



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ

**Δίκτυα 5G και Εφαρμογές στην Φροντίδα Υγείας :  
Υπηρεσίες και Θέματα Ασφάλειας**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

του

**ΝΑΝΟΥ ΓΙΩΡΓΟΥ**

**Επιβλέπων :** Αθανάσιος Δ. Παναγόπουλος  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Σεπτέμβριος 2021

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή.



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Τομέας Συστημάτων Μετάδοσης Πληροφορίας και Τεχνολογίας Υλικών

## Δίκτυα 5G και εφαρμογές στην Φροντίδα Υγείας : Υπηρεσίες και Θέματα Ασφάλειας

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

του

**NANOY ΓΙΩΡΓΟΥ**

**Επιβλέπων :** Αθανάσιος Δ. Παναγόπουλος  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την .

Αθανάσιος Δ. Παναγόπουλος

Παναγιώτης Κωττής

Γεώργιος Φικιώρης

Καθηγητής Ε.Μ.Π

Καθηγητής Ε.Μ.Π

Καθηγητής Ε.Μ.Π

.....

.....

.....

Αθήνα, Νοέμβριος 2021

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

1. Εισαγωγή στα Κυβελωτά Δίκτυα Νέας Γενιάς .....	7
1.2 Παρατήρηση των τάσεων .....	9
1.2.1.1 Τάσεις χρηστών και εφαρμογών .....	9
1.2.1.2 Υποστήριξη εξαιρετικά χαμηλού χρόνου καθυστέρησης και υψηλής αξιοπιστίας μηχανικής κεντρικής επικοινωνίας .....	9
1.2.1.3 Υποστήριξη υψηλής πυκνότητας χρηστών .....	10
1.2.1.4 Διατηρώντας υψηλή ποιότητα και υψηλή κινητικότητα .....	10
1.2.1.5 Ενισχυμένες υπηρεσίες πολυμέσων .....	10
1.2.1.6 Το διαδίκτυο των αντικειμένων .....	11
1.2.1.7 Σύγκλιση εφαρμογών .....	11
1.2.1.8 Ακριβείς εφαρμογές εντοπισμού θέσης .....	11
1.2.2 Ανάπτυξη της κυκλοφορίας IMT .....	11
1.2.3 Τεχνολογικές τάσεις .....	12
1.2.3.1 Τεχνολογίες για την ενίσχυση της διασύνδεσης ραδιοσυχνοτήτων .....	12
1.2.3.2 Τεχνολογίες δικτύων .....	13
1.2.3.3 Τεχνολογίες για την ενίσχυση των κινητών ευρυζωνικών σεναρίων .....	13
1.2.3.4 Τεχνολογίες για την ενίσχυση μαζικών επικοινωνιών τύπου μηχανής .....	14
1.2.3.5 Τεχνολογίες για την ενίσχυση επικοινωνιών εξαιρετικά αξιόπιστων και χαμηλού χρόνου καθυστέρησης .....	14
1.2.3.6 Τεχνολογίες για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του δικτύου .....	14
1.2.3.7 Τεχνολογίες τερματικών .....	14
1.2.3.8 Τεχνολογίες για την ενίσχυση της προστασίας της ιδιωτικής ζωής και της ασφάλειας .....	15
1.2.3.9 Τεχνολογίες που επιτρέπουν υψηλότερα ποσοστά δεδομένων .....	15
1.2.4 Μελέτες σχετικά με την τεχνική εφικτότητα της IMT μεταξύ 6 και 100 GHz .....	15
2.5 Συνέπειες για το φάσμα .....	16
1.2.5.1 Εναρμόνιση του ραδιοφάσματος .....	17
1.2.5.2 Σημασία του συνεχούς και ευρύτερου εύρους ζώνης του φάσματος .....	17
1.3 Εξέλιξη του IMT .....	18
1.3.1 Πώς αναπτύχθηκε το IMT .....	18
1.4 Σενάρια χρήσης για IMT για το 2020 και μετά .....	20
1.5 Δυνατότητες του IMT 2020 .....	22
1.6. Πλαίσιο και στόχοι .....	28
1.6.1 Σχέσεις .....	29
1.6.1.1 Σχέση μεταξύ υφιστάμενων IMT και IMT 2020 .....	29
1.6.1.2 Σχέση μεταξύ IMT 2020 και άλλων συστημάτων πρόσβασης .....	29
1.6.2 Χρονοδιαγράμματα .....	29
1.6.2.1 Μεσοπρόθεσμο .....	31

6.2.2 Μακροπρόθεσμο .....	32
6.3 Περιοχές εστίασης για περαιτέρω μελέτη.....	32
2.1.Κινητό Σύστημα Τηλεματικής .....	35
2.2 Καινοτόμες Τεχνολογίες Κινητικής Επικοινωνίας Για Την Υγεία .....	37
2.2.1 Συστήματα Τέταρτης Γενιάς (4G).....	37
2.2.3 Συστήματα IEEE802.16/WiMAX.....	38
2.2.4 Δορυφορικά συστήματα.....	38
2.2.6 Ασύρματο LAN.....	40
2.2.7 Wireless Body Area Network (WBAN).....	42
2.3. ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΙΝΗΤΗΣ ΥΓΕΙΑΣ .....	42
2.4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	43
2.4.1 Ο ρόλος του 5G στην Ιατρική Υγεία .....	44
2.5.Επανάσταση στα Wearables για 5G.....	46
2.6 Αλλαγές που οραματίζονται χάρη στο 5G .....	47
3.1. M-Health .....	50
3.2 Δίκτυα 5G για Λύσεις Κινητής Υγείας.....	52
3.3 Κατευθυντικές τεχνολογίες επικοινωνίας της δημόσιας ηλεκτρονικής υγείας για αγροτικές και απομακρυσμένες περιοχές .....	57
3.4 Αρχιτεκτονική 5G-CCN.....	60
3.5 Πρωτόκολλο 5G-CCN για το WBAN .....	63
4.2 Θέματα Ασφάλειας Και Απορρήτου Στα ΜΗΝ Σύμφωνα Με Το Qor .....	74
4.2.1 Διαρροή Απορρήτου.....	75
4.2.2 Ασφαλής Πρόσβαση Και Επεξεργασία Δεδομένων.....	75
4.3 Κακόβουλες Επιθέσεις Και Ασθενή Συμπεριφορά .....	76
4.4 Λύσεις Ασφαλείας Σε ΜΗΝ.....	76
4.4.1 Διατήρηση Απορρήτου Συγκεντρωση Δεδομενων Υγείας .....	76
4.4.2 Ασφαλής Πρόσβαση Και Επεξεργασία Στοιχείων Υγείας .....	78
4.5 Πώς Η Τρέχουσα Έρευνα Αντιμετωπίζει Τις Προκλήσεις Ασφάλειας Και Προστασίας Της Ιδιωτικής Ζωής Των SHS .....	82
4.5.1 Ανοικτές Ερευνητικές Προκλήσεις Στην Ασφάλεια Και Την Ιδιωτικότητα Των SHS .....	87
4.5.2 Συμπερασμα .....	90
5.1 Ορθή Θεραπεία Και Διάγνωση .....	94
5.2 Μελλοντικές Ερευνητικές Προκλήσεις Στον Τομέα Της Ιατρικής Υγειονομικής Περιθαλψης .....	96
5.3 Προτεινόμενη Αρχιτεκτονική Αισθητήρων Με Βάση Το 5g Για Κόμβο Iomt.....	99



# ΕΙΣΑΓΩΓΗ

## 1. Εισαγωγή στα Κυψελωτά Δίκτυα Νέας Γενιάς

Τα συστήματα 5G αναμένεται να παρέχουν στην κοινωνία πλήρη σύνδεση, η οποία μπορεί να σπάσει τους περιορισμούς του χρόνου και του χώρου για να δημιουργήσει όλες τις διασυνδέσεις μεταξύ ανθρώπων και πραγμάτων. Τα δίκτυα 5G αποσκοπούν στην ικανοποίηση των απαιτήσεων ποιότητας των υπηρεσιών (QoS) των χρηστών σε διάφορα σενάρια εφαρμογών, π.χ. όσον αφορά το ρυθμό μετάδοσης δεδομένων και την καθυστέρηση. Σε σενάρια όπου απαιτείται απρόσκοπτη κάλυψη ευρείας περιοχής, τα συστήματα 5G θα πρέπει να παρέχουν στους χρήστες άψογες υπηρεσίες υψηλής ταχύτητας ανά πάσα στιγμή και οπουδήποτε, ακόμη και στις άκρες κυψελών ή με κινητικότητα υψηλής ταχύτητας (μέχρι 500 km / h). Η εξαιρετικά χαμηλή καθυστέρηση και η υψηλή αξιοπιστία των δικτύων 5G απαιτούνται για την κάλυψη των απαιτήσεων απόδοσης σε πραγματικό χρόνο, αξιόπιστων και ασφαλών επικοινωνιών σε ορισμένες κάθετες βιομηχανίες όπως τα διασυνδεδεμένα οχήματα και ο έλεγχος της βιομηχανικής παραγωγής. Αντιμέτωποι με τις άφθονες, ξεχωριστές, προσαρμοσμένες απαιτήσεις υπηρεσίας και σε νέα σενάρια εφαρμογών όπως προαναφέρθηκε, οι τεχνολογίες δικτύωσης και δικτύωσης πρέπει να επανεξεταστούν για τα συστήματα 5G. Προκειμένου να παρέχονται εξατομικευμένες αξιόπιστες υπηρεσίες χρησιμοποιώντας περιορισμένους πόρους δικτύου μειώνοντας παράλληλα τις κεφαλαιουχικές δαπάνες και τα λειτουργικά έξοδα των δικτύων 5G, ο τομέας ασύρματης δικτύωσης προτάθηκε πρόσφατα από τον κλάδο της ασύρματης δικτύωσης ως κύριο στοιχείο της σύγκλισης των υπηρεσιών δικτύου και των εξειδικευμένων υπηρεσιών. Με το τεμαχισμό ενός φυσικού δικτύου σε πολλά λογικά δίκτυα, ο τεμαχισμός του δικτύου μπορεί να υποστηρίξει υπηρεσίες προσαρμοσμένες στη ζήτηση για διαφορετικά σενάρια εφαρμογών ταυτόχρονα χρησιμοποιώντας το ίδιο φυσικό δίκτυο. Υποστηριζόμενοι από τον τεμαχισμό σε δίκτυο, οι πόροι δικτύου μπορούν να διατεθούν δυναμικά και αποτελεσματικά σε λογικές φέτες δικτύου σύμφωνα με τις αντίστοιχες απαιτήσεις QoS.

Πλαίσιο και γενικοί στόχοι της μελλοντικής ανάπτυξης του IMT για το 2020 και μετέπειτα.

### Γενική Περιγραφή

Η παρούσα σύσταση καθορίζει το πλαίσιο και τους γενικούς στόχους της μελλοντικής ανάπτυξης των διεθνών κινητών τηλεπικοινωνιών (IMT) για το 2020 και μετέπειτα υπό το πρίσμα των ρόλων που θα μπορούσε να διαδραματίσει η IMT για την καλύτερη εξυπηρέτηση των αναγκών της δικτυωμένης κοινωνίας, τόσο για τις ανεπτυγμένες όσο και για τις αναπτυσσόμενες χώρες στο μέλλον. Στην παρούσα σύσταση περιγράφεται λεπτομερώς το πλαίσιο της μελλοντικής ανάπτυξης του IMT για το 2020 και μετά, συμπεριλαμβανομένης μιας ευρείας ποικιλίας δυνατοτήτων που συνδέεται με τα προβλεπόμενα σενάρια χρήσης. Επιπλέον, η παρούσα σύσταση πραγματεύεται τους στόχους της μελλοντικής ανάπτυξης της IMT για το 2020 και πέραν αυτής, η οποία περιλαμβάνει την περαιτέρω ενίσχυση των υφιστάμενων IMT και την ανάπτυξη του IMT 2020. Πρέπει να σημειωθεί ότι η παρούσα σύσταση καθορίζεται λαμβάνοντας υπόψη την εξέλιξη της IMT μέχρι σήμερα βάσει της σύστασης ITU R M.1645.[17]

Λέξεις κλειδιά :

ICT	Τεχνολογίες Πληροφόρησης και Επικοινωνίας
IMT	Διεθνείς κινητές τηλεπικοινωνίες
IoT	Το διαδίκτυο των αντικειμένων
M2M	Μηχανή σε μηχανή
MIMO	Πολλαπλή έξοδος πολλαπλών εισόδων
QoE	Ποιότητα εμπειρίας
QoS	Ποιότητα υπηρεσίας
RAT	Τεχνολογία ραδιο πρόσβασης
RLAN	Τοπικό δίκτυο ραδιοεπικοινωνιών

Η κοινωνική-τεχνική εξέλιξη των τελευταίων δεκαετιών οδήγησε σημαντικά στην εξέλιξη των κινητών επικοινωνιών και συνέβαλε στην οικονομική και κοινωνική ανάπτυξη τόσο των ανεπτυγμένων όσο και των αναπτυσσόμενων χωρών. Οι κινητές επικοινωνίες έχουν ενσωματωθεί στενά στην καθημερινή ζωή ολόκληρης της κοινωνίας. Αναμένεται ότι οι κοινωνικές-τεχνικές τάσεις και η εξέλιξη των συστημάτων κινητών επικοινωνιών θα παραμείνουν σε στενή συσχέτιση και θα αποτελέσουν θεμέλιο για την κοινωνία το 2020 και μετά.[17]



Στο μέλλον προβλέπεται ότι νέες απαιτήσεις, όπως ο μεγαλύτερος όγκος κυκλοφορίας, οι συσκευές με διαφορετικές απαιτήσεις παροχής υπηρεσιών, η καλύτερη ποιότητα \ εμπειρίας των χρηστών (QoE) και η μεγαλύτερη οικονομική προσιτότητα λόγω της περαιτέρω μείωσης του κόστους, θα απαιτήσουν έναν αυξανόμενο αριθμό καινοτόμων λύσεων. Στόχος της παρούσας σύστασης είναι να καθιερωθεί το όραμα της IMT για το 2020 και μετέπειτα, περιγράφοντας τις πιθανές τάσεις των χρηστών και των εφαρμογών, την αύξηση της κυκλοφορίας, τις τεχνολογικές τάσεις και τις συνέπειες του ραδιοφάσματος και παρέχοντας κατευθυντήριες γραμμές για το πλαίσιο και τις δυνατότητες IMT για το 2020 και μετέπειτα.[17]

## 1.2 Παρατήρηση των τάσεων

### 1.2.1.1 Τάσεις χρηστών και εφαρμογών

Οι κινητές συσκευές παίζουν διάφορους, συνεχώς εξελισσόμενους ρόλους στην καθημερινή ζωή. Τα μελλοντικά συστήματα IMT θα πρέπει να υποστηρίζουν αναδυόμενες νέες περιπτώσεις χρήσης, συμπεριλαμβανομένων των εφαρμογών που απαιτούν πολύ υψηλές ταχύτητες επικοινωνίας, μεγάλο αριθμό συνδεδεμένων συσκευών και εφαρμογές εξαιρετικά χαμηλού χρόνου καθυστέρησης και υψηλής αξιοπιστίας.

Η συμπεριφορά Flash θα αποτελέσει βασικό παράγοντα για την επιτυχία των υπηρεσιών cloud, της εικονικής πραγματικότητας και των εφαρμογών επαυξημένης πραγματικότητας. Η επικοινωνία χαμηλού χρόνου καθυστέρησης και υψηλής αξιοπιστίας που υποστηρίζει αυτή τη συμπεριφορά καθίσταται έτσι ένας παράγοντας που επιτρέπει τη μελλοντική ανάπτυξη νέων εφαρμογών, π.χ. στην υγεία, την ασφάλεια, το γραφείο, την ψυχαγωγία και άλλους τομείς.

### 1.2.1.2 Υποστήριξη εξαιρετικά χαμηλού χρόνου καθυστέρησης και υψηλής αξιοπιστίας μηχανικής κεντρικής επικοινωνίας

Η αξιοπιστία και ο χαμηλός χρόνος καθυστέρησης στα σημερινά συστήματα επικοινωνίας έχουν σχεδιαστεί με γνώμονα τον άνθρωπο χρήστη. Για τα μελλοντικά ασύρματα συστήματα, ο σχεδιασμός νέων εφαρμογών προβλέπεται με βάση την επικοινωνία μηχανή με μηχανή (M2M) με περιορισμούς σε πραγματικό χρόνο. Τα οχήματα άνευ χειριστού, οι βελτιωμένες υπηρεσίες νέφους (cloud), η βελτιστοποίηση του ελέγχου της κυκλοφορίας σε πραγματικό χρόνο, η ανταπόκριση έκτακτης ανάγκης και καταστροφής, το έξυπνο δίκτυο, η υγεία ή οι αποδοτικές βιομηχανικές επικοινωνίες αποτελούν παραδείγματα όπου ο χαμηλός χρόνος καθυστέρησης και η υψηλή αξιοπιστία μπορούν να βελτιώσουν την ποιότητα ζωής.

### **1.2.1.3 Υποστήριξη υψηλής πυκνότητας χρηστών**

Οι χρήστες θα συναντήσουν μια ικανοποιητική εμπειρία τελικού χρήστη παρουσία ενός μεγάλου αριθμού ταυτόχρονων χρηστών, για παράδειγμα σε ένα πλήθος με υψηλή πυκνότητα κυκλοφορίας ανά μονάδα επιφάνειας και μεγάλο αριθμό φορητών συσκευών και μηχανημάτων / συσκευών ανά μονάδα επιφάνειας. Παραδείγματα είναι το οπτικοακουστικό περιεχόμενο που παρέχεται ταυτόχρονα σε μια ολόκληρη κυψελίδα ή εφαρμογές ψυχαγωγίας σε εμπορικά κέντρα, γήπεδα, φεστιβάλ υπαίθρου ή άλλες δημόσιες εκδηλώσεις που προσελκύουν πολλούς ανθρώπους. Αυτό περιλαμβάνει τους χρήστες που χρησιμοποιούν το τηλέφωνό τους ενώ βρίσκονται σε κάποια απροσδόκητη κυκλοφοριακή συμφόρηση ή όταν ταξιδεύουν σε συστήματα δημόσιων συγκοινωνιών, καθώς και εργαζόμενοι σε οργανισμούς όπως η αστυνομία, οι πυροσβεστικές υπηρεσίες και τα ασθενοφόρα για την εκμετάλλευση των δημόσιων δικτύων επικοινωνίας σε περιβάλλοντα συνωστισμού και μηχανικές συσκευές .

### **1.2.1.4 Διατηρώντας υψηλή ποιότητα και υψηλή κινητικότητα**

Μια διασυνδεδεμένη κοινωνία στα έτη μετά το 2020 θα χρειαστεί να φιλοξενήσει μια παρόμοια εμπειρία χρήστη για τους τελικούς χρήστες εν κινήσει ακόμα και όταν είναι ακίνητοι, π.χ. στο σπίτι ή στο γραφείο. Για να προσφέρεται η "καλύτερη εμπειρία" σε χρήστες υψηλής ταχύτητας και συσκευές επικοινωνίας μηχανών, απαιτούνται ισχυρές και αξιόπιστες λύσεις συνδεσιμότητας καθώς και η δυνατότητα αποτελεσματικής διατήρησης της ποιότητας των υπηρεσιών με την κινητικότητα. Η διατήρηση υψηλής ποιότητας και η υψηλή κινητικότητα θα επιτρέψουν την επιτυχή ανάπτυξη εφαρμογών σε εξοπλισμό χρήστη που βρίσκεται σε κινητή πλατφόρμα, όπως αυτοκίνητα ή τρένα υψηλής ταχύτητας που αναπτύσσονται σε πολλές χώρες. Η δυνατότητα σύνδεσης σε κινητές πλατφόρμες μπορεί να παρέχεται μέσω IMT, τοπικού δικτύου ραδιοεπικοινωνιών (RLAN) ή άλλου δικτύου σε αυτήν την πλατφόρμα χρησιμοποιώντας κατάλληλο backhaul.(οπισθοζευκτικό )

### **1.2.1.5 Ενισχυμένες υπηρεσίες πολυμέσων**

Είναι πιθανό ότι η ζήτηση για κινητά πολυμέσα υψηλής ευκρίνειας θα αυξηθεί σε πολλές περιοχές πέρα από την ψυχαγωγία, όπως η ιατρική περίθαλψη, η ασφάλεια και η φύλαξη.

Οι συσκευές χρήστη θα αποκτήσουν βελτιωμένες δυνατότητες κατανάλωσης μέσων, όπως οθόνη υψηλής ευκρίνειας, οθόνη υψηλής ευκρίνειας πολλαπλών προβολών, κινητές προβολές 3D, βυθιζόμενες τηλεδιασκέψεις και επεκτάσιμη προβολή πραγματικότητας και μικτής πραγματικότητας και διασύνδεση. Όλα αυτά θα οδηγήσουν σε ζήτηση για σημαντικά υψηλότερα ποσοστά δεδομένων. Η παράδοση των μέσων ενημέρωσης θα απευθύνεται τόσο σε άτομα όσο και σε ομάδες χρηστών.

### **1.2.1.6 Το διαδίκτυο των αντικειμένων**

Στο μέλλον, κάθε αντικείμενο που μπορεί να ωφεληθεί από τη σύνδεσή του στο διαδίκτυο, θα συνδεθεί μέσω ενσύρματων ή ασύρματων τεχνολογιών διαδικτύου. Επομένως, ο αριθμός των συνδεδεμένων συσκευών θα αυξηθεί ραγδαία και αναμένεται να υπερβεί τον αριθμό των ανθρώπινων συσκευών χρηστών στο μέλλον. Αυτά τα συνδεδεμένα "πράγματα" μπορούν να είναι έξυπνα τηλέφωνα, αισθητήρες, ενεργοποιητές, κάμερες, οχήματα κλπ., Που κυμαίνονται από συσκευές χαμηλής πολυπλοκότητας έως πολύ σύνθετες και προηγμένες συσκευές.[17]Ένας σημαντικός αριθμός συνδεδεμένων συσκευών αναμένεται να χρησιμοποιούν συστήματα IMT. Ως αποτέλεσμα, οι συνδεδεμένες οντότητες δεσμεύονται να έχουν διαφορετικά επίπεδα κατανάλωσης ενέργειας, ισχύος μετάδοσης, απαιτήσεων χαμηλού χρόνου καθυστέρησης, κόστους και πολλών άλλων δεικτών κρίσιμων για σταθερή σύνδεση. Επιπλέον, καθώς όλο και περισσότερα πράγματα συνδέονται, θα εμφανιστούν διάφορες υπηρεσίες που χρησιμοποιούν τις δυνατότητες σύνδεσης των πραγμάτων. Το σύστημα έξυπνης διανομής ενέργειας, η γεωργία, η υγειονομική περίθαλψη, η επικοινωνία μεταξύ οχήματος και οχήματος και οχημάτων στην οδική υποδομή θεωρούνται γενικά ως πιθανά πεδία για την περαιτέρω ανάπτυξη του Διαδικτύου των αντικειμένων (IoT).

### **1.2.1.7 Σύγκλιση εφαρμογών**

Νέες εφαρμογές προσφέρονται ολοένα και περισσότερο μέσω του IMT, συμπεριλαμβανομένης της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης, της δημόσιας προστασίας και της επικοινωνίας ανακούφισης από καταστροφές, της εκπαίδευσης, του γραμμικού<sup>1</sup> και του οπτικοακουστικού περιεχομένου και της υγείας. Αυτή η σύγκλιση εφαρμογών πρέπει να λαμβάνει υπόψη τις απαιτήσεις που σχετίζονται με αυτές τις εφαρμογές.

### **1.2.1.8 Ακριβείς εφαρμογές εντοπισμού θέσης**

Καθώς η ακρίβεια της τοποθέτησης γίνεται καλύτερη, οι εφαρμογές υπηρεσιών βάσει τοποθεσίας που παρέχουν βελτιωμένες υπηρεσίες διάσωσης έκτακτης ανάγκης καθώς και ακριβή υπηρεσία πλοήγησης εδάφους για μη επανδρωμένα οχήματα ή drones μπορεί να επεκταθούν εκτενώς.

### **1.2.2 Ανάπτυξη της κυκλοφορίας IMT**

Υπάρχουν πολλοί οδηγοί που επηρεάζουν την ανάπτυξη της μελλοντικής ζήτησης κυκλοφορίας IMT, ιδιαίτερα την υιοθέτηση συσκευών με βελτιωμένες δυνατότητες που απαιτούν αυξημένα ποσοστά bit και χρήση εύρους ζώνης. Παρόμοιοι οδηγοί αύξησαν την κυκλοφορία κατά τη μετάβαση από IMT 2000 σε IMT Advanced. Οι βασικοί παράγοντες πίσω από την προβλεπόμενη αύξηση της κυκλοφορίας περιλαμβάνουν αυξημένη χρήση βίντεο, πολλαπλασιασμό συσκευών και πρόσληψη εφαρμογών. Αυτά αναμένεται να εξελιχθούν με την πάροδο του χρόνου και η εξέλιξη

αυτή θα διαφέρει μεταξύ των χωρών λόγω κοινωνικών και οικονομικών διαφορών. Αυτοί οι οδηγοί και άλλες τάσεις που επηρεάζουν την αύξηση της κυκλοφορίας παρουσιάζονται λεπτομερώς στην Έκθεση ITU R M.2370. Η έκθεση περιέχει παγκόσμιες εκτιμήσεις κυκλοφορίας IMT μετά το 2020 από διάφορες πηγές. Αυτές οι εκτιμήσεις προβλέπουν ότι η παγκόσμια κίνηση IMT θα αυξηθεί στο εύρος 10 100 φορές από το 2020 έως το 2030.[17]

Οι πτυχές της ασυμμετρίας της κυκλοφορίας για αυτήν την περίοδο παρουσιάζονται επίσης στην έκθεση ITU R M.2370. Παρατηρείται ότι ο τρέχων μέσος λόγος ασυμμετρίας κυκλοφορίας της κινητής ευρυζωνικότητας είναι υπέρ της κατερχόμενης ζεύξης και αυτό αναμένεται να αυξηθεί λόγω της αυξανόμενης ζήτησης για οπτικοακουστικό περιεχόμενο.

### **1.2.3 Τεχνολογικές τάσεις**

Η έκθεση ITU R M.2320 παρέχει μια ευρεία θεώρηση των μελλοντικών τεχνικών πτυχών των επίγειων συστημάτων IMT, λαμβάνοντας υπόψη το χρονικό πλαίσιο 2015 -2020 και μετά. Περιλαμβάνει πληροφορίες σχετικά με τα τεχνικά και επιχειρησιακά χαρακτηριστικά των συστημάτων IMT, συμπεριλαμβανομένης της εξέλιξης του IMT μέσω της τεχνολογικής προόδου και των φασματικά αποδοτικών τεχνικών, καθώς και την ανάπτυξή τους. Η έκθεση ITU R M.2320 παρέχει λεπτομερέστερες πληροφορίες σχετικά με τις ακόλουθες τεχνικές πτυχές που παρουσιάζονται στα §§ 2.3.1 έως 2.3.8. Επιπλέον, οι τεχνολογίες που απαιτούνται για την ενεργοποίηση υψηλότερων ρυθμών δεδομένων εξηγούνται στο § 2.3.9.[17]

#### **1.2.3.1 Τεχνολογίες για την ενίσχυση της διασύνδεσης ραδιοσυχνοτήτων**

Προηγμένες κυματομορφές, διαμόρφωση και κωδικοποίηση και συστήματα πολλαπλών προσβάσεων, π.χ. φίλτρο OFDM (FOFDM), πολλαπλή πρόσβαση πολλαπλής πρόσβασης (PDMA), πολύπλευρη πρόσβαση (SCMA), διασύνδεση πολλαπλής πρόσβασης διαίρεσης (IDMA) ) και η χαμηλή πυκνότητα (LDS) μπορεί να βελτιώσει τη φασματική απόδοση των μελλοντικών συστημάτων IMT.

