



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ Μ/Υ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ  
ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ  
ΔΙΑΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ  
ΣΠΟΥΔΩΝ  
«ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ»



## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

# Το επιχειρηματικό μοντέλο Network-as-a-Service

Μαντουδάκη Ε. Γεωργία

Επιβλέπων : Γεώργιος Ματσόπουλος,

Καθηγητής Ε.Μ.Π

Αθήνα, Οκτώβριος 2019





ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ Μ/Υ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ  
ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ  
ΔΙΑΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
«ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ»



## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

# Το επιχειρηματικό μοντέλο Network-as-a-Service

Μαντουδάκη Ε. Γεωργία

Επιβλέπων : Γεώργιος Ματσόπουλος , Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή

.....  
Γεώργιος Ματσόπουλος  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....  
Αθανάσιος Δ. Παναγόπουλος  
Αν. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....  
Δημήτριος Ασκούνης  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Οκτώβριος 2019

.....  
Μαντουδάκη Γεωργία

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Μαντουδάκη Γεωργία, 2019

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος - All rights reserved

*Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα. Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.*

## Περίληψη

Δεν υπάρχει κλάδος της βιομηχανίας με το μεγαλύτερο καταναλωτικό κοινό όπως αυτός των τηλεπικοινωνιών. Αν σκεφτεί κανείς ότι στον πλανήτη αυτή τη στιγμή κατοικούν περίπου 7,7 δισεκατομμύρια άνθρωποι και εξυπηρετούνται περισσότερες ηλεκτρονικές συσκευές θα κατανοήσει τη σημαντικότητα του κλάδου. Η ταχεία ανάπτυξη της τεχνολογίας έφερε στη ζωή μας το σύννεφο(cloud) και αυτό με τη σειρά του νέα μοντέλα και αρχιτεκτονικές δικτύων. Η ανάπτυξη του μοντέλου το 'δίκτυο ως υπηρεσία'(Network as a Service) είναι απόρροια της cloud τεχνολογίας , καθώς οι επιχειρήσεις μεταναστεύουν όλο και περισσότερο τις εργασίες τους και τα δεδομένα τους στο σύννεφο. Η αύξηση των δεδομένων που παράγονται μέσω διαφόρων ψηφιακών πλατφορμών και η αυξανόμενη τάση της κινητικότητας του εργατικού δυναμικού έχουν ασκήσει τεράστια πίεση στα δίκτυα των επιχειρήσεων. Έτσι, μετακινούνται προς το σύννεφο, γεγονός που θα τους επιτρέψει να φιλοξενήσουν ένα ευρύ φάσμα επιχειρηματικών εφαρμογών. Οι πλατφόρμες NaaS δίνουν τη δυνατότητα να αναπτυχθούν εφαρμογές που επεκτείνονται σε διάφορες λειτουργίες δικτύου, απαριθμώντας τους εικονικούς δρομολογητές, τη διαφοροποίηση υπηρεσιών και τα εικονικά τείχη προστασίας. Σε αντίθεση με άλλες λύσεις, οι NaaS λύσεις μειώνουν την πολυπλοκότητα του δικτύου και το κόστος διαχείρισης του.

### Λέξεις Κλειδιά:

Δίκτυο ως εξυπηρέτηση Υπηρεσιών ,υπηρεσίες σύννεφου, τηλεπικοινωνιακοί πάροχοι, εικονικοποίηση δικτύων, εικονικοποιημένες λειτουργίες δικτύου

## **Abstract**

The number of Humans served by Communication Service Providers (CSP) is more than any other industry on this planet .If you consider that there are about 7.7 billion people on the planet and more electronic devices are being serviced, one will understand the importance of this industry. The rapid development of technology has brought us the cloud technology, and in turn new models and network architectures. The development of the 'Network as a Service' model is a consequence of cloud technology as businesses increasingly migrate their workload and data to the cloud. The rise of data generated through various digital platforms and the increasing trend of workforce mobility have put enormous pressure on business networks. NaaS platforms enable applications to deploy various network functions, including virtual routers, service diversification, and virtual firewalls. Unlike other solutions, the NaaS solutions reduce the complexity of the network and the cost of managing it.

### **Key Words:**

Network as a Service- NaaS, Service Providers, cloud technology, network virtualization, virtual network functions

## *Ευχαριστίες*

Η διπλωματική εκπονήθηκε κατά το ακαδημαϊκό έτος 2018-2019 στα πλαίσια του μεταπτυχιακού προγράμματος ‘Τεχνο-Οικονομικά Συστήματα’ υπό την επίβλεψη του κ. Γεώργιου Ματσόπουλου, καθηγητή του Ε.Μ.Π. της σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, στον οποίο και οφείλω ιδιαίτερες ευχαριστίες για την εμπιστοσύνη που έδειξε στο πρόσωπο μου και με παρότρυνε να διερευνήσω ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα.

Αθήνα , Οκτώβριος 2019

Μαντουδάκη Γεωργία

*Στον Κώστα,*



## Περιεχόμενα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	12
1.1 Σκοπός της διπλωματικής εργασίας.....	12
1.2 Οργάνωση κειμένου .....	13
Κεφάλαιο 2 .....	14
2.1 Το Network-as-a-Service Μοντέλο .....	14
2.1.1 Η έννοια του εικονικού δικτύου και της εικονικοποίησης .....	16
2.2 Τεχνολογίες που βασίζεται το NaaS.....	18
2.2.1 Εικονικοποίηση Δικτυακών λειτουργιών (Network Function Virtualization - NFV) .....	18
2.2.2 Δίκτυα ορισμένα από λογισμικό(SDN).....	20
2.2.2.1 Το πρωτόκολλο Openflow.....	22
2.2.3 Σχέση μεταξύ SDN και NFV (6).....	22
Κεφάλαιο 3 .....	24
3.1 Υπηρεσίες του Network-as-a-Service .....	24
3.2 Παραδείγματα υπηρεσιών του Network-as-a-Service.....	25
3.2.1 Network-as-a-Service εφαρμογή – Η περίπτωση του SD-WAN .....	25
3.2.1.1 Η τεχνολογία SD-WAN .....	26
3.2.1.2 Το παράδειγμα της εταιρίας TELUS (8) .....	28
3.2.2 Network-as-a-Service πλατφόρμα – Η περίπτωση του cloud CDN.....	29
3.2.2.1 Η τεχνολογία του CDN.....	29
3.2.2.2 Το παράδειγμα του Google Cloud CDN.....	30
3.2.3 Network-as-a-Service συνδεσιμότητα - Η περίπτωση του εύρους ζώνης κατόπιν ζήτησης .....	31
3.3 NaaS στην πράξη – Το παράδειγμα της Telstra .....	32
Κεφάλαιο 4 .....	35
4.1 Εισαγωγή στον κλάδο των τηλεπικοινωνιών .....	35
4.2 Ο κλάδος των τηλεπικοινωνιών σε παγκόσμιο επίπεδο .....	36
4.3 Γενικά στοιχεία του κλάδου στην Ελλάδα .....	36
4.3.1 Ο όμιλος ΟΤΕ .....	39
4.3.2 Η εταιρία Vodafone .....	41
4.3.3 Η εταιρία WIND .....	42
Κεφάλαιο 5 .....	44
5.1 SWOT Ανάλυση .....	44
5.2 Ανάλυση SWOT για το μοντέλο NaaS .....	46

Κεφάλαιο 6 .....	52
6.1    Συμπεράσματα .....	52
6.2    Προοπτικές .....	54
Βιβλιογραφία .....	57

## Πίνακας περιεχομένων εικόνων

FIGURE 1: IMPLEMENTATIONS OF NAAS (1) .....	15
FIGURE 2: ΠΛΑΙΣΙΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ NFV .....	19
FIGURE 3: ΕΙΚΟΝΙΚΟΠΟΙΗΜΕΝΕΣ ΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ (4) .....	20
FIGURE 4: ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΔΙΚΤΥΩΝ (4).....	21
FIGURE 5: HIGH LEVEL CONCEPT OF NAAS (7).....	25
FIGURE 6: IWAN ON PREMISES VS MPLS ANNUAL COST .....	26
FIGURE 7: SD WAN (7).....	27
FIGURE 8: CLOUD CDN ARCHITECTURE (7) .....	30
FIGURE 9: ΑΠΟΔΟΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ ΚΑΤΟΠΙΝ ΖΗΤΗΣΗΣ (7) .....	32
FIGURE 10: TELSTRA'S PROGRAMMABLE NETWORK (14) .....	33
FIGURE 11: CLOUD CONNECTIVITY TELSTRA USE CASE (15) .....	33
FIGURE 12: ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ ΣΤΟ ΑΕΠ .....	37
FIGURE 13: ΕΠΕΝΔΥΣΕΙΣ ΠΑΡΟΧΩΝ ΤΠΕ ΓΙΑ ΤΟ 2017 (17) .....	38
FIGURE 14: ΠΕΛΑΤΕΙΑΚΗ ΒΑΣΗ ΟΤΕ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ (18) .....	40
FIGURE 15: ΔΕΙΚΤΕΣ ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ VODAFONE .....	41
FIGURE 16: SWOT ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ (23) .....	44
FIGURE 17: SWOT ANALYSIS FOR NAAS .....	46
FIGURE 18: ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΔΙΚΤΥΟΥ .....	52

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1 Σκοπός της διπλωματικής εργασίας

Ο κλάδος των τηλεπικοινωνιών ίσως να θεωρείται και ένας από τους πιο σημαντικούς σε ότι αφορά την κοινωνικοοικονομική ανάπτυξη, τόσο σε παγκόσμιο όσο και σε εθνικό επίπεδο. Τα δίκτυα τόσο της σταθερής όσο και κινητής τηλεφωνίας δεν καλύπτουν πλέον μόνο την ανάγκη της επικοινωνίας, αλλά παρέχουν ένα πολύ μεγαλύτερο φάσμα υπηρεσιών επικοινωνίας και ψυχαγωγίας. Με την πάροδο των χρόνων και την εξέλιξη της τεχνολογίας, η συνεχής αναβάθμιση εφαρμογών και υπηρεσιών αλλάζουν συνεχώς μοντέλα επικοινωνίας καθώς προωθούν ευέλικτες επικοινωνίες με δυναμικές συμπεριφορές. Ωστόσο, οι τρέχουσες αρχιτεκτονικές οι οποίες έχουν υιοθετήσει οι εταιρίες τηλεπικοινωνιών είναι ακατάλληλες για να ικανοποιήσουν τις παραπάνω δυναμικές απαιτήσεις των εφαρμογών. Αυτό εμποδίζει τους τηλεπικοινωνιακούς παρόχους να επιλέγουν κάθε χρονική στιγμή την καταλληλότερη και αποδοτικότερη συμπεριφορά δικτύου.

Οι συσκευές και οι μηχανισμοί δικτύωσης είναι κάθετα ενσωματωμένοι και εφαρμόζουν πολλά πρότυπα και συγκεκριμένα πρωτόκολλα καθιστώντας τα δίκτυα στατικά και άκαμπτα, μη ικανά να ανταποκριθούν. Πιο συγκεκριμένα, ο φυσικός εξοπλισμός στον οποίο στηρίζονται οι τηλεπικοινωνιακοί πάροχοι για να καλύψουν τις ανάγκες της αγοράς έχει πεπερασμένες δυνατότητες. Διαθέτει ένα αρκετά υψηλό επενδυτικό κόστος (Capex) για την αγορά ή την αντικατάσταση του όπως επίσης και ένα αντίστοιχα υψηλό λειτουργικό κόστος (Opex) όπως το κόστος συντήρησης και αποθήκευσης. Επιπλέον δεν υπάρχει ευελιξία στην επιλογή του λογισμικού που διαθέτει, καθώς οι κατασκευάστριες εταιρίες το παραθέτουν σαν μία ενιαία μονάδα μαζί με το υλικό.

Στις αρχές της τρέχουσας δεκαετίας, έκαναν την εμφάνιση τους νέες τεχνολογία όπως η εικονικοποίηση δικτυακών λειτουργιών (Network Function Virtualization – NFV) και τα δίκτυα καθορισμένα από λογισμικό (Software Defined Networks- SDN). Οι συγκεκριμένες τεχνολογίες υπόσχονται να αφήσουν στο παρελθόν πολλά από τα εμπόδια της υπάρχουσας αρχιτεκτονικής και να προσομοιώσουν δικτυακές λειτουργίες, οι οποίες συμπεριφέρονται αντίστοιχα με τις φυσικές. Τα πλεονεκτήματά τους αποτελούν κομμάτι της συγκεκριμένης εργασίας και θα αναλυθούν σε επόμενα κεφάλαια.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία θα πραγματοποιηθεί η ανάλυση του μοντέλου ‘Το δίκτυο σαν υπηρεσία’ γνωστό στη βιβλιογραφία σαν Network as a Service (NaaS) το οποίο φαίνεται να κερδίζει χώρο όλο και περισσότερο στον κλάδο των τηλεπικοινωνιών τα τελευταία χρόνια με έμφαση στο εξωτερικό. Θα πραγματοποιηθεί εκτενής αναφορά σε όρους και τεχνολογίες

που χρησιμοποιούνται στο μοντέλο NaaS όπως επίσης και μία ανάλυση SWOT που θα παρουσιάζει τα δυνατά και αδύνατα σημεία του μοντέλου. Τέλος θα παρουσιαστεί ένα use case όπου έχει γίνει χρήση του μοντέλου στο εξωτερικό όπως επίσης και ο κλάδος των τηλεπικοινωνιών στην Ελλάδα και οι προοπτικές του μοντέλου στην Ελλάδα.

## 1.2 Οργάνωση κειμένου

Η διπλωματική εργασία αποτελείται από έξι συνολικά κεφάλαια. Στο παρόν κεφάλαιο, το οποίο αποτελεί το κεφάλαιο 1, παρουσιάζεται το πρόβλημα που υφίσταται και τις ανάγκες που συντέλεσαν στη δημιουργία του θέματος της συγκεκριμένης διπλωματικής. Στη συνέχεια παρουσιάζεται επιγραμματικά το αντικείμενο της.

Στο κεφάλαιο 2, καλύπτονται σε βάθος ορισμένες θεωρητικές έννοιες, με στόχο τη δημιουργία του κατάλληλου υποβάθρου για την ευκολότερη κατανόηση του αναγνώστη. Συγκεκριμένα, αναλύονται οι έννοιες της εικονικοποίησης, της εικονικοποίησης δικτυακών λειτουργιών και των δικτύων καθορισμένων από λειτουργικό

Στο κεφάλαιο 3, γίνεται αναφορά στο πλαίσιο του Network as a Service έτσι όπως έχει οριστεί από τη Διεθνή Ένωση Τηλεπικοινωνιών (International Telecommunication Union – ITU). Επιπλέον παρουσιάζονται εφαρμογές του μοντέλου για να γίνει περισσότερη κατανοητή η ανάγκη του μοντέλου στον κλάδο.

Στο κεφάλαιο 4 παρουσιάζεται ο κλάδος των τηλεπικοινωνιών στην Ελλάδα για να μπορέσει ο αναγνώστης να κατανοήσει το υπόβαθρο της ελληνικής αγοράς και την προοπτική ένταξης νέων τεχνολογικών μοντέλων.

Στο κεφάλαιο 5 πραγματοποιείται SWOT ανάλυση στο επιχειρηματικό μοντέλο NaaS αφού πρώτα γίνει αναφορά στη μέθοδο SWOT και γιατί κατέληξε να χρησιμοποιηθεί. Τέλος στο κεφάλαιο 6 αναλύονται οι προοπτικές του μοντέλου NaaS σε παγκόσμιο επίπεδο δίνοντας έμφαση στην μελλοντική τους εμφάνιση στην Ελλάδα.

## Κεφάλαιο 2

### Θεωρητικό υπόβαθρο

Σε αυτό το κεφάλαιο θα παρουσιαστούν οι βασικές τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για να αναλυθεί το μοντέλο Network as a service , αλλά και θεωρητικές έννοιες που αφορούν την θεματολογία του όπως η έννοια του ‘σύννεφου’(cloud and cloud computing). Συγκεκριμένα θα εξηγηθεί η έννοια της εικονικοποίησης, η τεχνολογία των δικτύων NFV και τα οφέλη της, η προγραμματιζόμενη δικτύωση(software defined networks - SDN) και η αρχιτεκτονική της.

#### 2.1 Το Network-as-a-Service Μοντέλο

Με στόχο την αποτελεσματική εξυπηρέτηση με το ελάχιστο κόστος των όλο και αυξανόμενων χρηστών του Internet οι εταιρίες παροχής Internet δημιούργησαν την αρχιτεκτονική του ‘σύννεφου’(cloud). Η ανάπτυξη και χρήση του είναι ραγδαία από την αρχική δημοσίευση των εγγράφων το 2003 από τη Google. Το υπολογιστικό νέφος (cloud computing) είναι η διάθεση υπολογιστικών πόρων μέσω διαδικτύου (π.χ. servers, apps κλπ), από κεντρικά συστήματα που βρίσκονται απομακρυσμένα από τον τελικό χρήστη, τα οποία τον εξυπηρετούν αυτοματοποιώντας διαδικασίες, παρέχοντας ευκολίες και ευελιξία σύνδεσης. (1)

Οι υπηρεσίες του ‘σύννεφου’ συνήθως προσφέρονται στους καταναλωτές με τη μορφή 3 υπηρεσιών σύμφωνα με το NIST SP 800-146[i.3] και αυτές είναι :

**Infrastructure as a Service:** Παρέχονται υπολογιστικοί πόροι στον χρήστη για παράδειγμα εικονικοί υπολογιστές, διακομιστές με στόχο να αναπτύξει λογισμικό στο οποίο μπορεί να διαθέτει όσες εφαρμογές επιθυμεί. Οι χρήστες δεν έχουν καθόλου έλεγχο των φυσικών πόρων.

**Platform as a Service:** Ο χρήστης μπορεί να χρησιμοποιήσει τη Cloud υποδομή η οποία θα βρίσκεται είτε στο δημόσιο σύννεφο (public cloud) είτε στο ιδιωτικό (private cloud) η οποία υποστηρίζεται από τον πάροχο και να επωφεληθεί της χρήσης λειτουργικών συστημάτων και ενδιάμεσου λογισμικού. Ο χρήστης διαθέτει δικαιώματα στο λειτουργικό κομμάτι της εφαρμογής και όχι στους υπολογιστικούς πόρους που χρησιμοποιήθηκαν.

**Service as a Service :** Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιεί εφαρμογές οι οποίες βρίσκονται στο σύννεφο για παράδειγμα το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο και όχι τοπικά και να μπορεί να κάνει συγκεκριμένες ρυθμίσεις πάνω σε αυτές. Δεν διαθέτει δικαιώματα να ρυθμίσει

την υποδομή πάνω στην οποία βρίσκεται η εφαρμογή όπως οι διακομιστές και οι δικτυακοί πόροι.

Στη βιβλιογραφία παρατίθεται και ο όρος Δίκτυο σαν υπηρεσία (Network as a Service - NaaS) αλλά δεν φαίνεται να αποτελεί ξεχωριστό μοντέλο αλλά υποκατηγορία των παραπάνω.

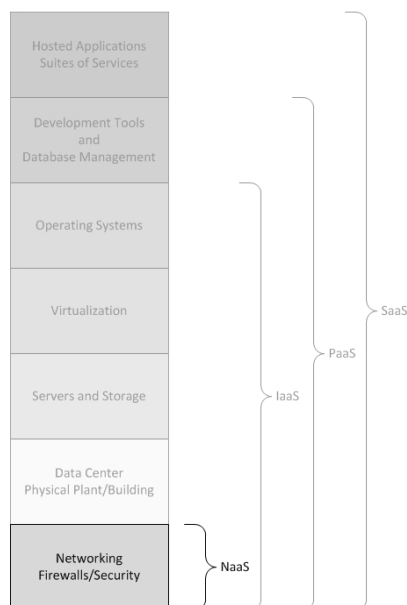


Figure 1: Implementations of NaaS (2)

Σύμφωνα με τον επίσημο όρο στη βιβλιογραφία της Διεθνούς Ένωσης Τηλεπικοινωνιών (International Telecommunication Union – ITU) η δικτύωση σαν Υπηρεσία (NaaS) [ITU-T Y.3500] είναι μία υπηρεσία του Cloud η οποία παρέχει στους cloud χρήστες τη δυνατότητα για συνδεσιμότητα και παροχή υπηρεσιών δικτύωσης. Θα μπορούσε να θεωρηθεί το ‘cloudification’ του παραδοσιακού δικτύου. Το NaaS περιλαμβάνει τη βελτιστοποίηση της κατανομής των πόρων θεωρώντας το δίκτυο και τους υπολογιστικούς πόρους σαν ενιαίο σύνολο.

