσης</i>
Call Admission Control (CAC)	<i>Έλεγχος Αποδοχής Κλήσης</i>

Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection (CSMA/CD)	Πρωτόκολλο Πολλαπλής Πρόσβασης με Ανίχνευση Μέσου και με Ανίχνευση Σύγκρουσης
Cell	Κυψέλη
Cell Delay Variation (CDV)	Διακύμανση της Καθυστερήσης Πακέτου
Cell Loss Rate (CLR)	Ρυθμός Απώλειας Πακέτου
Circuit Emulation	Προσομοίωση Κυκλώματος
Classical IP (CLIP)	Κλασικό Πρωτόκολλο Διαδικτύου
Coarse ranging	Χονδροειδής διαστασιολόγησης
Common Agent Software (CAS)	Λογισμικό Κοινού Ανταποκριτή
Common Management Information Service (CMIS)	Υπηρεσία Κοινής Διαχείρισης Πληροφορίας
Common Manager Software (CMS)	Λογισμικό Κοινού Διαχειριστή
Common OAM Software (COS)	Κοινό Λογισμικό διαδικασιών Λειτουργίας, Επίβλεψης και Διαχείρισης
Common Part Convergence Sublayer (CPCS)	Υπόστρωμα Σύγκλισης Κοινού Μέρους
Configuration	Τοπολογία
Configuration Management	Διαχείριση Διάταξης
Congestion	Συμφόρηση
Congestion avoidance	Αποφυγή συμφόρησης
Congestion control	Έλεγχος συμφόρησης πακέτων
Connection identifier	Ενδείκτης Σύνδεσης
Connectionless	Μη προσανατολισμένων σε σύνδεση δικτύων
Consistency	Έλεγχος και επαναφορά
Constant Bit Rate (CBR)	Σταθερού Ρυθμού
Containment Tree	Δέντρο Περιεκτικότητας
Control plane	Επίπεδο Ελέγχου
Control, OAM and Management (COM) board	Κάρτα Ελέγχου, διαδικασιών Λειτουργίας, Επίβλεψης και Διαχείρισης (OAM) αλλά και Διαχείρισης
Controlled delay	Ελεγχόμενη καθυστέρηση
Controlled link sharing	Ελεγχόμενος επιμερισμός ζεύξεων

Convergence	Σύγκλιση
Core Interface Function	Λειτουργία Σημείου Προσαρμογής με Δίκτυο Κορμού
Core Network (CN)	Δίκτυο Κορμού
Credit	Πιστωτική Μονάδα
Cross Connect (XC)	Διασύνδεση
Data Base Server (DBS)	Εξυπηρετητής Βάσης Δεδομένων
Data link	Ζεύξη δεδομένων
Database (DB)	Βάση Δεδομένων
Database Event Handler (EVH)	Διαχείρισης Γεγονότων που σχετίζονται με τη Βάση Δεδομένων
Datagram	Αυτοδύναμο πακέτο
Differentiated Services (DS)	Αρχιτεκτονική Διαφοροποιημένων Υπηρεσιών
Digital Audio Video Council (DAVIC)	Σύνοδος Ψηφιακής Ηχητικής και Τηλεοπτικής Πληροφορίας
Digital Subscriber Line (DSL)	Ψηφιακή Γραμμής Συνδρομητή
Digital Subscriber Signalling System No 2 (DSS2)	Πρωτόκολλο Συστήματος Σηματοδοσίας Ψηφιακού Χρήστη αριθμός 2
Domain update	Ενημέρωση κυρίαρχου χώρου
Downstream	Καθοδική κατεύθυνση
Dynamic ranging	Δυναμική διαστασιολόγηση
Efficiency	Αποτελεσματικότητα
Elastic Application	Ελαστική Εφαρμογή
e-mail	Ηλεκτρονικό ταχυδρομείο
Encryption	Κρυπτογράφηση
Encryption key	Κλειδί κωδικοποίησης
Entity Relationship Diagram (ERD)	Διάγραμμα Συσχέτισης Αντικειμένων
Equipment Identity Register (EIR)	Καταχωρητής Εγγραφής Ταυτότητας Εξοπλισμού
Equivalent Capacity	Ισοδύναμη Χωρητικότητα
European Telecommunications Standards Institute (ETSI)	Ευρωπαϊκός Οργανισμός Τηλεπικοινωνιακών Προτύπων
Expedited Forwarding	Επισπευμένη Προώθηση
Explicitly	Ρητά