Οι προηγμένες τεχνολογίες κεραιών, όπως το 3D beamforming (3D BF), το ενεργό σύστημα κεραιάς (AAS), το μαζικό MIMO και το δίκτυο MIMO, θα επιτύχουν καλύτερη απόδοση του φάσματος. Επιπλέον, η κοινή λειτουργία TDD FDD, η διπλή συνδεσιμότητα και η δυναμική TDD μπορούν να ενισχύσουν την ευελιξία του φάσματος.[17] Η ταυτόχρονη μετάδοση και λήψη με την ίδια συχνότητα με την ακύρωση των παρεμβολών θα μπορούσε να αυξήσει την αποδοτικότητα του ραδιοφάσματος. Άλλες τεχνικές, όπως η ευέλικτη οπισθόζευξη και οι δυναμικές διαμορφώσεις ραδιοεπικοινωνίας, μπορούν επίσης να επιτρέψουν βελτιώσεις στη διασύνδεση ραδιοσυχνοτήτων. Σε μικρές κυσέλες, η διαμόρφωση υψηλότερης τάξης και οι τροποποιήσεις στη δομή του σήματος αναφοράς με μειωμένη επιβάρυνση

μπορεί να παρέχουν βελτιώσεις επιδόσεων λόγω της μικρότερης κινητικότητας σε μικρές κυψέλες και δυνητικά υψηλότερων λόγων σήματος προς παρεμβολή σε σύγκριση με την περίπτωση ευρείας περιοχής. Η ευέλικτη χρήση του ραδιοφάσματος, η κοινή διαχείριση πολλαπλών τεχνολογιών ραδιοπρόσβασης (RAT) και η ευέλικτη κατανομή πόρων ανά ζεύξη και κατερχόμενη ζεύξη μπορούν να παρέχουν τεχνικές λύσεις για την αντιμετώπιση της αυξανόμενης κυκλοφοριακής ζήτησης στο μέλλον και να επιτρέψουν την αποτελεσματικότερη χρήση ραδιοφωνικών πηγών.

### **1.2.3.2 Τεχνολογίες δικτύων**

Το μελλοντικό IMT θα απαιτήσει πιο ευέλικτους κόμβους δικτύου, οι οποίοι είναι διαμορφωμένοι με βάση την αρχιτεκτονική SDN (Software Defined Networking) και την εικονική λειτουργία δικτύου (NFV) για βέλτιστη επεξεργασία των λειτουργιών του κόμβου και βελτίωση της λειτουργικής αποδοτικότητας του δικτύου.[1] Με τη λειτουργία κεντρικού και συνεργατικού συστήματος, το cloud RAN (C RAN) περιλαμβάνει τους πόρους βασικής ζώνης και υψηλότερου στρώματος επεξεργασίας ώστε να δημιουργηθεί μια δεξαμενή έτσι ώστε οι πόροι αυτοί να μπορούν να διαχειρίζονται και να διατίθενται δυναμικά κατόπιν ζήτησης, ενώ οι ραδιοφωνικές μονάδες και η κεραία αναπτύσσονται σε έναν κατανεμημένο τρόπο. Η αρχιτεκτονική δικτύου ασύρματης πρόσβασης (RAN) θα πρέπει να υποστηρίζει ένα ευρύ φάσμα επιλογών για συστήματα συντονισμού μεταξύ κυψελών. Η προηγμένη τεχνολογία αυτο-οργανωτικού δικτύου (SON) είναι ένα παράδειγμα λύσης που επιτρέπει στους χειριστές να βελτιώσουν την αποδοτικότητα OPEX του δικτύου πολλαπλών RAT και πολλαπλών επιπέδων, ενώ ικανοποιούν την αυξανόμενη απαίτηση της συνδρομητικής υπηρεσίας.

### **1.2.3.3 Τεχνολογίες για την ενίσχυση των κινητών ευρυζωνικών σεναρίων**

Ένα δίκτυο αναμετάδοσης πολλαπλών hop μπορεί να βελτιώσει σημαντικά την ποιότητα της υπηρεσίας (QoS) των χρηστών ακμής κυψελών. Η ανάπτυξη κυψελίδων μπορεί να βελτιώσει το QoS των χρηστών μειώνοντας τον αριθμό των χρηστών ανά κυψέλη και η ποιότητα της εμπειρίας των χρηστών μπορεί να βελτιωθεί. Η δυναμική προσαρμογή ροής μέσω του HTTP (DASH) αναμένεται να βελτιώσει την εμπειρία των χρηστών και να φιλοξενήσει περισσότερο περιεχόμενο βίντεο συνεχούς ροής σε υπάρχουσα υποδομή. Η εξοικονόμηση εύρους ζώνης και η βελτίωση της απόδοσης της μετάδοσης είναι μια εξελισσόμενη τάση για την Evolved Multimedia Broadcast and Multicast Service (eMBMS). [17] Η δυναμική εναλλαγή μεταξύ μετάδοσης μονοεκπομπής και πολυεκπομπής μπορεί να είναι επωφελής. Τα συστήματα IMT παρέχουν επί του παρόντος υποστήριξη για τη διαλειτουργικότητα RLAN, στο επίπεδο του κεντρικού δικτύου, συμπεριλαμβανομένης της ομαλής και μη συνεχούς κινητικότητας, και μπορούν να εκφορτώσουν την κυκλοφορία από κυψελοειδή δίκτυα σε ζώνες φάσματος απαλλαγμένες από άδειες εκμετάλλευσης. Οι εφαρμογές που έχουν

επίγνωση του περιβάλλοντος μπορούν να παρέχουν πιο εξατομικευμένες υπηρεσίες που εξασφαλίζουν υψηλή QoE για τον τελικό χρήστη και προληπτική προσαρμογή στο μεταβαλλόμενο περιβάλλον. Οι τεχνικές με βάση την εγγύτητα μπορούν να παρέχουν στις εφαρμογές πληροφορίες σχετικά με το αν δύο συσκευές βρίσκονται σε άμεση γειτνίαση μεταξύ τους, καθώς και την επικοινωνία άμεσης συσκευής με συσκευή (D2D). Η ομαδική επικοινωνία, συμπεριλαμβανομένου του τύπου επικοινωνίας "push to talk", είναι ιδιαίτερα επιθυμητή για τη δημόσια ασφάλεια.

#### **1.2.3.4 Τεχνολογίες για την ενίσχυση μαζικών επικοινωνιών τύπου μηχανής**

Τα μελλοντικά συστήματα IMT αναμένεται να συνδέσουν μεγάλο αριθμό συσκευών M2M με ένα εύρος επιδόσεων και λειτουργικών απαιτήσεων, με περαιτέρω βελτίωση των τύπων συσκευών χαμηλού κόστους και χαμηλής πολυπλοκότητας καθώς και επέκταση κάλυψης.[17]

#### **1.2.3.5 Τεχνολογίες για την ενίσχυση επικοινωνιών εξαιρετικά αξιόπιστων και χαμηλού χρόνου καθυστέρησης**

Για να επιτευχθεί εξαιρετικά χαμηλή χρονική καθυστέρηση, τα δεδομένα και τα επίπεδα ελέγχου μπορεί να απαιτήσουν σημαντικές βελτιώσεις και νέες τεχνικές λύσεις που θα αντιμετωπίζουν τόσο τις πτυχές της διασύνδεσης ραδιοσυχνοτήτων όσο και της αρχιτεκτονικής του δικτύου.[17] Προβλέπεται ότι τα μελλοντικά ασύρματα συστήματα θα χρησιμοποιηθούν σε μεγαλύτερο βαθμό και στο πλαίσιο των επικοινωνιών μηχανής προς μηχανή, για παράδειγμα στον τομέα της ασφάλειας της κυκλοφορίας, της αποτελεσματικότητας της κυκλοφορίας, του έξυπνου δικτύου, της υγείας, της αυτοματοποίησης της ασύρματης βιομηχανίας, της επαυξημένης πραγματικότητας, απομακρυσμένο έλεγχο αφής και προστασία τηλεφώνου, απαιτώντας τεχνικές υψηλής αξιοπιστίας.

#### **1.2.3.6 Τεχνολογίες για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του δικτύου**

Προκειμένου να βελτιωθεί η ενεργειακή απόδοση, η κατανάλωση ενέργειας θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στο σχεδιασμό του πρωτοκόλλου. Η ενεργειακή απόδοση ενός δικτύου μπορεί να βελτιωθεί τόσο με τη μείωση της ισχύος εκπομπής RF όσο και με την εξοικονόμηση ισχύος κυκλώματος. [17] Για να βελτιωθεί η ενεργειακή απόδοση, τα χαρακτηριστικά της μεταβολής της κυκλοφορίας των διαφόρων χρηστών θα πρέπει να αξιοποιηθούν καλά για την προσαρμοστική διαχείριση των πόρων. Παραδείγματα περιλαμβάνουν ασυνεχή μετάδοση (DTX), σταθμό βάσης και σίγαση κεραίας και εξισορρόπηση της κυκλοφορίας μεταξύ των πολλαπλών RAT.

#### **1.2.3.7 Τεχνολογίες τερματικών**

Το κινητό τερματικό θα γίνει ένας πιο φιλικός προς τον άνθρωπο σύντροφος ως πολυλειτουργική συσκευή πληροφορικής και επικοινωνιών (ΤΠΕ) για εφαρμογές

γραφείου και ψυχαγωγία και θα εξελιχθεί από το να είναι κατά κύριο λόγο ένα φορητό έξυπνο τηλέφωνο στο να περιλαμβάνει επίσης “ένδυτες” έξυπνες συσκευές. Συνεπώς, οι τεχνολογίες για το τσιπ, την μπαταρία και την οθόνη πρέπει να βελτιωθούν περαιτέρω.[1]

#### **1.2.3.8 Τεχνολογίες για την ενίσχυση της προστασίας της ιδιωτικής ζωής και της ασφάλειας**

Τα μελλοντικά συστήματα IMT πρέπει να παρέχουν ισχυρές και ασφαλείς λύσεις για την αντιμετώπιση των απειλών κατά της ασφάλειας και της ιδιωτικής ζωής που προκαλούν οι νέες ραδιοτεχνολογίες, νέες υπηρεσίες και νέες περιπτώσεις ανάπτυξης.[17]

#### **1.2.3.9 Τεχνολογίες που επιτρέπουν υψηλότερα ποσοστά δεδομένων**

Προκειμένου να επιτευχθούν υψηλότερα ποσοστά δεδομένων και βελτίωση της χωρητικότητας, χρειάζονται οι ακόλουθες βασικές τεχνικές:[17]

Φάσμα:

- Αξιοποίηση μεγάλων τεμαχίων φάσματος σε ζώνες υψηλότερης συχνότητας
- Συσσωμάτωση φορέα

Φυσικό στρώμα:

- Βελτιωμένη φασματική απόδοση μέσω π.χ. προηγμένων τεχνικών φυσικού στρώματος (διαμόρφωση, κωδικοποίηση) και της προόδου στη χωρική επεξεργασία (δίκτυο MIMO και Massive MIMO), καθώς και εκμετάλλευση άλλων καινοτόμων / εναλλακτικών ιδεών.

Δίκτυο:

- Πύκνωση δικτύων

### **1.2.4 Μελέτες σχετικά με την τεχνική εφικτότητα της IMT μεταξύ 6 και 100 GHz**

Η ανάπτυξη του IMT για το 2020 και μετά αναμένεται να καταστήσει ικανές νέες περιπτώσεις χρήσης και νέες εφαρμογές, παράλληλα θα αντιμετωπίζει την ταχεία αύξηση της κυκλοφορίας, για την οποία θα χρειαστεί συνεχόμενο και μεγαλύτερο εύρη ζώνης διαύλων από τα διαθέσιμα προς το παρόν συστήματα IMT. Αυτό υποδηλώνει την ανάγκη να ληφθούν υπόψη οι πηγές ραδιοφάσματος σε περιοχές υψηλότερης συχνότητας.[17] Η έκθεση ITU R M.2376 παρέχει πληροφορίες σχετικά με την τεχνική σκοπιμότητα του IMT στις συχνότητες μεταξύ 6 και 100 GHz. Περιλαμβάνει πληροφορίες σχετικά με πιθανές νέες τεχνολογίες ραδιοεπικοινωνιών IMT και προσεγγίσεις συστήματος, οι οποίες θα μπορούσαν να είναι κατάλληλες για λειτουργία σε αυτή την περιοχή συχνοτήτων. Η αναφορά παρουσιάζει δεδομένα μέτρησης σχετικά με τη διάδοση σε αυτήν την περιοχή συχνοτήτων σε διάφορα

περιβάλλοντα. Τα αποτελέσματα της μέτρησης τόσο της οπτικής όσο και της μη γραμμής όρασης για ακίνητα και κινητά περιστατικά καθώς και αποτελέσματα υπαίθριων και εσωτερικών χώρων παρουσιάζονται στην έκθεση. Περιλαμβάνει επίσης αποτελέσματα προσομοίωσης απόδοσης για πολλά διαφορετικά σενάρια ανάπτυξης. Η αναφορά περιγράφει λύσεις βασισμένες σε MIMO και σχηματοποίηση δέσμης με μεγάλο αριθμό στοιχείων κεραίας, τα οποία αντισταθμίζουν την αυξανόμενη απώλεια διάδοσης με συχνότητα. αυτά καθίστανται ολοένα και πιο εφικτά λόγω της δυνατότητας εκμετάλλευσης κεραιών κλίμακας τσιπ και διαμορφωμένων συστοιχιών προσαρμοζόμενων κεραιών που δεν απαιτούν ADC / DAC για κάθε στοιχείο κεραίας. Η πρακτικότητα της κατασκευής εμπορικών πομπών και δεκτών σε αυτές τις συχνότητες διερευνάται, όπως αποδεικνύεται από τη διαθεσιμότητα εμπορικών προϊόντων 60 GHz πολλαπλών gigabit ασύρματων συστημάτων (MGWS) και δραστηριοτήτων πρωτότυπων που ήδη εκτελούνται σε συχνότητες όπως οι 11, 15, 28, 44, 70 και 80 GHz. Τα δυνητικά πλεονεκτήματα της χρήσης του ίδιου φάσματος τόσο για την πρόσβαση όσο και για την πρόσθια / οπίσθια όψη, σε σύγκριση με τη χρήση δύο διαφορετικών συχνοτήτων πρόσβασης και πρόσθιου / οπίσθιου άξονα, περιγράφονται στην Έκθεση.[17]

Η θεωρητική αξιολόγηση, προσομοιώσεις, μετρήσεις, ανάπτυξη τεχνολογίας και πρωτότυπα που περιγράφονται στην έκθεση δείχνουν ότι η χρήση των ζωνών μεταξύ 6 και 100 GHz είναι εφικτή για μελετώμενα σενάρια ανάπτυξης IMT και θα μπορούσε να εξεταστεί για την ανάπτυξη του IMT για το 2020 και μετά.

## 2.5 Συνέπειες για το φάσμα

Η έκθεση ITU R M.2290 παρέχει τα αποτελέσματα μελετών σχετικά με τις εκτιμώμενες παγκόσμιες απαιτήσεις φάσματος για επίγεια IMT κατά το έτος 2020. Οι εκτιμώμενες συνολικές απαιτήσεις περιλαμβάνουν το φάσμα που έχει ήδη προσδιοριστεί για το IMT συν πρόσθετες απαιτήσεις φάσματος.

Σημειώνεται ότι καμία ενιαία περιοχή συχνοτήτων δεν πληροί όλα τα κριτήρια που απαιτούνται για την ανάπτυξη συστημάτων IMT, ιδίως σε χώρες με διαφορετική γεωγραφική και πληθυσμιακή πυκνότητα. επομένως, για να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις ικανότητας και κάλυψης των συστημάτων IMT, θα χρειαστούν πολλαπλές σειρές συχνοτήτων. Πρέπει να σημειωθεί ότι υπάρχουν διαφορές στις αγορές και στις εφαρμογές και χρονοδιαγράμματα της αύξησης των δεδομένων κινητής τηλεφωνίας σε διάφορες χώρες.[17] Για τα μελλοντικά συστήματα IMT κατά το έτος 2020 και μετά, θα ήταν αναγκαία η ύπαρξη συνεχών και ευρύτερων ευρών ζώνης διαύλων από τα διαθέσιμα στα τρέχοντα συστήματα IMT για να υποστηριχθεί η συνεχής ανάπτυξη. Επομένως, θα πρέπει να διερευνηθεί η διαθεσιμότητα πηγών ραδιοφάσματος που θα μπορούσαν να υποστηρίξουν ευρύτερα, συνεχή εύρη ζώνης καναλιού σε αυτό το χρονικό πλαίσιο.



Πρέπει να συνεχιστούν οι ερευνητικές προσπάθειες για την αύξηση της απόδοσης του ραδιοφάσματος και η διερεύνηση της διαθεσιμότητας διαδοχικών ευρέων διαύλων. Επιπλέον, εάν διατεθεί πρόσθετο φάσμα για την IMT, πρέπει να αντιμετωπιστούν οι πιθανές επιπτώσεις στις υπάρχουσες χρήσεις και στους χρήστες αυτού του φάσματος.

#### **1.2.5.1 Εναρμόνιση του ραδιοφάσματος**

Καθώς το ποσό του φάσματος που απαιτείται για τις κινητές υπηρεσίες αυξάνεται, καθίσταται όλο και πιο επιθυμητό να εναρμονιστούν τα υπάρχοντα και τα νεοδιορισθέντα και προσδιορισθέντα φάσματα. Τα οφέλη της εναρμόνισης του φάσματος περιλαμβάνουν: διευκόλυνση των οικονομιών κλίμακας, καθιστώντας δυνατή την παγκόσμια περιαγωγή, μείωση της πολυπλοκότητας του σχεδιασμού του εξοπλισμού, διατήρηση της διάρκειας ζωής της μπαταρίας, βελτίωση της απόδοσης του ραδιοφάσματος και ενδεχομένως μείωση των διασυννοριακών παρεμβολών.[17]

Συνήθως, μια κινητή συσκευή περιέχει πολλαπλές κεραίες και συναφή εμπρόσθια άκρα ραδιοσυχνοτήτων για να επιτρέψει τη λειτουργία σε πολλαπλές ζώνες για να διευκολύνει την περιαγωγή. Ενώ οι κινητές συσκευές μπορούν να επωφεληθούν από τα κοινά chipsets, οι διαφορές στις ρυθμίσεις συχνότητας απαιτούν διαφορετικά εξαρτήματα για να ικανοποιήσουν αυτές τις διαφορές, πράγμα που οδηγεί σε υψηλότερη πολυπλοκότητα του σχεδιασμού του εξοπλισμού.

Επομένως, η εναρμόνιση του ραδιοφάσματος για το IMT θα οδηγήσει σε ένα κοινό εξοπλισμό και είναι επιθυμητή για την επίτευξη οικονομιών κλίμακας και προσιτότητας του εξοπλισμού.

#### **1.2.5.2 Σημασία του συνεχούς και ευρύτερου εύρους ζώνης του φάσματος**

Ο πολλαπλασιασμός των έξυπνων συσκευών (π.χ. smartphones, tablet, τηλεοράσεις κ.λπ.) και ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών που απαιτούν μεγάλο όγκο επισκεψιμότητας δεδομένων έχουν επιταχύνει τη ζήτηση για ασύρματη μεταφορά δεδομένων. Τα μελλοντικά συστήματα IMT αναμένεται να προσφέρουν σημαντική βελτίωση για να αντιμετωπίσουν αυτήν την ταχέως αυξανόμενη ζήτηση κυκλοφορίας. Επιπλέον, τα μελλοντικά συστήματα IMT αναμένεται να παρέχουν υπηρεσίες Gigabit ανά δευτερόλεπτο. Οι τρέχουσες ζώνες συχνοτήτων και το εύρος ζώνης τους διαφέρουν μεταξύ των χωρών και περιοχών και αυτό οδηγεί σε πολλά προβλήματα που σχετίζονται με την πολυπλοκότητα των συσκευών και τα πιθανά προβλήματα παρεμβολών.[17] Συνεχείς, ευρύτερες και εναρμονισμένες ζώνες συχνοτήτων, ευθυγραμμισμένες με τη μελλοντική εξέλιξη της τεχνολογίας, θα αντιμετωπίσουν αυτά τα προβλήματα και θα διευκολύνουν την επίτευξη των στόχων των μελλοντικών συστημάτων IMT.

Συγκεκριμένα, τα εύρη ζώνης για τη στήριξη των διαφορετικών σεναρίων χρήσης στην § 4 (π.χ. ενισχυμένη ευρυζωνική τεχνολογία κινητής τηλεφωνίας, επικοινωνίες

εξαιρετικά αξιόπιστης και χαμηλής λανθάνοντος χρόνου και μαζικές επικοινωνίες τύπου μηχανής) θα ποικίλλουν. Για τα σενάρια που απαιτούν αρκετές εκατοντάδες MHz έως τουλάχιστον 1 GHz, θα πρέπει να εξεταστεί το ενδεχόμενο ευρείας ζώνης συνεχούς φάσματος άνω των 6 GHz.

### 1.3 Εξέλιξη του IMT

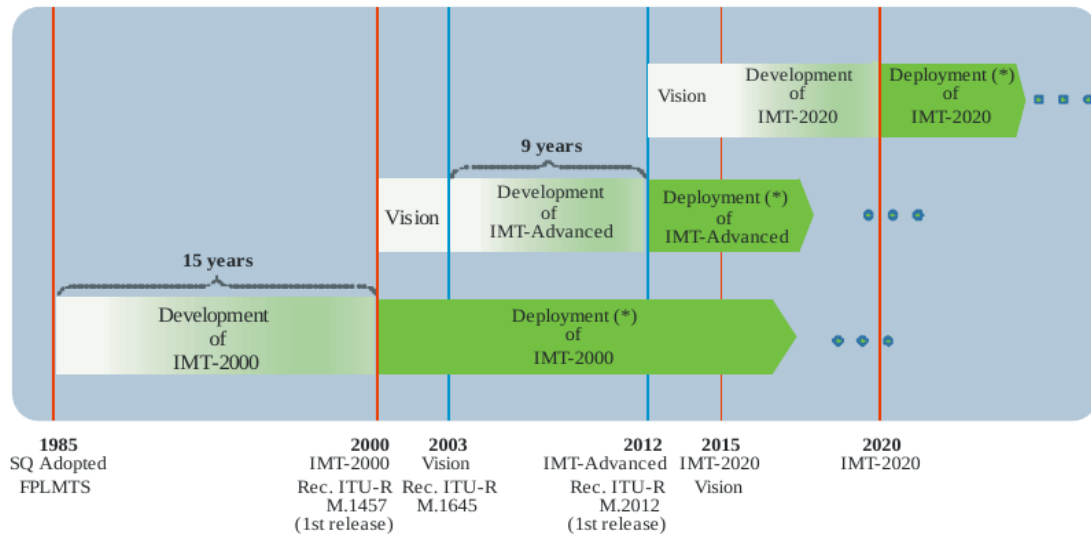
#### 1.3.1 Πώς αναπτύχθηκε το IMT

Μετά τη θέσπιση, το 1985, από τη διεθνή ραδιοφωνική συμβουλευτική επιτροπή (CCIR) της ερώτησης μελέτης για τα μελλοντικά δημόσια κινητά τηλεπικοινωνιακά συστήματα (FPLMTS), χρειάστηκαν συνολικά 15 έτη για τον προσδιορισμό του ραδιοφάσματος το 1992 και την ανάπτυξη του IMT 2000 προδιαγραφές (σύσταση ITU R M.1457). Μετά από αυτή την ανάπτυξη ξεκίνησε η εγκατάσταση συστημάτων IMT 2000.[1] Στη συνέχεια, η ITU άρχισε αμέσως να αναπτύσσει τη σύσταση (Σύσταση ITU R M.1645, Ιούνιος 2003) σχετικά με το πλαίσιο και τους γενικούς στόχους της μελλοντικής ανάπτυξης του IMT 2000 και των συστημάτων πέραν του IMT 2000. Βάσει της παρούσας σύστασης, η ITU δημοσίευσε τη σύσταση ITU R M.2012 στην επίγεια ραδιοεπικοινωνιακή διεπαφή του IMT Advanced το 2012.

Χρειάστηκαν εννέα χρόνια προκειμένου η ITU να αναπτύξει τη δεύτερη φάση της IMT μετά την ολοκλήρωση της σύστασης για την όραση. Μετά από αυτήν την ανάπτυξη, ξεκίνησε η ανάπτυξη των συστημάτων IMT Advanced.

FIGURE 1

Overview of timeline for IMT development and deployment



(\*) Deployment timing may vary across countries.

M.2083-01

Εικόνα 1: Επισκόπηση του χρονοδιαγράμματος για την ανάπτυξη και την ανάπτυξη IMT, [17]

### 1.3.2 Ρόλος του IMT για το 2020 και μετά

Τα συστήματα IMT χρησιμεύουν ως εργαλείο επικοινωνίας για τους ανθρώπους και βοηθός που βοηθά στην ανάπτυξη άλλων κλάδων της βιομηχανίας, όπως η ιατρική επιστήμη, οι μεταφορές και η εκπαίδευση. Λαμβάνοντας υπόψη τις βασικές τάσεις που περιγράφονται στην § 2, το IMT θα πρέπει να συνεχίσει να συμβάλλει στα εξής:

- **Ασύρματη υποδομή για τη σύνδεση του κόσμου:** Η ευρυζωνική σύνδεση θα αποκτήσει το ίδιο επίπεδο σπουδαιότητας με την πρόσβαση στην ηλεκτρική ενέργεια. Το IMT θα συνεχίσει να διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στο πλαίσιο αυτό, καθώς θα λειτουργήσει ως ένας από τους βασικούς πυλώνες για την παροχή υπηρεσιών κινητής τηλεφωνίας και ανταλλαγής πληροφοριών. Στο μέλλον, οι ιδιώτες αλλά και οι επαγγελματίες θα έχουν στη διάθεσή τους μια μεγάλη ποικιλία εφαρμογών και υπηρεσιών, από υπηρεσίες ψυχαγωγίας έως νέες βιομηχανικές και επαγγελματικές εφαρμογές.

- **Νέα αγορά ΤΠΕ:** Η ανάπτυξη των μελλοντικών IMT συστημάτων αναμένεται να προωθήσει την ανάπτυξη μιας ολοκληρωμένης ΤΠΕ βιομηχανίας που θα αποτελέσει έναν οδηγό για τις οικονομίες σε όλο τον κόσμο. Μερικά παραδείγματα: τη συσσώρευση, τη συγκέντρωση και την ανάλυση μεγάλων δεδομένων. παροχή προσαρμοσμένων υπηρεσιών δικτύωσης για ομάδες επιχειρήσεων και κοινωνικών δικτύων σε ασύρματα δίκτυα.

- **Γεφύρωση του ψηφιακού χάσματος:** Το IMT θα συνεχίσει να συμβάλλει στο κλείσιμο των κενών που προκαλούνται από την αύξηση της ψηφιακής διαίρεσης. Οι

προσιτές, βιώσιμες και εύχρηστες λύσεις κινητής και ασύρματης επικοινωνίας μπορούν να υποστηρίξουν αυτόν τον στόχο ενώ παράλληλα εξοικονομούν ενέργεια και μεγιστοποιούν την αποτελεσματικότητα.

- **Νέοι τρόποι επικοινωνίας:** Το IMT θα επιτρέψει την κοινή χρήση οποιουδήποτε τύπου περιεχομένου οποτεδήποτε, οπουδήποτε μέσω οποιασδήποτε συσκευής. Οι χρήστες θα δημιουργούν περισσότερο περιεχόμενο και θα μοιράζονται αυτό το περιεχόμενο χωρίς να περιορίζονται από το χρόνο και την τοποθεσία.

- **Νέες μορφές εκπαίδευσης:** Η IMT μπορεί να αλλάξει τη μέθοδο της εκπαίδευσης παρέχοντας εύκολη πρόσβαση σε ψηφιακά εγχειρίδια ή αποθήκευση γνώσεων στο διαδίκτυο με βάση το σύννεφο, ενισχύοντας εφαρμογές όπως η ηλεκτρονική μάθηση, η υγεία και το ηλεκτρονικό εμπόριο.

- **Προώθηση της ενεργειακής απόδοσης:** Το IMT καθιστά δυνατή την ενεργειακή απόδοση σε διάφορους τομείς της οικονομίας, υποστηρίζοντας την επικοινωνία μηχανής με μηχανή και λύσεις όπως το έξυπνο δίκτυο, η τηλεδιάσκεψη, η έξυπνη εφοδιαστική και η μεταφορά.