Η δικτύωση ως υπηρεσία (NaaS) είναι η πώληση υπηρεσιών δικτύου από εταιρίες τηλεπικοινωνιών σε πελάτες που δεν επιθυμούν να δημιουργήσουν τη δική τους δικτυακή υποδομή. Το NaaS συνδυάζει σε πακέτα πόρους δικτύου, υπηρεσίες και εφαρμογές ως προϊόντα που μπορεί να αγοραστούν για έναν αριθμό χρηστών, συνήθως για ένα συμβατικό χρονικό διάστημα σαν συνδρομές ή μπορεί να αγοραστούν με τη χρήση (pay-per-use). Μπορεί να περιλαμβάνει υπηρεσίες όπως συνδεσιμότητα σε Wide Area Networking (WAN), συνδεσιμότητα με κέντρο δεδομένων, εύρος ζώνης κατόπιν ζήτησης (Bandwidth on Demand - BoD), υπηρεσίες ασφαλείας και άλλες εφαρμογές. (3)

Ο όρος NaaS περιγράφει ένα επιχειρηματικό μοντέλο και όχι μία συγκεκριμένη τεχνολογία. Στηρίζεται στις τεχνολογίες του σύννεφου για να παρέχει υπηρεσίες. Θα μπορούσε να ειπωθεί ότι το NaaS είναι είτε η μεταφορά των δικτυακών υπηρεσιών στο cloud ή ένα πλήρως εικονικοποιημένο δίκτυο στο σύννεφο. Χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου μοντέλου εμφανίζονται παρακάτω:

- Διαχείριση του δικτύου
- Η σύνδεση τοπικών δικτύων σε ένα WAN
- Δυναμική ή στατική δρομολόγηση
- Ασφάλεια δικτύου
- Καλύτερη επίβλεψη του δικτύου
- Προστασία από άρνηση της υπηρεσίας (Denial of Service - DoS)
- Παροχή εύρους ζώνης κατόπιν ζήτησης (BoD)
- VPN tunneling (Virtual Private Network)

Η δικτύωση ως παροχή υπηρεσιών (NaaS) παρέχεται από σημαντικούς παρόχους cloud υπηρεσιών συμπεριλαμβανομένων των Amazon και Rackspace, καθώς και των παγκόσμιων παρόχων υπηρεσιών όπως η AT & T, η Telefonica και η Verizon. Πιο πρόσφατα, εξειδικευμένοι παροχείς NaaS προέκυψαν σε τομείς όπως το WAN καθορισμένο από λογισμικό (Software-defined WAN -SDWAN), το οποίο περιλαμβάνει παίκτες όπως η Aryaka, Cloudgenix, Pertino και VeloCloud. Περιλαμβάνει επίσης εξειδικευμένους παροχείς δικτύων όπως το Akamai, το οποίο διαθέτει δικό του δίκτυο παροχής περιεχομένου (CDN) για την παροχή ψηφιακών μέσων, καθώς και υπηρεσίες επιτάχυνσης και ασφάλειας της επιχείρησης SaaS.

Συνολικά, το NaaS ισχύει για ένα ευρύ σύνολο εφαρμογών και υπηρεσιών. Για παράδειγμα, η Aryaka και η Pertino προσφέρουν WAN και VPN ως υπηρεσία, η Akamai προσφέρει το CDN ως υπηρεσία, η Amazon προσφέρει υπηρεσία φιλοξενίας ιστοσελίδων, ιδιωτικό cloud και αποθήκευση και πολλοί πάροχοι υπηρεσιών προσφέρουν το BoD ως υπηρεσία. Ακόμη και όλοι οι πάροχοι υπηρεσιών θα μπορούσαν να αναθέσουν σε τρίτους τα δίκτυά τους.

### 2.1.1 Η έννοια του εικονικού δικτύου και της εικονικοποίησης

Με το όρο της εικονικοποίησης (virtualization) στην πληροφορική, αναφερόμαστε στην δημιουργία «εικονικών» υπολογιστικών πόρων που δρουν ισοδύναμα με τους αντίστοιχους φυσικούς. Πιο συγκεκριμένα, κατά την εικονικοποίηση, ο υπολογιστής χρησιμοποιεί ειδικό λογισμικό, με σκοπό την, είτε πλήρη είτε μερική, προσομοίωση υλικού για έναν ή



περισσότερους υπολογιστές, τους οποίους αποκαλούμε συνήθως εικονικές μηχανές (Virtual Machines – VMs). Έτσι, στα εικονικά αυτά συστήματα, ο χρήστης έχει την δυνατότητα να εκτελέσει διεργασίες με πανομοιότυπο τρόπο όπως και σε ένα πραγματικό σύστημα. (4)

Ένα VM μπορεί να συμπεριφερθεί σαν ένα πραγματικό υπολογιστικό σύστημα, δηλαδή φαίνεται να φέρει σκληρό δίσκο, κάρτα ήχου, επεξεργαστή, μνήμη RAM και ότι απαραίτητο χρειάζεται ένα φυσικό μηχάνημα να λειτουργήσει, αν και όλα αυτά είναι εικονικά. Το φυσικό μηχάνημα πάνω στο οποίο πραγματοποιείται η εικονικοποίηση ονομάζεται μηχάνημα οικοδεσπότης (host machine), το εικονικό μηχάνημα αποκαλείται μηχάνημα επισκέπτης (guest machine).

Η πιο συνήθης μορφή εικονικοποίησης είναι η πλήρης εικονικοποίηση (full virtualization). Σε αυτήν, ένα ειδικά σχεδιασμένο λογισμικό, που ονομάζεται Virtual Machine Monitor (VMM), αναλαμβάνει την προσομοίωση ολόκληρου του υλικού του φυσικού μηχανήματος. Έπειτα, δημιουργεί εικονικές μηχανές που χρησιμοποιούν αυτό το εικονικό υλικό, με αποτέλεσμα κάθε εικονικό μηχάνημα να θεωρεί πως δρα στο δικό του χώρο πυρήνα (kernel space). Για την πλήρη εικονικοποίηση, απαιτείται η κατάλληλη υποστήριξη της συγκεκριμένης τεχνολογίας από την μεριά του επεξεργαστή.

Η εικονική δικτύωση είναι μια τεχνολογία που διευκολύνει την επικοινωνία δεδομένων μεταξύ δύο ή περισσότερων εικονικών μηχανών. Είναι παρόμοιο με την παραδοσιακή δικτύωση υπολογιστών, αλλά παρέχει διασύνδεση μεταξύ VMs, εικονικών διακομιστών και άλλων συναφών στοιχείων σε ένα εικονικό περιβάλλον πληροφορικής.

Η εικονική δικτύωση βασίζεται σε αρχές φυσικής δικτύωσης υπολογιστών, αλλά οι λειτουργίες της πραγματοποιούνται μόνο μέσω του λογισμικού. Σε ένα περιβάλλον εικονικής δικτύωσης, σε κάθε VM αποδίδεται μια εικονική κάρτα Ethernet που βασίζεται σε λογισμικό με ξεχωριστό έλεγχο πρόσβασης πολυμέσων (MAC) και διευθύνσεις IP. Τα VM επικοινωνούν απευθύνοντας στην IP που διαθέτει το κάθε εικονικό μηχάνημα. Ομοίως, δημιουργείται ένα εικονικό τοπικό δίκτυο (VLAN) μέσω εικονικών μεταγωγέων (switches) που βασίζονται σε λογισμικό και παρέχουν επικοινωνία δικτύου μεταξύ όλων των εικονικών και των συνδεδεμένων μηχανών. Ένα εικονικό δίκτυο είναι σε θέση να προσομοιώσει και άλλα δομικά στοιχεία ενός κυκλώματος όπως είναι δρομολογητές (routers) και μηχανήματα προστασίας (firewalls). Εφαρμογή της εικονικής δικτύωσης παρέχει απομάκρυνση του δικτύου από τη φυσική υποδομή καθώς επίσης και την απομόνωση μεταξύ πολλαπλών χρηστών που μοιράζονται την ίδια υποδομή.

Κάποια από τα πλεονεκτήματα της εικονικοποίησης είναι η μείωση του κόστους. Επιτυγχάνεται με την εξοικονόμηση φυσικών πόρων καθώς με ένα μηχάνημα (host) μπορούμε να προσομοιώσουμε πολλά παραπάνω μηχανήματα (guests) όπου σε αυτά θα λειτουργούν

παράλληλα πολλές διαφορετικές διεργασίες. Σε σύγκριση με την κλασική αρχιτεκτονική των συστημάτων όπου σε κάθε μηχανήμα έτρεχε ένα λειτουργικό σύστημα με συγκεκριμένα 'καθήκοντα', καταλήγουμε σε μισή ίσως και παραπάνω μείωση του αρχικού κόστους. Βέβαια να καταγραφεί πως όλη αυτή η διαδικασία κοστίζει σε επεξεργαστική ισχύ.

Ένα ακόμα πλεονέκτημα άξιο να καταγραφεί είναι η ασφάλεια που παρέχει μια τέτοια λύση. Συγκεκριμένα, η εικονικοποίηση εγγυάται σε ένα εικονικό μηχανήμα πως οποιαδήποτε αλλαγή συμβεί σε αυτό που μπορεί να προκαλέσει ζημιά στην γενικότερη ομαλή λειτουργία του (πειραματικές εφαρμογές, κακόβουλα λογισμικά), δεν θα επηρεάσει όσες άλλες εργασίες πραγματοποιούνται στο σύστημα, παρά μόνο το ίδιο.

Τέλος, να αναφερθεί πως η διαχείριση των εικονικών συστημάτων είναι εξαιρετικά απλή, καθώς έπειτα από τη δημιουργία τους η τροποποίηση τους όπως επίσης διαγραφή τους ή η αντιγραφή τους μπορεί να γίνει πολύ εύκολα και γρήγορα.

## 2.2 Τεχνολογίες που βασίζεται το NaaS

Οι παροχές των υπηρεσιών δικτύου μέσω του cloud, προϋποθέτει να έχουν προσδιοριστεί από πριν υπηρεσίες και τεχνολογίες που θα τις φέρουν εις πέρας. Πιο συγκεκριμένα, στη συγκεκριμένη παράγραφο θα γίνει εκτενής αναφορά στις τεχνολογίες της εικονικοποίησης δικτυακών λειτουργιών (Network Function Virtualization - NFV) και των Δικτύων Καθοριζομένων από Λογισμικό ή Software-Defined Networks (SDN).

### 2.2.1 Εικονικοποίηση Δικτυακών λειτουργιών (Network Function Virtualization - NFV)

Το NFV εμφανίστηκε επίσημα τον Οκτώβριο του 2012 όταν Ευρωπαϊκός Οργανισμός Τηλεπικοινωνιακών Προτύπων (ETSI) δημοσίευσε την έρευνα "Network Functions Virtualization Working Group" που καθορίζει την έννοια του NFV και τους στόχους του. Η έρευνα καταδεικνύει ότι το NFV μπορεί να διαιρεθεί σε δύο μέρη: την πλατφόρμα NFV και τις λειτουργίες δικτύου που εκτελούνται πάνω από αυτήν. Οι λειτουργίες δικτύου (λογισμικό) λειτουργούν σε μία κοινόχρηστη NFV πλατφόρμα η οποία είναι ενσωματωμένη στο δίκτυο. Αυτή η αρχιτεκτονική επιτρέπει την ευέλικτη τοποθέτηση δικτύου όταν και όπου χρειάζονται. Ισχύει για οποιαδήποτε επεξεργασία επιπέδου δεδομένων(data plane) ή τη λειτουργία του επιπέδου ελέγχου(control plane) τόσο στις ενσύρματες όσο και στις ασύρματες υποδομές δικτύου.

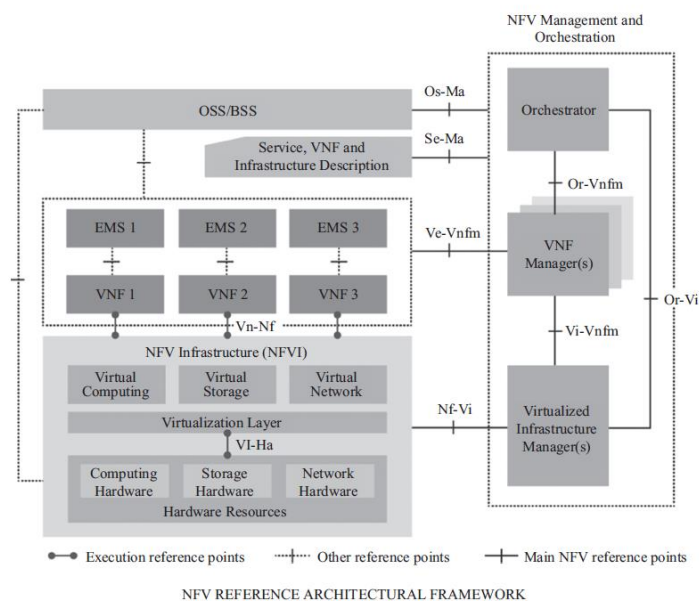


Figure 2: Πλαίσιο αναφοράς NFV

Η εικονικοποίηση δικτυακών λειτουργιών (Network Function Virtualization – NFV) είναι μια αρχιτεκτονική εικονικών δικτύων η οποία έχει ως στόχο την δυνατότητα σχεδίασης, υλοποίησης και διαχείρισης διαφόρων δικτυακών υπηρεσιών. Ειδικότερα, χρησιμοποιεί τις τεχνολογίες εικονικοποίησης για να εξομοιώσει τις λειτουργίες δικτυακών κόμβων σε δομικά στοιχεία που μπορούν να συνδεθούν μαζί για να δημιουργήσουν υπηρεσίες τηλεπικοινωνιών. Στόχος της εν λόγω τεχνολογίας είναι να αποσυνδέσει τις λειτουργίες δικτύου από την φυσική συσκευή με σκοπό την εκτέλεση τους από κατάλληλο λογισμικό, όπως την μετάφραση διεύθυνσης IP (Network Address Translation – NAT), του τείχους προστασίας και του διακομιστή DNS. (4)

Τα δίκτυα NFV είναι κατάλληλα σχεδιασμένα έτσι ώστε να εξομοιώνουν πλήρως επιμέρους μονάδες φυσικών δικτύων, όπως εικονικούς εξυπηρετητές, συσκευές αποθήκευσης ή ακόμη και άλλα δίκτυα. Η εξομοίωση αυτή επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας τις πρότυπες τεχνικές εικονικοποίησης υπολογιστών, με μια βασική διαφορά. Μια εικονικοποιημένη δικτυακή λειτουργία (Virtualized Network Function – VNF) προορίζεται να εκτελέσει μια συγκεκριμένη λειτουργία δικτύου, π.χ. δρομολόγηση, μεταγωγή, τείχος προστασίας, εξισορρόπηση φορτίου κ.λπ. και μπορεί να χρειαστεί ένας συνδυασμός αυτών των VNF για την υλοποίηση του πλήρους τμήματος δικτύου που είναι εικονικοποιημένο. Οι συγκεκριμένες λειτουργίες μπορούν να τρέξουν σε υπολογιστές γενικής χρήσης αντί για εξειδικευμένες υποδομές.

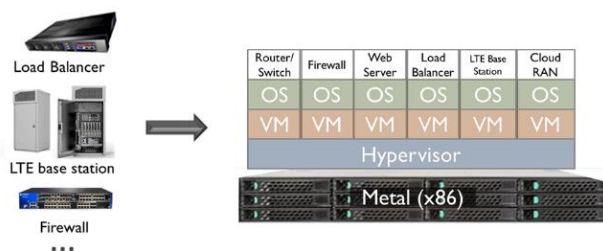


Figure 3:Εικονικοποιημένες δικτυακές λειτουργίες (5)

Χαρακτηριστικά παραδείγματα των τύπων λειτουργιών δικτύωσης που μπορεί να διαχειρίζεται το NFV περιλαμβάνουν ασφάλεια δικτύου και τείχη προστασίας, μετάφραση διεύθυνσης δικτύου (NAT), όνομα τομέα υπηρεσίας (Domain Name Server - DNS), προσωρινή αποθήκευση, ανίχνευση εισβολών και πολλά άλλα.

Το NFV υποθέτει και τονίζει την ευρύτερη δυνατή ευελιξία ως προς τη φυσική θέση των εικονικοποιημένων λειτουργιών. Κατά συνέπεια, θα πρέπει να εντοπιστούν οι εικονικοποιημένες λειτουργίες όπου θα είναι οι πιο αποτελεσματικές και λιγότερο δαπανηρές. Αυτό σημαίνει ότι για μια υπηρεσία, ο πάροχος θα πρέπει να είναι σε θέση να εγκαταστήσει την όποια υποδομή NFV σε όλες τις πιθανές θέσεις, από το κέντρο δεδομένων έως τις εγκαταστάσεις του πελάτη. Αυτή η προσέγγιση είναι γνωστή ως διανεμημένο NFV (Distributed NFV).

### 2.2.2 Δίκτυα ορισμένα από λογισμικό (SDN)

Το πολλά υποσχόμενο πρότυπο δικτύου, γνωστό στη βιβλιογραφία ως δίκτυο καθορισμένο από λογισμικό (SDN), αποτελείται από μια νέα αρχιτεκτονική δικτύου, βασικά στοιχεία των οποίων είναι ο έλεγχος και το επίπεδο δεδομένων να αποσυνδέονται, η υποδομή δικτύου και η κατάσταση να είναι λογικά συγκεντρωμένα και η υποκείμενη υποδομή δικτύου να είναι διαχωρισμένη από τις εφαρμογές. Μερικές φορές, αυτός ο τύπος αρχιτεκτονικής αναφέρεται επίσης ως διαχωρισμένη αρχιτεκτονική (split architecture).

Τα δίκτυα υπολογιστών χωρίζονται σε τρία επίπεδα λειτουργιών τα οποία αναφέρονται παρακάτω:

- Το επίπεδο δεδομένων (data plane) : αντιστοιχεί στις συσκευές δικτύωσης υπεύθυνες για τη μεταφορά των δεδομένων.

- Το επίπεδο ελέγχου (control plane) : αντιπροσωπεύει τα πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται για τη συμπλήρωση των πινάκων προώθησης των στοιχείων του επιπέδου δεδομένων.
- Το επίπεδο διαχείρισης : περιλαμβάνει το λογισμικό για να διαμορφώνει τον τρόπο ελέγχου. Οι πολιτικές δικτύου ορίζονται στο επίπεδο διαχείρισης, το επίπεδο ελέγχου επιβάλλει την πολιτική και το επίπεδο δεδομένων εκτελεί τη διαβίβαση δεδομένων.

Στα παραδοσιακά δίκτυα, τα επίπεδα ελέγχου και δεδομένων είναι στενά συζευγμένα, ενσωματωμένα στις ίδιες συσκευές δικτύωσης και η όλη δομή είναι αποκεντρωμένη. Η προσέγγιση αυτή ήταν αρκετά αποτελεσματική όσον αφορά την απόδοση του δικτύου, με ταχεία αύξηση του ρυθμού γραμμής και της πυκνότητας των θυρών. Ωστόσο, το αποτέλεσμα είναι μια πολύ σύνθετη και σχετικά στατική αρχιτεκτονική, και είναι ο βασικός λόγος για τον οποίο τα παραδοσιακά δίκτυα είναι δύσκολα και πολύπλοκα για τη διαχείριση και τον έλεγχο.