External	<i>Εκτός πεδιάς</i>
Fairness	<i>Ισονομία</i>
Fault	<i>Σφάλμα</i>
Fault Management	<i>Διαχείριση Σφάλματος</i>
Fax	<i>Τηλεομοιοτυπία</i>
Feeder	<i>Τροφοδότης</i>
Fidelity	<i>Πιστότητα</i>
File Transfer Protocol (FTP)	<i>Πρωτόκολλο Μεταφοράς Αρχείων</i>
Filter spec	<i>Ορισμός Φίλτρου</i>
Flow	<i>Ροή πακέτων</i>
Flow control	<i>Έλεγχος ροής πακέτων</i>
Flow descriptor	<i>Χαρακτηριστική Περιγραφή Ροής Πακέτων</i>
Flow id	<i>Ενδείκτης ροής</i>
Flow specification (flowspec)	<i>Ορισμός Ροής Πακέτων</i>
For further study (FFS)	<i>Υπό περαιτέρω μελέτη</i>
Format	<i>Δομή</i>
Frequency Division Multiplexing (FDM)	<i>Πολυπλεξία Διαμοιρασμού Συχνότητας</i>
Full Service Access Network (FSAN)	<i>Οργανισμός Δικτύου Πρόσβασης Απάντων Υπηρεσιών</i>
Generic Interface	<i>Γενικό Σημείο Προσαρμογής</i>
Getaway	<i>Πύλη διαφυγής</i>
Global System for Mobile telecommunications (GSM)	<i>Παγκόσμιο Σύστημα για τις Κινητές Επικοινωνίες</i>
Graphical User Interface (GUI)	<i>Γραφικό Περιβάλλον Σημείου Προσαρμογής Χρήστη</i>
Greatest Lower Bound	<i>Μέγιστο Κάτω Όριο</i>
Guaranteed Service	<i>Εγγυημένη Υπηρεσία</i>
Handover	<i>Μεταπομπή κλήσης</i>
Hard handover	<i>Πλήρης μεταπομπή κλήσης</i>
Hardware	<i>Υλικό</i>
Head-end	<i>Κεντρικό Επικεφαλής Σύστημα</i>
Header Error Control (HEC)	<i>Έλεγχος Λαθών Επικεφαλίδας</i>
Home	<i>Σπίτι</i>

Home Location Register (HLR)	<i>Καταχωρητής Τοποθεσίας Βάσης</i>
hop-by-hop	<i>Από σταθμό άλματος σε σταθμό άλματος</i>
Host	<i>Εξυπηρετητής</i>
Hybrid Fiber Coaxial (HFC) Network	<i>Υβριδικό Ομοαξονικό – Οπτικό Δίκτυο</i>
Implicitly	<i>Έμμεσα</i>
In band protocols (IBP)	<i>Εντός ζώνης πρωτόκολλα</i>
Information Model (IM)	<i>Μοντέλο Πληροφορίας</i>
Integrated Services (IS)	<i>Αρχιτεκτονική Ενοποιημένων Υπηρεσιών</i>
Integrated Services (IS)	<i>Ενοποιημένες Υπηρεσίες</i>
Integrated Services Digital Network (ISDN)	<i>Ψηφιακό Δικτύου Ολοκληρωμένων Υπηρεσιών</i>
Interactive bulk transfer	<i>Αλληλεπιδραστική ομαδική μεταφορά</i>
Interactive burst	<i>Αλληλεπιδραστική έκρηξη κίνησης</i>
Internal	<i>Εντός πεδιάς</i>
International Telecommunications Union – Telecommunications Sector (ITU-T)	<i>Τομέας Τηλεπικοινωνιών της Διεθνούς Τηλεπικοινωνιακής Ένωσης</i>
Internet	<i>Διαδίκτυο</i>
Internet Engineering Task Force (IETF)	<i>Ομάδα Εργασίας Μηχανικής Διαδικτύου</i>
Internet Protocol (IP)	<i>Πρωτόκολλο Διαδικτύου</i>
Internet Service Provider (ISP)	<i>Οργανισμός Παροχής Υπηρεσιών Διαδικτύου</i>
Internet Service Provider (ISP)	<i>Οργανισμός Παροχής Υπηρεσιών Διαδικτύου</i>
Interworking / Mapping Function	<i>Λειτουργία Διαλειτουργικότητας / Αντιστοίχισης</i>
Interworking / Mapping Function	<i>Λειτουργία Ελέγχου Κίνησης Πακέτων</i>
Interworking Function (IWF)	<i>Λειτουργία Διαλειτουργικότητας</i>
Intolerant Application	<i>Μη Ανεκτική Εφαρμογή</i>
IP tunneling	<i>Απευθείας επικοινωνία με χρήση του Πρωτοκόλλου Διαδικτύου</i>
Kerb	<i>Πεζοδρόμιο</i>
LAN Emulation	<i>Προσομοίωση Τοπικού Δικτύου</i>