- **Κοινωνικές αλλαγές:** Τα ευρυζωνικά δίκτυα διευκολύνουν τη γρήγορη διαμόρφωση και κοινή χρήση κοινών απόψεων για ένα πολιτικό ή κοινωνικό ζήτημα μέσω της υπηρεσίας κοινωνικών δικτύων. Η γνώμη που διαμορφώνει ένας τεράστιος αριθμός συνδεδεμένων ατόμων λόγω της ικανότητάς τους να ανταλλάσσουν πληροφορίες οποτεδήποτε οπουδήποτε θα γίνει βασικός μοχλός των κοινωνικών αλλαγών.

- **Νέα τέχνη και πολιτισμός:** Το IMT θα υποστηρίξει τους ανθρώπους να δημιουργούν έργα τέχνης ή να συμμετέχουν σε ομαδικές παραστάσεις ή δραστηριότητες, όπως ένα εικονικό χορό, flash mob, συγγραφικό έργο ή τραγούδι. Επίσης, οι άνθρωποι που συνδέονται με έναν εικονικό κόσμο είναι σε θέση να σχηματίσουν νέους τύπους κοινοτήτων και να δημιουργήσουν τη δική τους κουλτούρα. [17]

#### 1.4 Σενάρια χρήσης για IMT για το 2020 και μετά

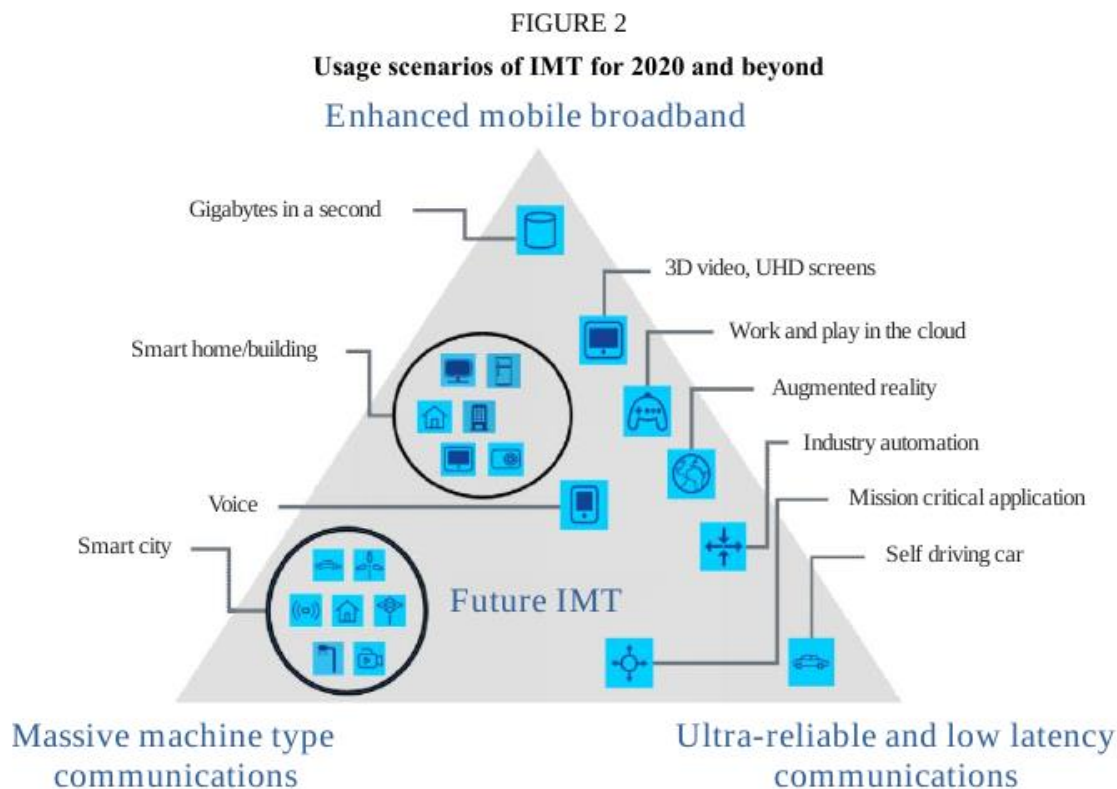
Το IMT για το 2020 και μετά αναμένεται να επεκτείνει και να υποστηρίξει διάφορα σενάρια χρήσης και εφαρμογές που θα συνεχιστούν πέρα από την τρέχουσα IMT. Επιπλέον, μια ευρεία ποικιλία δυνατοτήτων θα συνδέεται στενά με αυτά τα διαφορετικά σενάρια χρήσης και τις εφαρμογές για IMT για το 2020 και μετά. Τα σενάρια χρήσης για το IMT για το 2020 και πέραν αυτής περιλαμβάνουν:

- **Ενισχυμένη κινητή ευρυζωνικότητα:** Η κινητή ευρυζωνική σύνδεση απευθύνεται στα σενάρια ανθρώπινης κεντρικής χρήσης για πρόσβαση σε περιεχόμενο, υπηρεσίες και δεδομένα πολυμέσων. Η ζήτηση για κινητή ευρυζωνική σύνδεση θα συνεχίσει να αυξάνεται, οδηγώντας σε βελτιωμένη κινητή ευρυζωνικότητα. Το βελτιωμένο σενάριο χρήσης της ευρυζωνικής χρήσης θα συνοδεύεται από νέους τομείς εφαρμογών και

απαιτήσεις, πέραν των υφιστάμενων εφαρμογών κινητής ευρυζωνικότητας, για βελτιωμένες επιδόσεις και αυξανόμενη απρόσκοπτη εμπειρία χρήστη. Αυτό το σενάριο χρήσης καλύπτει μια σειρά περιπτώσεων, συμπεριλαμβανομένης της κάλυψης ευρείας περιοχής και hotspot, οι οποίες έχουν διαφορετικές απαιτήσεις. Για την περίπτωση του hotspot, δηλαδή για μια περιοχή με υψηλή πυκνότητα χρηστών, απαιτείται μεγάλη κυκλοφοριακή ικανότητα, ενώ η απαίτηση για κινητικότητα είναι χαμηλή και ο ρυθμός δεδομένων χρήστη είναι υψηλότερος από αυτόν της κάλυψης ευρείας περιοχής. Για την περίπτωση κάλυψης ευρείας περιοχής, επιθυμείται απρόσκοπτη κάλυψη και μεσαία έως υψηλή κινητικότητα, με πολύ βελτιωμένο ρυθμό δεδομένων χρήστη σε σύγκριση με τα υπάρχοντα ποσοστά δεδομένων. Ωστόσο, η απαίτηση ποσοστού δεδομένων μπορεί να χαλαρώσει σε σύγκριση με το hotspot.

- **Εξαιρετικά αξιόπιστες και χαμηλής καθυστέρησης επικοινωνίες:** Αυτή η περίπτωση χρήσης έχει αυστηρές απαιτήσεις για δυνατότητες όπως η απόδοση, η καθυστέρηση και η διαθεσιμότητα. Μερικά παραδείγματα περιλαμβάνουν τον ασύρματο έλεγχο της βιομηχανικής παραγωγής ή των διαδικασιών παραγωγής, την απομακρυσμένη ιατρική χειρουργική, την αυτοματοποίηση διανομής σε ένα έξυπνο δίκτυο, την ασφάλεια των μεταφορών κ.λπ.

- **Μαζικές επικοινωνίες τύπου μηχανής:** Αυτή η περίπτωση χρήσης χαρακτηρίζεται από έναν πολύ μεγάλο αριθμό συνδεδεμένων συσκευών που τυπικά εκπέμπουν σχετικά μικρό όγκο μη ευαίσθητων δεδομένων καθυστέρησης. Οι συσκευές πρέπει να είναι χαμηλού κόστους και να έχουν πολύ μεγάλη διάρκεια ζωής της μπαταρίας. Αναμένεται να προκύψουν πρόσθετες περιπτώσεις χρήσης, οι οποίες επί του παρόντος δεν προβλέπονται. Για τη μελλοντική IMT, θα είναι απαραίτητη η ευελιξία για να προσαρμοστεί σε νέες περιπτώσεις χρήσης που προσφέρονται με ένα ευρύ φάσμα απαιτήσεων. Τα μελλοντικά συστήματα IMT θα περιλαμβάνουν ένα μεγάλο αριθμό διαφορετικών χαρακτηριστικών. Ανάλογα με τις περιστάσεις και τις διαφορετικές ανάγκες σε διαφορετικές χώρες, τα μελλοντικά συστήματα IMT θα πρέπει να σχεδιάζονται με πολύ αρθρωτό τρόπο, έτσι ώστε να μην πρέπει να εφαρμόζονται όλα τα χαρακτηριστικά σε όλα τα δίκτυα. Το Σχήμα 2 απεικονίζει ορισμένα παραδείγματα προβλεπόμενων σεναρίων χρήσης για το IMT για το 2020 και μετά.[17]



Εικόνα 2: Σενάρια χρησιμότητας του IMT για το 2020 και μετέπειτα [17]

### 1.5 Δυνατότητες του IMT 2020

Το IMT για το 2020 και μετά αναμένεται να προσφέρει περισσότερο βελτιωμένες δυνατότητες από εκείνες που περιγράφονται στη σύσταση ITU R M.1645. Αυτές οι βελτιωμένες δυνατότητες θα μπορούσαν να θεωρηθούν νέες δυνατότητες του μελλοντικού IMT. Καθώς η ITU R θα δώσει έναν νέο όρο IMT 2020 στα συστήματα, τα συστατικά του συστήματος και τις συναφείς πτυχές που υποστηρίζουν αυτές τις νέες δυνατότητες, ο όρος IMT 2020 χρησιμοποιείται στις ακόλουθες ενότητες.

Προβλέπεται μια ευρεία ποικιλία δυνατοτήτων, σε συνδυασμό με τα προβλεπόμενα σενάρια χρήσης και εφαρμογές για το IMT 2020. Τα διαφορετικά σενάρια χρήσης μαζί με τις τρέχουσες και τις μελλοντικές τάσεις θα οδηγήσουν σε μεγάλη ποικιλία απαιτήσεων.

Οι βασικές αρχές σχεδιασμού είναι η ευελιξία και η πολυμορφία για την εξυπηρέτηση πολλών διαφορετικών περιπτώσεων χρήσης και σεναρίων, για τις οποίες οι δυνατότητες του IMT 2020, που περιγράφονται στις επόμενες παραγράφους, θα έχουν διαφορετική συνάφεια και εφαρμογή.

Επιπλέον, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη οι περιορισμοί στην κατανάλωση ενέργειας του δικτύου και στον πόρο του ραδιοφάσματος. Οι ακόλουθες οκτώ παράμετροι θεωρούνται βασικές δυνατότητες του IMT 2020:

- Μέγιστο ρυθμό δεδομένων

Μέγιστο επιτεύξιμο ποσοστό δεδομένων υπό ιδανικές συνθήκες ανά χρήστη / συσκευή (σε Gbit / s).

- Ποσότητα δεδομένων με εμπειρία χρήστη

Επιτεύξιμος ρυθμός δεδομένων που διατίθεται παντού στην περιοχή κάλυψης σε κινητό χρήστη / συσκευή (σε Mbit / s ή Gbit / s).

- Καθυστέρηση

Η συνεισφορά του ραδιοφωνικού δικτύου στο χρόνο από τότε η πηγή στέλνει ένα πακέτο όταν ο προορισμός τον λαμβάνει (σε ms).

- Κινητικότητα

Μέγιστη ταχύτητα με την οποία μπορεί να επιτευχθεί καθορισμένη QoS και ομαλή μεταφορά μεταξύ ραδιοζεύξεων που μπορούν να ανήκουν σε διαφορετικά επίπεδα ή / και τεχνολογίες ραδιοπρόσβασης (πολλαπλών στρώσεων / RAT) (σε km / h).

- Πυκνότητα σύνδεσης

Συνολικός αριθμός συνδεδεμένων και / ή προσβάσιμων συσκευών ανά μονάδα επιφάνειας (ανά km<sup>2</sup>).

- Ενεργειακή Απόδοση

Η ενεργειακή απόδοση έχει δύο πτυχές:

- στην πλευρά του δικτύου, η ενεργειακή απόδοση αναφέρεται στην ποσότητα των bits πληροφοριών που μεταδίδονται προς / από τους χρήστες, ανά μονάδα ενεργειακής κατανάλωσης του δικτύου ασύρματης πρόσβασης (RAN) (σε bit / Joule).

- στην πλευρά της συσκευής, η ενεργειακή απόδοση αναφέρεται στην ποσότητα των bits πληροφοριών ανά μονάδα κατανάλωσης ενέργειας της μονάδας επικοινωνίας (σε bit / Joule).

- Απόδοση εκμετάλλευσης φάσματος

Μέση απόδοση δεδομένων ανά μονάδα πηγής φάσματος και ανά κυψέλη (bit / s / Hz).

- Περιοχή μεταφορικής ικανότητας

Συνολική απόδοση επισκεψιμότητας ανά γεωγραφική περιοχή (σε Mbit / s / m<sup>2</sup>). Το IMT 2020 αναμένεται να προσφέρει μια εμπειρία χρήστη που να ταιριάζει, στο μέτρο του δυνατού, με σταθερά δίκτυα. Η βελτίωση θα πραγματοποιηθεί με αυξημένο ρυθμό δεδομένων αιχμής και χρήστη, αυξημένη απόδοση φάσματος, μειωμένη καθυστέρηση και ενισχυμένη υποστήριξη κινητικότητας.

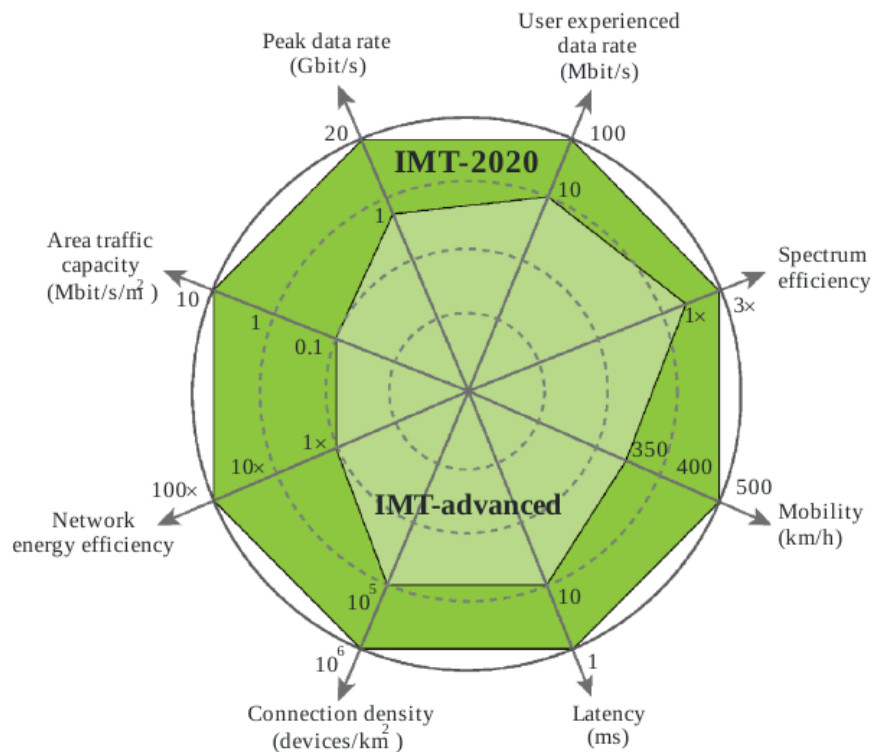
Εκτός από τη συμβατική επικοινωνία ανθρώπου με άνθρωπο ή άνθρωπο με μηχανή, το IMT 2020 θα συνειδητοποιήσει το Διαδίκτυο των αντικειμένων, συνδέοντας ένα ευρύ φάσμα έξυπνων συσκευών, μηχανών και άλλων αντικειμένων χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση. Το IMT 2020 θα πρέπει να είναι σε θέση να παρέχει αυτές τις δυνατότητες χωρίς υπερβολική επιβάρυνση για την κατανάλωση ενέργειας, το κόστος του εξοπλισμού δικτύου και το κόστος εγκατάστασης, ώστε να καταστεί η μελλοντική IMT βιώσιμη και προσιτή.[17]

**Οι βασικές δυνατότητες του IMT 2020 παρουσιάζονται στο σχήμα 3, σε σύγκριση με εκείνες του IMT Advanced.**



FIGURE 3

Enhancement of key capabilities from IMT-Advanced to IMT-2020



Εικόνα 3: Ενίσχυση των βασικών δυνατοτήτων απο IMT-Advanced σε IMT-2020, [17]

Οι τιμές στο παραπάνω σχήμα αποτελούν στόχους έρευνας για το IMT 2020 και μπορούν να αναπτυχθούν περαιτέρω σε άλλες συστάσεις της ITU και μπορούν να αναθεωρηθούν με βάση τις μελλοντικές μελέτες. Οι στόχοι περιγράφονται περαιτέρω παρακάτω. Ο μέγιστος ρυθμός δεδομένων του IMT 2020 για βελτιωμένη κινητή ευρυζωνικότητα αναμένεται να φθάσει τα 10 Gbit / s. Ωστόσο, κάτω από ορισμένες συνθήκες και σενάρια, το IMT 2020 θα υποστηρίξει μέγιστο ρυθμό δεδομένων έως και 20 Gbit / s, όπως φαίνεται στο σχήμα 3. Το IMT 2020 θα υποστηρίξει διαφορετικούς ρυθμούς δεδομένων που καλύπτουν ποικίλα περιβάλλοντα για βελτιωμένη κινητή ευρυζωνικότητα. Για περιπτώσεις κάλυψης ευρείας περιοχής, π.χ. σε αστικές και προαστιακές περιοχές, η ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων προβλέπεται στα 100 Mbit / s. Σε περιπτώσεις hotspot, ο ρυθμός δεδομένων που θα εξυπηρετεί τον χρήστη αναμένεται να φτάσει σε υψηλότερες τιμές (π.χ. 1 Gbit / s εσωτερική). Η απόδοση του φάσματος αναμένεται να είναι τριπλάσια σε σύγκριση με την IMT Advanced για βελτιωμένη κινητή ευρυζωνικότητα. Η επιτεύξιμη αύξηση της αποτελεσματικότητας από το IMT Advanced θα ποικίλει ανάλογα με τα σενάρια και θα μπορούσε να είναι υψηλότερη σε μερικά σενάρια (για παράδειγμα έως πέντε φορές παραπάνω σε μελλοντική έρευνα). Το IMT 2020 αναμένεται να υποστηρίξει την κυκλοφοριακή

ικανότητα 10 Mbit / s / m<sup>2</sup>, για παράδειγμα σε hotspot. Η κατανάλωση ενέργειας για το δίκτυο ασύρματης πρόσβασης του IMT 2020 δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από τα δίκτυα IMT που αναπτύσσονται σήμερα, παράλληλα με την παροχή των ενισχυμένων δυνατοτήτων. Επομένως, η ενεργειακή απόδοση του δικτύου θα πρέπει να βελτιωθεί κατά ένα παράγοντα τουλάχιστον ίση με την προβλεπόμενη αύξηση της μεταφορικής ικανότητας του IMT 2020 σε σχέση με την IMT Advanced για βελτιωμένη κινητή ευρυζωνικότητα.

Το IMT 2020 θα μπορούσε να παρέχει 1 ms για την καθυστέρηση του αέρα, ικανή να υποστηρίξει υπηρεσίες με πολύ χαμηλές απαιτήσεις χρονικής καθυστέρησης. Το IMT 2020 αναμένεται επίσης να επιτρέψει υψηλή κινητικότητα έως 500 km / h με αποδεκτό QoS. Αυτό προβλέπεται κυρίως για τα τρένα υψηλής ταχύτητας. Τέλος, το IMT 2020 αναμένεται να υποστηρίξει μια πυκνότητα σύνδεσης μέχρι 106 / km<sup>2</sup>, για παράδειγμα σε μαζικά σενάρια επικοινωνίας τύπου μηχανής.

Οι τιμές αναφοράς για το IMT Advanced που παρουσιάζονται στο σχήμα 3 για την ταχύτητα δεδομένων κορυφής, την κινητικότητα, την αποτελεσματικότητα φάσματος και την καθυστέρηση λαμβάνονται από την έκθεση ITU R M.2134. Η έκθεση αυτή δημοσιεύθηκε το 2008 και χρησιμοποιήθηκε για την αξιολόγηση των υποψηφίων ασύρματων διασυνδέσεων IMT Advanced που περιγράφονται στη σύσταση ITU R M.2012.

Όπως αναμενόταν παραπάνω, ενώ όλες οι βασικές δυνατότητες μπορεί να είναι σε κάποιο βαθμό σημαντικές για τις περισσότερες περιπτώσεις χρήσης, η συνάφεια ορισμένων βασικών ικανοτήτων μπορεί να διαφέρει σημαντικά, ανάλογα με τις περιπτώσεις χρήσης / σενάριο. Η σημασία κάθε βασικής ικανότητας για τα σενάρια χρήσης βελτίωσε την κινητή ευρυζωνική επικοινωνία, την εξαιρετικά αξιόπιστη επικοινωνία χαμηλής χρονικής καθυστέρησης και την μαζική επικοινωνία τύπου μηχανής, που απεικονίζεται στο σχήμα 4.

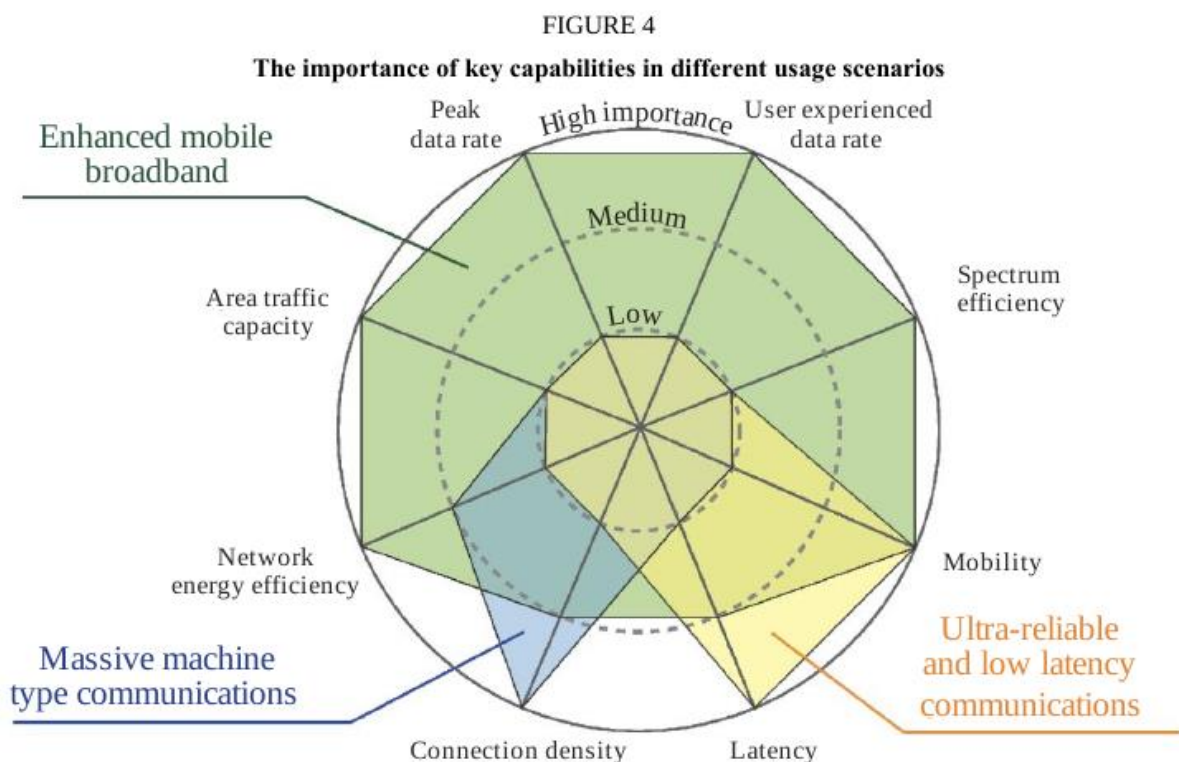
Αυτό γίνεται χρησιμοποιώντας ενδεικτική κλίμακα σε τρία βήματα ως "υψηλή", "μέτρια" και "χαμηλή".

Στο πλαίσιο του βελτιωμένου σεναρίου κινητής ευρυζωνικότητας, ο βαθμός ταχύτητας δεδομένων, η κυκλοφοριακή ικανότητα, ο μέγιστος ρυθμός δεδομένων, η κινητικότητα, η ενεργειακή απόδοση και η αποδοτικότητα φάσματος έχουν μεγάλη σημασία, αλλά η κινητικότητα και ο ρυθμός δεδομένων των χρηστών δεν θα έχουν την ίδια σημασία ταυτόχρονα σε όλες τις περιπτώσεις χρήσης. Για παράδειγμα, στα hotspots, θα χρειαζόταν ένας χρήστης με υψηλότερη ταχύτητα δεδομένων, αλλά χαμηλότερη κινητικότητα, σε σχέση με την περίπτωση κάλυψης ευρείας περιοχής.

Σε μερικά εξαιρετικά αξιόπιστα σενάρια επικοινωνιών χαμηλής χρονικής καθυστέρησης, η χαμηλή χρονική καθυστέρηση είναι ύψιστης σημασίας, π.χ.

προκειμένου να καταστεί δυνατή η εφαρμογή κρίσιμων για την ασφάλεια εφαρμογών. Αυτή η ικανότητα θα απαιτούταν και σε ορισμένες περιπτώσεις υψηλής κινητικότητας, π.χ. στην ασφάλεια των μεταφορών, ενώ, για παράδειγμα, τα υψηλά ποσοστά δεδομένων θα μπορούσαν να είναι λιγότερο σημαντικά.

Στο τεράστιο σενάριο επικοινωνίας τύπου μηχανής απαιτείται υψηλή πυκνότητα σύνδεσης για να υποστηρίξει τεράστιο αριθμό συσκευών στο δίκτυο που π.χ. μπορούν να μεταδίδουν μόνο περιστασιακά, με χαμηλό ρυθμό bit και με μηδενική / πολύ χαμηλή κινητικότητα. Μια συσκευή χαμηλού κόστους με μεγάλη διάρκεια λειτουργίας είναι ζωτικής σημασίας για αυτό το σενάριο χρήσης.[17]



M.2083-04

Εικόνα 4: Η σημασία των βασικών δυνατοτήτων σε διαφορετικά σενάρια χρήσης. [17]

Άλλες δυνατότητες μπορεί επίσης να απαιτηθούν για το IMT 2020, το οποίο θα καθιστούσε το μελλοντικό IMT πιο ευέλικτο, αξιόπιστο και ασφαλές κατά την παροχή ποικίλων υπηρεσιών στα προβλεπόμενα σενάρια χρήσης:

- Ευελιξία φάσματος και εύρους ζώνης

Η ευελιξία φάσματος και εύρους ζώνης αναφέρεται στην ευελιξία του σχεδιασμού του συστήματος για τη διαχείριση διαφορετικών σεναρίων και ιδιαίτερα στην ικανότητα λειτουργίας σε διαφορετικές περιοχές συχνοτήτων, συμπεριλαμβανομένων των υψηλότερων συχνοτήτων και των ευρύτερων ευρών ζώνης καναλιού από ό, τι σήμερα.

- Αξιοπιστία

Η αξιοπιστία σχετίζεται με την ικανότητα παροχής μιας δεδομένης υπηρεσίας με πολύ υψηλό επίπεδο διαθεσιμότητας.

- Ανθεκτικότητα

Η ανθεκτικότητα είναι η ικανότητα του δικτύου να συνεχίσει να λειτουργεί σωστά κατά τη διάρκεια και μετά από μια φυσική ή ανθρώπινη διαταραχή, όπως η απώλεια της ηλεκτρικής τροφοδοσίας.