(6)

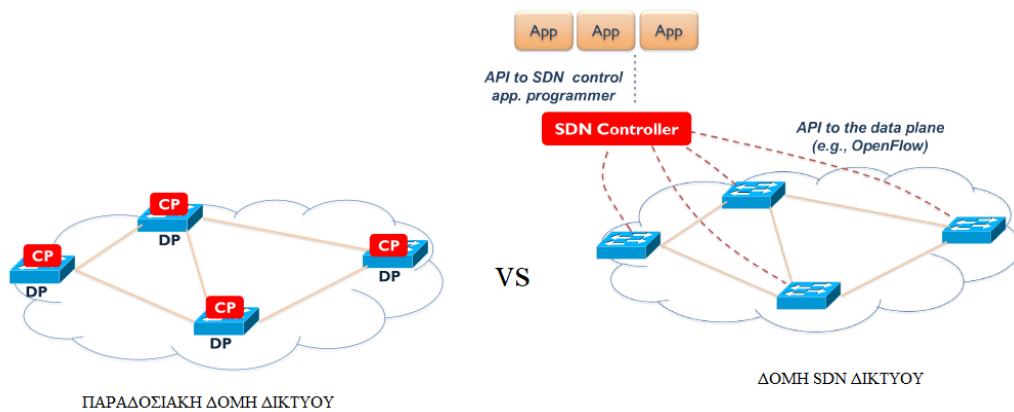


Figure 4: Αρχιτεκτονικές δικτύων (5)

Το παραπάνω πρόβλημα των κλασικών δικτύων επιλύουν τα Δίκτυα οριζόμενα από λογισμικό (Software Defined Networks – SDN), τα οποία αλλάζουν τον τρόπο με τον οποίο σχεδιάζουμε και διαχειριζόμαστε τα δίκτυα. Το SDN αναφέρεται σε μια αρχιτεκτονική δικτύου όπου η κατάσταση προώθησης στο επίπεδο δεδομένων ελέγχεται από ένα επίπεδο απομακρυσμένου ελέγχου αποσυνδεδεμένο από το πρώτο. Η λειτουργία ελέγχου αφαιρείται από συσκευές δικτύου που θα γίνουν απλά στοιχεία προώθησης (πακέτων). Η λογική ελέγχου μετακινείται σε μια εξωτερική οντότητα, τον λεγόμενο ελεγκτή που είναι απλά ένα λογισμικό.

Με το SDN έχουμε τη δυνατότητα να προσδιορίσουμε το ποσό της ‘κίνησης’(traffic) που μεταφέρεται μέσω του δικτυακών συσκευών και έτσι είμαστε σε θέση να ελέγξουμε τις αλλαγές σε πραγματικό χρόνο. Για παράδειγμα, μια εφαρμογή βίντεο θα μπορούσε - σε ένα

SDN δίκτυο - να ανιχνεύσει το διαθέσιμο εύρος ζώνης σε αυτόν τον συγκεκριμένο χρόνο και να καταφέρει να το προσαρμόσει αναλόγως. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, το SDN χωρίζει τον έλεγχο και το επίπεδο δεδομένων, το οποίο συνεπάγεται έναν κεντρικό έλεγχο του δικτύου. Η κεντρική προσέγγιση που υιοθετεί η SDN στοχεύει στην απλούστευση της διαχείρισης του δικτύου, ενθαρρύνοντας την αντικατάσταση των χιλιάδων πρωτοκόλλων πρότυπα που επεξεργάζονται σήμερα οι συσκευές δικτύου.

#### 2.2.2.1 Το πρωτόκολλο Openflow

Η εφαρμογή OpenFlow ξεκίνησε ως ιδέα του Πανεπιστημίου του Στάνφορντ στις Ηνωμένες Πολιτείες το 2008. Αυτή η πρωτοβουλία προήλθε από την προθυμία εκμετάλλευσης του δικτύου που χρησιμοποιείται από το πανεπιστήμιο, ώστε να προωθηθεί η καινοτομία και να δοθεί μια ευκαιρία στους επενδυτές και τα ενδιαφερόμενα μέρη να δημιουργούν νέα στοιχεία της αγοράς (market assets).

Το πρωτόκολλο Openflow αποτελεί το βασικότερο πρωτόκολλο που χρησιμοποιείτε στα Δίκτυα καθοριζόμενα από Λογισμικό και είναι ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας ανοιχτού κώδικα που παρέχει πρόσβαση στο επίπεδο προώθησης ενός μεταγωγέα ή ενός δρομολογητή. Στην ουσία είναι το πρωτόκολλο που μεταφέρει τις απαραίτητες πληροφορίες από το επίπεδο δεδομένων στο επίπεδο ελέγχου αλλά και τις αποφάσεις για την διαχείριση δικτύου στην αντίστροφη κατεύθυνση. Το κύριο πλεονέκτημα του OpenFlow είναι ότι επιλύει ένα βασικό πρόβλημα: δεν παρεμβαίνει στη λειτουργία της ενεργού δρομολόγησης και στα πρωτόκολλα ασφάλειας που λειτουργούν σήμερα, ενώ παράλληλα δημιουργούνται νέες μέθοδοι και αρχιτεκτονικές στα δίκτυα.

Ένα λογικό κανάλι διαμορφώνεται μεταξύ του ελεγκτή και των διακοπών. Αυτό το κανάλι πρέπει να είναι ασφαλές, έτσι ώστε να διασφαλιστεί ότι τα δεδομένα που διαβιβάζονται με αυτό τον τρόπο, θα το κάνουν φτάσει στον προορισμό του με τον κατάλληλο τρόπο και θα συμμορφωθεί με τους κανόνες του OpenFlow. Για το λόγο αυτό, τα μηνύματα που μεταδίδονται στο κανάλι OpenFlow χρησιμοποιούν Πρωτόκολλο ελέγχου μετάδοσης (Transmission Control Protocol -TCP) ή Πρωτόκολλο ελέγχου ασφάλειας (Transport Layer Security TLS) για την ενίσχυση της ασφάλειας.

#### 2.2.3 Σχέση μεταξύ SDN και NFV (7)

Η βασική ομοιότητα μεταξύ της δικτύωσης που ορίζεται από το λογισμικό (SDN) και των λειτουργιών δικτύου (NFV) είναι ότι και οι δύο χρησιμοποιούν την αφαίρεση δικτύου. Το SDN

επιδιώκει να διαχωρίσει τις λειτουργίες ελέγχου δικτύου από τις λειτουργίες προώθησης δικτύου, ενώ το NFV επιδιώκει να αφαιρεθούν οι λειτουργίες δικτύωσης και προώθησης δικτύου από το υλικό στο οποίο εκτελείται. Έτσι, και οι δύο εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την εικονικοποίηση, ώστε να επιτρέπεται η απόσπαση του σχεδιασμού και της υποδομής του δικτύου στο λογισμικό και στη συνέχεια η εφαρμογή τους από το υποκείμενο λογισμικό σε όλες τις πλατφόρμες και τις συσκευές υλικού.

Όταν εκτελείται το SDN σε υποδομή NFV, η SDN προωθεί πακέτα δεδομένων από μια συσκευή δικτύου σε άλλη. Ταυτόχρονα, οι λειτουργίες ελέγχου δικτύωσης της SDN για τη δρομολόγηση, τον ορισμό πολιτικής και τις εφαρμογές εκτελούνται σε μια εικονική μηχανή κάπου στο δίκτυο. Έτσι, το NFV παρέχει βασικές λειτουργίες δικτύωσης, ενώ το SDN ελέγχει και τις ενορχηστρώνει για συγκεκριμένες χρήσεις. Το SDN επιτρέπει περαιτέρω τη διαμόρφωση και τη συμπεριφορά για τον προγραμματισμό και την τροποποίηση του προγράμματος.

Το SDN και το NFV διαφέρουν ως προς τον τρόπο με τον οποίο χωρίζουν τις λειτουργίες και τους αφηρημένους πόρους. Το SDN περιγράφει τους πόρους της φυσικής δικτύωσης - τους διακόπτες, τους δρομολογητές κ.ο.κ. - και μετακινεί τη λήψη αποφάσεων σε ένα εικονικό επίπεδο ελέγχου δικτύου. Σε αυτήν την προσέγγιση, το επίπεδο ελέγχου αποφασίζει πού να στείλει την κυκλοφορία, ενώ το υλικό συνεχίζει να κατευθύνει και να χειρίζεται την κυκλοφορία. Το NFV στοχεύει στο virtualization όλων των φυσικών πόρων του δικτύου κάτω από έναν hypervisor, το οποίο επιτρέπει στο δίκτυο να αναπτυχθεί χωρίς την προσθήκη περισσότερων συσκευών. Ενώ τόσο το SDN όσο και το NFV καθιστούν τις αρχιτεκτονικές δικτύωσης πιο ευέλικτες και δυναμικές, εκτελούν διαφορετικούς ρόλους στον καθορισμό αυτών των αρχιτεκτονικών και της υποδομής που υποστηρίζουν.

## Κεφάλαιο 3

### 3.1 Υπηρεσίες του Network-as-a-Service

Το δίκτυο ως υπηρεσία (NaaS) είναι μια κατηγορία υπηρεσιών cloud που μπορεί να παρέχει οποιαδήποτε από τις τρεις cloud δυνατότητες που προσδιορίζονται στο [ITU-T Y.3500] ως εξής:

- NaaS εφαρμογές : Είναι εφαρμογές ή λειτουργίες εικονικού δικτύου που παρέχονται από τον NaaS πάροχο. Παραδείγματα εφαρμογών NaaS περιλαμβάνουν εικονικό δρομολογητή, δίκτυο εικονικού περιεχομένου (vCDN), εικονικό εξελιγμένο πυρήνα πακέτων (vEPC) και εικονικό τείχος προστασίας (vFW)  
Σε αυτήν την κατηγορία, ο πάροχος προσφέρει ένα σύνολο διεπαφών(application interfaces) για λειτουργίες δικτύου.
- NaaS πλατφόρμα : Τύπος υπηρεσίας πλατφόρμας, όπου ο χρήστης μπορεί να χρησιμοποιήσει το δίκτυο-πλατφόρμα που παρέχεται από τον cloud πάροχο. Η πλατφόρμα NaaS προσφέρει ένα ή περισσότερα περιβάλλοντα για ανάπτυξη λογισμικού και μία ή περισσότερες γλώσσες προγραμματισμού για την ανάπτυξη, τη διαχείριση και την εκτέλεση εφαρμογών δικτύου που έχουν δημιουργηθεί από πελάτες. Ομάδες εφαρμογών και λειτουργιών δικτύου μπορεί να αποτελέσει ολοκληρωμένη λύση δικτύου.
- NaaS συνδεσιμότητα : Τύπος υπηρεσίας όπου ο πάροχος χορηγεί δυνατότητες υποδομής ή προσφέρει συνδέσεις δικτύου μεταξύ δύο ή περισσότερων τελικών σημείων, οι οποίες περιλαμβάνουν πρόσθετες λειτουργίες δικτύου. Αυτό περιλαμβάνει για παράδειγμα ευέλικτο και εκτεταμένο εικονικό ιδιωτικό δίκτυο (VPN), εύρος ζώνης κατόπιν ζήτησης (BoD) και άλλα. Το NaaS μπορεί να παρέχει βασικές λειτουργίες δικτύωσης, όπως συνδεσιμότητα, χρησιμοποιώντας οποιαδήποτε φυσική, λογική ή εικονική δυνατότητα δικτύωσης που ο πάροχος επιλέγει να προσφέρει. Υπάρχει συχνά η επιθυμία να προσφέρουμε περισσότερο από την διευθυνσιοδότηση (IP networking). Για παράδειγμα, ένας πελάτης μπορεί να επιθυμεί κατά παραγγελία έλεγχο του δικτύου των οπτικών ινών ή ακόμη και για πρόσβαση σε σκοτεινές ίνες χρησιμοποιώντας φωτονική μεταγωγή(photonic switching).



Οι δυνατότητες δικτύου μπορούν να παραδοθούν σε πελάτες μέσω οποιουδήποτε συνδυασμού των τριών παραπάνω συνδυασμών cloud δυνατοτήτων. (8)

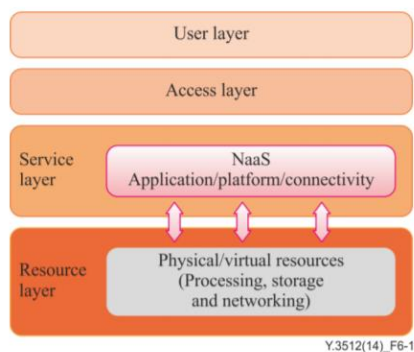


Figure 5: High level concept of NaaS (8)

### 3.2 Παραδείγματα υπηρεσιών του Network-as-a-Service

Σε αυτή την ενότητα θα αναπτυχθούν παραδείγματα σε θεωρητικό επίπεδο και όχι μόνο για κάθε μία από τις cloud δυνατότητες που μπορεί ένας πάροχος να διαθέσει τις υπηρεσίες NaaS όπως αναφέρθηκαν στην προηγούμενη ενότητα.

#### 3.2.1 Network-as-a-Service εφαρμογή – Η περίπτωση του SD-WAN

Το SD-WAN είναι ήδη μια επιτυχημένη υπηρεσία σύνδεσης με επιταχυνόμενη πρόβλεψη ανάπτυξης. Στις προβλέψεις που αφορούν νέες υποδομές SD-WAN, η εταιρία προβλέψεων IDC αναφέρει ότι ο κλάδος για υποδομές SD-WAN θα δει ένα σύνθετο ποσοστό ετήσιας ανάπτυξης 40,1% (CAGR) από το 2017 έως το 2022 για να φτάσει σε μια αγορά 4,5 δισεκατομμυρίων δολαρίων. Ομοίως, η εταιρεία αναλυτών προβλέπει τον συνδυασμένο εξοπλισμό εικονικών εγκαταστάσεων πελατών (vCPE) για αγορές υλικού και λογισμικού να φτάσουν τα 3 δισεκατομμύρια δολάρια μέχρι το 2022, αυξάνοντας σε 44,2% CAGR και 51,2% CAGR αντίστοιχα. (9)

Η εταιρία Cisco σε μία από τις αναφορές της παρουσιάζει μια παγκόσμια εταιρεία καταναλωτικών αγαθών η οποία υπολόγισε το συγκριτικό κόστος επέκτασης του VPN της εταιρίας μέσω MPLS σε σύγκριση με την αντίστοιχη μεταφορά με εξοπλισμό Cisco Intelligent WAN (IWAN) και την cloud λύση IWANaaS. Η πρώτη λύση (IWAN on-premises) εμφάνισε μείωση κόστους από 15-20% , ενώ η δεύτερη λύση (IWANaaS) εμφάνισε μείωση κόστους από 25-30% ετησίως.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η λύση IWAN on-premises σε σύγκριση με την υπάρχουσα αρχιτεκτονική του MPLS. (10)

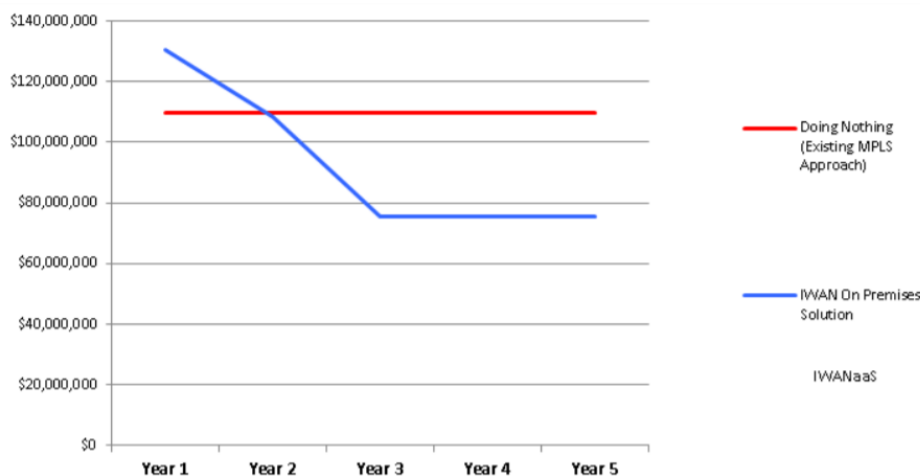


Figure 6: IWAN on premises vs MPLS annual cost

### 3.2.1.1 Η τεχνολογία SD-WAN

Το SD-WAN απλοποιεί τη διαχείριση και τη λειτουργία ενός WAN αποσυνδέοντας το υλικό από τον μηχανισμό ελέγχου του. Τα δίκτυα WAN επιτρέπουν στις εταιρείες να επεκτείνουν τα δίκτυα υπολογιστών τους σε μεγάλες αποστάσεις, να συνδέουν απομακρυσμένα υποκαταστήματα με κέντρα δεδομένων και μεταξύ τους και να παρέχουν τις εφαρμογές και τις υπηρεσίες που απαιτούνται για την εκτέλεση επιχειρηματικών λειτουργιών. Όταν οι εταιρείες επεκτείνουν τα δίκτυα σε μεγαλύτερες αποστάσεις και μερικές φορές διασυνδέονται με δίκτυα πολλαπλών φορέων, αντιμετωπίζουν επιχειρησιακές προκλήσεις, συμπεριλαμβανομένης της συμφόρησης του δικτύου, της διακύμανσης των πακέτων καθυστέρησης, της απώλειας πακέτων και ακόμη και των διακοπών της υπηρεσίας. Οι σύγχρονες εφαρμογές, όπως η κλήση VoIP, οι τηλεδιάσκεψη, τα streaming media και οι εικονικοποιημένες εφαρμογές και οι επιτραπέζιοι υπολογιστές, απαιτούν χαμηλή καθυστέρηση. Οι απαιτήσεις για ευρυζωνικό δίκτυο αυξάνονται ειδικά για εφαρμογές που διαθέτουν βίντεο υψηλής ευκρίνειας. Μπορεί να είναι δαπανηρή και δύσκολη η επέκταση της δυνατότητας WAN, με αντίστοιχες δυσκολίες που σχετίζονται με τη διαχείριση του δικτύου και την αντιμετώπιση προβλημάτων.

Τα προϊόντα SD-WAN έχουν σχεδιαστεί για την αντιμετώπιση αυτών των προβλημάτων δικτύου. Η ενίσχυση ή ακόμα και η αντικατάσταση των παραδοσιακών δρομολογητών κλάδου με συσκευές virtualization μπορούν να ελέγξουν τις πολιτικές σε επίπεδο εφαρμογών και να προσφέρουν ένα λιγότερο ακριβό δίκτυο για τον καταναλωτή το οποίο μπορεί να συμπεριφερθεί σαν αποκλειστικό κύκλωμα(dedicated circuit). Αυτό απλοποιεί τη διαδικασία

εγκατάστασης για το προσωπικό των καταστημάτων. Τα προϊόντα SD-WAN μπορούν να είναι φυσικές συσκευές ή εικονικές συσκευές και τοποθετούνται σε μικρά απομακρυσμένα και υποκαταστήματα, μεγαλύτερα γραφεία, εταιρικά κέντρα δεδομένων και όλο και περισσότερο σε πλατφόρμες cloud.