Latency	Αργοπορία
Leaf	Φύλλο
Least Upper Bound	Ελάχιστο Άνω Όριο
Line termination (LT)	Τερματισμός Γραμμής
Link Sharing	Διαμοιρασμός Ζεύξης
Local Exchange (LEX)	Κέντρο Ανταλλαγής
Location update	Ενημέρωση θέσης
Locked	Δεσμευμένη
Logical Service Port (LSP)	Λογική Θύρα Υπηρεσίας
Logical User Port (LUP)	Λογική Θύρα Χρήστη
LSPID	Σημείο Προσαρμογής Λογικής Θύρας Υπηρεσίας με συγκεκριμένη τιμή Ενδείκτη
LUPNr	Αριθμός Λογικής Θύρας Υπηρεσίας
Macro-diversity	Διαφοροποίηση μακροσκοπικής κλίμακας
Managed Object (MO)	Αντικείμενο Διαχείρισης
Management Application Function (MAF)	Λειτουργία Εφαρμογών Διαχείρισης
Management plane	Επίπεδο Διαχείρισης
Manager – agent	Διαχειριστής – ανταποκριτής
Master-slave	Ηγέτη – Ακόλουθου
Mbps	Εκατομμύρια ψηφία ανά δευτερόλεπτο
Medium Access Control (MAC)	Πρωτόκολλο Ελέγχου Πρόσβασης Μέσου
Mobile Services Switch Center (MSC)	Κέντρο Μεταγωγής Κινητών Υπηρεσιών
Mobile Station (MS)	Κινητός Σταθμός
Mobility Management	Διαχείριση Κινητικότητας
Modem	Διαμορφωτής - Αποδιαμορφωτής
Multicast	Πολλαπλή εκπομπή
Multicast group	Ομάδα πολλαπλής εκπομπής
Multicast tree	Δέντρο πολλαπλής εκπομπής
Narrowband (NB)	Στενής Ζώνης
NE OS	Σύστημα Λειτουργιών Στοιχείου Δικτύου