- Ασφάλεια και απόρρητο

Η ασφάλεια και η προστασία της ιδιωτικής ζωής αφορούν πολλούς τομείς, όπως κρυπτογράφηση και προστασία ακεραιότητας των δεδομένων και σηματοδοσίας των χρηστών, καθώς και προστασία απορρήτου από τον τελικό χρήστη που εμποδίζει την μη εξουσιοδοτημένη παρακολούθηση χρηστών και την προστασία του δικτύου από την πειρατεία, την απάτη, την άρνηση παροχής υπηρεσιών, κ.λ.π

- Λειτουργικός χρόνος ζωής

Ο Λειτουργικός χρόνος ζωής αναφέρεται στον χρόνο λειτουργίας ανά αποθηκευμένη ενεργειακή ικανότητα. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για συσκευές που απαιτούν πολύ μεγάλη διάρκεια ζωής της μπαταρίας (π.χ. πάνω από 10 χρόνια), η τακτική συντήρηση των οποίων είναι δύσκολη λόγω φυσικών ή οικονομικών λόγων.[17]

## 1.6. Πλαίσιο και στόχοι

Ο στόχος της ανάπτυξης του IMT 2020 είναι η αντιμετώπιση των αναμενόμενων αναγκών των χρηστών κινητών υπηρεσιών κατά τα έτη 2020 και μετά. Οι στόχοι για τις δυνατότητες του συστήματος IMT 2020 που περιγράφονται στην § 5 είναι μόνο στόχοι έρευνας και μπορούν να αναπτυχθούν περαιτέρω σε άλλες συστάσεις της ITU είτε μπορούν να αναθεωρηθούν υπό το πρίσμα μελλοντικών μελετών.

Αυτή η ενότητα παρέχει σχέσεις μεταξύ του IMT 2020 και υφιστάμενων συστημάτων IMT / άλλων συστημάτων πρόσβασης, χρονοδιαγράμματα και τομείς εστίασης για περαιτέρω μελέτη ως πλαίσιο και στόχους για την ανάπτυξη του IMT 2020.

## **1.6.1 Σχέσεις**

### **1.6.1.1 Σχέση μεταξύ υφιστάμενων IMT και IMT 2020**

Προκειμένου να υποστηριχθούν αναδυόμενα νέα σενάρια και εφαρμογές για το 2020 και μετά, προβλέπεται ότι η ανάπτυξη του IMT 2020 θα πρέπει να προσφέρει βελτιωμένες δυνατότητες όπως αυτές που περιγράφονται στην § 5. Οι αξίες αυτών των δυνατοτήτων υπερβαίνουν αυτές που περιγράφονται στη σύσταση ITU R M .1645.

Οι ελάχιστες τεχνικές απαιτήσεις (και τα αντίστοιχα κριτήρια αξιολόγησης) που θα καθοριστούν από την ITU R βάσει αυτών των δυνατοτήτων για το IMT 2020 θα μπορούσαν ενδεχομένως να επιτευχθούν με την προσθήκη βελτιώσεων στο υπάρχον IMT, με την ενσωμάτωση νέων στοιχείων και λειτουργιών τεχνολογίας .

Επιπλέον, το IMT 2020 θα συνεργαστεί και θα συμπληρώσει το υφιστάμενο IMT και τις βελτιώσεις του.[17]

### **1.6.1.2 Σχέση μεταξύ IMT 2020 και άλλων συστημάτων πρόσβασης**

Οι χρήστες θα πρέπει να μπορούν να έχουν πρόσβαση σε υπηρεσίες οπουδήποτε και οποτεδήποτε. Για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος, θα απαιτηθεί η συνεργασία μεταξύ των διαφόρων τεχνολογιών πρόσβασης, οι οποίες θα μπορούσαν να περιλαμβάνουν συνδυασμό διαφορετικών σταθερών, επίγειων και δορυφορικών δικτύων.

Κάθε συστατικό θα πρέπει να εκπληρώνει το δικό του ρόλο, αλλά θα πρέπει επίσης να είναι ενσωματωμένο ή διαλειτουργικό με άλλα συστατικά ώστε να παρέχει παντού απρόσκοπτη κάλυψη. Το IMT 2020 θα συνεργαστεί με άλλα ραδιοσυστήματα, όπως τα RLAN, την ευρυζωνική ασύρματη πρόσβαση, τα δίκτυα εκπομπής και τις πιθανές μελλοντικές τους βελτιώσεις. Τα συστήματα IMT θα συνεργάζονται επίσης στενά με άλλα ραδιοσυστήματα, ώστε οι χρήστες να είναι βέλτιστα και οικονομικά αποδοτικοί.

## **1.6.2 Χρονοδιαγράμματα**

Κατά τον προγραμματισμό της ανάπτυξης του IMT 2020 καθώς και της μελλοντικής ενίσχυσης του υφιστάμενου IMT, είναι σημαντικό να εξεταστούν τα χρονοδιαγράμματα που συνδέονται με την υλοποίησή τους, τα οποία εξαρτώνται από διάφορους παράγοντες:

- Τις τάσεις, τις απαιτήσεις και τη ζήτηση των χρηστών.

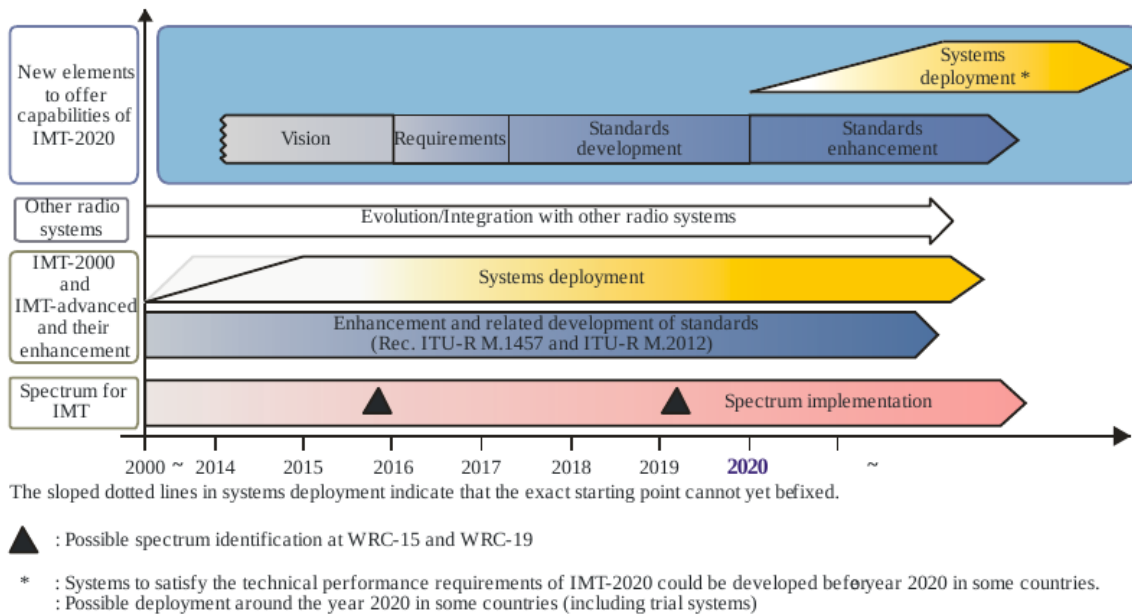
- Τεχνικές δυνατότητες και ανάπτυξη τεχνολογίας.
- Την ανάπτυξη προτύπων και την αξιοποίησή τους.
- Θέματα ραδιοφάσματος.
- Ρυθμιστικές εκτιμήσεις.
- Ανάπτυξη του συστήματος.

Όλοι αυτοί οι παράγοντες είναι αλληλένδετοι. Οι πέντε πρώτοι θα συνεχίσουν να εξετάζονται στο πλαίσιο της ITU. Η ανάπτυξη και του συστήματος σχετίζεται με τις πρακτικές πτυχές της ανάπτυξης νέων δικτύων, λαμβάνοντας υπόψη την ανάγκη ελαχιστοποίησης των πρόσθετων επενδύσεων σε υποδομές και του χρόνου για την υιοθέτηση από τους πελάτες των υπηρεσιών ενός νέου συστήματος.

Η ITU θα ολοκληρώσει τις εργασίες της για την τυποποίηση του IMT 2020 όχι αργότερα από το έτος 2020 για να υποστηρίξει την ανάπτυξη του IMT 2020 από τα μέλη της ITU που αναμένονται από το 2020 και μετά.

Τα χρονοδιαγράμματα που σχετίζονται με αυτούς τους διάφορους παράγοντες απεικονίζονται στο Σχήμα 5. Όταν συζητάμε τις φάσεις και τα χρονοδιαγράμματα για το IMT 2020, είναι σημαντικό να καθορίσουμε τον χρόνο κατά τον οποίο θα ολοκληρωθούν τα πρότυπα, όταν θα είναι διαθέσιμο το φάσμα και όταν μπορεί να ξεκινήσει η ανάπτυξη.[17]

FIGURE 5  
Phase and expected timelines for IMT-2020



M.2083-05

Εικόνα 5: Φάσεις και αναμενόμενα χρονοδιαγράμματα του IMT – 2020, [17]

### 1.6.2.1 Μεσοπρόθεσμο

Μεσοπρόθεσμο (έως περίπου το 2020) προβλέπεται ότι η μελλοντική ανάπτυξη των IMT 2000 και IMT Advanced θα σημειώσει πρόοδο με τη συνεχή βελτίωση των δυνατοτήτων των αρχικών εφαρμογών, όπως ζητείται από την αγορά για την αντιμετώπιση των αναγκών των χρηστών και επιτρέπεται από την κατάσταση των τεχνικών εξελίξεων.

Αυτή η περίοδος θα κυριαρχείται από την αύξηση της κυκλοφορίας εντός του υφιστάμενου φάσματος IMT και η ανάπτυξη των IMT 2000 και IMT Advanced. Κατά τη διάρκεια αυτής της χρονικής περιόδου θα διακριθούν με διαδοχικές ή εξελικτικές αλλαγές στις υπάρχουσες προδιαγραφές ραδιοφωνικών διεπαφών IMT 2000 και IMT Advanced ITU R M.1457 για IMT 2000 και ITU R M.2012 για IMT Advanced, αντίστοιχα).

Προβλέπεται ότι οι ζώνες που προσδιορίζονται από τα WRC θα διατεθούν για το IMT εντός αυτού του χρονικού πλαισίου, ανάλογα με τη ζήτηση των χρηστών και άλλων εκτιμήσεων.[17]

## 6.2.2 Μακροπρόθεσμο

Το μακροπρόθεσμο (από το 2020 περίπου) συνδέεται με τη δυνητική εισαγωγή του IMT 2020 που θα μπορούσε να αναπτυχθεί γύρω στο 2020 σε ορισμένες χώρες. Προβλέπεται ότι το IMT 2020 θα προσθέσει ενισχυμένες δυνατότητες που περιγράφονται στην § 5 και ενδέχεται να χρειαστούν πρόσθετες ζώνες συχνοτήτων για να λειτουργήσουν.

### 6.3 Περιοχές εστίασης για περαιτέρω μελέτη

Τα ερευνητικά φόρουμ και άλλοι εξωτερικοί οργανισμοί που επιθυμούν να συμβάλουν στη μελλοντική ανάπτυξη του IMT 2020 ενθαρρύνονται να επικεντρωθούν ιδιαίτερα στους ακόλουθους βασικούς τομείς:

- α) ραδιοδιεπαφή (διασυνδέσεις) και διαλειτουργικότητα τους
- β) πρόσβαση σε θέματα που σχετίζονται με το δίκτυο
- γ) ζητήματα που σχετίζονται με το ραδιοφάσμα
- δ) χαρακτηριστικά κυκλοφορίας.

Κινητικότητα, διαχείριση πόρων και προκλήσεις

Τα δίκτυα πέμπτης γενιάς (5G) αναμένεται να είναι σε θέση να ικανοποιήσουν τις διαφορετικές απαιτήσεις ποιότητας των υπηρεσιών (QoS) των χρηστών. Ο τεμαχισμός δικτύου είναι μια πολλά υποσχόμενη τεχνολογία για τα δίκτυα 5G για την παροχή υπηρεσιών προσαρμοσμένων στις συγκεκριμένες απαιτήσεις QoS των χρηστών. Με γνώμονα την αυξημένη μαζική ασύρματη μεταφορά δεδομένων από διαφορετικά σενάρια εφαρμογών, θα πρέπει να αξιοποιηθούν αποδοτικά συστήματα κατανομής πόρων για τη βελτίωση της ευελιξίας της κατανομής των πόρων δικτύου και της χωρητικότητας των δικτύων 5G που βασίζονται στον τεμαχισμό δικτύου. Λόγω της ποικιλίας των σεναρίων εφαρμογής 5G, απαιτούνται νέα συστήματα διαχείρισης της κινητικότητας για να διασφαλιστεί η απρόσκοπτη μετάδοση σε συστήματα 5G βασισμένα σε τεμαχισμό δικτύου. Σε αυτό το άρθρο εισάγουμε μια λογική αρχιτεκτονική για συστήματα 5G που βασίζονται στο δίκτυο και παρουσιάζουμε ένα πρόγραμμα για τη διαχείριση της κινητικότητας μεταξύ διαφορετικών δικτύων πρόσβασης καθώς και ένα κοινό σύστημα κατανομής ισχύος και υποκαναλικού δικτύου σε δίκτυα δύο επιπέδων που βασίζονται στον τεμαχισμό δικτύου, στο οποίο τόσο η συνολική παρεμβολή όσο και η παρεμβολή σταυροειδούς βαθμίδας θα ληφθούν υπ' όψιν. Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης δείχνουν ότι το προτεινόμενο σύστημα κατανομής πόρων μπορεί να καταναίμει ελαστικά πόρους δικτύου μεταξύ



διαφορετικών φετών σε συστήματα 5G. Τέλος, συζητούνται αρκετά ανοικτά ζητήματα και προκλήσεις σε δίκτυα 5G που βασίζονται σε δίκτυα, μεταξύ των οποίων η ανασυγκρότηση δικτύου, η διαχείριση του δικτύου και η συνεργασία με άλλες τεχνολογίες 5G.

[17]

## 2.Εφαρμογές και Υπηρεσίες Τηλεϊατρικής

Η ταχεία πρόοδος στις τεχνολογίες κινητών και δικτύων τα τελευταία χρόνια άνοιξε νέες ευκαιρίες για νέα και καινοτόμα μέσα παροχής υγειονομικής περίθαλψης.

Η εφαρμογή του συστήματος τηλεϊατρικής με χρήση κινητών/ ασύρματων τεχνολογιών στο μέλλον θα αξιοποιήσει τις πρόσφατες εξελίξεις στις τεχνολογίες κινητής επικοινωνίας.

Σύντομη επισκόπηση των τρεχουσών τεχνολογιών κινητής τηλεπικοινωνίας για την υγεία, όπως 2.5G, 3G, 4G, WiMAX, Ασύρματο LAN, Ασύρματο PAN, συμπεριλαμβανομένων Bluetooth και ZigBee, Ασύρματο BAN για ιατρικούς αισθητήρες. Τα συστήματα τηλεϊατρικής που βασίζονται σε κινητά IP και WAP παρουσιάζονται σε αυτό το κεφάλαιο όπως και οι περιορισμοί των υφιστάμενων συστημάτων αλλά και οι μελλοντικές προκλήσεις στα συστήματα m Health(κινητή υγεία).

Η πρόοδος και η σύγκλιση της τεχνολογίας των πληροφοριών και των τεχνολογιών επικοινωνίας οδηγούν στην εμφάνιση ενός νέου τύπου υποδομής πληροφοριών που έχει τη δυνατότητα να υποστηρίξει μια σειρά προηγμένων υπηρεσιών για την υγειονομική περίθαλψη. Η «τηλεϊατρική» είναι η παροχή πληροφοριών υγειονομικής περίθαλψης σε αποστάσεις χρησιμοποιώντας τεχνολογίες τηλεπικοινωνιών, όπως τηλεδιάσκεψη, Διαδίκτυο ή μετάδοση βίντεο/εικόνας, όπου ένας ασθενής που κατοικεί σε απομακρυσμένη περιοχή μπορεί να λάβει ιατρική περίθαλψη από εγιάτρούς κάθε ειδικότητας

Η κινητή τηλεϊατρική είναι ένας νέος τομέας έρευνας που εκμεταλλεύεται τις πρόσφατες εξελίξεις στις τεχνολογίες κινητής επικοινωνίας παρέχοντας τη δυνατότητα για εξαιρετικά ευέλικτες ιατρικές υπηρεσίες που δεν είναι δυνατές με την τυπική τηλεφωνία. Τα συστήματα τηλεϊατρικής που βασίζονται σε ασύρματες τεχνολογίες μπορούν αποτελεσματικά να παρέχουν υπηρεσίες υγειονομικής περίθαλψης σε περιοχές με υποστελέχωμα όπως αγροτικά κέντρα υγείας, οχήματα ασθενοφόρων, πλοία, τρένα, αεροπλάνα και σπίτια ασθενών.

Τα τελευταία χρόνια, οι κύριες ασύρματες τεχνολογίες που έχουν χρησιμοποιηθεί στην ασύρματη τηλεϊατρική είναι: GSM, GPRS, δορυφορικά συστήματα, συστήματα 3G,

ασύρματο LAN, Bluetooth και συστήματα βασισμένα σε συστήματα WAP (Wireless Access Protocol). Η πρόοδος στις τεχνολογίες ιατρικών αισθητήρων αναμένεται να καταστήσει την παροχή υγειονομικής περίθαλψης πιο αποτελεσματική. Αυτές οι τεχνολογικές εξελίξεις επέτρεψαν την εισαγωγή ενός ευρέος φάσματος εφαρμογών τηλεϊατρικής, όπως τηλεακτινολογία, τηλε-διαβούλευση, τηλεχειρουργική επέμβαση, απομακρυσμένη παρακολούθηση ασθενών και διαχείριση αρχείων υγειονομικής περίθαλψης που υποστηρίζονται από δίκτυα υπολογιστών και ασύρματη επικοινωνία. Σε διάφορες αναπτυσσόμενες χώρες του κόσμου στη Λατινική Αμερική, την Αφρική και τη Μέση Ανατολή υπάρχει τεράστια ανισότητα στην κατανομή της υγειονομικής περίθαλψης. Με την πλειοψηφία του πληθυσμού των χωρών αυτών να ζει σε αγροτικές περιοχές και την πλειοψηφία των ειδικεύομενων γιατρών να εξυπηρετεί κυρίως τον αστικό πληθυσμό, η τηλεϊατρική παραμένει η μόνη λύση για τη βελτίωση της υγειονομικής περίθαλψης με μειωμένο κόστος και βελτιωμένη πρόσβαση.[12]

### 2.1.Κινητό Σύστημα Τηλεματικής

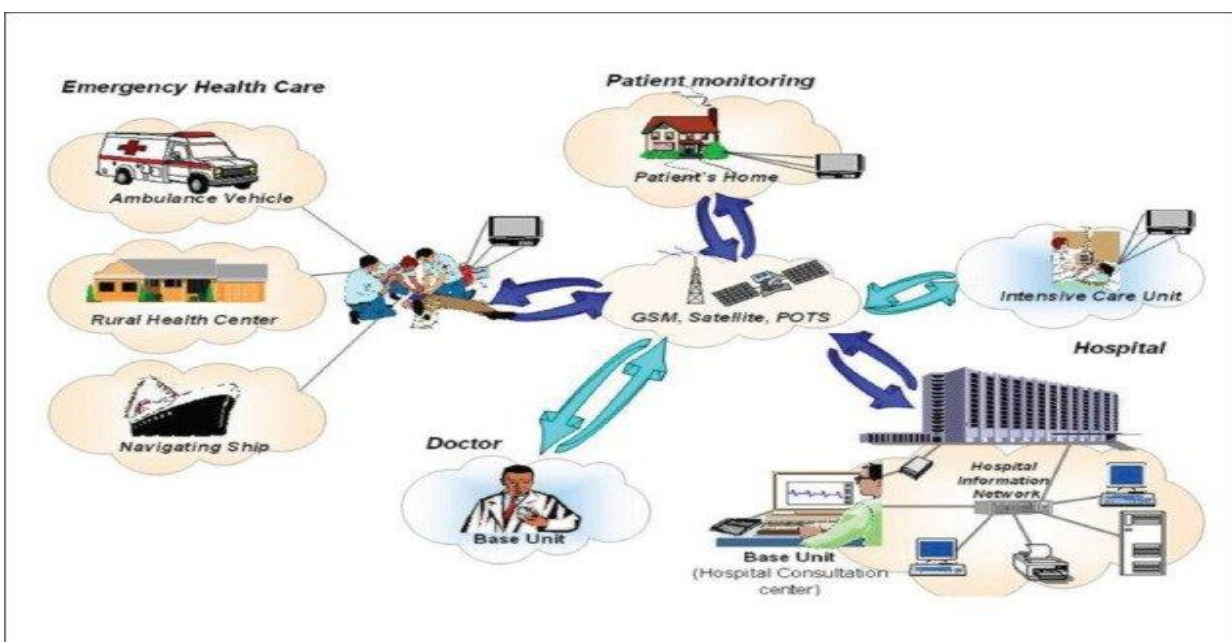
Το σύστημα τηλεϊατρικής αποτελείται από μια διεπαφή μεταξύ υλικού, λογισμικού και καναλιού επικοινωνίας ώστε να επιτευχθεί η γεφύρωση μεταξύ δύο γεωγραφικών τοποθεσιών με σκοπό την ανταλλαγή των ιατρικών πληροφοριών μεταξύ των δύο τοποθεσιών. Το υλικό αποτελείται από υπολογιστές, εκτυπωτές, σαρωτή, εξοπλισμό τηλεδιάσκεψης κλπ. Το λογισμικό επιτρέπει τη λήψη πληροφοριών ασθενών (εικόνες, αναφορές, ταινίες κ.λπ.)

Η κινητή τηλεϊατρική είναι ένας νέος τομέας έρευνας που εκμεταλλεύεται τις πρόσφατες εξελίξεις στις τεχνολογίες κινητών τηλεπικοινωνιών που έχουν τη δυνατότητα για εξαιρετικά ευέλικτες ιατρικές υπηρεσίες που δεν είναι δυνατές με την τυπική τηλεφωνία. Σήμερα, οι σύγχρονες ασύρματες τεχνολογίες επικοινωνιών όπως το GSM, το GPRS, οι δορυφορικές επικοινωνίες, το ασύρματο LAN, η κινητή IP και τα πρότυπα συστήματος 4G/5G επιτρέπουν τη λειτουργία του κινητού τηλεϊατρικού συστήματος, απελευθερώνοντας το ιατρικό προσωπικό και /ή το υποκείμενο που παρακολουθείται από τη δέσμευση σε μια σταθερή τοποθεσία. Σήμερα, τα συστήματα Τηλεϊατρικής υποστηρίζονται από τεχνολογίες τελευταίας τεχνολογίας, όπως το Διαδραστικό βίντεο, οθόνες υψηλής ανάλυσης, δίκτυα υπολογιστών υψηλής ταχύτητας και συστήματα μεταγωγής και τηλεπικοινωνιακούς αυτοκινητόδρομους, συμπεριλαμβανομένων οπτικών ινών, δορυφόρων και κυψελοειδούς τηλεφωνίας. Οι πρόσφατες εξελίξεις στις ψηφιακές τεχνολογίες κινητής τηλεφωνίας (και ο αντίκτυπός τους σε θέματα κινητικότητας σε διάφορες εφαρμογές τηλεϊατρικής και τηλεθεραπείας) αντικατοπτρίζονται στενά στον ταχέως αναπτυσσόμενο εμπορικό τομέα των υπηρεσιών κινητής τηλεϊατρικής. Τα τρέχοντα παραδείγματα περιλαμβάνουν: μετάδοση κινητού ΗΚΓ, εικόνες βίντεο και τηλε-ακτινολογία, κινητές

υπηρεσίες ασθενοφόρων για επείγουσα ιατρική περίθαλψη και άλλα συστήματα τηλεϊατρικής παρακολούθησης.[12]

Ασθενοφόρα, ΔΠΦΥ , περιστατικά που συμβαίνουν σε ακριτικές περιοχές ή απομακρυσμένες κέντρα υγείας, όπως πλοία που ταξιδεύουν σε ανοιχτές θάλασσες και αεροπλάνα, είναι κοινά παραδείγματα πιθανών τόπων έκτακτης ανάγκης, ενώ η τηλεμετρία και συνέχιση της παρακολούθησης του ασθενή στο σπίτι είναι σημαντικά ζητήματα τηλεϊατρικής. Προκειμένου να καλυφθούν οι αυξανόμενες απαιτήσεις στην υγειονομική περίθαλψη, απαιτείται να συνδυαστούν σε πραγματικό χρόνο οι εγκαταστάσεις αποθήκευσης και προώθησης που αποτελούνται από μια μονάδα βάσης και μια μονάδα τηλεϊατρικής όπου αυτό το ολοκληρωμένο σύστημα εκτελεί τις ακόλουθες εργασίες:

- Διαχειρίζεται περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης σε ασθενοφόρα, ΔΠΦΥ ή πλοία χρησιμοποιώντας μονάδα τηλεϊατρικής στον τόπο έκτακτης ανάγκης και ιατρική διαβούλευση ειδικού στη μονάδα βάσης.
- Ενισχύει την παροχή εντατικής υγειονομικής περίθαλψης παρέχοντας τη μονάδα τηλεϊατρικής στον γιατρό ενώ η μονάδα βάσης ενσωματώνεται με το σύστημα τηλεμετρίας των ΜΕΘ στο σπίτι.
- Επιτρέπει την τηλεπαρακολούθηση στο σπίτι εγκαθιστώντας τη μονάδα τηλεϊατρικής στο σπίτι του ασθενούς, ενώ η μονάδα βάσης παραμένει στο ιατρείο ή στο νοσοκομείο.[18]



Εικόνα 6: Αρχιτεκτονική Συστήματος Τηλεϊατρικής , [18]

Αυτό το σχήμα απεικονίζει ότι το σύστημα περιλαμβάνει μια μονάδα τηλεϊατρικής και μια μονάδα βάσης. Η μονάδα Τηλεϊατρικής είναι υπεύθυνη για τη συλλογή και τη μετάδοση βιολογικών σημάτων και ακίνητων εικόνων των ασθενών στη μονάδα βάσης (ή τη θέση του γιατρού). Στη μονάδα βάσης, ο χρήστης μπορεί να παρακολουθεί βιολογικά σήματα ή ακίνητες εικόνες που προέρχονται από τη μονάδα τηλεϊατρικής, διατηρώντας έτσι μια συνεχή διαδικτυακή επικοινωνία με την τοποθεσία του ασθενούς. Όταν η μονάδα βάσης βρίσκεται στα νοσοκομεία (ειδικά σε χειρισμούς έκτακτης ανάγκης ή σε οικιακή τηλε-φροντίδα), μια μονάδα βάσης δεδομένων νοσοκομείων μπορεί να ενσωματωθεί στο σύστημα προκειμένου να καταγράφει πληροφορίες σχετικά με τις περιπτώσεις που αντιμετωπίζονται. Οι γιατροί μπορούν να ανακτήσουν το ιατρικό ιστορικό όταν απαιτείται.

## 2.2 Καινοτόμες Τεχνολογίες Κινητικής Επικοινωνίας Για Την Υγεία

Τα τελευταία χρόνια, έχει αυξηθεί η έρευνα σχετικά με την ασύρματη τηλεϊατρική χρησιμοποιώντας τα τρέχοντα συστήματα κινητής επικοινωνίας ειδικά στις ΗΠΑ και την Ευρώπη. Το περιορισμένο εύρος ζώνης της τρέχουσας γενιάς κυψελοειδών τηλεπικοινωνιακών συστημάτων έχει περιορίσει την ευρύτερη χρήση αυτών των συστημάτων στα πιο ελπιδοφόρα τμήματα των δομών υγειονομικής περίθαλψης γενικότερα.