Ένας κεντρικός ελεγκτής χρησιμοποιείται για τον καθορισμό πολιτικών και την ιεράρχηση της κυκλοφορίας. Το SD-WAN λαμβάνει υπόψη αυτές τις πολιτικές και τη διαθεσιμότητα εύρους ζώνης δικτύου για την κυκλοφορία δρομολογίων. Αυτό βοηθά να διασφαλιστεί ότι η απόδοση της εφαρμογής πληροί τις συμφωνίες επιπέδου υπηρεσιών (SLAs). (11)

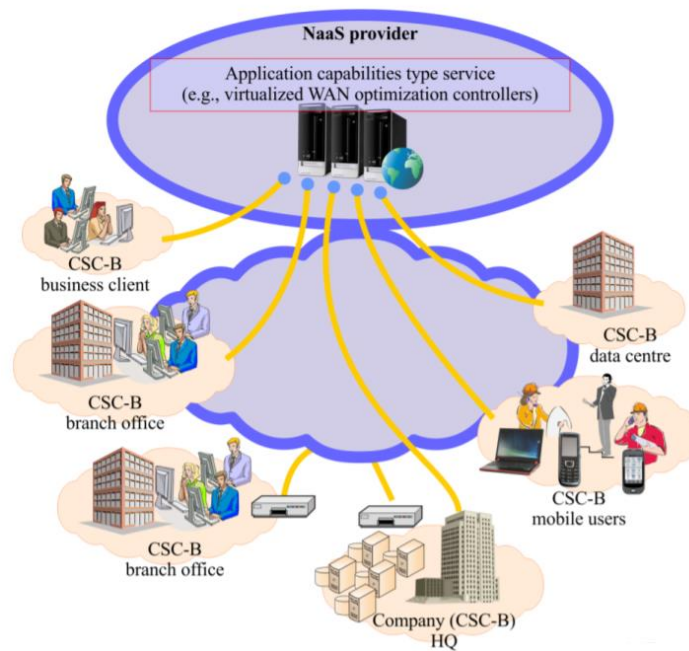


Figure 7:SD WAN (8)

Για να πραγματοποιηθεί η παραπάνω τεχνολογία χρειάζονται κάποια προ-απαιτούμενα είτε στο δίκτυο είτε από τον πάροχο τα οποία είναι (11) :

- **Συνύπαρξη και συμβατότητα με τον παλαιό εξοπλισμό δικτύου του πελάτη.** Για παράδειγμα θα πρέπει να μπορεί να υποστηρίξει πολλαπλούς τύπους σύνδεσης, όπως το MPLS, το frame relay και τις ασύρματες επικοινωνίες LTE μεγαλύτερης χωρητικότητας.
- **Υποστήριξη διαλειτουργικότητας για διαχείριση και ενορχήστρωση.** Η δυνατότητα υποστήριξης VPN και υπηρεσιών τρίτων μερών όπως ελεγκτές βελτιστοποίησης WAN, τείχη προστασίας και πύλες ιστού. Επιπλέον, η δυνατότητα να επιλέγει δυναμικά το καλύτερο μονοπάτι που μπορούν να ακολουθήσουν τα πακέτα.

- **Ασφάλεια και ανθεκτικότητα.** Η εφαρμογή NaaS συνίσταται να είναι διαχειρίσιμη για να ικανοποιεί τις ανάγκες του πελάτη και ταυτόχρονα να συμμορφώνεται με την πολιτική του παρόχου. Επιπλέον θα πρέπει να παρέχεται στον πελάτη σύμφωνα με τους στόχους απόδοσης που εκφράζονται στο SLA
- **Διασφάλιση και παρακολούθηση της απόδοσης.**

### 3.2.1.2 Το παράδειγμα της εταιρίας TELUS (9)

Η канаδική εταιρία παροχής cloud και άλλων υπηρεσιών Telus εισχώρησε από νωρίς στην αγορά με την πλατφόρμα NaaS τον Ιούλιο του 2017, δρομολογώντας την υπηρεσία SD-WAN που μπορούν να διαχειριστούν οι πελάτες μέσω μιας ιντερνετικής πύλης (selfservice web portal). Σύμφωνα με τον CTO Ibrahim Gedeon, η Telus ήταν ικανή να παραδώσει την υπηρεσία SD-WAN για 30% λιγότερο από το κόστος της υπάρχουσας υπηρεσίας η οποία παρέχεται μέσω MPLS υπηρεσιών. Επιπλέον η εταιρία αναφέρει πως η υπηρεσία πλέον παρέχεται μέσα σε 30 λεπτά ενώ τόσο καιρό η υπηρεσία WAN μέσω MPLS χρειαζόταν από 45 έως 60 ημέρες.

Στην αρχή, η Telus στόχευε σε μεσαίες επιχειρήσεις οι οποίες διέθεταν μέχρι 1000 υπαλλήλους θεωρώντας πως οι μεγαλύτερες επιχειρήσεις θα ήταν πιο δύσκολες στην μετατροπή του δικτύου τους και στις καθημερινές δικτυακές απαιτήσεις τους. Ο στόχος της Telus με την NaaS ήταν να οικοδομήσει μια υπηρεσία που θα είναι απλή και επαναχρησιμοποιήσιμη, παράλληλα θα βελτιώνει την ευελιξία, την αποδοτικότητα και τον έλεγχο και θα προσφέρει μειωμένη πολυπλοκότητα και κόστος για τον πελάτη.

Ο τελικός σκοπός της Telus είναι μέσω της αξιοποίησης της NaaS να βελτιώσει στο μέγιστο βαθμό την εμπειρία των πελατών της με παράλληλη μείωση των εξόδων. Για να το καταφέρει το παραπάνω η εταιρία ακολουθεί τις εξής αρχές:

- Παροχή, ενεργοποίηση, συντονισμός υπηρεσιών και αναφορών σε πραγματικό χρόνο
- Δημιουργία ψηφιακής εμπειρίας για τους πελάτες της μέσω ενός web portal το οποίο να είναι εύκολα διαχειρίσιμο, κατανοητό και απλό
- Χρήση αρχιτεκτονικής catalog-driven
- Παροχή αυτοματοποιημένων υπηρεσιών χωρίς να χρειάζεται κάποιος τεχνικός να κάνει τις απαραίτητες ρυθμίσεις από άκρο σε άκρο

### 3.2.2 Network-as-a-Service πλατφόρμα – Η περίπτωση του cloud CDN

Τα δίκτυα διανομής περιεχομένου (content delivery network - CDN) εμφανίστηκαν για να καλύψουν την ανάγκη της μείωσης της απόστασης ενός χρήστη του Internet και του server στον οποίο βρίσκεται το περιεχόμενο το οποίο επιζητά να διαβάσει ο χρήστης στο Internet.

#### 3.2.2.1 Η τεχνολογία του CDN

Το δίκτυο διανομής περιεχομένου (CDN) είναι ένα γεωγραφικά κατανεμημένο δίκτυο διακομιστών μεσολάβησης και των κέντρων δεδομένων τους. Ο στόχος είναι η παροχή υψηλής διαθεσιμότητας και υψηλής απόδοσης με τη διανομή της υπηρεσίας χωρικά σε σχέση με τους τελικούς χρήστες. Τα CDNs χρησιμοποιούν σήμερα ένα μεγάλο μέρος του περιεχομένου του Διαδικτύου, συμπεριλαμβανομένων αντικειμένων web (κείμενο, γραφικά και σενάρια), αντικείμενα που μπορούν να μεταφορτωθούν (αρχεία πολυμέσων, λογισμικό, έγγραφα), εφαρμογές (ηλεκτρονικό εμπόριο, πύλες) των μέσων ενημέρωσης και των ιστότοπων κοινωνικής δικτύωσης.

Οι κάτοχοι περιεχομένου, όπως οι εταιρείες μέσων ενημέρωσης και οι πωλητές ηλεκτρονικού εμπορίου, πληρώνουν τους φορείς εκμετάλλευσης CDN για να παραδώσουν το περιεχόμενό τους στους τελικούς τους χρήστες. Με τη σειρά του, ένας CDN πληρώνει ISPs, μεταφορείς και φορείς εκμετάλλευσης δικτύων για τη φιλοξενία των διακομιστών τους στα κέντρα δεδομένων τους.

Το CDN ένας πιο γενικός όρος που καλύπτει διάφορους τύπους υπηρεσιών προβολής περιεχομένου: βίντεο, λήψεις λογισμικού, επιτάχυνση διαδικτυακού και κινητού περιεχομένου, διαφανή προσωρινή αποθήκευση και υπηρεσίες μέτρησης απόδοσης CDN, εξισορρόπηση φορτίου, εναλλαγή πολλών CDN και αναλυτικών στοιχείων και νοημοσύνη σύννεφου (cloud intelligence). (12)

Στις ημέρες πριν από το cloud, ο κύριος τρόπος για την αντιμετώπιση προβλημάτων σχετικά με την απόδοση του δικτύου διανομής, για τις εταιρείες ήταν να αναπαράγουν την υλική υποδομή σε άλλες γεωγραφικές τοποθεσίες προκειμένου να μειωθεί η φυσική απόσταση μεταξύ του εξυπηρετητή τελικού χρήστη και του περιεχομένου. Για παράδειγμα, να τοποθετηθούν οι διακομιστές κοντά στις πύλες (gateways) του ISP (Internet Service Provider). Αυτή η προσέγγιση δεν ήταν μόνο δαπανηρή αλλά οι εταιρείες έπρεπε να καθορίσουν την καλύτερη στρατηγική επαναφοράς και τοποθέτησης του διακομιστή. Το μοντέλο cloud προσφέρει στις εταιρείες έναν εναλλακτικό και λιγότερο δαπανηρό τρόπο επέκτασης της υποδομής, ιδίως λόγω της δυνατότητας της εικονικοποίησης με αποτέλεσμα να κλιμακώνονται

σε απεριόριστα μέρη χωρίς την ανάγκη να αγοράζουν ακριβά σκεύη, εξαρτήματα. Το cloud και το CDN έχουν εξελιχθεί ως δωρεάν πλατφόρμες χρησιμότητας.

Η λειτουργία του μοντέλου είναι απλή, όταν η ζήτηση της χρήσης του περιεχομένου φτάσει συγκεκριμένα επίπεδα ή οι προβλέψεις του προμηθευτή εμφανίζουν τη ζήτηση σε υψηλά επίπεδα εξαιτίας μιας μελλοντικής μετάδοσης ενός βίντεο αθλητικού γεγονότος, ο πάροχος περιεχομένου δημιουργεί ένα εικονικό CDN για να μετακινήσει προσωρινά το περιεχόμενο από το κέντρο δεδομένων στο δίκτυο (vCDN). Ο πάροχος της επικοινωνίας λαμβάνει το περιεχόμενο από τον πάροχο περιεχομένου και μέσω του κέντρου δεδομένων μεταφέρεται στους τελικούς χρήστες. (8)

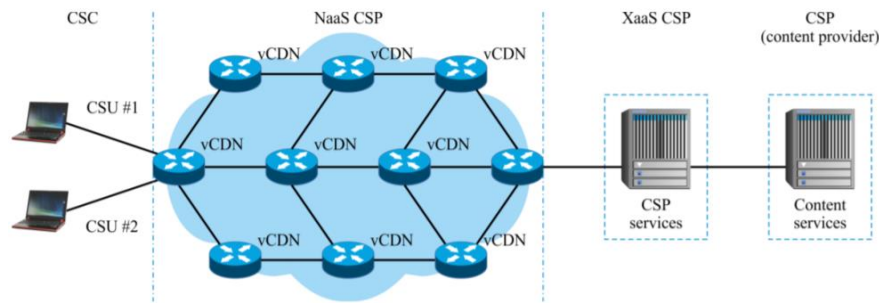


Figure 8: Cloud CDN architecture (8)

Μία αρχιτεκτονική CDN βασισμένη στο cloud διαθέτει τα εξής προτερήματα:

- Μια πλατφόρμα με δυναμική και εύκολη κλιμάκωση της χωρητικότητάς της
- Η πολυπλοκότητα της ρύθμισης των φυσικών μηχανημάτων εξαλείφεται και αντικαθίσταται από τη ρύθμιση CDN εφαρμογών
- Αναβαθμίζεται η ποιότητα των υπηρεσιών που λαμβάνουν οι χρήστες του internet
- Δημιουργείται η τάση της χρήσης του δημόσιου cloud κατά τη διάρκεια αιχμής της ζήτησης με αποτέλεσμα να αξιοποιούνται περισσότερο οι δυνατότητες αυτού

### 3.2.2.2 Το παράδειγμα του Google Cloud CDN

Το Google Cloud CDN αξιοποιεί τα παγκόσμια κατανεμημένα σημεία παρουσίας της Google για να επιταχύνει την προβολή περιεχομένου για ιστότοπους και εφαρμογές που εκτελούνται από το Google Compute Engine και το Google Cloud Storage. Το Cloud CDN μειώνει την καθυστέρηση του δικτύου, κάνει ασήμαντη την προέλευση του παρόχου περιεχομένου, μειώνει το κόστος εξυπηρέτησης και κάνει τις ιστοσελίδες να φορτώνουν πολύ πιο γρήγορα (μέγιστη απόδοση). Η Google διατείνεται ότι με παρουσία σε παραπάνω από 90 σημεία σε όλο τον

πλανήτη, οι υπηρεσίες CDN είναι μόνιμα δίπλα στους χρήστες και παρέχει τη δυνατότητα το site του χρήστη να έχει μία και μόνο IP η οποία λειτουργεί παντού χωρίς τη χρήση τοπικού DNS. Το Cloud CDN είναι άρρηκτα συνδεδεμένο με την πλατφόρμα Google Cloud Platform. Μπορεί να ενεργοποιηθεί μέσω της cloud πλατφόρμας με ένα μόνο κλικ και ο χρήστης μπορεί να κάνει χρήση της κονσόλας της Google Cloud Platform και το Stackdriver για πλήρη καταγραφή των γεγονότων (error and trace logging) που μπορεί να υφίσταται το site για να έχει ο πελάτης πλήρη προβολή της λειτουργίας. Τέλος, το Cloud CDN περιλαμβάνει υποστήριξη μεγάλων αντικειμένων (μέχρι 5 TB), καθιστώντας την ιδανική πλατφόρμα για την παροχή μέσων και παιχνιδιών σε πελάτες σε όλο τον κόσμο. (13)

### 3.2.3 Network-as-a-Service συνδεσιμότητα - Η περίπτωση του εύρους ζώνης κατόπιν ζήτησης

Σε αυτή την κατηγορία θα μπορούσε να παρουσιαστεί σαν χαρακτηριστικό παράδειγμα το εύρος ζώνης κατόπιν ζήτησης. Πιο συγκεκριμένα, οι πελάτες είναι σε θέση να ζητήσουν από τους παρόχους συγκεκριμένα ποσοστά απόδοσης από το δίκτυο τους ανάλογα με τις ανάγκες τους την κάθε στιγμή. Το BoD είναι είναι μια μέθοδος επικοινωνίας δεδομένων που παρέχει πρόσθετη χωρητικότητα για να ικανοποιεί τις απαιτήσεις κυκλοφορίας (network traffic). Χρησιμοποιείται κυρίως σε δίκτυα ευρείας περιοχής (WAN) και τηλεφωνικές γραμμές και βοηθά στην παροχή ευέλικτης προσαρμοσμένης σύνδεσης για την κάλυψη των αναγκών των δεδομένων των χρηστών. Οι περισσότερες εταιρείες τηλεφωνίας καθώς και πάροχοι δικτύων παρέχουν εύρος ζώνης κατόπιν ζήτησης ως κομμάτι των βασικών υπηρεσιών τους. (14) Το εύρος ζώνης (BoD) κατόπιν ζήτησης αναμένεται να σημειώσει τον ταχύτερο ρυθμό ανάπτυξης άνω του 30% από το 2019 έως το 2025 λόγω της μαζικής υιοθέτησης επιχειρηματικών εφαρμογών σε διάφορους τομείς όπως η υγειονομική περίθαλψη, η βιομηχανία και το λιανικό εμπόριο. Τέτοιες εφαρμογές απαιτούν υψηλότερα επίπεδα συνδεσιμότητας και εύρους ζώνης για την υποστήριξη των επιχειρησιακών αναγκών.

Με βάση την παραδοσιακή μέθοδο που υφίσταται μέχρι σήμερα, οι πάροχοι είναι σε θέση να προσφέρουν ένα επίπεδο εύρους ζώνης σταθερό και τις περισσότερες φορές μικρότερο από τα απαιτούμενα. Επιπλέον η παραδοσιακή μέθοδος απαιτεί αρκετές χειροκίνητες ανθρώπινες παρεμβάσεις από τις οποίες λείπει ο αυτοματισμός και δυσχεραίνουν την άμεση ανταπόκριση σε τακτά χρονικά διαστήματα όπου υπάρχουν αυξομειώσεις στη ζήτηση του δικτύου. Επιπλέον, οι συχνές αλλαγές συχνά οδηγούν σε συμφόρηση και αστάθεια επειδή η επισκεψιμότητα, η οποία προέρχεται από πολλές πηγές, μοιράζεται τους ίδιους φυσικούς πόρους. Με τη NaaS συνδεσιμότητα ο χρήστης είναι σε θέση να ζητήσει τις απαραίτητες

υπηρεσίες μέσω ειδικά διαμορφωμένων διεπαφών (User Interfaces) και με αυτό τον τρόπο να προστατεύσει την υλική υποδομή.

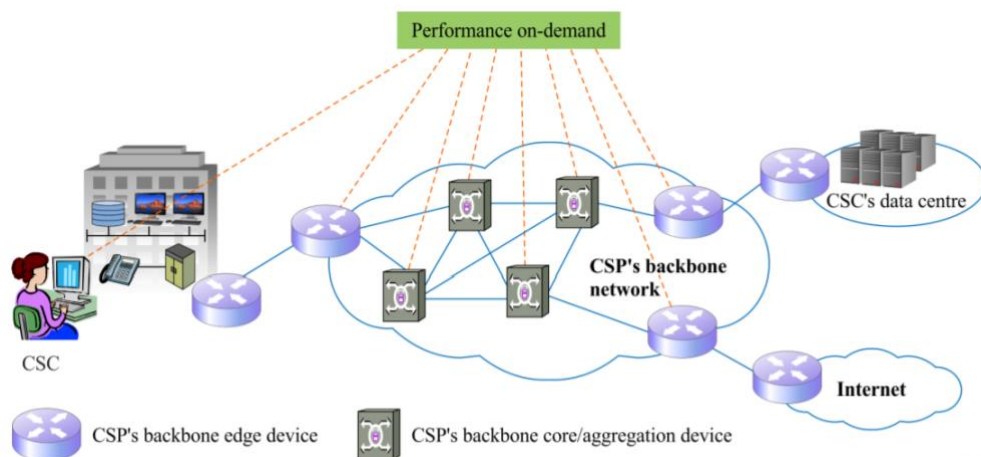


Figure 9: Απόδοση δικτύου κατόπιν ζήτησης (8)

Το εύρος ζώνης κατόπιν ζήτησης παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα. Είναι οικονομικό και πρακτικό από πολλές απόψεις. Οι καταναλωτές μπορούν να χρησιμοποιήσουν μια γραμμή μεταγωγής και πληρώνουν μόνο για τις υπηρεσίες που χρειάζονται αντί να έχουν μια δαπανηρή αφιερωμένη γραμμή, η οποία μπορεί υπολειπόμενη τον περισσότερο καιρό. Βοηθά επίσης στην υλοποίηση δικτυακών συνδέσεων, οι οποίες είναι πιο αποτελεσματικές, ασφαλείς και οικονομικά αποδοτικές. Το bandwidth on demand υποστηρίζει την επεκτασιμότητα και την ευελιξία που απαιτούν οι cloud εφαρμογές. Η BoD τεχνική βοηθά επίσης στη διατήρηση της ποιότητας των υπηρεσιών στο δίκτυο.

### 3.3 NaaS στην πράξη – Το παράδειγμα της Telstra

Η αυστραλιανή εταιρία τηλεπικοινωνιών Telstra, έχει δημιουργήσει ένα νέο τύπο δικτύου για να αντιμετωπίσει τις προκλήσεις του μέλλοντος, αγκαλιάζοντας τον ψηφιακό μετασχηματισμό των δικτύων και ανταποκρινόμενη στις μεταβαλλόμενες απαιτήσεις της αγοράς και των πελατών.

Η Telstra έχει ξεκινήσει να προσφέρει παγκοσμίως το "δίκτυο ως υπηρεσία", συνδυάζοντας στα δίκτυά της την πλατφόρμα του cloud, τα datacentres, την καθορισμένη από το δίκτυο δικτύωση (SDN) και τις δυνατότητες εικονικής λειτουργίας δικτύου (NFV) με το όνομα της υπηρεσίας : 'Telstra Programmable Network'.



Σύμφωνα με την Telstra, το προγραμματιζόμενο δίκτυο θα προσφέρει μια διεπαφή χρήστη για τους πελάτες να αυτοματοποιούν και να παρέχουν υπηρεσίες σε πραγματικό χρόνο και χωρίς να χρειάζεται να αναβαθμίσουν την υποδομή τους, καθώς και με πρόσβαση σε πολλές δημόσιες υπηρεσίες cloud. Ο πελάτης μπορεί να προγραμματίσει το εύρος ζώνης που θέλει ανά πάσα στιγμή, να επιλέξει από πολλαπλές επιλογές λανθάνουσας διαθεσιμότητας, υπηρεσίες, και να συνδεθεί κατόπιν παραγγελίας σε τοποθεσίες ανά τον κόσμο.