Network Accounting	Λογιστική του Δικτύου
Network Element (NE)	Στοιχείου Δικτύου
Network operator	Οργανισμός λειτουργίας δικτύου
Network Termination (NT1)	Τερματισμός Δικτύου
Network to Network Interface (NNI)	Σημείο Προσαρμογής Σηματοδοσίας Δικτύου προς Δίκτυο
Network Unit (NU)	Μονάδα Δικτύου
Node B	Στοιχείο B
Non real time Variable Bit Rate (nrt-VBR) service	Υπηρεσία Μεταβλητού Ρυθμού μη πραγματικού χρόνου
Object Management Group (OMG) Common Object Request Broker Architecture (CORBA)	Αρχιτεκτονική Διαμεσολάβηση Αίτησης Κοινού Αντικειμένου του Οργανισμού Διαχείρισης Αντικειμένου
On demand	Κατά παραγγελία
On-Off	Έναρξη – Διακοπή
Open System Interconnection (OSI)	Πρότυπου Διασύνδεσης Ανοιχτού Συστήματος
Operation and Maintenance Centre (OMC)	Κέντρο Διαχείρισης και Λειτουργίας
Operation, Administration and Management (OAM)	Λειτουργία, Επίβλεψη και Διαχείριση
Operations System (OS)	Σύστημα Λειτουργιών
Optical Distribution Network (ODN)	Οπτικό Δίκτυο Διανομής
Optical Line termination (OLT)	Οπτικός Τερματισμός Γραμμής
Optical Network Unit (ONU)	Οπτική Μονάδα Δικτύου
OSI Management Information Service (OSIMIS)	Πλατφόρμα Υπηρεσίας Πληροφορίας Διαχείρισης του Διεθνούς Οργανισμού Τυποποίησης
Packet Classifier	Λειτουργική Μονάδα Κατάταξης σε Κλάσεις Πακέτου
Packet Dropping	Απόρριψη Πακέτου
Packet Scheduler	Λειτουργική Μονάδα Προγραμματισμού Πακέτου
Passive Optical Network (PON)	Παθητικό Οπτικό Δίκτυο
Path state	Κατάσταση διαδρομής
Peak Cell Rate (PCR)	Μέγιστος Ρυθμός Μετάδοσης
Performance	Επίδοση

Performance Management	Διαχείριση Επίδοσης
Per-Hop-Behaviour (PHB)	Συμπεριφορά Άλματος
Permit	Άδεια πρόσβασης
Physical Service Port (PSP)	Φυσική Θύρα Υπηρεσίας
Physical User Port (PUP)	Φυσική Θύρα Χρήστη
Physical layer	Φυσικό στρώμα
Physical Medium (PM)	Φυσικό Μέσο
Piggy-backed	Πεδίο αιτήσεων με υπέρθεση
Ping	Βολιδοσκόπηση
Plain Old Telephony System (POTS)	Τηλεφωνία
Playback	Αναπαραγωγή
Playback application	Εφαρμογή αναπαραγωγής
Plesiochronous Digital Hierarchy (PDH)	Πρωτόκολλο Πλαισιόχρονης Ψηφιακής Ιεραρχίας
Point-to-multipoint	Από σημείο προς πολλαπλά σημεία
Policing	Αστυνόμηση
Policy Control	Έλεγχος Πολιτικής
Policy Control	Λειτουργική Μονάδα Ελέγχου Πολιτικής
Pre-assigned	Ανάθεση εκ των προτέρων
Predictive delay	Προβλεπόμενη καθυστέρηση
Predictive Service	Προβλεπόμενη Υπηρεσία
Preemptive Packet Service	Προληπτική Υπηρεσία Πακέτου
Preventive control	Προληπτικός έλεγχος
Probability distribution function (pdf)	Συνάρτηση κατανομής πιθανότητας
PSPI	Σημείο Προσαρμογής Φυσικής Θύρας Υπηρεσίας
Public Switched Telephone Network (PSTN)	Δημόσιο Μεταγώμενο Τηλεφωνικό Δίκτυο
PUPI	Σημείου Προσαρμογής Φυσικής Θύρας Χρήστη
QoS control service	Υπηρεσία Ελέγχου Ποιότητας Υπηρεσίας
Quality of Service (QoS)	Ποιότητα Υπηρεσίας