Η ιδέα της συμπίληψης δεδομένων υψηλής ταχύτητας και υπηρεσιών πολυμέσων αναδεικνύεται ως ένα από τα κύρια σημεία των μελλοντικών τηλεπικοινωνιακών και πολυμεσικών προτεραιοτήτων με τα σχετικά οφέλη για τα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης. Οι νέες ασύρματες τεχνολογίες θα επιτρέψουν στους γιατρούς και τους μη κρίσιμους ασθενείς να περιφέρονται ελεύθερα, διατηρώντας παράλληλα τις κρίσιμες ιατρικές πληροφορίες. Μερικές από τις αναδυόμενες ασύρματες τεχνολογίες που θα χρησιμοποιηθούν στην ασύρματη τηλεϊατρική συζητούνται εν συντομία παρακάτω.[12][13]

### 2.2.1 Συστήματα Τέταρτης Γενιάς (4G)

Τα Συστήματα Τέταρτης γενιάς 4G έχουν ήδη ενσωματώσει τις υφιστάμενες ασύρματες τεχνολογίες συμπεριλαμβανομένων των UMTS, GSM, Wireless LAN, Bluetooth, ZigBee, Ultra wide band και άλλων πρόσφατα αναπτυγμένων τεχνολογιών σε ένα απρόσκοπτο σύστημα.

Τα δίκτυα 4G υψηλής χρηστικότητας είναι όλα ετερογενή δίκτυα που βασίζονται σε IP και επιτρέπουν στον χρήστη να έχει πρόσβαση σε ένα ευρύ φάσμα υπηρεσιών εφαρμογών που παρέχονται από πολλαπλά ασύρματα δίκτυα και παρέχουν υποστήριξη

για υπηρεσίες πολυμέσων υψηλής ταχύτητας με χαμηλό κόστος μετάδοσης , όπως και εξειδικευμένες υπηρεσίες και ολοκληρωμένες εφαρμογές.

Η τεχνολογία 4G υποστηρίζει την ανάπτυξη νέων και αποτελεσματικών συστημάτων παροχής ιατρικής περίθαλψης . Οι νέες ασύρματες τεχνολογίες θα επιτρέψουν τόσο στους γιατρούς όσο και στους μη κρίσιμους ασθενείς να περιφέρονται ελεύθερα, διατηρώντας παράλληλα την πρόσβαση σε κρίσιμα δεδομένα ασθενών και ιατρικές γνώσεις.[12]

### **2.2.3 Συστήματα IEEE802.16/WiMAX**

Η τεχνολογία IEEE 802.16x Broadband Wireless Access (BWA) WiMAX (Παγκόσμια διαλειτουργικότητα για πρόσβαση μικροκυμάτων) επιτρέπει τη διαλειτουργικότητα και συνδυάζει τις άδειες ζώνης μεταξύ 2GHz και 66 GHz. Η μέγιστη αναμενόμενη απόδοση για το WiMAX είναι 70 Mbps. Το WiMAX μπορεί να επιτύχει μέγιστη εμβέλεια έως και 50 χιλιόμετρα. Λόγω αυτών των ειδικών χαρακτηριστικών, θεωρείται κατάλληλος υποψήφιος για υπηρεσίες υψηλής ταχύτητας τηλεϊατρικής, ιδιαίτερα σε αγροτικές και αναπτυσσόμενες περιοχές όπου η ευρυζωνική συνδεσιμότητα είναι απρόσιτη. Οι κύριοι λόγοι για τη χρήση WiMAX μέσω WLAN για εφαρμογές τηλεϊατρικής, όπως η παρακολούθηση ασθενών είναι: Ευρυζωνική πρόσβαση τόσο σε σταθερά όσο και σε κινητά δίκτυα. υψηλό εύρος ζώνης για ποιοτική μεταφορά εικόνας. βιντεοδιάσκεψη καλής ποιότητας μεταξύ ιατρού και ασθενούς. Χαρακτηριστικά ασφαλείας επιπέδου MAC για WiMAX για έλεγχο πρόσβασης και λειτουργίες κρυπτογράφησης. 802.16e μέρος του προτύπου θα πρέπει να επιτρέπει περαιτέρω νομαδική φορητότητα.

### **2.2.4 Δορυφορικά συστήματα**

Το δορυφορικό σύστημα επικοινωνίας προσφέρει μια σειρά από πλεονεκτήματα, όπως:

1. Ευρεία γεωγραφική κάλυψη, συμπεριλαμβανομένης της διασύνδεσης απομακρυσμένων επίγειων δικτύων (νησιά).
2. Εύρος ζώνης κατά παραγγελία ή δυνατότητες πολλαπλής πρόσβασης με ανάθεση ζήτησης (Demand Assignment Multiple Access - DAMA).
3. Μια εναλλακτική λύση σε κατεστραμμένο δίκτυο οπτικών ινών για επιλογές αποκατάστασης από καταστροφές.
4. Επικοινωνία πολλαπλών σημείων προς πολλαπλά σημεία που διευκολύνεται από το Διαδίκτυο και τις ραδιοτηλεοπτικές δυνατότητες των δορυφόρων.

Τα δορυφορικά συστήματα είναι σε θέση να παρέχουν ποικίλους ρυθμούς μεταφοράς δεδομένων, ξεκινώντας από 2,4 kbps και φτάνοντας σε ρυθμούς δεδομένων υψηλής ταχύτητας έως και 2x 64 kbps και ακόμη περισσότερο. Οι δορυφορικές συνδέσεις έχουν επίσης το πλεονέκτημα ότι λειτουργούν σε όλο τον κόσμο.

Μια τρέχουσα τάση στις τηλεπικοινωνίες είναι η σύγκλιση χαρακτηριστικά ασφαλείας επιπέδου MAC για το WiMAX για των τεχνολογιών ασύρματης επικοινωνίας και δικτύων έλεγχου πρόσβασης και λειτουργίες κρυπτογράφησης- το τμήμα υπολογιστών και η εμφάνιση των συσκευών ασύρματου 802.16e του προτύπου θα πρέπει να επιτρέπει περαιτέρω πρωτοκόλλου εφαρμογών (WAP). Δεδομένου ότι το WAP θα φορητότητα νομαδικής χρήσης, είναι επίσης ένα κοινό χαρακτηριστικό που θα συναντάται στις μελλοντικές συσκευές κινητής επικοινωνίας, αξίζει να διερευνηθεί η χρήση του στην τηλεϊατρική. πρόσβασης στο Διαδίκτυο από κινητές συσκευές.[12]

### Η συγχώνευση του Διαδικτύου και της κινητής

Το δορυφορικό σύστημα επικοινωνίας προσφέρει μια σειρά από πλεονεκτήματα, όπως: προωθεί την ανάπτυξη φορητών συσκευών, ασύρματων υποδομών, γλωσσών προγραμματισμού εφαρμογών και πρωτοκόλλων, όλα με στόχο την παροχή κινητής πρόσβασης στο Διαδίκτυο. Μεταξύ αυτών είναι το πρωτόκολλο ασύρματης εφαρμογής (WAP), ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας και περιβάλλον εφαρμογών για την ανάπτυξη πόρων πληροφοριών, προηγμένων υπηρεσιών τηλεφωνίας και πρόσβασης στο Διαδίκτυο από κινητές συσκευές. Οι τυπικές εφαρμογές του WAP περιλαμβάνουν ειδήσεις, παιχνίδια, ηλεκτρονική τραπεζική, ηλεκτρονικές αγορές και ηλεκτρονικό ταχυδρομείο. Έχει αναπτυχθεί ένα σύστημα τηλεϊατρικής

βασισμένο στο WAP με στόχο τη χρήση συσκευών WAP ως κινητών τερματικών πρόσβασης για γενική έρευνα σε λειτουργία store-and-forward .

Τα ασύρματα δίκτυα τηλεπικοινωνιών και τα δίκτυα τηλεπικοινωνιών με βάση την IP θα βελτιώσουν σημαντικά τις τρέχουσες μεθοδολογίες των συστημάτων τηλεϊατρικής και τηλεφροντίδας που δεν είναι δυνατές με τη συμβατική τηλεφωνία. Η τηλεφωνία IP, γνωστή ως φωνή μέσω IP (VoIP), υπόσχεται να παρέχει σε πραγματικό χρόνο, αμφίδρομη, συγχρονισμένη κίνηση φωνής και δεδομένων μέσω δικτύων

βασισμένων σε πακέτα IP. Η υποστήριξη υπηρεσιών τηλεφωνίας μέσω δικτύου IP θεωρείται μια πολλά υποσχόμενη τάση στον τομέα των τηλεπικοινωνιών.

Έχει μειωμένο κόστος, μεγαλύτερη ευελιξία, καλύτερη διαχειρισσιμότητα και βελτιωμένες υπηρεσίες. Η τεχνολογία της IP τηλεφωνίας μπορεί να επεκταθεί ώστε να δημιουργήσει απεριόριστες δυνατότητες για τη μετάδοση

φωνής μόνη της ή σε συνδυασμό με οποιαδήποτε άλλη ψηφιοποιήσιμη πληροφορία. Αυτά τα χαρακτηριστικά είναι απαραίτητα στην τηλεϊατρική για την παροχή

ολοκληρωμένων ιατρικών πληροφοριών πολυμέσων στον υποεξυπηρετούμενο πληθυσμό ή σε οποιονδήποτε άλλο άνθρωπο που έχει ανάγκη.[12]

## 2.2.6 Ασύρματο LAN

Το ασύρματο τοπικό δίκτυο (WLAN), το Bluetooth και το πρωτόκολλο ασύρματης εφαρμογής (WAP) υλοποιούνται ως επέκταση ή ως εναλλακτική λύση για το ενσύρματο τοπικό δίκτυο, ώστε η επικοινωνία να είναι πιο ευέλικτη και

ισχυρή. Το ασύρματο τοπικό δίκτυο είναι ουσιαστικά Ethernet χωρίς καλώδια. Επιτρέπει στους χρήστες να έχουν πρόσβαση σε δίκτυα δεδομένων, όπως το Διαδίκτυο, με υψηλή ταχύτητα έως και 11 megabits ανά δευτερόλεπτο

(Mbps), εφόσον οι χρήστες βρίσκονται σε σχετικά μικρή απόσταση (συνήθως 30-50 μέτρα σε εσωτερικούς χώρους και 100-500 μέτρα σε εξωτερικούς χώρους) από ένα σταθμό βάσης WLAN. Η συνδεσιμότητα ασύρματου LAN

απαιτείται κυρίως για τη σύνδεση και τη διευκόλυνση της ανταλλαγής διαγνωστικών δεδομένων μεταξύ διαφόρων συστημάτων τηλεϊατρικής μέσα σε ένα νοσοκομείο μέσω ασύρματου δικτύου. Η σύνδεση αυτή παρέχει τη δυνατότητα

ανταλλαγής δεδομένων πολύ υψηλής ταχύτητας μεταξύ δύο συστημάτων. Η δυνατότητα ασύρματου LAN είναι χρήσιμη για την κινητικότητα σε μια πανεπιστημιούπολη νοσοκομείου. Τα τερματικά χειρός με δυνατότητα WLAN

θα καταστήσουν την πρόσβαση στις πληροφορίες διαθέσιμη σε οποιοδήποτε μέρος, οποιαδήποτε στιγμή.

### Ασύρματα προσωπικά δίκτυα (WPAN)

Τα WPAN ορίζονται με το πρότυπο IEEE 802.15. Οι πιο σχετικές τεχνολογίες για το σύστημα κινητής υγείας είναι το Bluetooth και το ZigBee .

Το Bluetooth είναι μια ασύρματη τεχνολογία που επιτρέπει σε οποιαδήποτε ηλεκτρική συσκευή να επικοινωνεί στη ζώνη συχνοτήτων ISM 2,5 GHz (χωρίς



άδεια). Επιτρέπει σε συσκευές όπως κινητά τηλέφωνα, ακουστικά, PDA και φορητούς υπολογιστές να επικοινωνούν και να στέλνουν δεδομένα μεταξύ τους χωρίς να χρειάζονται καλώδια ή καλώδια για τη σύνδεση δύο συσκευών μεταξύ τους. Έχει σχεδιαστεί ειδικά ως μια ραδιοτεχνολογία χαμηλού κόστους, μικρού μεγέθους και χαμηλής ισχύος, η οποία είναι ιδιαίτερα κατάλληλη για την εφαρμογή προσωπικών δικτύων μικρής εμβέλειας (PAN). Αυτό είναι που τη διακρίνει από την τεχνολογία ασύρματου LAN.

Τα κύρια χαρακτηριστικά του Bluetooth είναι τα εξής:

- Λειτουργεί στη ζώνη συχνοτήτων 2,4 GHz χωρίς άδεια ασύρματης επικοινωνίας.
- Η μεταφορά δεδομένων σε πραγματικό χρόνο είναι συνήθως δυνατή μεταξύ 10 έως 100 μέτρων.
- Χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο ως εναλλακτική λύση στα παραδοσιακά δίκτυα μεταγωγής κυκλώματος για τη μεταφορά φωνητικής κίνησης. Τα δίκτυα που βασίζονται σε IP αντιπροσωπεύουν τις μελλοντικές τάσεις σύγκλισης του δημόσιου τηλεφωνικού δικτύου (PSTN), του δικτύου κινητής τηλεφωνίας, του σταθερού ασύρματου δικτύου και του Διαδικτύου στον κλάδο των επικοινωνιών. Με τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας δεύτερης γενιάς να μετατοπίζονται σε πλατφόρμες IP, εξελισσόμενα συστήματα 3G, η IP φαίνεται να έχει αναδειχθεί ως η ενοποιητική πλατφόρμα για όλες τις μορφές επικοινωνιών.

Επειδή η τεχνολογία IP χρησιμοποιεί πιο αποτελεσματικά τη χωρητικότητα του δικτύου, έχει τη δυνατότητα να παρέχει 3. Δεν απαιτείται στενή εγγύτητα όπως με τις συσκευές επικοινωνίας υπέρυθρων δεδομένων (IrDA), καθώς το Bluetooth δεν υποφέρει από εμπόδια όπως οι τοίχοι. 4. Υποστηρίζει αμφότερες τις ασύρματες επικοινωνίες σημείου προς σημείο χωρίς καλώδια μεταξύ κινητών τηλεφώνων και προσωπικών υπολογιστών, καθώς και συνδέσεις πολλαπλών σημείων για την ενεργοποίηση τοπικών ασύρματων δικτύων. 5. 400 kbps ρυθμού μετάδοσης δεδομένων συμμετρικά ή 700 έως 150 kbps του ρυθμού δεδομένων ασύμμετρα. Το ZigBee (πρότυπο IEEE 802.15.4) έχει αναπτυχθεί ως λύση χαμηλού ρυθμού δεδομένων με πολύ μεγάλη διάρκεια ζωής της μπαταρίας και πολύ χαμηλή πολυπλοκότητα. Προορίζεται να λειτουργήσει σε μη αδειοδοτημένη διεθνή ζώνη συχνοτήτων. Το πρότυπο χρησιμοποιεί 16 κανάλια στα 2,4 GHz, δέκα κανάλια στα 902 928 MHz και ένα κανάλι στα 868 870 MHz. Οι μέγιστοι ρυθμοί δεδομένων για κάθε ζώνη είναι 250, 40 και 20 kbps αντίστοιχα.[12]

### 2.2.7 Wireless Body Area Network (WBAN)

Τα ασύρματα δίκτυα περιοχής σώματος (WBAN) έξυπνων ιατρικών αισθητήρων παρουσιάζουν μια αναδυόμενη τεχνολογία που μπορεί να προσφέρει υπηρεσίες υγειονομικής περίθαλψης πολύ πέρα από αυτά που τα παραδοσιακά τηλεϊατρικά συστήματα μπορούν ενδεχομένως να παρέχουν. Οι ασύρματοι ευφυείς αισθητήρες (WISE) εκτελούν λήψη δεδομένων και περιορισμένη επεξεργασία.

Ένα τυπικό WBAN αποτελείται από μια σειρά από φθηνές, ελαφριές και μικροσκοπικές πλατφόρμες αισθητήρων, καθεμία από τις οποίες διαθέτει έναν ή περισσότερους φυσιολογικούς αισθητήρες, π.χ. αισθητήρα κίνησης, ΗΚΓ, ΗΜΓ και ΗΕΓ. Ο αισθητήρας θα μπορούσε να βρίσκεται στο σώμα ως μικροσκοπικά έξυπνα μπαλώματα, ενσωματωμένα στα ρούχα ή να εμφυτευτούν κάτω από το δέρμα ή τους μυς. Όλα τα μηνύματα από τους αισθητήρες συλλέγονται από τον ελεγκτή δικτύου και υποβάλλονται σε επεξεργασία σε έναν προσωπικό διακομιστή. Μια προσωπική εφαρμογή διακομιστή μπορεί να εκτελεστεί σε PDA, κινητό τηλέφωνο ή υπολογιστή. Ο ελεγκτής δικτύου θα μπορούσε να είναι ένα πρόσθετο στη συσκευή ή ενσωματωμένο στον προσωπικό διακομιστή. Οι τεχνολογίες m Health βασισμένες στο WBAN έχουν μεγάλες δυνατότητες για συνεχή παρακολούθηση σε περιπατητικά περιβάλλοντα, έγκαιρη ανίχνευση ανώμαλων συνθηκών και εποπτευόμενη αποκατάσταση [12], [11].

### 2.3. ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΙΝΗΤΗΣ ΥΓΕΙΑΣ

Υπάρχουν ορισμένοι περιορισμοί στις υπάρχουσες ασύρματες τεχνολογίες για την υγεία που εξαρτώνται κυρίως από τις τεχνολογίες GPRS. Ορισμένα από αυτά τα ζητήματα μπορούν να συνοψιστούν ως εξής:

- Η έλλειψη ευέλικτης και ολοκληρωμένης τηλεϊατρικής σύνδεσης των διαφόρων επιλογών κινητών τηλεπικοινωνιών, λόγω της δύσκολης λειτουργικής συμβατότητας μεταξύ των τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών και των σημερινών προτύπων κινητής τηλεφωνίας,
- Το υψηλό κόστος των συνδέσεων, ιδίως μεταξύ δορυφορικών και παγκόσμιων κινητών υπηρεσιών,
- Περιορισμός των υφιστάμενων ασύρματων ρυθμών δεδομένων, ιδίως για τις υπηρεσίες 2,5G και 3G για ορισμένες υπηρεσίες ηλεκτρονικής υγείας.

Η ανάπτυξη της επόμενης γενιάς κινητών και ασύρματων τεχνολογιών θα αντιμετωπίσει ορισμένες τεχνολογικές προκλήσεις οι οποίες μπορούν να συνοψιστούν ως εξής:

- a) θέματα αποδοχής από τον χρήστη , όπως η ελαφριά υλοποίηση , η μεγάλη διάρκεια ζωής της μπαταρίας ή οι αισθητήρες χωρίς μπαταρία, η βιοσυμβατότητα, η συντηρησιμότητα, η χρηστικότητα και η αξιοπιστία,
- b) απρόσκοπτη και ασφαλή ενσωμάτωση αυξημένου όγκου δεδομένων από συνεδρίες καταγραφής,
- c) σχεδιασμός έξυπνων ιατρικών αισθητήρων, επεξεργασία, επικοινωνίες, υπολογισμός και δικτύωση, μαζί σε μειωμένο όγκο για φορητές συσκευές,
- d) πρωτόκολλα για ασύρματα δίκτυα ιατρικών αισθητήρων,
- e) υποστήριξη για QoS σε ασύρματο ιατρικό δίκτυο αισθητήρων,
- f) ασύρματη ροή ιατρικού βίντεο και τεχνικές συμπίεσης για ιατρικές εφαρμογές και κλινικά περιβάλλοντα.

#### 2.4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο παρόν κεφάλαιο επιχειρείται μια σύντομη επισκόπηση των αναδυόμενων τεχνολογιών κινητής επικοινωνίας για την υγειονομική περίθαλψη. Η κινητή τηλεϊατρική είναι ένας νέος και εξελισσόμενος τομέας της τηλεϊατρικής που

εκμεταλλεύεται την πρόσφατη ανάπτυξη των τεχνολογιών κινητών επικοινωνιών.

Συζητήθηκαν ορισμένες από τις αναδυόμενες ασύρματες τεχνολογίες, όπως 2.5G-,

3G, 4G, ασύρματο τοπικό δίκτυο, ασύρματο PAN, ασύρματο BAN, κινητά

συστήματα IP και WAP και η εφαρμογή τους στον τομέα της τηλεϊατρικής.

Εξετάστηκαν ορισμένοι από τους περιορισμούς των σημερινών συστημάτων κινητής τηλεϊατρικής και επισημάνθηκαν επίσης οι ερευνητικές προκλήσεις της επόμενης γενιάς κινητών και δικτυακών τεχνολογιών για την υγειονομική περίθαλψη.

Αναμένεται ότι το 4G θα ενσωματώσει όλες τις υπάρχουσες ασύρματες τεχνολογίες σε ένα απρόσκοπτο σύστημα. Οι πρόοδοι στην έρευνα υλικών και στην επεξεργασία σήματος θα επιτρέψουν το σχεδιασμό έξυπνων ιατρικών αισθητήρων για την πραγματοποίηση της καταγραφής δεδομένων σε πραγματικό χρόνο και της

επεξεργασίας πολυφυσιολογικών σημάτων. Συμπεραίνεται ότι οι αναδυόμενες τεχνολογίες κινητών επικοινωνιών θα αλλάξουν ριζικά την τρέχουσα δομή των συστημάτων τηλεϊατρικής και παροχής υγειονομικής περίθαλψης.

#### **2.4.1 Ο ρόλος του 5G στην Ιατρική Υγεία**

Οι πάροχοι κινητής τηλεφωνίας διασκεδάζουν τις υπηρεσίες Διαδικτύου με εξαιρετικά γρήγορους ρυθμούς 20 Gbps. Επιπλέον, έχει επίσης προγραμματιστεί και αναμένεται να προσφέρει εμπορικά δίκτυα 5G έως το 2020. Με τις δραματικές βελτιώσεις στον αριθμό των ψηφιακών συσκευών, μεγάλο μέρος του κόσμου θα συνδέεται όλο το εικοσιτετράωρο μέσω αυτών των δικτύων 5G.

Η ταχεία ανάπτυξη των ασύρματων δικτύων αισθητήρων σώματος (WBSNs) και η ασύρματη επικοινωνία, οι απομακρυσμένες διαγνώσεις και η παρακολούθηση ασθενών αποκτούν ενδιαφέρον για την Τηλεϊατρική. Η ιδέα είναι να παρακολουθούνται διάφορες βιολογικές παράμετροι από πολλαπλούς αισθητήρες που τοποθετούνται στην επιφάνεια του σώματος ή ακόμα και από εμφυτευμένους αισθητήρες και όλα αυτά τα σήματα συλλέγονται από έναν δέκτη (π.χ. κινητό τηλέφωνο ή υπολογιστή) για τη μετάδοση των εγγραφών σε έναν γιατρό.[15]

Εάν οι ασθενείς παρακολουθούνται και διαγνωστούν με συνέπεια, πολλές ζωές θα μπορούσαν να σωθούν εγκαίρως. Έτσι, η επικοινωνία σε πραγματικό χρόνο μεταξύ των WBSN των ασθενών και των απομακρυσμένων διακομιστών θα γίνει μια πολύ σημαντική πρόκληση. Παρά τις εντατικές ερευνητικές προσπάθειες, τέτοιες λύσεις δεν χρησιμοποιούνται συνήθως σε συνήθεις ιατρικές έρευνες σήμερα.

Η τεχνολογία δεν είναι ακόμη ώριμη και υπάρχουν αρκετοί περιορισμοί που περιορίζουν τις κλινικές δυνατότητες. Κάποια νέα βελτιωμένη λειτουργικότητα θα μπορούσε ενδεχομένως να εφαρμοστεί σε μια μελλοντική υποδομή 5G, η οποία θα ανοίξει για μεγαλύτερο εύρος ζώνης επικοινωνίας, βελτιωμένες λύσεις διευθυνσιοδότησης και βελτιωμένη ασφάλεια.

Ως εκ τούτου, η ενσωμάτωση του 5G μαζί με τα WBSN μπορεί να είναι η καλύτερη δυνατή λύση για απομακρυσμένες εφαρμογές υγειονομικής περίθαλψης. Ο σκοπός του δικτύου 5G δεν είναι μόνο να συνδέει άτομα αλλά και να παρέχει συνδεσιμότητα σε οποιαδήποτε συσκευή ή εφαρμογή που επωφελείται από την πρόσβαση στο δίκτυο. Η

εξέλιξη της κινητής τεχνολογίας αποτελεί βασικό στοιχείο για την ολοκληρωμένη ανάπτυξη των επικοινωνιών M2M και του Διαδικτύου των πραγμάτων (IoT).

Οι μελλοντικές δυνατότητες 5G θα μπορούσαν να δημιουργήσουν σημαντικές βελτιώσεις σε πολλά σενάρια υγείας, συμπεριλαμβανομένης της διαχείρισης και παρακολούθησης περιουσιακών στοιχείων του νοσοκομείου, της τηλεχειρουργικής με τη βοήθεια ρομποτικής, της υποβοηθούμενης διαβίωσης και της απομακρυσμένης παρακολούθησης δεδομένων υγείας ή ευεξίας και απομακρυσμένων εφαρμογών φαρμάκων .

Το 5G βασίζεται στη μετατόπιση παραδείγματος που περιλαμβάνει πολύ υψηλές φέρουσες συχνότητες με τεράστια εύρη ζώνης, ακραίες πυκνότητες σταθμών βάσης (BS) και συσκευών και πρωτοφανή αριθμό κεραιών .

Το 5G βασίζεται στη μετατόπιση παραδείγματος που περιλαμβάνει το nA ως βασική τεχνολογία του 5G, η τεχνολογία μαζικής πολλαπλής εισόδου πολλαπλής εξόδου (MIMO) μπορεί να βελτιώσει τρομερά την απόδοση των ασύρματων δικτύων. Τα τεράστια MIMO BS είναι εξοπλισμένα με πολύ μεγάλο αριθμό κεραιών, πιθανώς δεκάδες έως εκατοντάδες κεραιές, και επικοινωνούν ταυτόχρονα με πολλούς χρήστες στην ίδια ζώνη συχνοτήτων .Οι τεχνολογίες 5G διαθέτουν τις ακόλουθες βασικές δυνατότητες για την παρακολούθηση της υγείας των κινητών, όπως πολύ χαμηλή καθυστέρηση, μεγάλο χρόνο μπαταρίας, ασφάλεια, επεκτασιμότητα εύρους ζώνης, χωρητικότητα δικτύου και τεράστιο αριθμό συσκευών όπως φαίνεται στο Σχήμα 1. Όλες αυτές οι δυνατότητες διαμορφώνουν τις τεχνολογίες 5G ως πιο χρήσιμη προσέγγιση για την παρακολούθηση της υγείας σε πραγματικό χρόνο.

Οι A.Mishra et al προτείνουν μια νέα αρχιτεκτονική για τη συνεχή αποστολή φυσιολογικών δεδομένων με χαμηλή κατανάλωση πόρων. Επιπλέον, υπέθεσαν ότι οι τεχνολογίες 5G θα επιτρέψουν σημαντική αύξηση των ρυθμών μετάδοσης και πρέπει να παρέχουν αποκλειστικά κανάλια για την επεξεργασία και την παράδοση σχετικών βιοϊατρικών δεδομένων. Έτσι, αυτοί οι πόροι επιτρέπουν τη συνέχεια της υπηρεσίας σε περιπτώσεις συμφόρησης δικτύου.Οι συγγραφείς δηλώνουν ότι προσφέροντας αυτές τις δυνατότητες, 24/7 λύσεις απομακρυσμένης παρακολούθησης ασθενών θα μπορούσαν σύντομα να γίνουν πραγματικότητα . Οι S. Nunna et al , συζητούν πώς οι τεχνολογίες 5G μπορούν να συνδυαστούν με φορητό υπολογιστικό αιχμής (MEC) για να παρέχουν ένα ad hoc σύστημα συνεργασίας σε πραγματικό χρόνο. Έδειξαν μια περίπτωση χρήσης που σχετίζεται με την απομακρυσμένη τηλεχειρουργική, η οποία έχει αυστηρές απαιτήσεις για την καθυστέρηση και την κρισιμότητα της εφαρμογής.