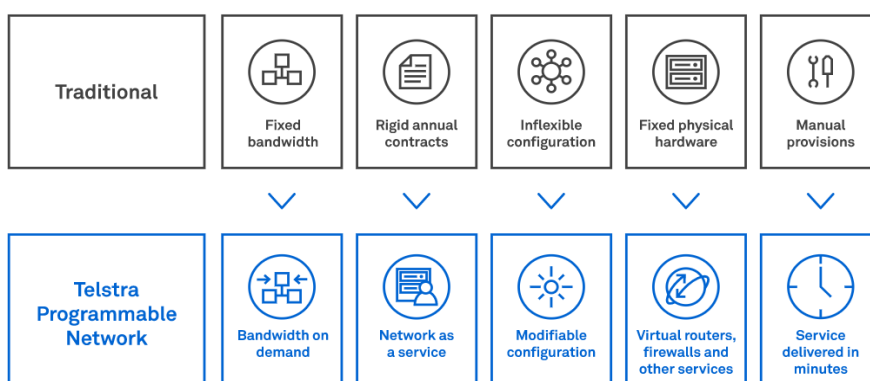


Figure 10: Telstra's Programmable Network (15)

Η Telstra έχει αυτοματοποιήσει σε τέτοιο βαθμό τις υπηρεσίες της που εμφανίζει στο site της σε 3 βήματα τη δημιουργία ένα εικονικοποιημένου δικτύου συνδεδεμένο με τις υπηρεσίες cloud.

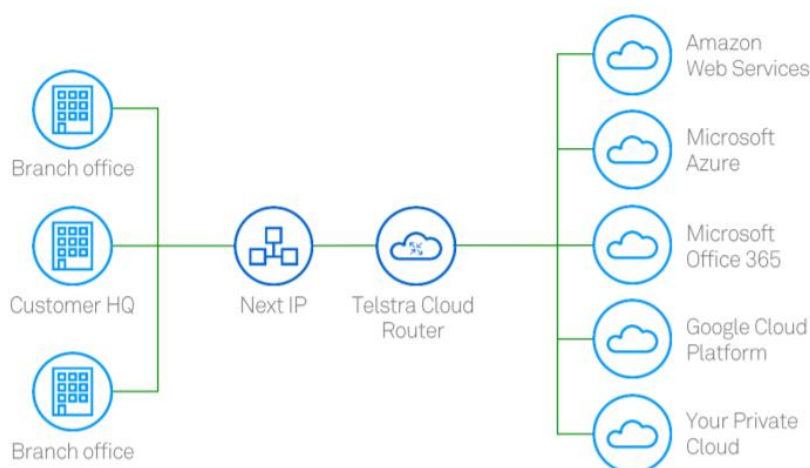


Figure 11: Cloud connectivity Telstra use case (16)

Πιο συγκεκριμένα, σαν πρώτο βήμα εμφανίζει τη δημιουργία της τοπολογίας του δικτύου με βάση τις ανάγκες του πελάτη. Η εταιρία παρέχει μια πλατφόρμα στο internet όπου εκεί μπορεί να σχεδιαστεί η μορφή του δικτύου. Ο πελάτης μπορεί να επιλέξει μια δημόσια ή υβριδική η συνδυαστική cloud τοπολογία. Όσον αφορά την διευθυνσιοδότηση η εταιρία προτείνει τη χρήση του NEXT IP , το οποίο είναι το νέο αναβαθμισμένο βασικό δίκτυο της(core network)

που χρησιμοποιεί MPLS για να αντικαταστήσει τα παλιά δίκτυα που χρησιμοποιούσαν frame relay, ATM, E1. Το νέο δίκτυο είναι σε θέση να ενσωματωθεί άψογα με την υπάρχουσα (αν υπάρχει) υποδομή WAN του πελάτη. Σαν δεύτερο βήμα παρουσιάζεται η επιλογή της εικονικοποιημένης δικτυακής λειτουργίας που θα χρειαστεί ο πελάτης. Η εταιρία διαθέτει στην πλατφόρμα της, στο TPN Marketplace, πληθώρα επιλογών η οποία κυμαίνεται από vRouters, vFirewalls μέχρι και προγράμματα για ανάλυση δεδομένων (data analytics). Λόγω του ότι όλα αυτά είναι εικονικοποιημένα, αφότου επιλεγούν και δημιουργηθεί από άκρο σε άκρο το δίκτυο με ένα κλικ είναι σε θέση να λειτουργήσουν. Το τελικό βήμα είναι η επιλογή του cloud παρόχου μέσω του Network Global Exchange. Η Telstra έχει κάνει συμφωνία με 60 και παραπάνω παρόχους cloud υπηρεσιών μεταξύ αυτών η AWS, Azure και η Google. Το Network Global Exchange είναι ένα οικοσύστημα καθορισμένο από λογισμικό το οποίο σου επιτρέπει να συνδεθείς με άλλους παγκόσμιους επιχειρηματικούς εταίρους όπως εταιρίες που πουλάνε λογισμικό ή ακόμα και άλλους cloud παρόχους. (16)

## Κεφάλαιο 4

### 4.1 Εισαγωγή στον κλάδο των τηλεπικοινωνιών

Ως κλάδος τηλεπικοινωνιών ορίζεται η παραγωγή τηλεπικοινωνιακού υλικού και η χρήση των παραγόμενων τηλεπικοινωνιακών προϊόντων και υπηρεσιών. Σύμφωνα με τον ορισμό της Διεθνούς Ένωσης Τηλεπικοινωνιών (International Telecommunications Union - ITU), τηλεπικοινωνία είναι: “οποιαδήποτε εκπομπή, μετάδοση και λήψη σημείων, σημάτων, γραπτών κειμένων, εικόνων, ήχων ή πληροφοριών οποιασδήποτε φύσης με ενσύρματα ή ασύρματα ή οπτικά ή άλλα ηλεκτρομαγνητικά συστήματα”.

Σύμφωνα με τον ανωτέρω ορισμό ένα ολοκληρωμένο απλό τηλεπικοινωνιακό σύστημα διαθέτει 2 άκρα όπου στο ένα είναι ο σταθμός μετάδοσης και στο άλλο ο σταθμός λήψης. Με την εξέλιξη της τεχνολογίας είναι δυνατόν να υπάρξουν πολλαπλοί σταθμοί μετάδοσης και λήψης και να ανταλλάσσουν δεδομένα μεταξύ τους. Βασικές έννοιες των Τηλεπικοινωνιών είναι οι έννοιες του Τηλεπικοινωνιακού Δικτύου (κάθε εγκατάσταση ή σύνολο εγκαταστάσεων, που εξασφαλίζει την μετάδοση τηλεπικοινωνιακών και ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ δύο ή περισσότερων σημείων), της Τηλεπικοινωνιακής Υπηρεσίας (είναι οι υπηρεσίες που περιλαμβάνουν την μετάδοση και δρομολόγηση σημάτων πληροφοριών σε τηλεπικοινωνιακό δίκτυο με εξαίρεση τις ραδιοφωνικές και τηλεοπτικές μεταδόσεις) και της Τηλεπικοινωνιακής Τερματικής Συσκευής (είναι συσκευή ή γενικά ο εξοπλισμός, που προορίζεται να συνδεθεί σε τηλεπικοινωνιακό δίκτυο ). Η εξέλιξη της τεχνολογίας των Τηλεπικοινωνιών και η ανάπτυξη της πληροφορικής δημιούργησαν την «Τηλεματική», η οποία παρέχει τις σύγχρονες υπηρεσίες που προκύπτουν από την σύζευξη των Τηλεπικοινωνιών με την Πληροφορική. Με αποτέλεσμα οι ασυμμετρικές ψηφιακές γραμμές (ADSL) και VDSL (Very high-bitrate/high speed DSL) να κατάφεραν να εξασφαλίσουν επικοινωνία με μεγάλες ταχύτητες, το δίκτυο Πρόσβασης Νέας Γενιάς (New Generation Access – NGA) να παρέχει ακόμα αποδοτικότερες ευρυζωνικές επικοινωνίες υπερύψηλων ταχυτήτων το οποίο είναι βασισμένο σε υποδομές οπτικών ινών, οι δορυφορικές επικοινωνίες να δώσουν την δυνατότητα ευρύτερης χρήσης, σε διεθνές επίπεδο των τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών και η χρήση των υπηρεσιών κινητής τηλεφωνίας να έχει ήδη επικρατήσει της σταθερής τηλεφωνίας. Βασική απόρροια όλων των δυνατοτήτων της σύγχρονης τηλεπικοινωνιακής αγοράς είναι η φιλική και φθηνή πρόσβαση σε υπηρεσίες υψηλής ποιότητας.

## 4.2 Ο κλάδος των τηλεπικοινωνιών σε παγκόσμιο επίπεδο

Σύμφωνα με την έρευνα στην αγορά τεχνολογιών Πληροφορικής και Επικοινωνιών που πραγματοποιήθηκε τον Ιανουάριο του 2019 από το Συνδέσμο Επιχειρήσεων Πληροφορικής & Επικοινωνιών Ελλάδας σε συνεργασία με το European IT Observatory αναφέρεται ότι ο κλάδος Τηλεπικοινωνιών σε παγκόσμιο επίπεδο βρίσκεται στην πρώτη γραμμή της διαδικασίας του ψηφιακού μετασχηματισμού, τόσο ως βιομηχανία που παρακολουθεί τη μεταβολή στο περιβάλλον της αγοράς, όσο και ως βασική κινητήρια δύναμη της ψηφιακής μετάβασης. Οι απαιτήσεις της ψηφιακής εποχής οδηγούν επιχειρήσεις και πολίτες σε αυξημένες επενδύσεις και αγορές για την κάλυψη των τηλεπικοινωνιακών τους αναγκών, ωθώντας την παγκόσμια βιομηχανία Τηλεπικοινωνιών σε συνεχή άνοδο. Πλέον, οι εταιρείες Τηλεπικοινωνιών καλούνται να διαφοροποιηθούν έναντι των παραδοσιακών μοντέλων λειτουργίας τους, παρέχοντας ταυτόχρονα υψηλής ποιότητας συνδεσιμότητα στους πελάτες τους, αλλά και πρόσθετες υπηρεσίες, όπως είναι οι τηλεοπτικές ή/ και οι υπηρεσίες Πληροφορικής. Η παγκόσμια ψηφιακή αγορά κινείται προς την υλοποίηση της επονομαζόμενης 3ης πλατφόρμας, όπου κυρίαρχο ρόλο θα διακατέχουν οι τεχνολογίες της Εικονικής πραγματικότητας (Virtual Reality), του Internet of Things (IoT), του Blockchain και των Γνωσιακών Συστημάτων (Cognitive Systems). Οι παραπάνω τεχνολογίες σχετίζονται άμεσα με τις τάσεις του cloud computing, των big data analytics, του mobility (συσκευές και εφαρμογές) και των social networks. Το αποτύπωμα αυτής της κινητικότητας φαίνεται ιδιαίτερα σε κάποιους υπο-τομείς της αγοράς, όπως ο Εξοπλισμός Τηλεπικοινωνιών και οι Συσκευές και οι Υπηρεσίες Δεδομένων. Στυλοβάτης των Υπηρεσιών Τηλεπικοινωνιών είναι τα δεδομένα και συγκεκριμένα οι Υπηρεσίες Δεδομένων Κινητής Τηλεφωνίας. (17)

## 4.3 Γενικά στοιχεία του κλάδου στην Ελλάδα

Ενώ όλα τα παραπάνω αποτυπώνονται σε παγκόσμιο επίπεδο, ο κλάδος των ΤΠΕ στην Ελλάδα και πιο συγκεκριμένα των Τηλεπικοινωνιών εμφανίζει εικόνα στασιμότητας. Αν και οι τηλεπικοινωνίες αποτέλεσαν και αποτελούν έναν από τους κλάδους που ενισχύουν σημαντικά την οικονομία και επιδρούν άμεσα στο κοινωνικό-πολιτιστικό επίπεδο του πληθυσμού της χώρας. Η εικόνα στασιμότητας παρουσιάζεται στην Ελλάδα από το 2007, με μία μικρή εξαίρεση το 2014 όπου πέτυχε θετικές επιδόσεις και από το 2017 παραμένει σταθερή. Πιο συγκεκριμένα, με αρνητικό πρόσημο ολοκλήρωσε τη χρήση του 2018 η ελληνική αγορά Τηλεπικοινωνιών, η οποία υποχώρησε πέρσι κατά 1,3% και κινήθηκε στα επίπεδα των €3,737 δις, ενώ και το 2019 η τελική γραμμή θα είναι αρνητική κατά 0,1% με αξία αγοράς €3,732 δις. Ο κύκλος εργασιών του κλάδου αυξήθηκε οριακά διατηρούμενος πάνω από τα 5 δισ. ευρώ,

ενώ η συμβολή του στο Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν (ΑΕΠ) της Ελλάδας κυμάνθηκε στο 2,8% το 2017 ελαφρά μειωμένη σε σχέση με το 2016, δεδομένου ότι το ΑΕΠ παρουσίασε ετήσια αύξηση 2% έναντι 0,2% του τηλεπικοινωνιακού κλάδου.

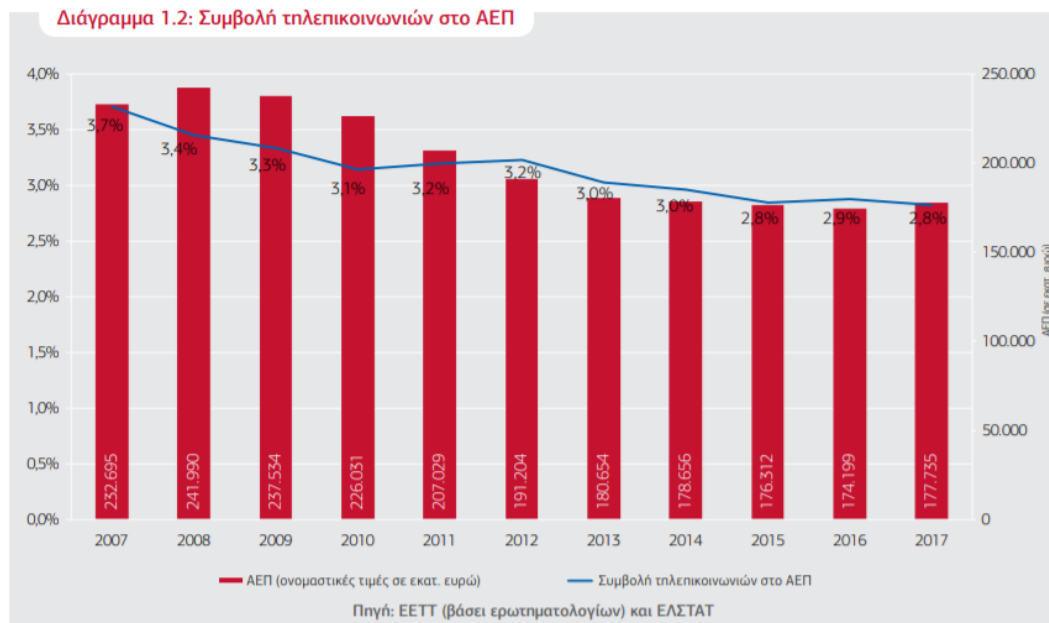


Figure 12: Συμβολη τηλεπικοινωνιών στο ΑΕΠ

Ο κλάδος των τηλεπικοινωνιών στην Ελλάδα παρέχει υπηρεσίες σε τρεις βασικές κατηγορίες, στη σταθερή και κινητή τηλεφωνία και στο διαδίκτυο. Οι πάροχοι σταθερής τηλεφωνίας για το 2018 ανήλθαν στους 5 ενώ για την κινητή τηλεφωνία στους 4. Οι 5 πάροχοι σταθερής είναι ο ΟΤΕ, η Vodafone, η Wind, η Forthnet και η Cyta Hellas.

Αν και για το 2017 υπήρξαν αυξημένες επενδύσεις στον κλάδο των τηλεπικοινωνιών που έφτασαν κοντά στο 1δισ ευρώ και οι οποίες πραγματοποιήθηκαν από τους 3 μεγάλους παίκτες της αγοράς (Όμιλος ΟΤΕ, Vodafone, Wind), οι επενδύσεις αφορούσαν κυρίως έργα αναβάθμισης των υποδομών του δικτύου (Δίκτυα οπτικής ίνας μέχρι το σπίτι- FTTH) καθότι το μεγαλύτερο μέρος του δικτύου αποτελείται ακόμα από χαλκό.



Figure 13: Επενδύσεις παρόχων ΤΠΕ για το 2017 (18)

Η δεύτερη μεγαλύτερη επένδυση που έκαναν οι πάροχοι φαίνεται να είναι σύμφωνα με το παραπάνω διάγραμμα που εξέδωσε η Εθνική Επιτροπή Τηλεπικοινωνιών και Ταχυδρομείων σε υπηρεσίες αδειοδότησης και δικαιωμάτων χρήσης.

Για την καλύτερη κατανόηση του αναγνώστη θα παρατεθούν κάποια περαιτέρω στοιχεία της αγοράς τηλεπικοινωνιών για να γίνει κατανοητό το επίπεδο της τεχνολογίας στο οποίο βρίσκεται ο κλάδος αυτή τη στιγμή σε σύγκριση με το ευρωπαϊκό μέσο.

Τα ποσοστά που αφορούν τη διείσδυση της σταθερής ευρυζωνικότητας τον Ιούνιο του 2017 (υπολογίζεται με βάση τον αριθμό ευρυζωνικών συνδέσεων ανά 100 κατοίκους) έφτασε το 33,7% έναντι 32,7% τον Ιούνιο του 2016 νούμερα για το ευρωπαϊκό μέσο. Τα αντίστοιχα μεγέθη για την Ελλάδα ήταν 33,9% και 32,8%, διατηρώντας την στην 10η θέση μεταξύ των κρατών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ). Η Ελλάδα εξακολούθησε να υπερβαίνει, έστω και οριακά, τον αντίστοιχο ευρωπαϊκό μέσο όρο, παρουσιάζοντας ελαφρά μεγαλύτερο ρυθμό αύξησης της ευρυζωνικής διείσδυσης από τον αντίστοιχο ευρωπαϊκό μέσο ρυθμό. Σε πραγματικά νούμερα μεταφράζεται σε 3.795.410 γραμμές ευρυζωνικών συνδέσεων. Βέβαια να αναφερθεί ότι η ζήτηση ευρυζωνικών γραμμών υπέρ-υψηλών ταχυτήτων συνέχισε να αυξάνεται στην Ευρώπη, με αποτέλεσμα τον Ιούνιο 2017 οι ευρυζωνικές συνδέσεις σε ταχύτητες άνω των 30Mbps να αποτελούν περίπου το 44,4% του συνόλου, με την Ελλάδα να βρίσκεται στην τελευταία θέση με 9,95%. Κλάδος όπου υπάρχουν ακόμα μεγάλα περιθώρια ανάπτυξης και βελτίωσης.

Η διείσδυση της κινητής ευρυζωνικότητας έφθασε το 65,7% του πληθυσμού (έναντι 55,2% στο τέλος του 2016) κινούμενη σε χαμηλά ακόμα επίπεδα. Ωστόσο, τα περιθώρια βελτίωσης είναι σημαντικά λαμβάνοντας υπόψη αφενός ότι το ποσοστό πληθυσμιακής κάλυψης σε δίκτυα 4G πλησίασε το αντίστοιχο των δικτύων 3G (98% έναντι 99,6%) και αφετέρου ότι η πλειονότητα

της διαδικτυακής κίνησης πραγματοποιήθηκε για πρώτη φορά μέσω δικτύων 4G (56,7% το Δεκέμβριο του 2017 έναντι 32,6% τον Δεκέμβριο του 2016).