Queueing delay	Καθυστέρηση λόγω εναπόθεσης πακέτων σε ουρά
Radio Access Network Application Part (RANAP)	Πρωτόκολλο Μέρους Εφαρμογής Ασύρματου Δικτύου Πρόσβασης
Radio Channel Control (RCC)	Έλεγχος Ασύρματου Καναλιού
Radio Network Controller (RNC)	Ελεγκτής Ασύρματου Δικτύου
Radio Network Subsystem (RNS)	Υποσύστημα Ασυρμάτων Δικτύων
Radio Network Subsystem (RNS)	Υποσύστημα Δικτύου
Radio Resource Management (RRM)	Διαχείριση των Πόρων του Ασύρματου μέρους του συστήματος
Ranging	Διαστασιολόγηση
Reactive control	Αναδραστικός έλεγχος
Real Time Management Coordination (RTMC)	Πρωτόκολλο Συντονισμού Διαχείρισης Πραγματικού Χρόνου
Real time Variable Bit Rate (rt-VBR) service	Υπηρεσία Μεταβλητού Ρυθμού πραγματικού χρόνου
Refresh message	Μήνυμα ανανέωσης
Reservation mini-slot	Μικρή χρονοθυρίδα κρατήσεων
Reservation Model	Μοντέλο Δέσμευσης
Reservation state	Κατάσταση δέσμευσης
Resource Database	Βάση Δεδομένων των Πόρων
Resource Reservation Protocol (RSVP)	Πρωτόκολλο Δέσμευσης Πόρων
Resource Sharing	Διαμοιρασμός των Πόρων
Roaming	Περιοδική
Round robin	Κυκλική λειτουργία
Round trip delay	Καθυστέρηση μετάβασης μετ' επιστροφής
Router	Δρομολογητής
Routing	Δρομολόγηση συνδέσεων
Security	Ασφάλεια
Security Management	Διαχείριση Ασφάλειας
Segmentation and Reassembly (SAR)	Κατάτμηση και Επανένωση
Service	Υπηρεσία
Service Access Point (SAP)	Σημείο Προσπέλασης Υπηρεσίας

Service Data Unit (SDU)	<i>Μονάδα Δεδομένων Υπηρεσίας</i>
Service Level Agreement (SLA)	<i>Συμφωνία Επιπέδου Υπηρεσίας</i>
Service Node (SN)	<i>Κόμβος Παροχής Υπηρεσιών</i>
Service provider	<i>Οργανισμός παροχής υπηρεσιών</i>
Service request specification (RSpec)	<i>Ορισμός Προϋποθέσεων Υπηρεσίας</i>
Service Specific Connection Oriented Protocol (SSCOP)	<i>Λειτουργία του Προσανατολισμένου σε Σύνδεση Πρωτοκόλλου Βασισμένου στην Υπηρεσία</i>
Service Specific Co-ordination Function (SSCF)	<i>Λειτουργία Συντονισμού Βασισμένη στην Υπηρεσία</i>
Short slot	<i>Βραχεία θυρίδα</i>
Signalling	<i>Σηματοδοσία</i>
Signalling ATM Adaptation Layer (SAAL)	<i>Σηματοδοσία Στρώματος Προσαρμογής Πρωτοκόλλου Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης</i>
Signalling ATM Adaptation Layer (SAAL)	<i>Στρώμα Προσαρμογής του πρωτοκόλλου Ασύγχρονου Τρόπου Μετάδοσης για Σηματοδοσία</i>
Signalling bearer	<i>Φέρον σηματοδοσίας</i>
Simple Network Management Protocol (SNMP)	<i>Απλό Πρωτόκολλο Διαχείρισης Δικτύου</i>
Simplex	<i>Μονόδρομος</i>
Slot	<i>Χρονοθυρίδα</i>
SN Interface (SNI)	<i>Σημείο Προσαρμογής Κόμβου Παροχής Υπηρεσιών</i>
SNI VP	<i>Νοητό Μονοπάτι Σημείου Προσαρμογής Κόμβου Παροχής Υπηρεσιών</i>
Soft state	<i>Προσαρμόσιμη Κατάσταση</i>
Software	<i>Λογισμικό</i>
Sound	<i>Ήχος</i>
Static fine ranging	<i>Στατικής, λεπτομερούς διαστασιολόγησης</i>
Streamlining	<i>Αναπροσαρμογή της διαδρομής κλήσης</i>
Subscriber Identity Module (SIM)	<i>Στοιχείο Ταυτότητας Χρήστη</i>
SuperPON	<i>Παθητικό Οπτικό Δίκτυο δεύτερης γενιάς</i>