Εκτός αυτού, η έρευνά τους επισημαίνει ότι οι τεχνολογίες 5G και το MEC βρίσκονται ακόμη σε προκαταρκτικά στάδια ανάπτυξης, αλλά θα μπορέσουν να εξελιχθούν ώστε

να γίνουν επαναστατικές στην ενίσχυση των τομέων της ηλεκτρονικής υγείας και της υγείας .[15]

Ο B.Arjunsundar et al πρότεινε μια νέα αρχιτεκτονική βασισμένη στο πανταχού παρόν 5G για την τηλεϊατρική που χρησιμοποιεί γνωστικά δίκτυα και τεχνολογία πολλαπλών εισόδων/πολλαπλών εξόδων. Στην προτεινόμενη αρχιτεκτονική, τα σενάρια εσωτερικού και εξωτερικού χώρου διαφοροποιούνται για να αυξηθεί η αποτελεσματικότητα της μετάδοσης δεδομένων ανάλογα με το περιβάλλον .

Στο , προτείνεται μια νέα αρχιτεκτονική για το σύστημα υγειονομικής περίθαλψης έκτακτης ανάγκης που βασίζεται στον υπολογισμό κινητού νέφους (MCC) και την ασύρματη σύνδεση 5G. Με βάση την ταχύτητα επεξεργασίας του MCC και τον ρυθμό επικοινωνίας του σχήματος 5G, αυτό το σύστημα μπορεί να παρακολουθεί και να εντοπίζει ασθενείς σε πραγματικό χρόνο. Πολλαπλοί σταθμοί βάσης του τεράστιου MIMO συνεργάζονται μεταξύ τους για να εντοπίσουν τους ασθενείς χρησιμοποιώντας τη μέθοδο cross εντοπισμού.

Στο παραπάνω κείμενο προτείνεται ο σχεδιασμός ενός ετερογενούς δικτύου επικοινωνιών με επικοινωνίες M2M και MTC για διασύνδεση μεταξύ ευφυών συσκευών χωρίς την ανάγκη ανθρώπινης παρέμβασης.

## 2.5.Επανάσταση στα Wearables για 5G

Οι φορητές συσκευές παρουσιάζουν μια ολοένα και πιο ελκυστική λύση για πολυάριθμες εφαρμογές σε τομείς που κυμαίνονται από τον στρατό μέχρι την ιατρική και τα καταναλωτικά ηλεκτρονικά είδη. Θα διαδραματίσουν επίσης αναπόσπαστο ρόλο στα επικείμενα δίκτυα πέμπτης γενιάς (5G), τα οποία αναμένεται να λειτουργούν με υψηλότερους ρυθμούς bit και χαμηλότερες πιθανότητες διακοπής λειτουργίας σε μικρότερα μικροκυψέλες και picocells που καλύπτουν ευρύτερες περιοχές από τεχνολογίες τέταρτης γενιάς (4G) ή παλαιότερες.

Επιπλέον, η επαναδιαμόρφωση δέσμης και η διαμόρφωση δέσμης αναμένεται να διευκολύνουν τη φασματική και την ενεργειακή απόδοση τόσο σε επίπεδο κινητής συσκευής όσο και σε επίπεδο σταθμού βάσης. Για να ξεπεραστούν οι περιορισμοί των σημερινών συστημάτων 4G, τα νέα χαρακτηριστικά και οι δυνατότητες που προβλέπονται για τις δικτυακές εργασίες 5G θα αλλάξουν ριζικά τις εφαρμογές στις μεταφορές, την υγειονομική περίθαλψη, τα έξυπνα σπίτια και τα ασύρματα ρομπότ, μεταξύ πολλών άλλων .

Λόγω του περιορισμένου υπάρχοντος φάσματος και της ανάγκης για ταχύτητες δεδομένων υψηλής ταχύτητας, το 5G αναμένεται να ενσωματώσει φάσματα

υψηλότερης συχνότητας στις ζώνες χιλιοστών κυμάτων (mmW), όπως 30 και 60 GHz . Αυτό απαιτεί ένα ξεχωριστό μοντέλο για τη διάδοση mmW και νέες αρχιτεκτονικές επικοινωνίας και πρότυπα σχεδιασμού εξαρτημάτων, συμπεριλαμβανομένων εκείνων για φορητές συσκευές.

Επιπλέον, αναμένεται ότι τα κύτταρα θα οργανωθούν σε μικρότερα macrocells και picocells λόγω των μεγαλύτερων απωλειών και μπλοκαρίσματος της διαδρομής διάδοσης, με φορητές συσκευές και συσκευές τύπου μηχανής να εντάσσονται στο βασίλειο των σημερινών tablet και smartphone.

Εξίσου συναρπαστικές είναι οι επερχόμενες εξελίξεις στην κατανομή εύρους ζώνης, μια δυναμικά σημαντική εικονικοποίηση του βασικού δικτύου (που εκτείνεται στις άκρες των κυψελών) και η ανάπτυξη του Διαδικτύου των πραγμάτων (IoT), ενός πυκνού δικτύου διαφόρων συσκευών .[11],[12],[13],[14]

## 2.6 Αλλαγές που οραματίζονται χάρη στο 5G

Λαμβάνοντας υπόψη μελέτες που προτείνουν μια ποικιλία λύσεων οι κύριες αλλαγές που σχετίζονται με το 5G μπορούν να κατηγοριοποιηθούν στους ακόλουθους βασικούς τομείς.

- Συσκευοκεντρικές αρχιτεκτονικές. Υπάρχουν ισχυρές ενδείξεις ότι η πρωταρχική αρχιτεκτονική των τρεχουσών τεχνολογιών 4G και παλαιού τύπου μπορεί να αλλάξει ώστε να γίνει ουσιαστικά επικεντρωμένη στη συσκευή αντί να βασίζεται στην αρχιτεκτονική (για παράδειγμα, να περιλαμβάνει σταθμούς βάσης). Αν και αυτό απαιτεί ένα διαφορετικό παράδειγμα στη διαχείριση δεδομένων και κίνησης με λιγότερα καλώδια, η δυνατότητα δημιουργίας και ανταλλαγής πληροφοριών μεταξύ περιφερειακών κόμβων είναι ένα κύριο χαρακτηριστικό. Ο μεγάλος αριθμός συσκευών επικοινωνίας και φορητών συσκευών (της τάξης των  $10^5$ ) που βρίσκονται πυκνά σε μια μικρή περιοχή αναμένεται επίσης να καταστήσει αυτή τη δυνατότητα απαραίτητη για το 5G.
- Η ζώνη mmW. Όπως σημειώθηκε προηγουμένως, το τρέχον περιορισμένο φάσμα απαιτεί τη χρήση διαθέσιμων μπλοκ φάσματος σε υψηλότερες συχνότητες mmW για 5G. Ωστόσο, εκτός του ότι είναι πιο επιρρεπής σε μπλοκάρισμα, η χρήση τέτοιων συχνοτήτων μπορεί να οδηγήσει σε μεγαλύτερες απώλειες διάδοσης για επικοινωνία μεγάλων αποστάσεων. Για να αποφευχθούν αυτά τα ζητήματα, ορισμένες συσκευές 5G - συμπεριλαμβανομένων των φορητών συσκευών - που λειτουργούν στη ζώνη mmW αναμένεται να είναι εξαιρετικά κατευθυντήριες με στενές δέσμες. Οι φορητές κεραίες εντός αυτών

των ζωνών πιθανότατα θα έχουν τη μορφή επαναδιαμορφώσιμων συστοιχιών δέσμης για να διασφαλιστεί η ενεργειακή απόδοση σε επίπεδο συσκευής.

- Μαζική πολλαπλή είσοδος/πολλαπλή έξοδος (MIMO). Η τεράστια πτυχή MIMO της τεχνολογίας 5G μέχρι στιγμής περιστρέφεται κυρίως γύρω από τον αριθμό των κεραιών στο σταθμό βάσης σε σύγκριση με αυτές που είναι διαθέσιμες σε επίπεδο κόμβου. Ενώ ο αριθμός των κεραιών στο σταθμό βάσης μπορεί να είναι πολύ μεγάλος, τα συστήματα MIMO ενός χρήστη συνήθως περιορίζονται από τον περιορισμένο αριθμό κεραιών που μπορούν να χωρέσουν σε μια φορητή συσκευή.

Αντίθετα, σε σύγκριση με μια φορητή συσκευή, το ανθρώπινο σώμα διαθέτει μια σχετικά μεγάλη περιοχή, επιτρέποντας την ανάπτυξη περισσότερων φορητών στοιχείων κεραίας. Μια απλή διασύνδεση μπορεί να γίνει διαθέσιμη μεταξύ της κεραίας και της συσκευής για να διευκολυνθεί η άμεση ανάπτυξη του τεράστιου MIMO στο σώμα, ειδικά όταν χρησιμοποιείται για συχνότητες mmW. Εκτός από το ανθρώπινο σώμα, οι σύμμορφες συστοιχίες κεραιών μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν σε μη κανονικές φυσικές κατασκευές ή κτίρια για την παροχή σταθμών βάσης.

- Έξυπνες συσκευές και το IoT. Στο άμεσο μέλλον, το 5G πιθανότατα θα επιτρέψει την ανταλλαγή μεγάλων ποσοτήτων δεδομένων μεταξύ συσκευών που βρίσκονται σε κοντινή απόσταση (σε αντίθεση με τις παραδοσιακές υπηρεσίες μεγάλων αποστάσεων, βασισμένες στην αρχιτεκτονική). Η σημαντική ποσότητα ενέργειας που απαιτείται για τη μετάδοση ανερχόμενης/κάτω ζεύξης μεγάλων αποστάσεων σε έναν σταθμό βάσης, για παράδειγμα, μπορεί τώρα να μειωθεί σε ένα κλάσμα μέσω μεταπήδησης σε κοντινές συσκευές. Αυτό αποτρέπει τις παρεμβολές μεταξύ των χρωματισμένων συσκευών λόγω των εκπομπών του σταθμού βάσης υψηλότερης ισχύος προς την κυψέλη. Πτυχές ενέργειας και φασματικής απόδοσης, όπως αυτές είναι ελκυστικές για φορητές συσκευές λόγω των περιορισμένων πόρων μπαταρίας που διατίθενται σε αυτές.
- Φορητές κεραίες. Διάφοροι τύποι φορητών κεραιών έχουν σχεδιαστεί για συγκεκριμένες ζώνες συχνοτήτων όπως η βιομηχανική, επιστημονική και ιατρική ζώνη (ISM; 2,4–5,8 GHz) και η υπερευρεία ζώνη (UWB, 3,1–10,6 GHz) . Γενικά, η υποβάθμιση της απόδοσης της κεραίας είναι εγγενής όταν τοποθετείται κοντά στο ανθρώπινο σώμα. Επομένως, πρέπει να εφαρμοστούν αποτελεσματικές μέθοδοι αξιολόγησης για να διασφαλιστεί ότι το ανθρώπινο σώμα προστατεύεται από ανεπιθύμητη ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, παρέχοντας ταυτόχρονα φορητές κεραίες με ευελιξία και στιβαρότητα. Εκτός



από το ότι είναι πιο εργονομική και άνετη σε σύγκριση με τις άκαμπτες κατασκευές, η χρήση εύκαμπτων υλικών, όπως τα υφάσματα, είναι μια ενδιαφέρουσα επιλογή λόγω της πολύ χαμηλής διηλεκτρικής τους σταθεράς όταν χρησιμοποιείται ως υπόστρωμα και της επακόλουθης μείωσης των απωλειών επιφανειακών κυμάτων[11], [12] , [13],[14][15][16][17].

### 3 .M-Health/E-Health με χρήση 5G Δικτύων , Ασύρματα Δίκτυα Αισθητήρων για Φροντίδα Υγείας

Τις τελευταίες δεκαετίες, η κοινωνία έχει δει καινοτομίες στην τεχνολογία που αλλάζουν σημαντικά τη συμπεριφορά και τις ανάγκες των ανθρώπων και είναι έτοιμες να φέρουν επανάσταση στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης. Αυτές οι εξελίξεις έχουν συμβεί κυρίως λόγω της εμφάνισης και της εξέλιξης του Διαδικτύου και των κινητών επικοινωνιών.

Αυτές οι εξελίξεις έχουν συμβεί κυρίως λόγω της εμφάνισης και της εξέλιξης του Διαδικτύου και των κινητών επικοινωνιών. Τέτοιες τεχνολογίες χρησιμοποιούνται ευρέως για την ανάπτυξη ιατρικών λύσεων που καθιστούν τις πληροφορίες των ασθενών διαθέσιμες οποτεδήποτε και οπουδήποτε. Οι τεχνολογίες ηλεκτρονικών υπολογιστών, ο σύγχρονος εξοπλισμός και οι ΤΠΕ για λύσεις υγειονομικής περίθαλψης έχουν δημιουργήσει το πεδίο της ηλεκτρονικής υγείας (e health), ενώ η ενσωμάτωση φορητών υπολογιστών, ιατρικών αισθητήρων και φορητών συσκευών στο περιβάλλον υγείας επέτρεψε το υποπεδίο της κινητής υγείας. μ υγεία).Αν και υπάρχουν ομοιότητες μεταξύ του e health και του m health, έχουν επίσης κάποιες διαφορές. Ενώ η ηλεκτρονική υγεία, σε γενικές γραμμές, χρησιμοποιεί τις ΤΠΕ για την υγειονομική περίθαλψη, η m Health προσθέτει στην υγεία της ηλεκτρονικής μια συγκεκριμένη εστίαση στην εκμετάλλευση των προόδων στις κινητές επικοινωνίες, στους πανταχού παρόντες υπολογιστές και στις φορητές τεχνολογίες.Την τελευταία δεκαετία, η τεχνολογία κινητών επικοινωνιών έχει επιτύχει σημαντικές προόδους στην κάλυψη, τη χρήση υπηρεσιών και τους ρυθμούς μετάδοσης. Σήμερα, τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας υποστηρίζουν περισσότερους από 3,6 δισεκατομμύρια χρήστες παγκοσμίως, με την ασύρματη κάλυψη να αγγίζει περισσότερο από το 85 τοις εκατό του παγκόσμιου πληθυσμού, 1 που είναι πολύ περισσότερο από ό,τι μπορεί να φτάσει σήμερα το σύστημα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας.Έχουν προκύψει πολλές τεχνολογίες ασύρματων και κινητών δικτύων για να ενεργοποιήσουν μυριάδες υπηρεσίες, συμπεριλαμβανομένων των επικοινωνιών φωνής και δεδομένων με βελτιωμένες δυνατότητες κινητικότητας. Αυτή τη στιγμή βρίσκεται σε εξέλιξη μια εκτενής συζήτηση που αφορά την πέμπτη γενιά ασύρματων δικτύων. Σε αντίθεση με το 3G ή ακόμα και το 4G, αυτά τα δίκτυα προσφέρουν ενδιαφέρουσες δυνατότητες για την κάλυψη των μοναδικών απαιτήσεων των m σεναρίων υγείας. Στο εγγύς μέλλον,

δισεκατομμύρια κινητές συσκευές θα συνδεθούν στο Διαδίκτυο 2 . αυτή η ανάπτυξη θα είναι ταχύτερη από ό,τι μπορούν να υποστηρίξουν οι τρέχουσες τεχνολογίες. Επιπλέον, οι τεχνολογίες επικοινωνίας από μηχανή σε μηχανή (M2M) και από συσκευή σε συσκευή (D2D) θα αναπτυχθούν σε μεγάλη κλίμακα. Έτσι, τα δίκτυα 5G προσφέρουν νέες δυνατότητες για την εξέλιξη m λύσεων υγείας που έχουν συνεχή ανάγκη για ταχύτερα, ασφαλέστερα και επεκτάσιμα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας με πολύ χαμηλό λανθάνοντα χρόνο. Εδώ, ορίζουμε δίκτυα 5G και εξετάζουμε τις παγκόσμιες προσπάθειες για την υλοποίηση του οράματος και των απαιτήσεων που θα τα έκαναν πραγματικότητα. Εξετάζουμε επίσης τα μελλοντικά πρότυπα 5G και τις προόδους που θα μπορούσαν να επιτύχουν πολλές εφαρμογές υγείας.[13]

### 3.1. M-Health

Με την ευρεία έννοια, m-Health είναι η παροχή υπηρεσιών υγειονομικής περίθαλψης μέσω κινητών συσκευών, οι οποίες χρησιμοποιούνται για τη λήψη, ανάλυση, αποθήκευση και μετάδοση πληροφοριών υγείας από πολλαπλές πηγές, συμπεριλαμβανομένων αισθητήρων και άλλων βιοϊατρικών συστημάτων απόκτησης.

Το m-health προσφέρει μια κομψή λύση σε ένα πρόβλημα που αντιμετωπίζεται συνήθως στον ιατρικό τομέα: πώς να αποκτήσετε πρόσβαση στις σωστές πληροφορίες όπου και όταν χρειάζεται σε εξαιρετικά δυναμικούς και κατανεμημένους οργανισμούς υγειονομικής περίθαλψης. Οι εφαρμογές για κινητές συσκευές για την υγεία μπορούν να απευθύνονται σε διαφορετικά κοινά, όπως γιατρούς, νοσηλευτές, ασθενείς, ακόμη και υγιείς ανθρώπους. Λύσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να ενθαρρύνουν, για παράδειγμα, τη μείωση της κατανάλωσης τσιγάρων, τη συμμόρφωση σε δίαιτες απώλειας βάρους και σχέδια σωματικής δραστηριότητας ή τη συμμόρφωση σε σχέδια θεραπείας που στοχεύουν στον έλεγχο και την πρόληψη καρδιακών παθήσεων. Ως αποτέλεσμα, οι λύσεις μπορούν να μειώσουν τα ιατρικά λάθη και να βελτιώσουν την αποτελεσματικότητα και την αποτελεσματικότητα των υπηρεσιών υγείας, μειώνοντας έτσι το λειτουργικό κόστος.

### 3.2. Τι σημαίνει το 5G

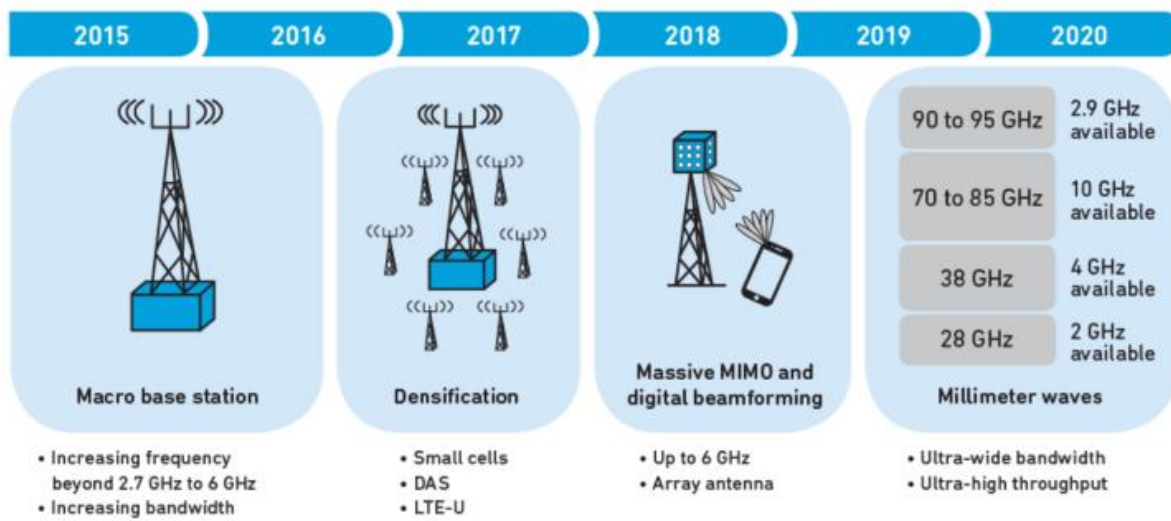
Ουσιαστικά, το 5G υποδηλώνει την επόμενη γενιά υφιστάμενων δικτύων επικοινωνίας 4G που μπορεί να προσφέρει ένα τεράστιο βήμα μπροστά όσον αφορά την ταχύτητα, τη χωρητικότητα και την επεκτασιμότητα του δικτύου. Το τεχνολογικό όραμα, οι δυνατότητες και τα πρότυπα για το 5G βρίσκονται ακόμη υπό εκτενή συζήτηση και ορισμό. Στις αρχές του 2013, η κυβέρνηση της Κίνας ίδρυσε τη Διεθνή Ομάδα Προώθησης Κινητής Τηλεπικοινωνίας 2020 (5G) ή IMT 2020 (5G), ως μια σημαντική

προσπάθεια για την ανάπτυξη της έρευνας 5G. 4 Την ίδια χρονιά, ξεκίνησε στην Ευρώπη η 5G Public Private Partnership (5G PPP). Στα τέλη του 2015, το 5G PPP και το IMT 2020 (5G) ανακοίνωσαν ένα μνημόνιο συμφωνίας και τώρα εργάζονται μαζί για το όραμα, τις απαιτήσεις, τις έννοιες και την τεχνολογική αρχιτεκτονική του 5G. Τον Ιούλιο του 2015, η Διεθνής Ένωση Τηλεπικοινωνιών (ITU) καθόρισε το όραμά της και τον οδικό της χάρτη για την ανάπτυξη κινητών τηλεφώνων 5G και καθιέρωσε τον όρο «IMT 2020» για αυτήν. Η διαδικασία συνεχίζεται στην ITU με τη στενή συνεργασία βιομηχανίας και κυβερνήσεων. Ως ένα σχετικό αποτέλεσμα αυτού του εν εξελίξει έργου, η ITU έχει καθορίσει ορισμένες παραμέτρους που μπορούν να θεωρηθούν βασικές δυνατότητες για την τεχνολογία 5G:

- Οι μέγιστοι ρυθμοί δεδομένων θα πρέπει να φτάσουν τα 10 Gbps. Οι μέγιστοι ρυθμοί δεδομένων 20 Gbps μπορούν να αναμένονται υπό ορισμένες συνθήκες και σενάρια.
- Θα υποστηρίζονται υπηρεσίες που έχουν πολύ χαμηλές απαιτήσεις καθυστέρησης (λιγότερο ή ίσο με 1 ms).
- Το δίκτυο θα επιτρέψει την υψηλή κινητικότητα (έως 500 km/h).
- Θα υποστηρίζει υψηλή πυκνότητα σύνδεσης επιτρέποντας σενάρια μαζικής επικοινωνίας τύπου μηχανής (MTC).
- Το δίκτυο θα επιτρέψει 100× μεγαλύτερη ενεργειακή απόδοση και 3× μεγαλύτερη απόδοση φάσματος.

Σύμφωνα με την ITU, αυτές οι δυνατότητες είναι στόχοι για την έρευνα και τη διερεύνηση του IMT 2020 και μπορούν να αναθεωρηθούν περαιτέρω. Επιπλέον, η συνάφεια αυτών των δυνατοτήτων μπορεί να είναι διαφορετική ανάλογα με την περίπτωση χρήσης ή το σενάριο που μελετήθηκε.

Όσον αφορά την αρχιτεκτονική 5G, η τεχνολογία θα πρέπει να υποστηρίζει παλαιού τύπου τεχνολογίες ραδιοπρόσβασης (RAT) και σταθερή πρόσβαση και να παρέχει μια προσέγγιση ολοκληρωμένου δικτύου πρόσβασης, συμπεριλαμβανομένων τεχνικών συμβατών με LTE. Επίσης, το δίκτυο ραδιοπρόσβασης θα είναι εξαιρετικά πυκνό και θα πρέπει να χρησιμοποιεί πλήρως όλο το εύρος συχνοτήτων από 3 έως 100 GHz.

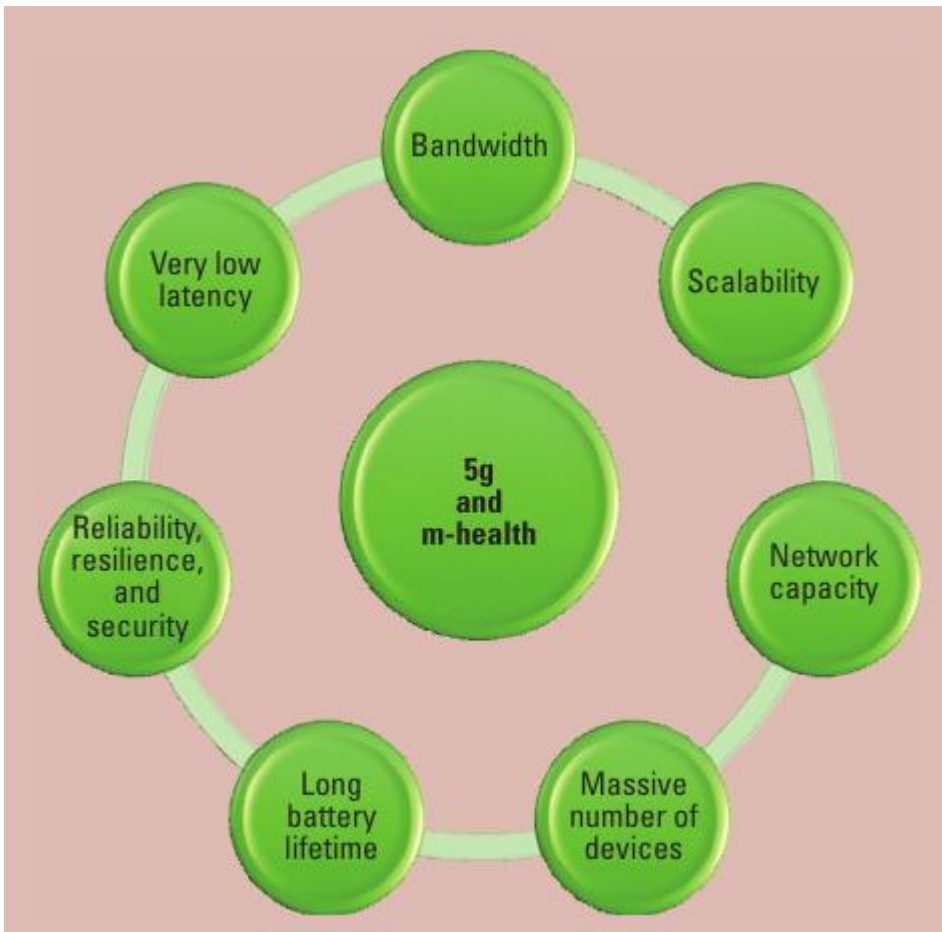


Εικόνα 7: Αρχιτεκτονική Υψηλού Επιπέδου 5ης Γενιάς, [19]

Τέλος, το κεντρικό δίκτυο 5G πιθανότατα θα χρησιμοποιεί εικονικοποίηση λειτουργιών δικτύου και δικτύωση καθορισμένη από λογισμικό για να παρέχει υψηλό επίπεδο επεκτασιμότητας και ευελιξίας με κοινά επίπεδα διαχείρισης και μεταφοράς, αυξάνοντας τη συνολική απόδοση του δικτύου.

### 3.2 Δίκτυα 5G για Λύσεις Κινητής Υγείας

Ο σκοπός του δικτύου 5G δεν είναι μόνο να συνδέει άτομα αλλά και να παρέχει συνδεσιμότητα σε οποιαδήποτε συσκευή ή εφαρμογή που επωφελείται από την πρόσβαση στο δίκτυο. Η εξέλιξη της κινητής τεχνολογίας αποτελεί βασικό στοιχείο για την ολοκληρωμένη ανάπτυξη των επικοινωνιών M2M και του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT). Οι μελλοντικές δυνατότητες 5G θα μπορούσαν να δημιουργήσουν σημαντικές βελτιώσεις σε πολλά σενάρια υγείας, συμπεριλαμβανομένης της διαχείρισης και παρακολούθησης περιουσιακών στοιχείων του νοσοκομείου, της τηλεχειρουργικής με τη βοήθεια ρομποτικής, της υποβοηθούμενης διαβίωσης και της απομακρυσμένης παρακολούθησης δεδομένων υγείας ή ευεξίας και της απομακρυσμένης εφαρμογής φαρμάκων (έξυπνη φαρμακευτική αγωγή). Η εικόνα 2 απεικονίζει τις βασικές δυνατότητες 5G που θα έχουν σημαντική σημασία για τη βελτίωση των λύσεων υγείας για αυτά τα σενάρια (και πολλά άλλα), τα οποία θα συζητήσουμε στη συνέχεια.