Η κάλυψη δικτύων πρόσβασης νέας γενιάς (Next Generation Access networks-NGA) επεκτείνεται και έχει φτάσει το 2017 το 80% των νοικοκυριών. Η Ελλάδα υπολείπεται του ευρωπαϊκού μέσου όρου με κάλυψη 49,6%, παρουσιάζοντας ωστόσο έναν από τους μεγαλύτερους βαθμούς αύξησης που φτάνει στο 5,7%. Παράλληλα, το ποσοστό των κατοικημένων περιοχών που καλύπτονται από δίκτυα 4G (μέσος όρος κάλυψης των τηλεπικοινωνιακών παρόχων σε κάθε χώρα) ανήλθε τον Ιούνιο του 2017 στο 97,9% του ευρωπαϊκού πληθυσμού με την Ελλάδα να υστερεί ελαφρά με κάλυψη 97,1%. Τέλος, το 70,7% των εγχώριων νοικοκυριών έχει πρόσβαση στο Διαδίκτυο όπου ο αντίστοιχος ευρωπαϊκός δείκτης κυμαίνεται στο 84,5%. (18)

Συμπερασματικά, η Ελλάδα μπορεί να χαρακτηριστεί μεν ψηφιακά ανώριμη αλλά καλό είναι να αναγνωριστεί πως γίνονται επενδύσεις σε υποδομές και υπηρεσίες καθώς διαθέτει το μεγαλύτερο –κατ’ αναλογίαν– στην Ευρώπη σχέδιο ανάπτυξης ευρυζωνικότητας, με δημόσιες επενδύσεις που αναμένεται να υπερβούν τα 700 εκ. € την προσεχή πενταετία και ίσως σε κάποια χρόνια να πλησιάσει αρκετά ή και να ξεπεράσει πολλούς από τους ευρωπαϊκούς μέσους όρους.

#### 4.3.1 Ο όμιλος ΟΤΕ

Ο όμιλος ΟΤΕ είναι η μεγαλύτερη εταιρεία κινητής τηλεφωνίας στην Ελλάδα με αριθμό πελατών να φτάνει τα 8 εκατομμύρια. Έχει αναπτύξει επιχειρηματικές δραστηριότητες σε τρεις ακόμη χώρες της Νοτιοανατολικής Ευρώπης μέσω θυγατρικών: την Telekom σε Αλβανία και Ρουμανία και τη GLOBUL στη Βουλγαρία. Στο σύνολο των τεσσάρων αυτών χωρών η Cosmote εξυπηρετεί περίπου 20,4 εκατομμύρια πελάτες. Από το 1998 μέχρι σήμερα κατάφερε όχι μόνο να κατακτήσει την πρωτιά στην ελληνική αγορά κινητής τηλεφωνίας, αλλά και να εδραιώσει τη θέση της ως ένας από τους μεγαλύτερους παρόχους κινητής τηλεφωνίας στην ευρύτερη περιοχή της Νοτιοανατολικής Ευρώπης.

Σύμφωνα με την τελευταία ετήσια έκθεση διαχείρισης του διοικητικού συμβουλίου που αφορά την περίοδο από 1<sup>η</sup> Ιανουαρίου 2018 έως 31 Δεκεμβρίου, ο Όμιλος ΟΤΕ για ακόμη μια χρονιά διατήρησε την ηγετική του θέση στην εγχώρια αγορά, ενώ ενίσχυσε την προσαρμοσμένη λειτουργική του κερδοφορία κατά 4% σε σχέση με το 2017. Τα έσοδα της Ελλάδας αυξήθηκαν κατά 1,5% και σε πραγματικά νούμερα σε 2.887,6 εκατ. Ευρώ ως αποτέλεσμα της ισχυρής απόδοσης στις ευρυζωνικές υπηρεσίες σταθερής οι οποίες επωφελήθηκαν από την σημαντική

αποδοχή υπηρεσιών οπτικής ίνας, καθώς και υπηρεσιών κινητής. Τα έσοδα από υπηρεσίες κινητής στην Ελλάδα μειώθηκαν κατά 1,6% το 2018, ως αποτέλεσμα της εφαρμογής του Δ.Π.Χ.Α 15(Έσοδα από συμβάσεις με πελάτες). Εξαιρουμένης της επίδρασης αυτού του προτύπου, τα έσοδα από υπηρεσίες κινητής σημείωσαν αύξηση 1,3%.

Με πελατειακή βάση να φθάνει τα 2,65 εκατομμύρια ανθρώπους, οι θετικές επιδόσεις των εσόδων τροφοδοτήθηκαν από τη συνεχιζόμενη ενίσχυση των υπηρεσιών data κινητής, των ευρυζωνικών υπηρεσιών και των υπηρεσιών ICT, αντισταθμίζοντας τις απώλειες των εσόδων από υπηρεσίες φωνής και μηνυμάτων. Ο ΟΤΕ με επενδύσεις που φτάνουν τα 2δισ ευρώ έχει σκοπό να αναβαθμίσει το δίκτυο του μέχρι το 2022. Επιπλέον έχει αναπτύξει mobile εφαρμογή η οποία αριθμεί 2,3 εκατομμύρια χρήστες προσφέροντας τους «ένα» ψηφιακό σημείο επαφής για να μπορούν εύκολα και απλά να χειρίζονται τις συνδέσεις τους. Σύμφωνα με δεδομένα της εταιρίας IDC στις παρεχόμενες υπηρεσίες B2B, έχει αναδειχθεί σε νούμερο ένα πάροχος ολοκληρωμένων λύσεων σημειώνοντας αύξηση στα έσοδα του σε ποσοστό 13% έναντι της προηγούμενης έκθεσης για το οικονομικό έτος 2017. Προωθώντας και επιταχύνοντας την ανάπτυξη των ευρυζωνικών υπηρεσιών υψηλών ταχυτήτων σε τεχνολογίες νέας γενιάς NGA, η Εταιρεία κατάφερε να προσελκύσει περίπου 177 χιλιάδες νέους πελάτες. Στο τέλος του 2018 οι πελάτες ευρυζωνικών υπηρεσιών υψηλής ταχύτητας ανήλθαν σε 531 χιλιάδες. (19)

Ελλάδα:	2018
<b>Σταθερή τηλεφωνία:</b>	
Συνδέσεις λιανικής	2.650.995
Ενεργές Ευρυζωνικές Συνδέσεις λιανικής	1.896.336
...εκ των οποίων συνδέσεις οπτικών ινών	531.334
Συνδρομητές τηλεόρασης	541.907
<b>Κινητή τηλεφωνία:</b>	
Συνδρομητές κινητής	7.905.021

Figure 14: Πελατειακή βάση ΟΤΕ ανά κατηγορία (19)

Τέλος και από τα πιο σημαντικά που χρειάζεται να εστιάσουμε σχετικά με τον όμιλο ΟΤΕ είναι ότι έχει εμπλουτίζει τις υπηρεσίες Internet of Things, λάνσαρε την πρωτοποριακή σειρά προγραμμάτων Cosmote IOT Data Sharing και έλαβε μέρος σε πολύ μεγάλο ποσοστό των διαγωνισμών Smart Cities που προκηρύχθηκαν.

Στους στόχους για το 2019 ο όμιλος έχει θέσει να δημιουργήσει νέες πηγές εσόδων μέσω της δραστηριοποίησης του στις αναδυόμενες ψηφιακές αγορές και να διαθέσει άριστες υπηρεσίες στους πελάτες του χάρη στα δίκτυα νέας γενιάς (Vectoring/ FTTH, 4G/4G+).



#### 4.3.2 Η εταιρία Vodafone

Η VODAFONE – ΠΑΝΑΦΟΝ Α.Ε.Ε.Τ ιδρύθηκε στην Ελλάδα το 1992 ως Πάναφον από τον Όμιλο Vodafone, την France Telecom, την Intracom και από την τράπεζα Data και ονομάστηκε επίσημα Vodafone τον Ιανουάριο του 2002. Ο Όμιλος Vodafone είναι ο βασικός μέτοχος της εταιρείας με ποσοστό 99,8% των μετοχών της Vodafone Greece.

Σύμφωνα με την ετήσια οικονομική κατάσταση για το οικονομικό έτος 2018, η Vodafone παρουσίασε αύξηση του κύκλου εργασιών κατά 2,1% σε σχέση με την προηγούμενη διαχειριστική περίοδο και κατέγραψε κέρδη προ φόρων 37,2 εκατομμύρια ευρώ.

	2018	
	Ευρώ	%
<b>Απόδοσης και αποδοτικότητας</b>		
<u>Κέρδη προ τόκων και φόρων</u>	<u>58,4</u>	
Έσοδα	871,5	6,7%
<u>Κέρδη / (Ζημιές) χρήσης</u>	<u>32,4</u>	
Ίδια κεφάλαια	332,4	9,7%
<b>Οικονομικής διάρθρωσης</b>		
<u>Κυκλοφορούν ενεργητικό</u>	<u>337,0</u>	
Σύνολο ενεργητικού	1.304,0	25,8%
<u>Ίδια κεφάλαια</u>	<u>332,4</u>	
Σύνολο υποχρεώσεων	971,6	34,2%
<b>Γενικής ρευστότητας</b>		
<u>Κυκλοφορούν ενεργητικό</u>	<u>337,0</u>	
Βραχυπρόθεσμες υποχρεώσεις	286,3	117,7%

Figure 15: Δείκτες χρηματοοικονομικής πληροφόρησης Vodafone

Η εταιρεία ανακοίνωσε τον Ιούνιο του 2017 επενδύσεις ύψους 500 εκατ. ευρώ έως το 2020 σε δίκτυα νέας γενιάς σταθερής και κινητής, αναβαθμίσεις προϊόντων και υπηρεσιών, καθώς και αναβάθμιση του δικτύου καταστημάτων της. Το επενδυτικό σχέδιο της Vodafone Ελλάδας εγκρίθηκε από την Εθνική Επιτροπή Τηλεπικοινωνιών & Ταχυδρομείων (ΕΕΤΤ) στο πλαίσιο της διαδικασίας ανάθεσης περιοχών για την ανάπτυξη δικτύων νέας γενιάς με την εισαγωγή της τεχνολογίας vectoring και άλλων τεχνολογιών, όπως είναι οι οπτικές ίνες. Περιλαμβάνει επενδύσεις σε δίκτυα νέας γενιάς για την επέκταση του δικτύου οπτικών ινών που διαθέτει η Vodafone με την υλοποίηση FTTH (fiber-to-the-home) και FTTC (fiber-to-the-cabinet) σε διαφορετικές περιοχές ανά την Ελλάδα. Στα πλαίσια της συγκεκριμένης επένδυσης η εταιρία ανακοίνωσε το Δεκέμβριο του ίδιου έτους την εμπορική διάθεση των προγραμμάτων Vodafone Home Double Play Fiber 100Mbps και Vodafone One Net Fiber, που εξασφαλίζουν γρήγορο internet για όλους τους οικιακούς και εταιρικούς πελάτες μέσα από το δίκτυο οπτικών ινών της Vodafone Ελλάδας. (20)

Οι επενδύσεις της Vodafone στο δίκτυο τρίτης γενιάς δίνουν τη δυνατότητα στους συνδρομητές της να απολαμβάνουν γρήγορο και υψηλής ταχύτητας mobile internet, κάθε

στιγμή όπου κι αν βρίσκονται. Με σκοπό την επένδυση στην ανάπτυξη δικτύου 4ης γενιάς, ώστε να προσφέρει νέες καινοτόμες υπηρεσίες 4G, που θα δώσουν τη δυνατότητα στους συνδρομητές της να κάνουν χρήση υπηρεσιών δεδομένων με πραγματικές ταχύτητες πολλαπλάσιες των σημερινών, και ακόμη μεγαλύτερη χωρητικότητα για αποστολή και λήψη μεγάλων αρχείων.

Η Vodafone παρέχει όλα τα εργαλεία επικοινωνίας που χρειάζεται η σύγχρονη επιχείρηση για να λειτουργήσει αποδοτικά, από την πιο μικρή έως και την πιο μεγάλη. Προσφέροντας υπηρεσίες ολικής επικοινωνίας μέσω του συνδυασμού ευρυζωνικότητας, mobility και cloud, απαντώντας στις συνεχώς μεταβαλλόμενες ανάγκες των επιχειρήσεων.

Στόχος της εταιρείας είναι να συνεχίσει να επενδύει σε σύγχρονες υπηρεσίες και προϊόντα, προσφέροντας στις επιχειρήσεις και στους πολίτες τις καλύτερες τεχνολογίες για ανάπτυξη και καινοτομία. Παράλληλα με τους εμπορικούς της στόχους και στο πλαίσιο της υπεύθυνης επιχειρηματικής λειτουργίας ως εταιρεία τηλεπικοινωνιών, η Vodafone Ελλάδα εφαρμόζει προγράμματα Βιώσιμης Ανάπτυξης, δίνοντας προτεραιότητα σε τρεις κεντρικούς πυλώνες: την Ενδυνάμωση των Γυναικών, την Απασχόληση των Νέων και την Ανάπτυξη των Δεξιοτήτων τους, καθώς και την Περιβαλλοντική Αποδοτικότητα. Οι πυλώνες αυτοί που συνθέτουν τη στρατηγική Βιώσιμης Ανάπτυξης της Vodafone Ελλάδα, εναρμονίζονται και με τους 17 Στόχους Βιώσιμης Ανάπτυξης του ΟΗΕ. (21)

#### 4.3.3 Η εταιρία WIND

Το 1993, η WIND εγκαινίασε στην Ελλάδα μία νέα εποχή στην επικοινωνία, θέτοντας για πρώτη φορά σε λειτουργία δίκτυο κινητής τηλεφωνίας στη χώρα μας, έχοντας στο επίκεντρο την προσφορά πρωτοποριακών υπηρεσιών επικοινωνίας.

Η εταιρία WIND με επενδύσεις 98 εκατομμυρίων ευρώ για το έτος 2018 σε δίκτυα νέας γενιάς για κινητή και σταθερή τηλεφωνία έχει καταφέρει να καταγράψει θετικά πρόσημα στην κερδοφορία της. Πιο συγκεκριμένα, σημείωσε αύξηση σε τζίρο και λειτουργική κερδοφορία, κλείνοντας το έτος με συνολικά έσοδα 509,4 εκατ. € και EBITDA ύψους 119,6 εκατ. €, αυξημένα σε ετήσια βάση κατά 3,1% και 15,7% σε σχέση με την προηγούμενη διαχειριστική περίοδο. Το έτος 2018 ήταν για τη WIND ο τρίτος συνεχόμενος χρόνος επιταχυνόμενης ανάπτυξης, σφραγίζοντας την αναπτυξιακή τροχιά στην οποία έχει εισέλθει ήδη από το 2015. Κατά το διάστημα αυτό καταγράφηκε εντυπωσιακή αύξηση του EBITDA κατά 41%. Διψήφια ήταν και η αύξηση των εσόδων της WIND Ελλάς που ανήλθε σε 10,6%. Το 2018 η WIND βελτίωσε περαιτέρω την κεφαλαιακή της διάρθρωση και μείωσε το κόστος δανεισμού της,

καθώς προέβη σε μερική πρόωρη εξόφληση ύψους 70 εκατ. € των ομολογιών (Senior Notes) συνολικής αξίας 345 εκατ. € (τοκομεριδίου 10%, λήξεως το 2021).

Στον τομέα της κινητής τηλεφωνίας σημείωσε αύξηση των εσόδων της κατά 2,8%. Η κάλυψη του 4G δικτύου της σε πανελλαδική εμβέλεια έφτασε στο 95% με ετήσια αύξηση σε σχέση με το προηγούμενο έτος κατά 7,4 ποσοστιαίες μονάδες. Ο στόχος της εταιρίας για το 2019 είναι να φθάσει η κάλυψη το 99%.

Στον τομέα της σταθερής τηλεφωνίας, στην πελατειακή της βάση προστέθηκαν 201,000 νοικοκυριά που διαθέτουν συνδυαστικά προγράμματα κινητής, σταθερής και Internet για το 2018 και στο βασικό δίκτυο της προστέθηκαν 273.000 NGA γραμμές ενεργοποιημένες. Στόχος για το τέλος του 2019 είναι οι κατασκευασμένες γραμμές NGA να αριθμούν 381.000. (22)

## Κεφάλαιο 5

### 5.1 SWOT Ανάλυση

Η ανάλυση SWOT είναι ένα εργαλείο στρατηγικού σχεδιασμού το οποίο χρησιμοποιείται για την ανάλυση του εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος μίας επιχείρησης, όταν η επιχείρηση πρέπει να λάβει μία απόφαση σε σχέση με τους στόχους που έχει θέσει ή με σκοπό την επίτευξή τους. Το αρκτικόλεξο SWOT προκύπτει από τις αγγλικές λέξεις: Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats με την αντίστοιχη μετάφραση στα ελληνικά να είναι : δυνατά σημεία, αδύνατα σημεία, ευκαιρίες, απειλές. (23)

Στην ανάλυση SWOT μελετώνται τα 4 παραπάνω στοιχεία που μπορεί να αφορούν έναν οργανισμό, μια επιχείρηση ή στη συγκεκριμένη περίπτωση που θα τη χρησιμοποιήσουμε μία τεχνολογία. Όταν η ανάλυση πραγματοποιείται για μία επιχείρηση τα δυνατά σημεία και οι αδυναμίες οι οποίες αναλύονται, αφορούν το εσωτερικό περιβάλλον της επιχείρησης ενώ οι ευκαιρίες και οι απειλές αντανακλούν καταστάσεις του εξωτερικού περιβάλλοντος.



Figure 16: SWOT διάγραμμα (24)

Για να εφαρμοστεί η τεχνική θα χρειαστεί να καταγραφούν ερωτήματα για την κάθε μια κατηγορία και να απαντηθούν ορθολογικά και όσο πιο ποσοτικοποιήμενα γίνεται. Προτείνεται για την όσο δύναται καλύτερη ανάλυση οι παραδοχές που γίνονται να είναι σαφείς και μετρήσιμες. Τα θέματα τα οποία προβληματίζουν τον αναλυτή να καταγραφούν με σειρά προτεραιότητας από το πιο σημαντικό στο λιγότερο. Οι επιλογές που αποφασίστηκαν να μεταφερθούν με προσοχή στο επόμενο στάδιο το οποίο αφορά τη δημιουργία των στρατηγικών ενεργειών. Η ανάλυση SWOT πολλές φορές συνδυάζεται και με την ανάλυση PEST για

καλύτερα αποτελέσματα αλλά στα πλαίσια της συγκεκριμένης εργασίας θα πραγματοποιηθεί μόνο η πρώτη.

Τα δυνατά σημεία σε μία επιχείρηση ή ένα κλάδο μπορούν να περιλαμβάνουν (23):

- Ποια είναι τα πλεονεκτήματα;
- Ποιο είναι το πλέον ανταγωνιστικό προϊόν / υπηρεσία;
- Ύπαρξη πατέντας ή πνευματικών δικαιωμάτων;
- Ποιοι είναι οι διαθέσιμοι πόροι που είναι μοναδικοί ή έχουν το μικρότερο συγκριτικά κόστος;

Οι αδυναμίες σε μια επιχείρηση μπορούν να περιλαμβάνουν :

- Τι θα μπορούσε να βελτιωθεί;
- Τι θα έπρεπε να αποφευχθεί;
- Τι θεωρούν οι τοπικοί οικονομικοί παράγοντες ως ενδογενή αδυναμία;

Η όλη ανάλυση οφείλει να λαμβάνει υπόψιν τον ανταγωνισμό: για παράδειγμα, η παραγωγή ενός προϊόντος υψηλής ποιότητας, εφόσον παράγεται σε αφθονία και από τον ανταγωνισμό, δεν αποτελεί δύναμη για την περιοχή, αλλά αναγκαιότητα.