Sustainable Cell Rate (SCR)	Ανεκτός (ή Μέσος) Ρυθμό Πακέτων
Synchronous Digital Hierarchy (SDH)	Πρωτόκολλο Σύγχρονης Ψηφιακής Ιεράρχησης
System Control / Management	Σύστημα Ελέγχου / Διαχείρισης
Tap	Απομάστευση
Telecommunications Management Network (TMN)	Δίκτυο Διαχείρισης Τηλεπικοινωνιών
Tele-conferencing	Τηλεσυνδιάσκεψη
Tele-working	Τηλεεργασία
Telnet	Εφαρμογή απόμακρης σύνδεσης
Threshold (th)	Όριο μετάπτωσης κατάστασης
Time Division Multiple Access (TDMA)	Πολλαπλή Πρόσβαση Διαμοιρασμού Χρόνου
Token bucket	Δοχείο αδειών
Tolerant Application	Ανεκτική Εφαρμογή
Traffic control module	Δομικό στοιχείο ελέγχου κίνησης πακέτων
Traffic specification (TSpec)	Ορισμός Κίνησης Πακέτων
Transmission Convergence (TC)	Σύγκλιση Μετάδοσης
Transport Control Protocol (TCP)	Πρωτόκολλο Ελέγχου Μετάδοσης
UMTS Terrestrial Access Network (UTRAN)	Επίγειο Ασύρματο Δίκτυο Πρόσβασης του Γενικευμένου Συστήματος Κινητών Επικοινωνιών
Unicast	Απλή εκπομπή
Universal Mobile Telecommunications System (UMTS)	Παγκόσμιο Σύστημα Κινητών Τηλεπικοινωνιών
Unlocked	Αποδεσμευμένη
Unsolicited	Αυτόκλητη άδεια
Unspecified Bit Rate (UBR)	Απροσδιόριστος Ρυθμός
Upstream	Ανοδική κατεύθυνση
Usage Feedback	Ανάδραση Χρησιμοποίησης
User Equipment (UE)	Τερματικός Εξοπλισμό Χρήστη
User Interface Function	Λειτουργία Σημείου Προσαρμογής με Χρήστη
User mobility	Κινητικότητα χρήστη
User Network Interface (UNI)	Σημείο Προσαρμογής Χρήστη προς

	<i>Δίκτυο</i>
User Parameter Control (UPC)	<i>Έλεγχος Παραμέτρων Χρήστη</i>
User plane	<i>Επίπεδο Χρήστη</i>
User registration	<i>Καταχώρηση χρήστη</i>
V _{B5} Handler	<i>Χειριστής του V_{B5}</i>
V _{B5} Protocol Handler (VPH)	<i>Χειριστής του Πρωτοκόλλου V_{B5}</i>
V _{B5} System Management (VSM)	<i>Διαχείριση Συστήματος V_{B5}</i>
Video	<i>Πραγματικού χρόνου κινούμενη εικόνα</i>
Videoconference	<i>Εικονική συνδιάσκεψη</i>
Virtual Channel (VC)	<i>Νοητός Δίαυλος</i>
Virtual Channel Connection (VCC)	<i>Σύνδεση Νοητού Διαύλου</i>
Virtual Channel Cross Connect (VCXC)	<i>Διασύνδεση σε επίπεδο Νοητού Διαύλου</i>
Virtual Channel Identifier (VCI)	<i>Ενδείκτης Νοητού Διαύλου</i>
Virtual Channel Link (VCL)	<i>Ζεύξη Νοητού Διαύλου</i>
Virtual Channel Link (VCL)	<i>Ζεύξη Νοητού Μονοπατιού</i>
Virtual Path (VP)	<i>Νοητό Μονοπάτι</i>
Virtual Path Connection (VPC)	<i>Σύνδεση Νοητού Μονοπατιού</i>
Virtual Path Cross Connect (VPXC)	<i>Διασύνδεση σε επίπεδο Νοητού Μονοπατιού</i>
Virtual Path Identifier (VPI)	<i>Ενδείκτης Νοητού Μονοπατιού</i>
Visitor Location Register (VLR)	<i>Καταχωρητής Τοποθεσίας Επισκέπτη</i>
Voice over IP (VoIP)	<i>Μετάδοση Φωνής πάνω από Πρωτόκολλο Διαδικτύου</i>
VPCI	<i>Ενδείκτης Σύνδεσης Νοητού Μονοπατιού</i>
Wavelength Division Multiple Access (WDMA)	<i>Πολλαπλή Πρόσβαση Διαμοιρασμού Μήκους Κύματος</i>
Weighted fair queueing	<i>Δίκαια εναπόθεση σε ουρά</i>
Wildcard	<i>Καθολικός ενδείκτης</i>