Εικόνα 8: Βασικές δυνατότητες 5G για λύσεις κινητής υγείας (m health). Αυτές οι δυνατότητες μπορούν να βελτιώσουν τις λύσεις υγείας σε πολλά σενάρια.,[13]

### Πολύ χαμηλή καθυστέρηση

Η χαμηλή καθυστέρηση είναι μια συχνή απαίτηση για m εφαρμογές υγείας. Για λύσεις τηλεχειρουργικής, η καθυστέρηση στην επικοινωνία έχει άμεσο αντίκτυπο στη διαδικασία χειρισμού των ρομποτικών οργάνων. Μια από άκρο σε άκρο λανθάνουσα κατάσταση μικρότερη από 200 ms έχει ταξινομηθεί ως αποδεκτή, με περιορισμό 100 ms που προβλέπεται για μελλοντικά συστήματα τηλεχειρουργικής. Ωστόσο, τα ρομποτικά συστήματα έχουν εγγενή καθυστέρηση περίπου 100 ms. Τα δίκτυα 5G μπορούν να μειώσουν τον λανθάνοντα χρόνο επικοινωνίας σε λιγότερο από 1 ms. Έτσι, καθώς προκύπτουν νέες εφαρμογές ιατρικής τηλεχειρουργικής με αυστηρή καθυστέρηση, οι σύγχρονες λύσεις ενδέχεται να καταστούν δυνατές στο περιβάλλον υγειονομικής περίθαλψης. Σε αυτό το μελλοντικό σενάριο, ένας ασθενής που χρειάζεται επείγουσα ή ειδική επέμβαση θα μπορούσε ουσιαστικά να χειρουργηθεί από έναν χειρουργό που βρίσκεται οπουδήποτε στον κόσμο.

## Εύρος ζώνης

Οι τρέχοντες περιορισμοί εύρους ζώνης των δικτύων 3G και 4G περιορίζουν τον όγκο των πληροφοριών που μπορούν να στείλουν οι βιοϊατρικοί αισθητήρες, ειδικά για την παρακολούθηση εφαρμογών σε πραγματικό χρόνο. Ένα σημαντικό πλεονέκτημα των μελλοντικών δικτύων 5G θα είναι η ικανότητα υποστήριξης υψηλότερων συχνοτήτων (συμπεριλαμβανομένων εκείνων που υπερβαίνουν τα 10 GHz). Το κύριο πλεονέκτημα της εργασίας με αυτές τις συχνότητες είναι η δυνατότητα χρήσης περισσότερου φάσματος, υποστηρίζοντας έτσι πολύ υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης (της τάξης των Gbps). Αυτό το δίκτυο 5G υψηλής ταχύτητας θα επιτρέψει στους γιατρούς να βλέπουν εικόνες υψηλής ανάλυσης από απόσταση και θα επιτρέψει την ανάπτυξη λύσεων υγειονομικής περίθαλψης που μεταδίδουν περιεχόμενο εξαιρετικά υψηλής ευκρίνειας (UHD). Επιπλέον, η υποστήριξη επικοινωνίας που θα παρέχει το δίκτυο 5G περιλαμβάνει έναν επεκτάσιμο και ευέλικτο τρόπο κατανομής εύρους ζώνης, ο οποίος θα επιτρέψει την ευρεία υιοθέτηση και επέκταση των λύσεων M2M και D2D στον ιατρικό τομέα. Αυτές οι λύσεις μπορούν να χρησιμοποιούν έξυπνες συσκευές, όπως φορητούς αισθητήρες, εμφυτεύσιμες ιατρικές συσκευές (IMD) ή εξοπλισμό απομακρυσμένης παρακολούθησης.

## Επεκτασιμότητα, χωρητικότητα δικτύου και τεράστιος αριθμός συσκευών

Λαμβάνοντας υπόψη τη μαζική ανάπτυξη βιοϊατρικών αισθητήρων με δυνατότητες IoT, τα δεδομένα που δημιουργούνται από τη συσκευή θα μπορούσαν να υπερβούν τη χωρητικότητα του δικτύου. Έτσι, μια νέα υποδομή δικτύου πρέπει να υποστηρίζει τεράστια χωρητικότητα δεδομένων και μεγάλο αριθμό αιτημάτων σύνδεσης. Η υποστήριξη για λύσεις M2M και IoT είναι ζωτικής σημασίας για την επιτυχία των δικτύων 5G. Η δικτυακή υποδομή πρέπει να είναι αρκετά επεκτάσιμη δυναμικά ώστε να διαχειρίζεται την κυκλοφορία σήματος και τη μετάδοση σε έναν τεράστιο αριθμό βιοϊατρικών συσκευών με διαφορετικά μοτίβα κυκλοφορίας. Σε m λύσεις υγείας, η επεκτασιμότητα είναι ένα σημαντικό χαρακτηριστικό, επειδή το δίκτυο πρέπει να επιτρέψει την απρόσκοπτη αύξηση ή μείωση των κόμβων χωρίς να επηρεάζει τη λειτουργία του δικτύου. Η υποστήριξη για τεράστια MTC είναι σημαντική σε καταστάσεις με τεράστιο αριθμό συσκευών χαμηλού κόστους ή χαμηλής πολυπλοκότητας με μη καθυστερημένα και μη ευαίσθητα δεδομένα. Για ογκώδεις MTC, υπάρχει επίσης ανάγκη για ένα εύχρηστο και ευέλικτο δίκτυο με ευρεία κάλυψη.

## Μεγάλη διάρκεια ζωής μπαταρίας

Για να συνδέσετε δισεκατομμύρια αισθητήρες και βιοϊατρικούς ενεργοποιητές, είναι απαραίτητη η διαθεσιμότητα συσκευών χαμηλού κόστους και η εκτεταμένη διάρκεια ζωής της μπαταρίας. Για πολλά σενάρια υγείας εξ αποστάσεως παρακολούθησης,

στόχος είναι η εφαρμογή συνδεδεμένων συσκευών που να είναι αυτοσυντηρούμενες για όλη τη διάρκεια της ιατρικής περίθαλψης. Η απαίτηση για 5G αποσκοπεί στην αποφυγή φόρτισης ή αντικατάστασης μπαταρίας για τουλάχιστον 10 χρόνια.

### Ασφάλεια

Λόγω της αναμενόμενης αύξησης του τύπου των μετόχων και του αριθμού των ενοικιαστών στα δίκτυα 5G, τα ζητήματα ασφάλειας θα ενισχυθούν ριζικά. Τα δίκτυα 5G θα πρέπει να είναι σε θέση να αντιμετωπίζουν νέα επιχειρηματικά μοντέλα, μια αρχιτεκτονική δικτύου με γνώμονα το IT, την ετερογενή και πανταχού παρούσα πρόσβαση και τη βελτιωμένη προστασία της ιδιωτικής ζωής.

### Πρόσφατες μελέτες για την υγεία 5G και M-Health

Λίγες μελέτες διερευνούν τις δυνατότητες της τεχνολογίας 5G για τη βελτίωση και την εξέλιξη των εφαρμογών υγείας. Οι εργασίες που θα συζητήσουμε στη συνέχεια ακολουθούν αυτήν την προσέγγιση, συνδέοντας τα μελλοντικά οφέλη και τις προόδους της τεχνολογίας 5G με τις τρέχουσες και μελλοντικές ανάγκες των ιατρικών εφαρμογών.

Οι Amitabh Mishra και Dharma P. Agriwal προτείνουν μια νέα αρχιτεκτονική για τη συνεχή αποστολή φυσιολογικών δεδομένων με χαμηλή κατανάλωση. 12 Επιπλέον, υποθέτουν ότι οι τεχνολογίες 5G θα επιτρέψουν μια σημαντική αύξηση στους ρυθμούς μετάδοσης και πρέπει να παρέχουν αποκλειστικά κανάλια για την επεξεργασία και την παράδοση σχετικών βιοϊατρικών δεδομένων. Έτσι, αυτοί οι πόροι επιτρέπουν τη συνέχεια της υπηρεσίας σε περιπτώσεις συμφόρησης δικτύου. Οι συγγραφείς δηλώνουν ότι προσφέροντας αυτές τις δυνατότητες, 24/7 λύσεις απομακρυσμένης παρακολούθησης ασθενών θα μπορούσαν σύντομα να γίνουν πραγματικότητα. Ο Swaroop Nunna και οι συνεργάτες του εξηγούν πώς οι τεχνολογίες 5G μπορούν να συνδυαστούν με φορητό υπολογιστικό αιχμής (MEC) για να παρέχουν ένα ad hoc σύστημα συνεργασίας σε πραγματικό χρόνο και με βάση το πλαίσιο. Δείχνουν μια περίπτωση χρήσης που σχετίζεται με την τηλεχειρουργική εξ αποστάσεως, η οποία έχει αυστηρές απαιτήσεις για λανθάνουσα κατάσταση και κρισιμότητα εφαρμογής. Αυτή η εργασία επισημαίνει ότι οι τεχνολογίες 5G και το MEC βρίσκονται ακόμη σε προκαταρκτικά στάδια ανάπτυξης, αλλά ότι θα μπορέσουν να εξελιχθούν για να γίνουν επαναστατικές για την ενίσχυση των τομέων της ηλεκτρονικής υγείας και της υγείας. Τέλος, ο Balasubramanian Arunsundar και ο Rajavelu Srinivasan προτείνουν μια νέα αρχιτεκτονική βασισμένη στο πανταχού παρόν 5G για την τηλεϊατρική που χρησιμοποιεί γνωστικά δίκτυα και τεχνολογία πολλαπλών εισροών/πολλαπλών εξόδων. Στην προτεινόμενη αρχιτεκτονική, τα σενάρια εσωτερικού και εξωτερικού

χώρου διαφοροποιούνται για να αυξηθεί η αποτελεσματικότητα της μετάδοσης δεδομένων ανάλογα με το περιβάλλον.

### Επικοινωνία M2M/D2D για λύσεις στον τομέα του m-Health

Χρησιμοποιώντας ένα ετερογενές δίκτυο επικοινωνιών, οι επικοινωνίες M2M και το MTC επιτρέπουν τη διασύνδεση μεταξύ ευφών συσκευών χωρίς την ανάγκη ανθρώπινης παρέμβασης.

Η αρχιτεκτονική χωρίζεται σε τρία μέρη: τον τομέα της συσκευής, ο οποίος περιέχει τα νices M2M. ο τομέας δικτύου, ο οποίος χειρίζεται τη μετάδοση φασκόμηλου μηνυμάτων μεταξύ συσκευών M2M και τη διαχείριση ασθενειών και τη γήρανση ανεξάρτητα είναι οι πιο εξέχουσες περιπτώσεις χρήσης παρακολούθησης ασθενών που εξετάζονται. Το έγγραφο παρέχει ανάλυση συγκεκριμένων θεμάτων ασφάλειας που σχετίζονται με τον χειρισμό ηλεκτρονικών αρχείων υγείας (EHR) στο πλαίσιο της επικοινωνίας M2M.

### Υπηρεσίες ευεξίας

Αυτή η περίπτωση χρήσης εξετάζει πολλά σενάρια που βασίζονται στη χρήση συσκευών αισθητήρων ευεξίας που χρησιμοποιούν τεχνολογία δικτύου περιοχής M2M. Λόγω των σοβαρών περιορισμών κατανάλωσης ενέργειας και ικανότητας επεξεργασίας όσον αφορά τους αισθητήρες, τα δεδομένα που συλλέγονται μπορούν να μεταφερθούν σε μια πύλη που θα συλλέξει και στη συνέχεια θα υποβάλει τις πληροφορίες. Σε αυτήν την περίπτωση χρήσης, η πύλη M2M που εξετάζεται είναι μια φορητή συσκευή, όπως ένα smartphone ή ένα tablet. Η αναφορά εξετάζει μια λίστα απαιτήσεων ασφάλειας και επικοινωνίας για την ενοποίηση του τομέα εφαρμογής M2M, φορητών συσκευών και αισθητήρων M2M.

Επίσης, η τεχνολογία Direct D2D έχει κορυφαίες δυνατότητες ανάπτυξης, επιτρέποντας συσκευές που συνδέονται απευθείας με ή χωρίς την ανάγκη ελέγχου ή βοήθειας δικτύου. Το D2D είναι μια εξαιρετική εναλλακτική λύση για συσκευές για επικοινωνία σε καταστάσεις όπου η συμβατική σύνδεση κυψελοειδούς επικοινωνίας δεν είναι διαθέσιμη, όπως σενάρια φυσικών καταστροφών. Σε τέτοιες περιπτώσεις, η συνδεσιμότητα μεταξύ επαγγελματιών υγείας και ιατροτεχνολογικών προϊόντων είναι μεταξύ των υψηλότερων προτεραιοτήτων. Μέχρι το τέλος του 2020, εκατοντάδες εκατομμύρια συσκευές θα λειτουργούν με τεχνολογία M2M που σχετίζεται με την υγειονομική περίθαλψη. Για να διασφαλιστεί η επικοινωνία και η διαλειτουργικότητα μεταξύ ιατρικών συσκευών για διαφορετικούς σκοπούς και με διαφορετικά χαρακτηριστικά κυκλοφορίας, η αρχιτεκτονική 5G θα έχει κεντρικό ρόλο σε διάφορα σενάρια κινητής υγείας.



Εδώ, στοχεύσαμε να εδραιώσουμε τις πρόσφατες εργασίες σχετικά με την τεχνολογία υγείας 5G, M2M και m καθώς και να διερευνήσουμε τις δυνατότητες που έχουν αυτές οι τεχνολογίες για την αντιμετώπιση ανοιχτών προκλήσεων και προβλημάτων. Αυτό το παράθυρο ευκαιρίας ανοίγει το δρόμο για τη συζήτηση μελλοντικών απαιτήσεων δικτύου κινητής τηλεφωνίας. Οι αυστηρές απαιτήσεις των μελλοντικών δικτύων κινητής τηλεφωνίας και συσκευών επικοινωνίας δεν πρέπει να αγνοηθούν, επειδή η επιτυχία του m Health συνδέεται στενά με την ανάπτυξη αυτών των δυνατοτήτων.

### 3.3 Κατευθυντικές τεχνολογίες επικοινωνίας της δημόσιας ηλεκτρονικής υγείας για αγροτικές και απομακρυσμένες περιοχές

Απαιτούνται απαράδεκτα υψηλές επενδύσεις για την ανάπτυξη του οπτικού πυρήνα και των υποδομών κατανάλωσης ενέργειας για την πανταχού παρούσα ευρεία κάλυψη των αραιοκατοικημένων αγροτικών και απομακρυσμένων περιοχών (RRD) με χρήση του τυπικού ευρυζωνικού δικτύου ραδιοπρόσβασης συμβατικών τεχνικών που χαρακτηρίζονται από κεντρική, π.χ. αρχιτεκτονική με μικρές σειρές κυψελών έως 2 km. Ως μια προοπτική προσέγγιση για την παροχή με τρόπο χαμηλού κόστους μιας πανταχού παρούσας ευρυζωνικής σύνδεσης 5G των περιοχών RRD, προτείνουμε πρόσφατα μια εξαιρετικά πράσινη και ευέλικτη αρχιτεκτονική υπερκυψέλης μεγάλης εμβέλειας με κεντρικό άξονα τη συσκευή (D2D) με εύρος κάλυψης έως 50 ως 100 km. Σε αυτό το κεφάλαιο εργασία, συνεχίζουμε τις πρόσφατες θεμελιώδεις έρευνες μας για την εξαιρετικά πράσινη έξυπνη ευρυζωνική τεχνική 5G PHY μεγάλης εμβέλειας, βασιζόμενη στα μοντέλα των κατευθυνόμενων ραδιοφωνικών καναλιών του Friis και Kraus και στις προσεγγίσεις κριτηρίων αμετάβλητου φάσματος (ICSE) και ισχύος (ICPE). Ταυτόχρονα, αναπτύσσουμε μια νέα τεχνική διαχείρισης κατευθυντικότητας, χρησιμοποιώντας ευκαιρίες των ριζικά κατανεμημένων πολυλειτουργικών μεσαίων έξυπνων εργαλείων ελέγχου πρόσβασης 5G MFMAC «όλα σε ένα».

Η επαναστατική τάση της σύγχρονης ιατρικής μπορεί να οριστεί ως η ευρεία εισαγωγή στους τομείς της βασικής ιατρικής των ηλεκτρονικών (e health) και των φορητών (m health) υπηρεσιών υγείας και των εφαρμογών πληροφοριών. Δυστυχώς, το πλήρες σύνολο εξειδικευμένων υπηρεσιών υγείας m/e, μπορεί να παρασχεθεί μόνο σε περιοχές υψηλής αστικοποίησης που καλύπτονται καλά από ευρυζωνικά ασύρματα δίκτυα 5G. Απαιτούνται απαράδεκτα υψηλές επενδύσεις για την ανάπτυξη του οπτικού πυρήνα και των υποδομών κατανάλωσης ενέργειας για την πανταχού παρούσα ευρεία κάλυψη των αραιοκατοικημένων αγροτικών και απομακρυσμένων περιοχών (RRD) με χρήση του τυπικού ευρυζωνικού δικτύου ραδιοπρόσβασης συμβατικών τεχνικών που

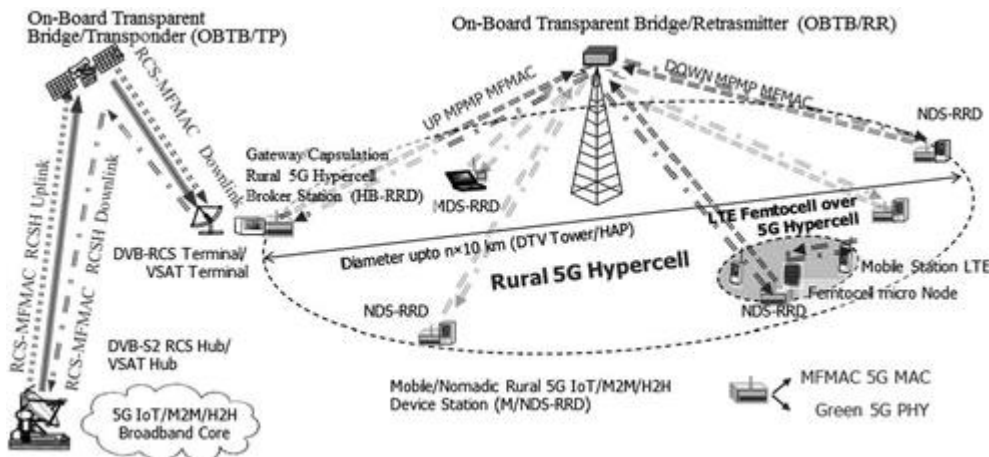
χαρακτηρίζονται από συγκεντρωτική, π.χ. αρχιτεκτονική με μικρές κυψέλες έως 2 km επειδή το όριο κερδοφορίας τους υπερβαίνει αρκετές εκατοντάδες κατοίκους ανά τετραγωνικό km.

Οι πρόσφατα προτεινόμενες τεχνικές ευρυζωνικής ραδιοπρόσβασης NR 5G PHY MAC έχουν σχεδιαστεί εστιάζοντας κυρίως σε συνθήκες αστικού περιβάλλοντος που χαρακτηρίζονται από καλά ανεπτυγμένη υποδομή οπτικών ινών, κεντρική αρχιτεκτονική (C RAN , κ.λπ.) και πολύ κελιά μικρής εμβέλειας. Επομένως, τέτοιες ευρυζωνικές τεχνολογίες RAN θα είναι κερδοφόρες μόνο σε καλά αστικοποιημένες και πολυκατοικημένες περιοχές.

Τώρα, για τις αγροτικές και απομακρυσμένες περιοχές προσφέρονται μόνο στενής ζώνης μεγάλης εμβέλειας, τα λεγόμενα Low Power Wide Area Networks (LPWANs) πρακτικές λύσεις όπως LoRaTM, SIGFOX™, Ingenu™ . Όπως προκύπτει από την ανάλυση απόδοσης LoRa και τις πειραματικές δοκιμές , αυτές οι λύσεις δικτύωσης συνοδεύονται από επιδείνωση ορισμένων δεικτών ποιότητας εμπειρίας (QoE) και βασικών δεικτών απόδοσης 5G (διακίνηση, ρυθμός bit, καθυστέρηση, πιθανότητα απώλειας πακέτων, αξιοπιστία , ευελιξία κ.λπ.).

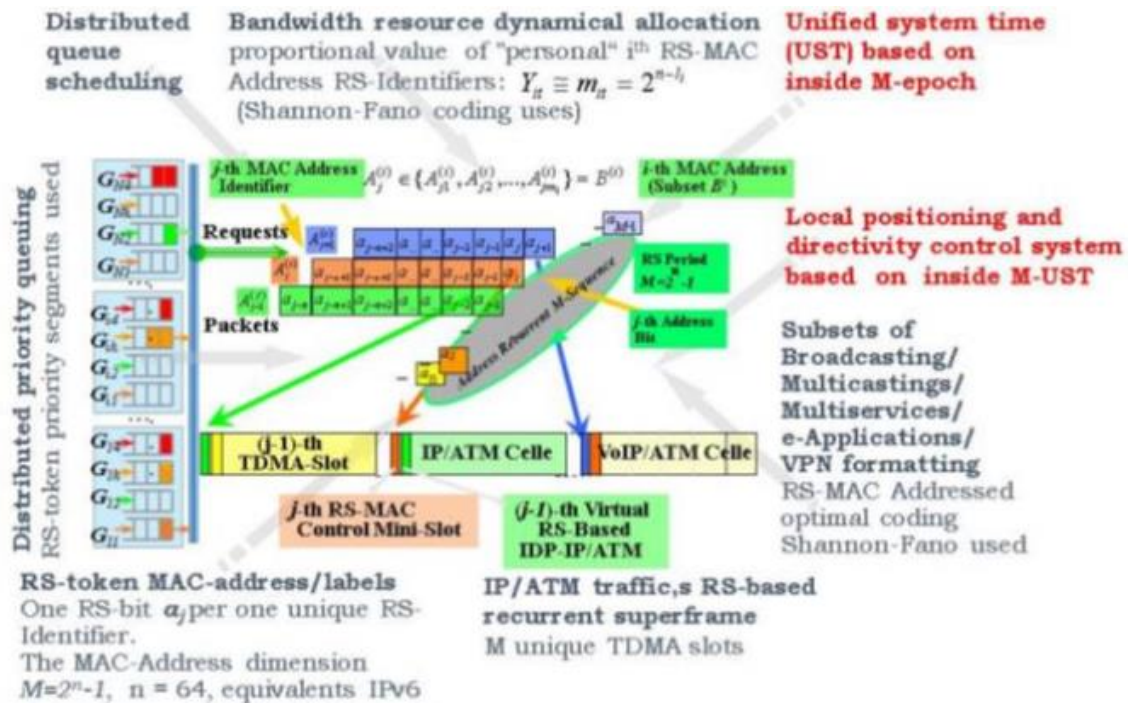
Επιπλέον, το πρωτόκολλο ALOHA τυχαίας πρόσβασης στο επίπεδο LoRa MAC δεν μπορεί να εγγηθεί, κατ' αρχήν, υψηλές τιμές απόδοσης, απόδοσης, αξιοπιστίας, ελέγχου QoS/QoE, σταθερότητας, ανοχής χρόνου διάδοσης, ειδικά σε ασύρματα μέσα μεγάλης εμβέλειας.

Οι άνευ προηγουμένου προκλήσεις των περιοχών RRD και οι λειτουργίες ελέγχου που είναι υπεύθυνες για τα έξυπνα συστήματα e/m Health και άλλα συστήματα M2M οδηγούν σε ένα επαναστατικό άλμα στο σχεδιασμό μιας εξαιρετικά αποτελεσματικής ευρυζωνικής ευρυζωνικής έξυπνης τεχνολογίας PHY MAC της RAN για ασύρματα περιβάλλοντα RRD ικανά να φτάσουν τα άκρα απόδοσης , ανταλλαγές βέλτιστων και θεμελιωδών φυσικών και θεωρητικών ορίων πληροφοριών «εν πτήσει».Μια εννοιολογική εφαρμογή της εξαιρετικά πράσινης συσκευής κεντρικής εμβέλειας 5G Hypercell για απομακρυσμένη ηλεκτρονική Healthcare ως παράδειγμα των επίγειων τμημάτων της τεχνολογίας υβριδικής δικτύωσης DVB S2/RCS για περιοχές RRD με βάση το δορυφόρο πλήρως κατανεμημένου πλέγματος.



Εικόνα 9: Αγροτική συσκευή με εξαιρετικά πράσινη μεγάλη εμβέλεια 5G Hypercell.,[16]

Η υβριδική αρχιτεκτονική βασίζεται στην εφαρμογή των τεχνικών αγροτικών αγροτικών τεχνικών PHY MAC με εγγυημένη QoS πολυλειτουργική μηχανή 5G τύπου MAC που βασίζονται στην ανάπτυξη των προηγμένων τεχνολογιών ελέγχου πρόσβασης μεσαίου πολλαπλών λειτουργιών πολλαπλών σημείων σε πολλαπλά σημεία (MPMP) που με τη σειρά του θα πρέπει να προσαρμοστεί στις συνθήκες των δορυφορικών πλατφορμών DVB 2S RCS, VSAT, OneWeb κ.λπ. Τα σενάρια σκέδασης παρεμβολών στο υπερκύτταρο μακράς εμβέλειας με επίκεντρο τη συσκευή εξηγούν τα Σχ. 1 και Σχ. 2. Εκφράζεται κάθε μπλοκ φυσικού πόρου κυψέλης (PRB) μέσω μιας μητρικής ομάδας μήτρας Abelian  $16 \times 16$ . Κάθε σειρά μήτρας  $i$  της ίδιας ομάδας αντιπροσωπεύει ένα μη ραδιομπλοκ (RB). Χάρη στις αξιοσημείωτες ιδιότητες των ομάδων Abelian, η ενδοκυτταρική παρεμβολή καταστέλλεται πλήρως σε περίπτωση απουσίας σφαλμάτων ορθογωνικότητας OFDM. Από την άλλη πλευρά, η σύμπτωση ενός μόνο από τα δεκαέξι σύμβολα OFDM σε ταυτόχρονες στήλες διαφέρει ομάδες αβελιανών μπορεί να γίνει πηγή διακυτταρικής παρεμβολής. Τέτοιες πηγές είναι αντίθετες προς την κατεύθυνση του αζιμουθίου σε απόσταση  $3R$  και άνω.



Εικόνα 10: Ένα πολυλειτουργικό μέσο ελέγχου πρόσβασης "όλα σε ένα", [16]

Η πολυλειτουργική τεχνολογία MFMAC του μεσαίου ελέγχου πρόσβασης (MAC) που χρησιμοποιεί τις επαναλαμβανόμενες ακολουθίες M (RS) MAC που απευθύνονται σε αξιοσημείωτες ικανότητες να οργανώνουν ένα πολυλειτουργικό διακριτικό RS "όλα σε ένα" εργαλεία για εξαιρετικά τέλεια πολλαπλή πρόσβαση σε μεγάλης εμβέλειας RAN, και επίσης για ριζικά κατανομημένο δυναμικό έλεγχο και βελτιστοποίηση των παραμέτρων κυκλοφορίας πόρων εύρους ζώνης και της παροχής εγγύησης QoE/QoS, παράλληλα. Η τεχνολογία εργαλείων "όλα σε ένα" που βασίζεται σε διακριτικά RS παρέχει μείωση των γενικών εξόδων της MAC μέχρι το μέγιστο όριο και αύξηση της χωρητικότητας διακίνησης της MAC μέχρι το ανώτατο όριο.