Οι ευκαιρίες μπορούν να βρεθούν απαντώντας στα εξής ερωτήματα:

- Ποιες είναι οι καλές ευκαιρίες που προβάλλουν;
- Ποιες είναι οι ενδιαφέρουσες τάσεις που αφορούν την περιοχή;
- Υπάρχουν αλλαγές στην τεχνολογία και τις αγορές, σε μικρή ή μεγάλη κλίμακα;
- Υπάρχουν αλλαγές στην κρατική πολιτική στο πεδίο ενδιαφέροντος;
- Υπάρχουν αλλαγές σε κοινωνικά μοτίβα, πληθυσμιακά προφίλ, αλλαγές τρόπου ζωής;

Οι απειλές μπορούν να καταγραφούν έπειτα από ανάλυση των παρακάτω:

- Ποια εμπόδια εμφανίζονται συνήθως;
- Τι κάνουν οι ανταγωνιστές;
- Εμφανίζονται αλλαγές στις προδιαγραφές για τα ήδη παρεχόμενα προϊόντα ή υπηρεσίες;
- Οι τεχνολογικές αλλαγές απειλούν ή ακυρώνουν την υφιστάμενη οικονομία της περιοχής;
- Υπάρχουν χρηματοδοτικά ή χρηματοοικονομικά προβλήματα;
- Αποτελεί κάποια από τις αδυναμίες πραγματική απειλή για την οικονομία της περιοχής;

## 5.2 Ανάλυση SWOT για το μοντέλο NaaS

Σύμφωνα με έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί το μέγεθος της αγοράς που αφορά το δίκτυο σαν υπηρεσία το έτος 2018 υπερβαίνει τα 5 δισεκατομμύρια δολάρια ενώ οι προβλέψεις εκτιμούν ότι το σύνθετο ποσοστό ετήσιας ανάπτυξης(CAGR) υπολογίζεται να αυξάνεται με ρυθμούς 35% και άνω από το 2019 έως το 2025. Οι κύριοι παράγοντες που οδηγούν στην αγορά NaaS περιλαμβάνουν την ταχεία υιοθέτηση των υπηρεσιών cloud μεταξύ των επιχειρήσεων και την αύξηση της ανάπτυξης νέων υποδομών για κέντρα δεδομένων. Καθώς όλες οι προβλέψεις είναι αισιόδοξες ,τα νούμερα και οι ρυθμοί ανάπτυξης του μοντέλου που παρουσιάζονται είναι θετικά , σε μία προσπάθεια σκιαγράφησης της μελλοντικής πορείας της τεχνολογίας πραγματοποιείται μία ανάλυση SWOT με θέμα το NaaS.

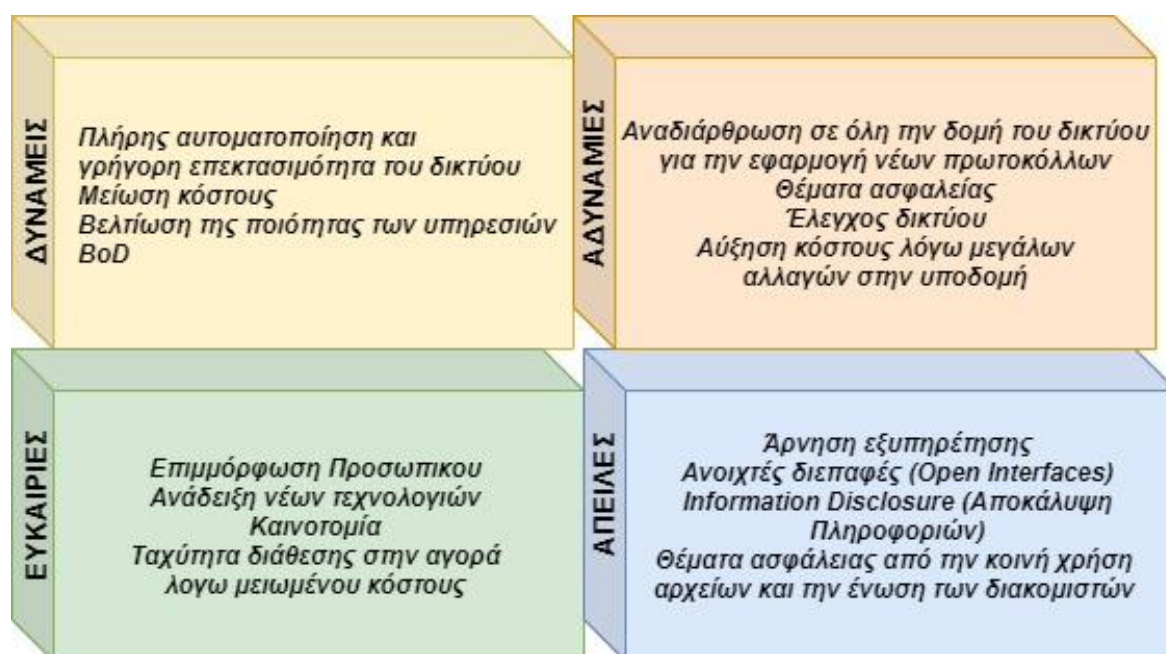


Figure 17: SWOT Analysis for NaaS

Ξεκινώντας με την ανάλυση των δυνάμεων έτσι όπως φαίνεται στο παραπάνω γράφημα και μάλιστα των δυνάμεων, ένα από τα κύρια οφέλη του NaaS είναι η ευκολία κατά την ανάπτυξη ενός δικτύου. Όπως φάνηκε και στο παράδειγμα με την εταιρία Telstra, τα δίκτυα των εταιριών πλέον μπορούν να διατεθούν μέσα σε 3 βήματα και σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα σε σχέση με τον τρόπο που δημιουργούνται σήμερα. Αυτό σαν γεγονός έχει αποτέλεσμα να διευκολύνει και την επεκτασιμότητά τους και την αντίστοιχη αναβάθμιση όποτε αυτή είναι επιθυμητή από τον πελάτη ή αναγκαία από τον κατασκευαστή. Ο πελάτης μπορεί να προσαρμόσει την

πολιτική που τον βολεύει στο δίκτυο του ανά πάσα στιγμή και να χρησιμοποιήσει οποιαδήποτε καινοτομία. Αυτό μπορεί να σημαίνει ενορχήστρωση αρκετών λειτουργιών δικτύωσης όπως και όπου είναι επιθυμητό από το χρήστη, όπως προσαρμοσμένη δρομολόγηση, εξισορρόπηση φορτίου, δίκτυο απομόνωση, χρήση δικτύου προστασίας, προσαρμοσμένη διεύθυνση και άλλα. Βασικό πλεονέκτημα είναι ότι ο πελάτης μπορεί να χρησιμοποιήσει οποιοδήποτε hardware από οποιοδήποτε προμηθευτή χωρίς να αγχώνεται για το αν θα υπάρχουν θέματα συμβατότητας, διαχείρισης ή διαμόρφωσης του λογισμικού. Ένα κρίσιμο πλεονέκτημα των πλατφορμών και των API είναι ότι παρέχουν ένα εξελικτικό μονοπάτι από το τρέχον λειτουργικό μοντέλο τηλεπικοινωνιών στο μελλοντικό μοντέλο Network-as-a-Service. Μια πτυχή που συχνά παραβλέπεται είναι ότι θα έχουμε υβριδικά δίκτυα για τα επόμενα χρόνια. Όσο και να εξελιχθούν τα δίκτυα, πάντα θα υπάρχουν υλικές υποδομές στις υπηρεσίες μας από άκρο σε άκρο. Τα API επιτρέπουν τη διαλειτουργικότητα των φυσικών υπηρεσιών παλαιού τύπου με υπηρεσίες εικονικής υπηρεσίας επόμενης γενιάς. Από την πλευρά των παρόχων υπάρχει το θετικό ότι διαθέτουν στους καταναλωτές όσες υπηρεσίες ζητήσουν. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα αποδοτικότερη χρήση των πόρων, καλύτερη και γρηγορότερη εξυπηρέτηση, οικονομία. Η αποδοτικότερη χρήση των πόρων επιφέρει μειωμένα λειτουργικά κόστη. Αν ο πάροχος είναι σε θέση να γνωρίζει από πριν τι υπηρεσίες θα ζητήσει ο πελάτης, θα είναι σε θέση να γνωρίζει πόσο μπορεί να χρησιμοποιήσει την υποδομή του και σε περιόδους που υπολειπόμενα να νοικιάσει την υποδομή του σε άλλο πάροχο για περισσότερα έσοδα.

Κάποιες από τις αδυναμίες του μοντέλου μπορεί να οφείλονται στο ότι οι συγκεκριμένες τεχνολογίες στις οποίες στηρίζεται μπορεί να είναι ακόμα 'ανώριμες'. Η προσθήκη του Virtualized Network-as-a-Service στις υπάρχουσες υπηρεσίες υπολογιστών και αποθήκευσης θα οδηγήσει σε ένα νέο κύκλο καινοτομίας και ανάπτυξης - ιδιαίτερα όταν προστίθεται σε άλλους κινητήρες ανάπτυξης όπως το Internet of Things ή η επέκταση των τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών σε άλλη βιομηχανία κατακόρυφα. Σε μια τέτοια αναδυόμενη τεχνολογία και επιχειρηματικό τομέα πρέπει να οικοδομήσουμε την επόμενη γενιά της τηλεπικοινωνιακής μας βιομηχανίας με βάση αυτές τις τεχνολογίες εικονικοποίησης, αλλά υπάρχουν πολλές προκλήσεις: Για παράδειγμα, πού πρέπει να τυποποιήσουμε για να οικοδομήσουμε ένα βιομηχανικό οικοσύστημα και πού πρέπει να οδηγήσουμε τον ανταγωνισμό και την καινοτομία;

Υπάρχουν πολλοί οργανισμοί τυποποίησης της βιομηχανίας που εργάζονται για τα πρότυπα τεχνολογικών επιπέδων για την Εικονικοποίηση Λειτουργιών Δικτύου και για Δικτυακή Ρύθμιση Λογισμικού.

Η Διεθνής Ένωση Τηλεπικοινωνιών (ITU-T) συμμετέχει ενεργά στο πλαίσιο της τυποποίησης για τα μελλοντικά δίκτυα. Τα σχετικά πρότυπα της ITU-T στοχεύουν στο SDN τα οποία

αναλύονται στο ITU-T Y.3300 (2014) - Πλαίσιο δικτύωσης καθορισμένης από λογισμικό. Ωστόσο, το έγγραφο περιγράφει το πλαίσιο του SDN παρέχοντας ορισμούς, στόχους, δυνατότητες και αρχιτεκτονική σε υψηλό επίπεδο. Τα ασύρματα δίκτυα περιλαμβάνονται στη συνολική εικόνα ανάπτυξης SDN, αλλά δεν αναφέρονται ρητά στο έγγραφο. Το Ευρωπαϊκό Ινστιτούτο Τηλεπικοινωνιακών Προτύπων (ETSI) συμμετέχει στις προσπάθειες τυποποίησης με τη δημοσίευση του πλαισίου της Ομάδας Προδιαγραφών Βιομηχανίας για την Εικονικοποίηση Λειτουργιών Δικτύου (ETSI NFV SIG). Η έκδοση του εγγράφου ETSI GS NFV-INF 001 απευθύνεται σε ασύρματο δίκτυο (και συγκεκριμένα σε κινητούς σταθμούς βάσης) ως πιθανό τομέα για εικονικοποίηση και καθορίζει τυποποιημένες διεπαφές και περιπτώσεις χρήσης χωρίς να εξετάζει τον τρόπο με τον οποίο θα πρέπει να πραγματοποιείται η εικονικοποίηση. Η IETF αναπτύσσει επίσης ενεργά RFCs για πρότυπα σχετικά με την εικονικοποίηση SDN και δικτύου. Τα περισσότερα σχετικά έγγραφα στο πλαίσιο της τυποποίησης SDN σε δίκτυα κινητής τηλεφωνίας σχετίζονται με την έννοια της υπηρεσίας αλυσίδας λειτουργιών (SFC) και ειδικότερα με την αρχιτεκτονική SFC (draft-ietf-sfc-architecture-01) και SFC Use Cases σε κινητά δίκτυα. Τα έγγραφα περιγράφουν μια αρχιτεκτονική και σχετικές περιπτώσεις χρήσης για τη χρήση του SFC, δηλαδή μια διαδικασία ποιότητας φορέα για συνεχή παροχή υπηρεσιών βασισμένων σε συσχετίσεις λειτουργιών δικτύου σε κινητά δίκτυα (3GPP). Σχετική δραστηριότητα διεξάγεται στο πλαίσιο της Ερευνητικής Ομάδας για την Οριοθέτηση Λογισμικού και της Εικονικής Ασύρματης Πρόσβασης της ομάδα του IEEE. Το MEF έχει ξεκινήσει το έργο Lifecycle Service Orchestration (LSO) με έμφαση στις υπηρεσίες Carrier Ethernet σε μια προσπάθεια να καθορίσει ορισμένες από τις σχετικές διεπαφές ελέγχου και μοντέλα δεδομένων. Ωστόσο, αυτή η προσπάθεια είναι περιορισμένη ως προς το Carrier Ethernet. Η ομάδα OpenMANO επιτίθεται στο πρόβλημα ενός κοινού μοντέλου πληροφοριών με έμφαση στην αποφυγή παραβιάσεων στρώματος. Το TM Forum συμμετέχει εδώ και καιρό στη διαχείριση των τηλεπικοινωνιών, παρέχοντας μοντέλα πληροφοριών και πλαίσια και διεπαφές προγραμμάτων εφαρμογών (APIs).

Η απλή ενσωμάτωση των SDN και NFV σε υπάρχοντα συστήματα Operational Support Systems και Business Support Systems, ωστόσο, δεν θα ξεκλειδώσει τις πιθανές νέες ροές εσόδων που προσφέρουν τα virtualized δίκτυα. Πρέπει να επαναπροσδιορίσουμε την αρχιτεκτονική BSS/ OSS για να εκμεταλλευτούμε πλήρως την εικονικοποίηση δικτύων και να προωθήσουμε νέες ροές εσόδων από προϊόντα και υπηρεσίες που δεν υπάρχουν σήμερα. (25)

Σε μια περίοδο αβεβαιότητας, είναι καλύτερο να επιλέξουμε λύσεις που έχουν μέγιστο άνοιγμα και ευελιξία και οι οποίες ανταποκρίνονται στις βασικές απαιτήσεις. Για μία NaaS πλατφόρμα αυτό σημαίνει ότι καλό είναι να έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:



- Λογική βασισμένη στη συλλογή, ανάλυση και συσχέτιση μεγάλων δεδομένων από υπηρεσίες, εικονικά και φυσικά επίπεδα, καθώς και συστήματα πληροφορικής, cloud και δίκτυο.
- Ανοικτή πλατφόρμα με υποστήριξη από ισχυρή ομάδα προμηθευτών.
- Carrier-class σύστημα ικανό να κατασκευαστεί και αναπτυχθεί
- Διαχείριση κύκλου ζωής των υπηρεσιών, συμπεριλαμβανομένων των λειτουργιών εικονικού δικτύου (VNF), καθώς και η ανάθεση, διαχείριση, κλιμάκωση και αποκατάσταση των εικονικών πόρων.

Ένας ακόμα κρυφός κίνδυνος είναι ότι η μετάβαση των δικτύων στο σύννεφο περιλαμβάνει μικρότερο έλεγχο των εταιριών στο δίκτυο τους. Αυτό συνεπάγεται αμέσως ότι κάποια άλλη εταιρία (πάροχος NaaS υπηρεσιών) έχει προσβάσεις σε πολύ σημαντικά δεδομένα. Ο Lorcan Burke, Global CTO Mobility στη Cisco Systems προτείνει στις εταιρίες να αναπτύξουν μια καλή σχέση με τον οργανισμό τεχνικής υποστήριξης του παροχέα NaaS και να βελτιστοποιήσουν τις αλληλεπιδράσεις για να επωφεληθούν της υπηρεσίας. Τέλος, ενώ το μοντέλο NaaS υπόσχεται εξοικονόμηση κόστους, η πραγματικότητα είναι ότι υπάρχουν ελάχιστες εξοικονομήσεις κόστους που προέρχονται από τη αλλαγή αρχιτεκτονικής. Μπορεί να υπάρξει ένα τεράστιο αρχικό κόστος περιλαμβανομένης και της επιμόρφωσης του προσωπικού το οποίο να απαιτούνται αρκετά χρόνια για να πραγματοποιηθεί απόσβεση κεφαλαίου και μπορεί για πολλές μικρομεσαίες επιχειρήσεις να αποτελεί επένδυση με μεγάλο ρίσκο.

Σε αυτό το μοντέλο υπάρχουν και οι ευκαιρίες καθώς το να χρησιμοποιήσεις και να αναβαθμίσεις το δίκτυο σου απαιτεί προσωπικό πληροφορικής με εμπειρία στον τομέα της εικονικοποίησης. Για τον εταιρίες, ένα τυπικό εικονικό περιβάλλον θα λειτουργεί με τον ίδιο τρόπο με το μη εικονικό περιβάλλον. Επειδή υπάρχουν εφαρμογές που η προσαρμογή τους στο εικονικό περιβάλλον δεν είναι καλή, θα πρέπει αυτή να γίνει από προσωπικό πληροφορικής που να έχει επί του αντικειμένου. Επίσης για να είναι ασφαλές το εικονικοποιημένο δίκτυο στις εξωτερικές απειλές πρέπει να έχουν τις απαραίτητες γνώσεις οι διαχειριστές του. Επιπλέον, απαιτείται γνώση και για την αποτροπή των απειλών, αφού η αποτροπή τους εξαρτάται από την αντίληψη τους από τον χρήστη πριν εμφανιστούν. Αν και η διαχείριση του δικτύου όπως αναφέρθηκε παραπάνω γίνεται κυρίως από άλλες εταιρίες ο έλεγχος για απειλές κανονικά θα πρέπει να γίνεται από όλες τις εμπλεκόμενες πλευρές. Το NaaS ενθαρρύνει την καινοτομία καθώς μέσα από αυτό, παρέχεται το περιβάλλον για ανάπτυξη νέων ιδεών, νέων τεχνολογιών και αρχιτεκτονικών, παρέχοντας υπηρεσίες με ευκολία και εξοικονόμηση πόρων.

Τέλος, οι απειλές είναι αναπόσπαστο κομμάτι της ανάλυσης και καλό θα ήταν να αναφερθούν καθώς θα πρέπει να ληφθούν σοβαρά στα υπόψη από τις εταιρίες πριν αποφασίσουν να μεταλλάξουν το δίκτυο τους σε επόμενη γενιάς.

Η διαδικασία της μετάβασης του δικτύου από την παλαιά αρχιτεκτονική στην καινούρια δεν μπορεί να γίνει από τη μέρα στην άλλη. Είναι δύσκολο να γίνει η μετατροπή του δικτύου παράλληλα με την υπάρχουσα δικτύωση για κάθε τοποθεσία που μπορεί μια εταιρία να έχει γραφεία. Πρέπει να πραγματοποιηθεί σταδιακά καθώς μπορεί να υπάρξουν προβλήματα συνδεσιμότητας και απόδοσης. Ένα μειονέκτημα του NVF και κατ' επέκταση της εικονικοποίησης κάθε υποδομής είναι η καθυστέρηση που προκύπτει ως αποτέλεσμα. Η ταχύτητα της αλληλεπίδρασής με μια συσκευή εξαρτάται από τον αριθμό των διαθέσιμων virtualized πόρων. Κάθε ενεργή συσκευή σε ένα δίκτυο λαμβάνει τα διόδια της διαθεσιμότητας του δικτύου κάτι που θα αυξηθεί μελλοντικά λόγω περισσότερων συσκευών Internet of Things (IoT) που θα υπάρχουν στην αγορά και θα αρχίσουν να ενσωματώνονται στο δίκτυο. (26) Επιπλέον το NaaS χρησιμοποιεί και την τεχνολογία του SDN. Όπως αναφέρθηκε στην ανάλυση της τεχνολογίας του, υπάρχει ο SDN controller ο οποίος διαχειρίζεται τις υπόλοιπες συσκευές στο δίκτυο. Στην περίπτωση που χαθεί η συνδεσιμότητα με τον ελεγκτή (πιθανότητα εξωτερική απειλής-hacker), το υπόλοιπο δίκτυο μοιάζει να μένει στον αέρα καθότι τις αποφάσεις για μεταφορές δεδομένων γίνονται από αυτόν.

Η πλατφόρμα NaaS είναι ευαίσθητη σε απειλές οι οποίες προκύπτουν και από την κλασική αρχιτεκτονική των δικτύων όπως άρνηση εξυπηρέτησης, εξωτερικές απειλές(hackers), μη ασφαλές διεπαφές API(API interfaces). Η βασική διαφορά στις νέες πλατφόρμες είναι το σημείο στο οποίο θα πραγματοποιηθεί η οποιαδήποτε απειλή. Για παράδειγμα, στην κλασική αρχιτεκτονική οι server τις περισσότερες φορές ήταν στο χώρο της εταιρίας και το IT ήταν υπεύθυνο να αντιμετωπίσει οποιαδήποτε μορφή απειλής του δικτύου της εταιρίας. Στην NaaS πλατφόρμα, μπορεί ο πάροχος να τρέχει εικονικοποιημένες λειτουργίες σε πλατφόρμες και υποδομές που παρέχονται από άλλο πάροχο. Αν παρουσιαστεί κάποια απειλή στην υποδομή(είτε φυσική είτε εικονική) η οποία άπτεται στην τρίτη εταιρία που παρέχει την υποδομή ή παρουσιαστεί στον cloud πάροχο υπηρεσιών ο οποίος κάνει συμβόλαιο με τον πάροχο της NaaS υπηρεσίας, η σύνδεση χάνεται και τελικά ζημιώνεται ο πελάτης που καταλήγει χωρίς δίκτυο. Σε τέτοιες περιπτώσεις τα SLA τα οποία υπογράφονται είναι ικανά να καλύψουν τον πελάτη; Τα θέματα ασφαλείας στην εικονικοποίηση των δικτύων κατατάσσονται σε 2 βασικές κατηγορίες, θέματα ασφαλείας που προέρχονται από τον τοπικό host και τα θέματα ασφαλείας από τρίτες εταιρίες (third party). Και στις δύο κατηγορίες εντάσσονται οι υποκλοπές επικοινωνιών, sniffing των δεδομένων και παράνομες διαδικασίες αλλαγής παραμέτρων σε εικονικά μηχανήματα απλά στην πρώτη κατηγορία πραγματοποιείται από το εσωτερικό δίκτυο η απειλή ενώ στη δεύτερη από εξωγενείς παράγοντες.

Κλείνοντας τις απειλές να αναφερθεί πως το cloud είναι ένα περιβάλλον όπου πραγματοποιείται κοινή χρήση δεδομένων και υποδομών. Το να υπάρχουν δεδομένα του δικτύου σου στο δημόσιο σύννεφο, συνεπάγεται πως πληροφορίες για αυτό αποθηκεύονται σε κοινόχρηστους servers. Στις υποδομές για παράδειγμα γίνεται κοινή χρήση μνήμης RAM, CPU, αποθηκευτικού χώρου και άλλων τα οποία δεν είναι όλα σχεδιασμένα για πολλαπλές μισθώσεις (multi-tenancy requirements). Αναφορές έχουν δείξει ότι μία αδυναμία σε κάποιο βασικό εξάρτημα της NaaS αρχιτεκτονικής όπως ο hypervisor μπορεί να προκαλέσει πρόβλημα σε όλη την υποδομή του δικτύου.

## Κεφάλαιο 6

### 6.1 Συμπεράσματα

Η αγορά B2B είναι έτοιμη για αλλαγή εξαιτίας των υπηρεσιών δικτύου που δεν συμβαδίζουν με τη ζήτηση. Το αυξανόμενο κόστος για εξοπλισμό IT αναγκάζει τις εταιρίες να βασίζονται σε πολλαπλές λύσεις φυσικού εξοπλισμού για να καλύψουν ανάγκες ευρείας εξυπηρέτησης. Με τις λύσεις που προσφέρει το μοντέλο NaaS, οι τηλεπικοινωνιακοί πάροχοι υπηρεσιών μπορούν να αλλάξουν θεμελιωδώς τον τρόπο με τον οποίο παρέχονται και καταναλώνονται οι υπηρεσίες των επιχειρήσεων, αξιοποιώντας τεχνολογίες cloud και virtualized για να προσφέρουν υπηρεσίες προστιθέμενης αξίας πάνω από τη συνδεσιμότητα που παρέχουν ήδη.

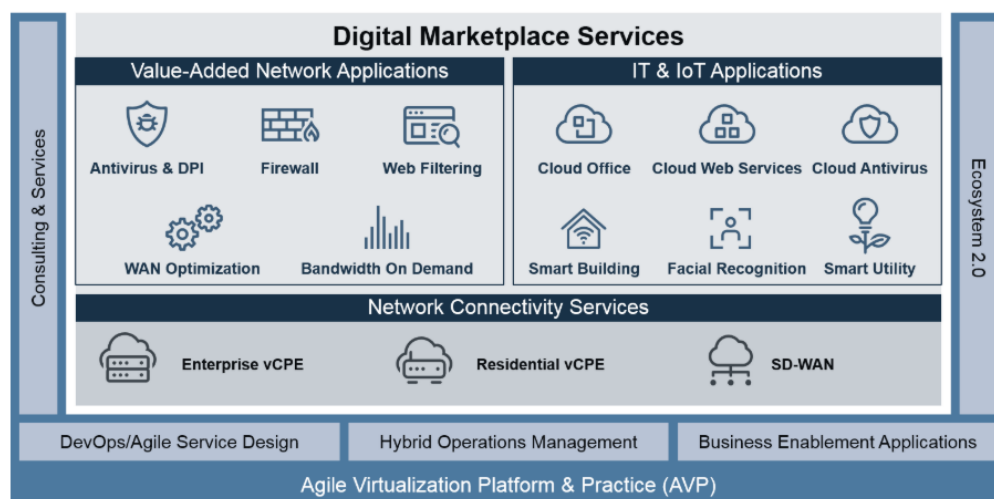


Figure 18: Ψηφιακές υπηρεσίες δικτύου

Ήδη στο εξωτερικό έχουν κάνει την εμφάνισή τους εταιρίες που προσφέρουν τις NaaS λύσεις. Οι υπηρεσίες Cloud-based VPN, SD-WAN και τα Mobile Virtual Networks είναι μερικά χαρακτηριστικά παραδείγματα του μοντέλου. Όλα είναι εικονικά: οι διακομιστές, το τείχος προστασίας, ακόμη και οι δρομολογητές και οι διακόπτες. Συνδυάζοντας αυτό με την υποδομή ως υπηρεσία (IaaS), οι πελάτες μπορούν να δημιουργήσουν διακομιστές, να τους χρησιμοποιήσουν στα δίκτυα τους και να τους αποκόψουν κατά βούληση.

Οι πελάτες αναζητούν στους παρόχους τηλεπικοινωνιών τους για λύσεις στα προβλήματα δικτύωσης τους. Οι υπηρεσίες που εμπίπτουν στην κατηγορία του NaaS αποτελούν σημαντικό μέρος του τι μπορούν να προσφέρουν οι πάροχοι υπηρεσιών και αυξάνονται όλο και περισσότερο κάθε χρόνο.

Το NaaS καλύπτει πολλά είδη υπηρεσιών και δεν είναι ένα πράγμα. Όλοι οι πάροχοι ήδη προσφέρουν ορισμένες λειτουργίες. Μπορούν να επεκτείνουν το εύρος των προσφορών και να τα συναρμολογήσουν σε πακέτα. Τα σημεία εκκίνησης μπορούν να περιλαμβάνουν τείχη προστασίας, VPN και παρακολούθηση δικτύου. Από εκεί και πέρα, ο πάροχος μπορεί να επεκτείνει τις υπηρεσίες SDN και SD-WAN, το εύρος ζώνης κατόπιν ζήτησης και άλλες προηγμένες λειτουργίες. Με τις συμπράξεις Mobile Virtual Network Operation (MVNO), οι πάροχοι τηλεπικοινωνιών μπορούν να επεκταθούν σε εξειδικευμένες αγορές.

Τα εικονικά δίκτυα προσαρμοσμένα για συγκεκριμένους σκοπούς θα προσεγγίσουν τα ενθουσιώδη ακροατήρια. Πολλοί τύποι υπηρεσιών cloud που σχετίζονται με το δίκτυο είναι βέβαιο ότι θα αυξηθούν και θα αποκτήσουν μεγάλη αξία τα επόμενα χρόνια. Ένας πάροχος τηλεπικοινωνιών με στρατηγική NaaS θα μπορέσει να επωφεληθεί στις μελλοντικές αγορές.

## 6.2 Προοπτικές

Οι Τεχνολογίες Πληροφορικής και Επικοινωνιών αποτελούν τον απαραίτητο πυλώνα για να ενεργοποιηθεί το ενδιαφέρον για επενδυτικά σχέδια βιώσιμης ανάπτυξης, τον πυρήνα ενός νέου παραγωγικού μοντέλου. Η ανάπτυξη της επιχειρηματικότητας σε μια παγκοσμιοποιημένη οικονομία οφείλει να στηρίζεται σε σύγχρονες τεχνολογίες και να διαθέτει όλα εκείνα τα ανταγωνιστικά πλεονεκτήματα που θα επιτρέψουν τη βιώσιμη ανάπτυξη. Όλες αυτές οι τεχνολογίες του αύριο αποτελούν αναπτυξιακές ευκαιρίες για τη χώρα μας. Με σωστό σχεδιασμό και τη συνεργασία όλων των εμπλεκόμενων φορέων μπορούμε να διαμορφώσουμε τις κατάλληλες προϋποθέσεις για επενδύσεις και ανάπτυξη. (27)

Ως εθνικούς στόχους η χώρα έχει θέσει τη διαθεσιμότητα και τη χρήση ευρυζωνικών συνδέσεων υψηλών και υπερ-υψηλών ταχυτήτων. Οι στόχοι του Ψηφιακού Θεματολογίου της για την Ευρώπη 2020 (Digital Agenda for Europe – DAE 2020) εμφανίζονται παρακάτω:

- Διαθεσιμότητα πρόσβασης στο διαδίκτυο με ταχύτητες άνω των 30Mbps για όλους τους Έλληνες έως το 2020.
- Τουλάχιστον 50% των ελληνικών νοικοκυριών να διαθέτουν σύνδεση στο διαδίκτυο με ταχύτητα άνω των 100Mbps έως το 2020.

Για την επίτευξη των στόχων αυτών, ένα βασικό προαπαιτούμενο είναι αφενός η εύρεση κυρίως ιδιωτικών επενδύσεων, βιώσιμων πάνω από όλα και, αφ' ετέρου, η βέλτιστη διαχείριση των διαθέσιμων δημόσιων πόρων, ώστε να λειτουργήσουν ως καταλύτης για τις ιδιωτικές επενδύσεις αλλά και να υποστηρίξουν την ανάπτυξη υποδομών ακόμα και σε περιοχές που διαπιστώνεται αποτυχία της αγοράς (market failure) και να αντιμετωπιστεί ο «ψηφιακός αποκλεισμός». (26)

Σύμφωνα με τους στόχους που έχουν τεθεί και τα οράματα των τηλεπικοινωνιακών εταιριών στην Ελλάδα δεν απέχουμε μακροπρόθεσμα από την ψηφιακή μετατροπή των δικτύων σε εικονικά και τη μετέπειτα εισαγωγή του μοντέλου Network as a Service στην ελληνική αγορά. Αν και από τα νούμερα που παρουσιάστηκαν στα Γενικά Στοιχεία του Κλάδου, έγινε αντιληπτό ότι η χώρα βρίσκεται αρκετά πίσω σε ότι αφορά τις υπηρεσίες δικτύου σε σχέση με το μέσο όσο της Ευρώπης. Οι πάροχοι επενδύουν ακόμα στην υποδομή του δικτύου διότι ο χαλκός που βρίσκεται στο μεγαλύτερο μέρος του δικτύου είναι μία τεχνολογία αρκετά παρωχημένη αλλά αυτό δεν αποτελεί τροχοπέδη για την παροχή εξελιγμένων υπηρεσιών.

Ο όμιλος OTE προσφέρει υπηρεσίες όπως Web Remote Access as a Service (WRAaaS), VPN as a Service (VaaS) και Cloud Access Security Brokerage. Πιο συγκεκριμένα για το WRAaaS σύμφωνα με το επίσημο site της εταιρίας, Ο OTE προσφέρει μια εξαιρετικά προσαρμόσιμη

διαχειριζόμενη υπηρεσία για την παροχή απομακρυσμένης πρόσβασης στην υποδομή ΤΠΕ μέσω του Διαδικτύου. Η πρόσβαση επιτρέπεται μέσω ισχυρού ελέγχου ταυτότητας (π.χ. έλεγχος ταυτότητας δύο παραγόντων). Τα δεδομένα προστατεύονται μέσω κρυπτογράφησης με βάση το TLS 1.2. Επιπλέον παρέχει Business Cloud Servers ,διακομιστές πλήρως παραμετροποιήσιμους οι οποίοι παρέχονται μέσα από σύγχρονες και άρτια εξοπλισμένες υποδομές Data Center. Η υπηρεσία αυτή παρέχει τη δυνατότητα απομακρυσμένου ελέγχου των servers μέσα από συστήματα διαχείρισης. Εξασφαλίζει τον κεντρικό έλεγχο των υποδομών, την υψηλή διαθεσιμότητα, την ασφάλεια και την αξιοπιστία τους. (28) Όταν οι υποδομές-data center αλλάζουν από φυσική υποδομή σε εικονικοποιημένα data center τότε θα μπορούμε να μιλήσουμε για NaaS λύσεις. Οι παραπάνω υπηρεσίες αποτελούν την αρχή μιας και ανοίγουν το δρόμο για ακόμα πιο εξελιγμένες B2B υπηρεσίες.

Βρισκόμαστε σε εξέλιξη μιας προσπάθειας για την ανάπτυξη του τομέα ΤΠΕ. Οι προκλήσεις που αντιμετωπίζουμε είναι πολλές, αλλά τα αναμενόμενα οφέλη ακόμα περισσότερα.





## Βιβλιογραφία

1. Wikipedia. *Wikipedia*. [Ηλεκτρονικό]  
[https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A5%CF%80%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%B9%CF%83%CF%84%CE%B9%CE%BA%CF%8C\\_%CE%BD%CE%AD%CF%86%CE%BF%CF%82](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A5%CF%80%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%B9%CF%83%CF%84%CE%B9%CE%BA%CF%8C_%CE%BD%CE%AD%CF%86%CE%BF%CF%82).
2. Barry, Douglas K. *service-architecture.com*. [Ηλεκτρονικό] [https://www.service-architecture.com/articles/cloud-computing/network\\_as\\_a\\_service\\_naas.html](https://www.service-architecture.com/articles/cloud-computing/network_as_a_service_naas.html).
3. Stuff, SDx Central. *sdxcntral.com*. [Ηλεκτρονικό] 7 August 2015.  
<https://www.sdxcntral.com/networking/virtualization/definitions/what-is-naas/>.
4. *Ανάπτυξη οικιακού vCPE με χρήση Linux Container*. ΚΑΜΑΡΙΑΝΟΥ, ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥ ΚΟΡΠΑ -. 2017.
5. Junaid Qadir, Nadeem Ahmed, Faqir Zarrar Yousaf, Ali Taqweem. *Network as a Service: The New Vista of Opportunities*. 2016.
6. Diego Kreutz, Fernando M. V. Ramos, Paulo Verissimo, Christian Esteve Rothenberg, Siamak Azodolmolky, and Steve Uhlig. *Software-Defined Networking: A Comprehensive Survey*. October 2014.
7. Tittel, Ed. *cisco.com*. [Ηλεκτρονικό] cisco.  
<https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/software-defined-networking/sdn-vs-nfv.html>.
8. Union, International Telecommunication. *Cloud computing – Functional requirements of Network as a Service*. 2014.
9. McElligott, Tim. *Network as a Service : Addressing the full Enterprise Opportunity*. s.l. : tm forum, 2019.
10. Cisco. *Cisco Network as a Service: Pay-As-You-Go LANs and WAN Optimization*. 2015.
11. *wikipedia SD-WAN*. [Ηλεκτρονικό] [https://en.wikipedia.org/wiki/SD-WAN#SD-WAN\\_versus\\_WAN\\_Optimization](https://en.wikipedia.org/wiki/SD-WAN#SD-WAN_versus_WAN_Optimization).
12. *Wikipedia-CDN*. [Ηλεκτρονικό]  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Content\\_delivery\\_network](https://en.wikipedia.org/wiki/Content_delivery_network).
13. Google. *cloud.google.com*. [Ηλεκτρονικό]  
[https://cloud.google.com/cdn/?utm\\_source=google&utm\\_medium=cpc&utm\\_campaign=emea-emea-all-en-dr-skws-all-all-trial-b-gcp-1007176&utm\\_content=text-ad-none-any-DEV\\_c-CRE\\_253507510441-ADGP\\_Hybrid+%7C+AW+SEM+%7C+SKWS+~+BMM\\_1:1\\_EMEA\\_EN\\_Networking\\_CDN\\_TOP\\_cdn-K](https://cloud.google.com/cdn/?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=emea-emea-all-en-dr-skws-all-all-trial-b-gcp-1007176&utm_content=text-ad-none-any-DEV_c-CRE_253507510441-ADGP_Hybrid+%7C+AW+SEM+%7C+SKWS+~+BMM_1:1_EMEA_EN_Networking_CDN_TOP_cdn-K).
14. *Techopedia*. [Ηλεκτρονικό]  
<https://www.techopedia.com/definition/11129/bandwidth-on-demand-bond>.
15. Telstra. *Telstra*. [Ηλεκτρονικό] <https://www.telstra.com.au/business-enterprise/products/networks/sdn/telstra-programmable-network>.
16. —. *Cloud connectivity with Telstra Programmable Network*. s.l. : Telstra, 2019.

17. ΣΕΠΕ, Συνδέσμου Επιχειρήσεων Πληροφορικής & Επικοινωνιών Ελλάδας -. *ICT MARKET REPORT 2018/ 2019 Έρευνα για την αγορά ΤΠΕ. 2019.*
18. Ταχυδρομείων, Εθνική Επιτροπή Τηλεπικοινωνιών και. *Επισκόπηση Αγορών Ηλεκτρονικών Επικοινωνιών & Ταχυδρομικών Υπηρεσιών 2017. 2018.*
19. Εταιριών, ΟΤΕ Όμιλος. *ΕΤΗΣΙΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ Για την περίοδο από 1 Ιανουαρίου 2018 μέχρι 31 Δεκεμβρίου 2018. 2019.*
20. *vodafone*. [Ηλεκτρονικό] 2017. <https://www.vodafone.gr/vodafone-ellados/digital-press-room/deltia-tyrou/20170607-i-proti-megalis-klimakas-ylopoiisi-diktyon-ftth-stin-ellada-apo-ti-vodafone/>.
21. Vodafone. *Ετήσια Οικονομική Έκθεση 2018-Οικονομική χρήση από 1 Απριλίου 2017 έως 31 Μαρτίου 2018. 2018.*
22. *Wind*. [Ηλεκτρονικό] 28 03 2019. <https://www.wind.gr/gr/deltio-tyrou/1526313449402/>.
23. Wikipedia. *Wikipedia SWOT*. [Ηλεκτρονικό] [https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CE%BD%CE%AC%CE%BB%CF%85%CF%83%CE%B7\\_SWOT](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CE%BD%CE%AC%CE%BB%CF%85%CF%83%CE%B7_SWOT).
24. *professionalacademy*. [Ηλεκτρονικό] <https://www.professionalacademy.com/blogs-and-advice/marketing-theories---swot-analysis>.
25. tmforum. [Ηλεκτρονικό] 2016. <https://inform.tmforum.org/features-and-analysis/2016/03/apis-and-their-critical-role-in-driving-new-revenue-streams-from-sdn-and-nfv/>.
26. Αγγελική, Κυριακή Αικατερίνη-Τζημούλη. *Δίκτυα Καθοριζόμενα από Λογισμικό & Εικονικοποίηση δικτυακών λειτουργιών. 2019.*
27. Ταχυδρομείων, Εθνική Επιτροπή Τηλεπικοινωνιών και. *ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ. 2018.*
28. Cosmote. Cosmote. [Ηλεκτρονικό] [https://www.cosmote.gr/cs/business/gr/new\\_cloudservers.html](https://www.cosmote.gr/cs/business/gr/new_cloudservers.html).