### 3.4 Αρχιτεκτονική 5G-CCN

Για την αντιμετώπιση των απαιτήσεων αριθμητικής υπηρεσίας, το 5G παρουσιάζει μια μεγάλη ευκαιρία για την εισαγωγή ενός νέου πλαισίου αρχιτεκτονικής δικτύου. Η ανάγκη για εισαγωγή νέας αρχιτεκτονικής δικτύωσης μπορεί να δικαιολογηθεί από τα ακόλουθα σημεία:

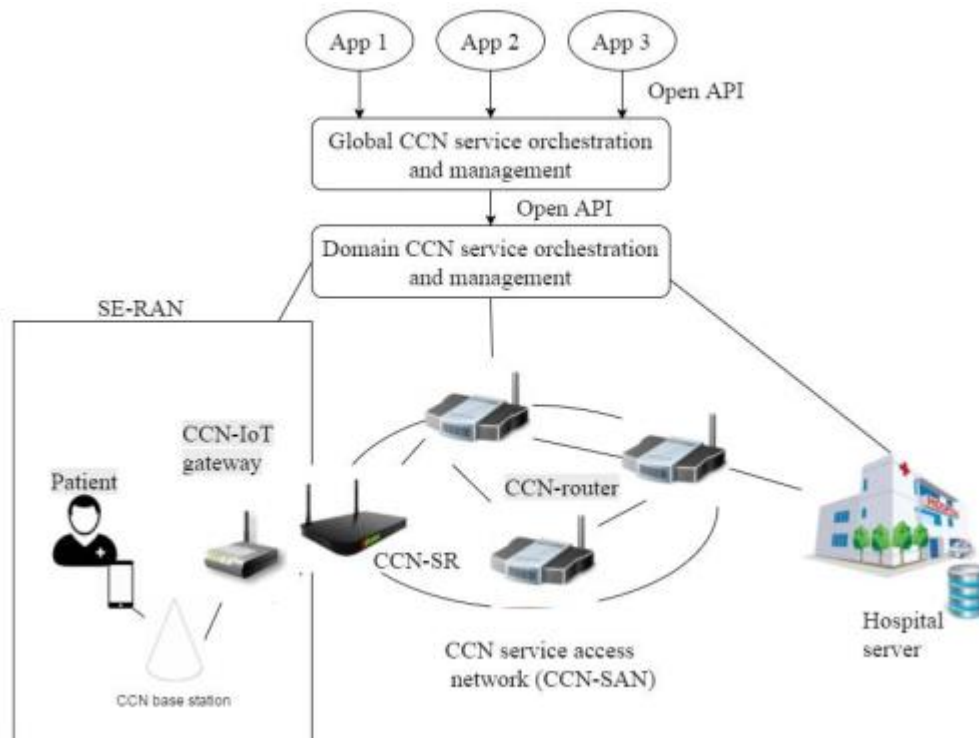
1. Ξεπερνά τα προβλήματα που παρουσιάζονται στην ύπαρξη ενός ενιαίου πρωτοκόλλου που μπορεί να είναι η κινητικότητα και η ασφάλεια.
2. Ενσωμάτωση ασύρματων και ενσύρματων διεπαφών λειτουργώντας ως ενοποιημένη πλατφόρμα χρησιμοποιώντας L2API.

3. Παρέχει ευέλικτη υποστήριξη για υπολογιστικούς πόρους και αποθήκευση σε μια ενιαία πλατφόρμα.

Όλα αυτά τα πλεονεκτήματα μπορούν να επιτευχθούν με την αρχιτεκτονική 5G CCN και να επιτρέψουν τη λογική εικονικών λειτουργιών και τις λειτουργίες προσωρινής αποθήκευσης. Οι υπηρεσίες που προσφέρονται από την εφαρμογή υγειονομικής περίθαλψης IoT υποστηρίζονται με τη διανομή της λειτουργίας ενδιάμεσου λογισμικού σε λειτουργίες CCN 5G που ονομάζεται πύλη CCN IoT.[3]

Από το Σχήμα 1, μπορεί να φανεί ότι υπάρχουν δύο εννοήσεις και διαχείριση υπηρεσιών CCN: εννοήση καθολικής υπηρεσίας CCN και εννοήση υπηρεσιών CCN τομέα. Στην παγκόσμια εννοήση υπηρεσιών CCN, υπάρχουν τρία επίπεδα: επίπεδο ελέγχου, σχέδιο υπηρεσίας και επίπεδο δεδομένων. Στο σχέδιο ελέγχου και εξυπηρέτησης, το CCN προσφέρεται για την εικονικοποίηση της υπηρεσίας μέσω (Εικονικοποίηση λειτουργιών δικτύου/Δίκτυο καθορισμένο από λογισμικό) NFV/SDN. Ο παγκόσμιος εννοήση πραγματοποιείται μέσω ενός λογικά συγκεντρωτικού σχεδίου εξυπηρέτησης. Για να υποστηρίξει την εικονικοποίηση επιπέδου δεδομένων, το CCN χρησιμοποιεί κοινή χρήση προσωρινής μνήμης και δρομολόγησης βάσει ονόματος με τη βοήθεια εννοήση υπηρεσίας CCN τομέα. Ο υπολογισμός των πόρων που χρησιμοποιούνται από διάφορους δρομολογητές γίνεται από τη λειτουργία εικονικού δικτύου (VNF), το πλαίσιο P4 και το λογικό διαχωρισμό του φυσικού ή λογισμικού δρομολογητή CCN.

Στο επίπεδο δεδομένων, η υλοποίηση της επίπεδης αρχιτεκτονικής γίνεται χωρίς την ανάγκη εξειδικευμένης πύλης. Όπως φαίνεται στο σχήμα 1, οι συσκευές συνδέονται στο RAN χρησιμοποιώντας πύλες CCN. Αυτό το RAN ονομάζεται υπηρεσία ενεργοποιεί το RAN (SE RAN). Οι δρομολογητές άκρης του δικτύου CCN ονομάζονται δρομολογητές υπηρεσιών CCN (CCN SR). Το CCN SR έχει τη δυνατότητα αποτελεσματικού υπολογισμού, αποθήκευσης και διανομής πόρων που μοιράζονται μεταξύ διαφόρων υπηρεσιών. Τα χαρακτηριστικά του CCN, όπως η προσωρινή αποθήκευση, ο υπολογισμός, η ασφάλεια και η πολλαπλή οικία επιτρέπουν στο 5G CCN να υποστηρίζει φυσικά εφαρμογές IoT υψηλού εύρους ζώνης, όπως η εφαρμογή υπηρεσιών υγείας E του WBAN.



Εικόνα 11: Μια αρχιτεκτονική 5G CCN για ιατρική περίθαλψη, [3]

Στο Σχήμα 11, ο παγκόσμιος ενορχηστρωτής CCN χρησιμοποιείται για την υλοποίηση των υπηρεσιών CCN των εφαρμογών. Παγκόσμιος ενορχηστρωτής CCN με ελεγκτές τομέα για εικονικοποίηση υπολογιστών, αποθήκευσης και πόρων δικτύου για την κάλυψη των απαιτήσεων υπηρεσίας, με τη βοήθεια των ακόλουθων λειτουργιών:

1. Μετατροπή των απαιτήσεων υπηρεσίας σε απαίτηση πόρων στο επίπεδο δεδομένων και αναγνώριση της αντίστοιχης λειτουργίας εικονικού δικτύου/Εικονικό λειτουργία υπηρεσίας (VNF/VSF) για την υποστήριξη των επιθυμητών υπηρεσιών μετάφρασης.
2. Παρακολουθήστε τους πόρους αποθήκευσης, υπολογιστών και δικτύωσης στους δρομολογητές αιχμής του CCN.
3. Παρακολουθήστε τις αλλαγές στις τοπολογίες.
4. Συντήρηση διεπαφών σε διαφορετικούς ελεγκτές τομέα, για την επιβολή των κανόνων που καθορίζονται από τον ενορχηστρωτή υπηρεσιών.
5. Αντιμετώπιση σφαλμάτων και διαχείριση αστοχίας VNF/VSF.

Η ενορχήστρωση και η διαχείριση υπηρεσιών τομέα παρέχει μια ευέλικτη υποστήριξη για υπηρεσίες CCN εντός ενός τομέα.

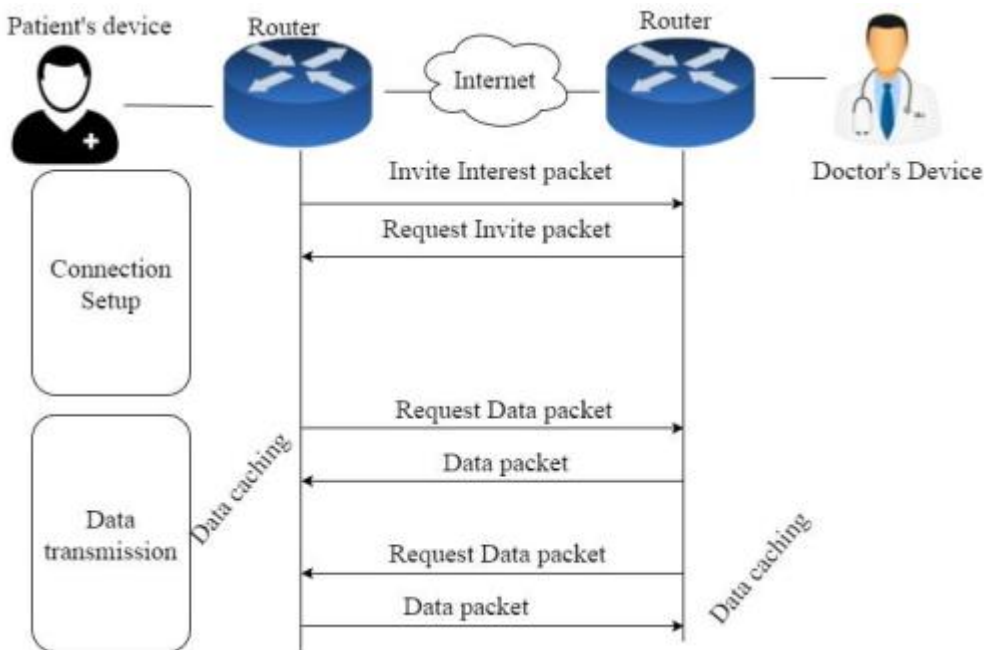
Για να γίνει αυτό, οι ελεγκτές CCN υλοποιούνται ως υποελεγκτές στον τοπικό τομέα. Ο χειρισμός των σφαλμάτων και η διαχείριση της αστοχίας των VNF/VSF γίνονται

επίσης από την ενορχήστρωση υπηρεσιών τομέα μαζί με τη συμβολή της παγκόσμιας ενορχήστρωσης του CCN.[3]

### 3.5 Πρωτόκολλο 5G-CCN για το WBAN

Το προτεινόμενο 5G CCN WBAN ακολουθεί το πρωτόκολλο που φαίνεται στην εικόνα 2. Το πρωτόκολλο 5G CCN WBAN αποτελείται από δύο βασικά πράγματα: Ρύθμιση σύνδεσης και μετάδοση δεδομένων. Για τη σύνδεση διαφόρων συσκευών IoT του WBAN, χρησιμοποιείται το στοιχείο ρύθμισης σύνδεσης. Αρχικά, η συσκευή WBAN στο σώμα του ασθενούς, η οποία την υποστηρίζει, στέλνει ένα προσκλητικό πακέτο μηνυμάτων. Αυτό το πακέτο χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό του διακομιστή του γιατρού και ο δρομολογητής του CCN προχωρά στην προώθηση του πακέτου πρόσκλησης.

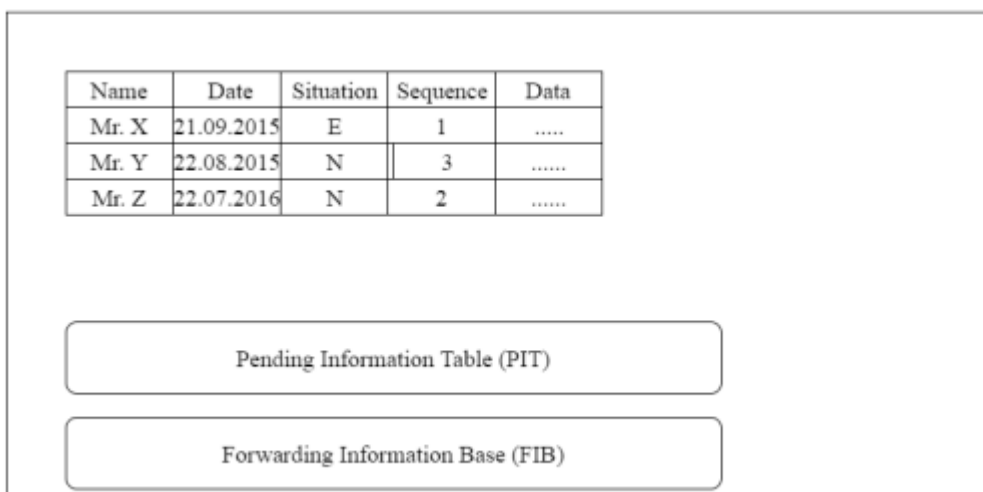
Εάν το πακέτο ληφθεί από τον διακομιστή του γιατρού, τότε ο διακομιστής στη συσκευή στο σώμα του ασθενούς στέλνει ένα πακέτο πρόσκλησης αιτήματος και κάθε διακομιστής ελέγχει τη σύνδεση από αυτό το εισερχόμενο πακέτο. Περαιτέρω, ο διακομιστής στη συσκευή και ο διακομιστής των δεδομένων αιτήματος της συσκευής του γιατρού χρησιμοποιούν ένα πακέτο ενδιαφέροντος και στέλνουν δεδομένα χρησιμοποιώντας πακέτο δεδομένων.



Εικόνα 12: Πρωτόκολλο 5G CCN WBAN για το e-Health, [3]

Ωστόσο, ο δρομολογητής στο CCN διαθέτει λειτουργία προσωρινής αποθήκευσης. Έτσι, τα routers του CCN αποθηκεύουν τα δεδομένα για κάθε επικοινωνία μεταξύ service του σώματος του ασθενούς και ενός διακομιστή της συσκευής του γιατρού. Χρησιμοποιώντας αυτήν τη λειτουργία, το στοιχείο μετάδοσης δεδομένων μπορεί να λάβει δεδομένα από τους πλησιέστερους δρομολογητές χωρίς προηγούμενη ρύθμιση

σύνδεσης. Κάθε δρομολογητής του 5G CCN WBAN έχει κινητήρα προώθησης που φαίνεται στο σχήμα 3. Το 5G CCN WBAN χρησιμοποιεί Face επειδή παρέχει πολλαπλές συνδέσεις, σε αντίθεση με το δίκτυο IP. Η μηχανή προώθησης του 5G CCN WBAN αποτελείται από τρία σημαντικά πράγματα: χώρο αποθήκευσης περιεχομένου (CS), πίνακα ενδιαφέροντος σε εκκρεμότητα (PIT) και βάση πληροφοριών προώθησης (FIB). Ο δρομολογητής του CCN διαθέτει λειτουργία προσωρινής αποθήκευσης, η οποία επιτρέπει στον δρομολογητή να αποθηκεύει δεδομένα στο CS. Επειδή τα δεδομένα του WBAN έχουν διάφορους τύπους ανάλογα με μια κατάσταση όπως τα κανονικά δεδομένα και τα δεδομένα έκτακτης ανάγκης. Έτσι, για να προσαρμόζεται ο τύπος δεδομένων των συσκευών IoT για WBAN, χρειάζεται να γίνουν οποιεσδήποτε τροποποιήσεις στο CS. Επειδή τα δεδομένα του WBAN έχουν διάφορους τύπους ανάλογα με μια κατάσταση όπως τα κανονικά δεδομένα και τα δεδομένα έκτακτης ανάγκης. Έτσι, για να προσαρμόζεται ο τύπος δεδομένων των συσκευών IoT για WBAN, χρειάζεται να γίνουν οποιεσδήποτε τροποποιήσεις στο CS. Αυτή η τροποποίηση γίνεται με την έννοια της συμπερίληψης μιας επιπλέον οντότητας στον πίνακα CS, όπως το όνομα πελάτη του WBAN, δεδομένα ανίχνευσης για τις συσκευές του στο σώμα ενός ασθενούς, μια ακολουθία και μια σημαία που χρησιμοποιείται για να υποδείξει ότι τα δεδομένα είναι κανονικά δεδομένα ή δεδομένα έκτακτης ανάγκης. Σύμφωνα με την αξία της σημαίας, δίνεται πάντα υψηλή προτεραιότητα στα δεδομένα έκτακτης ανάγκης. Η ακολουθία πεδίων χρησιμοποιείται για τη διαχείριση του ιστορικού των δεδομένων του χρήστη με παραγγελία. Επιτέλους, το PIT διαχειρίζεται το εισερχόμενο και εξερχόμενο πακέτο ενδιαφέροντος. Το FIB χρησιμοποιείται για την προώθηση του πακέτου ενδιαφέροντος προς έναν καταλληλότερο δρομολογητή. Σε συντομογραφία, ο κινητήρας προώθησης κάθε δρομολογητή μπορεί να γίνει κατανοητός ως εξής:

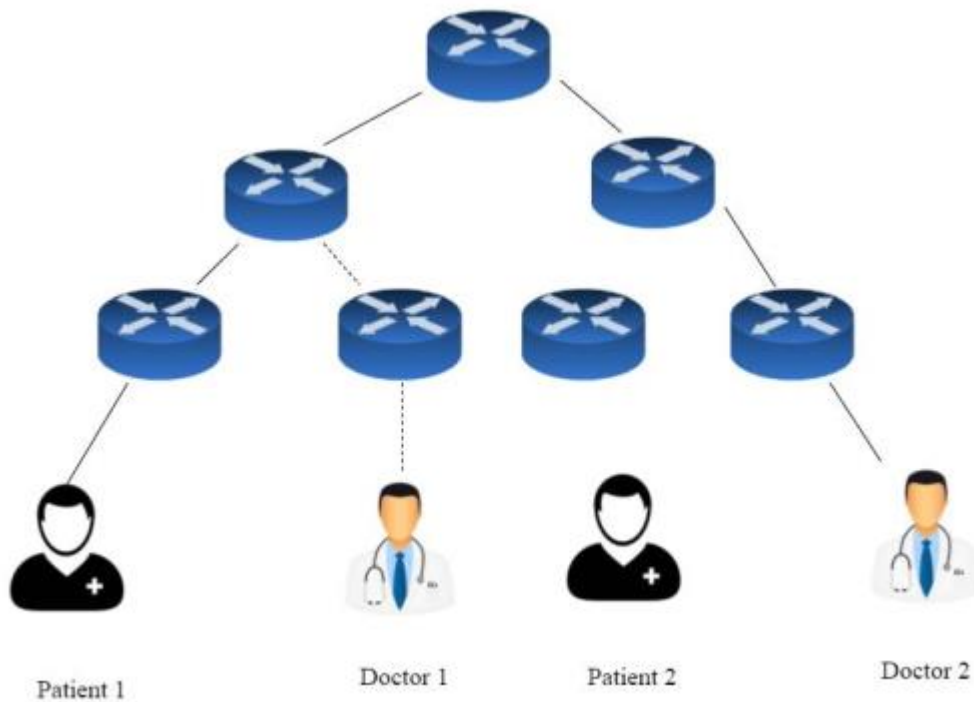


Ο δρομολογητής του 5G CCN WBAN λαμβάνει ένα πακέτο ενδιαφέροντος.



- Η μηχανή προώθησης του δρομολογητή ελέγχει εάν το CS έχει τα δεδομένα ως όνομα του αιτούμενου πακέτου ενδιαφέροντος.
- Εάν το CS βρει την καταχώρηση στη μνήμη cache του, ο δρομολογητής μεταδίδει αυτά τα δεδομένα που ταιριάζουν στον αιτούντα πελάτη χρησιμοποιώντας το πακέτο δεδομένων.
- Ο κινητήρας προώθησης του δρομολογητή ελέγχει το όνομα του πακέτου ενδιαφέροντος στο PIT του. Το PIT διαχειρίζεται κάθε φορά που το εισερχόμενο πακέτο ενδιαφέροντος από τον πελάτη, μεταδίδεται από αυτόν πριν ή όχι. Εάν είχε μεταδοθεί τότε, ο δρομολογητής κατανοεί ότι είναι ένα διπλό πακέτο ενδιαφέροντος και απορρίπτει το διπλότυπο.
- Ο κινητήρας προώθησης του δρομολογητή ελέγχει την καταχώρηση στον πίνακα FIB του.
- Εάν το όνομα υπάρχει στην καταχώριση FIB, αυτό σημαίνει ότι άλλος δρομολογητής προωθεί το πακέτο. Έτσι, ο δρομολογητής ενημερώνει τη λίστα PIT και προωθεί το πακέτο ενδιαφέροντος όπως αναφέρεται σε αυτήν την καταχώρηση στον πίνακα FIB.

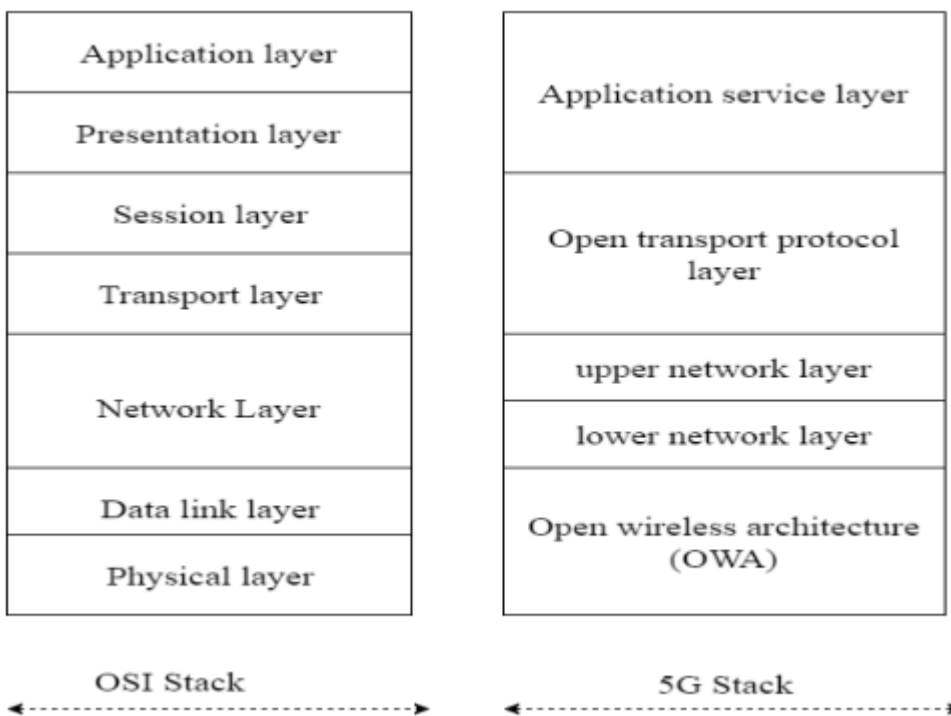
Ο περιορισμένος λανθάνοντας χρόνος θα επιτευχθεί αυτόματα λόγω της επικοινωνίας που έχει δημιουργηθεί με το δρομολογητή του κοντινού νοσοκομείου. Τα πακέτα στο CCN είναι ασφαλισμένα με ψηφιακή υπογραφή και η επικοινωνία βασίζεται μόνο στα μηνύματα ενδιαφέροντος της πρόσκλησης. Με αυτόν τον τρόπο, η Ασφάλεια συνδέεται στενά με τα πακέτα του 5G CCN WBAN. Για παράδειγμα στο σχήμα 4, όταν ο γιατρός2 θέλει να αποκτήσει πρόσβαση στα δεδομένα του ασθενούς1, ο γιατρός2 και ο ασθενής1 πρέπει να αναζητήσουν τη διαδρομή δρομολόγησης. Μετά από αυτό, ο γιατρός2 λαμβάνει τα δεδομένα από τον ασθενή 1 μέσω μιας απλής γραμμής. Τώρα, ο γιατρός1 θέλει να αποκτήσει πρόσβαση στα ίδια δεδομένα από τον ασθενή1 και στη συνέχεια, μπορεί να λάβει δεδομένα πρόσβασης του ασθενή1 από έναν δρομολογητή. Η πρόσβαση στα δεδομένα από τον γιατρό1 υποδεικνύεται με διακεκομμένες γραμμές. Αυτή η πρόσβαση είναι δυνατή επειδή κάθε δρομολογητής του CCN έχει τη δυνατότητα προσωρινής αποθήκευσης. Έτσι, σε προηγούμενη επικοινωνία, ο δρομολογητής αποθήκευσε τα δεδομένα του ασθενή1 για μελλοντική πρόσβαση.[3]

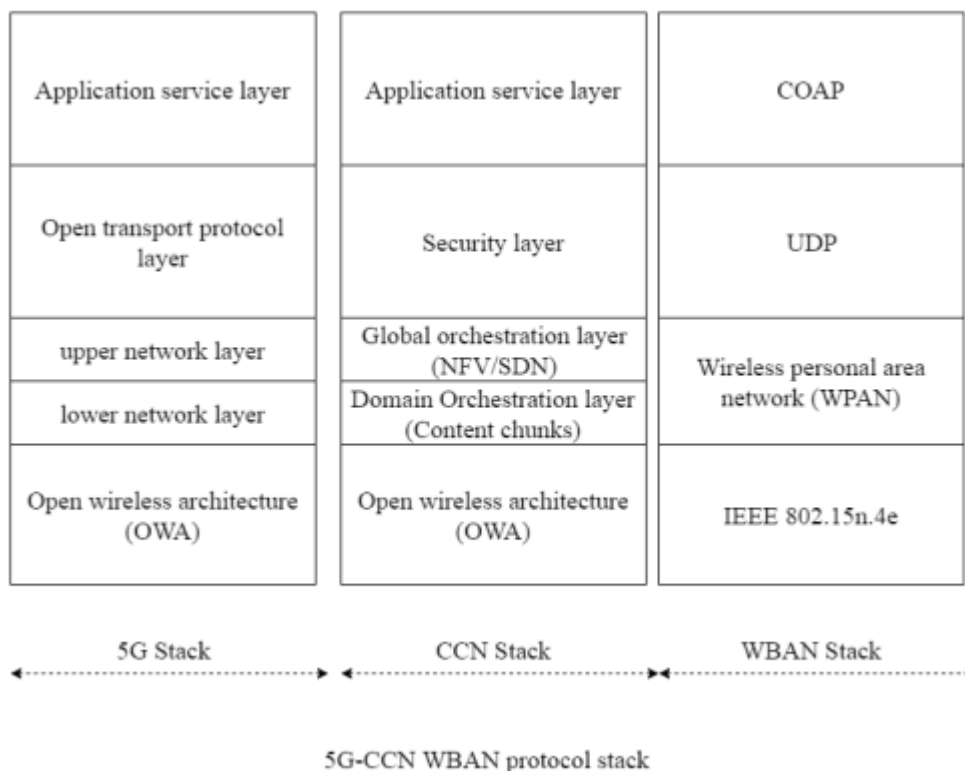


Εικόνα 13: Σχεδιάγραμμα Παραδείγματος, [3]

### Protocol Stack για 5G-CCN WBAN

Το Σχήμα 6 απεικονίζει τη στοίβα πρωτοκόλλου 5G CCN WBAN με αναφορά στο επίπεδο πρωτοκόλλου 5G με χαρακτηριστικό υποστήριξης του CCN, αντιστοιχισμένο με στρώμα OSI (Εικ. 5). Τα βασικά στοιχεία του 5G CCN WBAN είναι τα εξής:





Εικόνα 14: Protocol Stack για 5G- CCN WBAN, [3]

- Ανοικτό επίπεδο αρχιτεκτονικής ασύρματης σύνδεσης (OWA): Το OWA αποτελείται από δύο επίπεδα του μοντέλου OSI: το φυσικό στρώμα και το επίπεδο σύνδεσης δεδομένων. Οι λειτουργίες αυτών των δύο επιπέδων υποστηρίζουν το IEEE 802.154e.
- Επίπεδο δικτύου: Το επίπεδο δικτύου αποτελείται από δύο υποστρώματα: το ανώτερο επίπεδο δικτύου και το κατώτερο επίπεδο δικτύου. Το ανώτερο επίπεδο δικτύου του 5G CCN WBAN αποτελείται από τη δυνατότητα NFV/SDN για την υποστήριξη της εικονικοποίησης και της λειτουργίας της παγκόσμιας εντοπισμού. Το κατώτερο επίπεδο δικτύου εκτελεί δρομολόγηση και προώθηση βάσει περιεχομένου για να υποστηρίξει τη δυνατότητα ελέγχου εντοπισμού τομέα. Αυτά τα δύο επίπεδα 5G CCN WBAN καθιστούν τις συσκευές WPAN ενεργές για να παρέχουν μια αποτελεσματική εφαρμογή υγειονομικής περίθαλψης.
- Το ανοικτό επίπεδο μεταφοράς παρέχει την ασφάλεια στα πακέτα ενδιαφέροντος και δεδομένων και δημιουργεί καλύτερη αξιοπιστία, ασφάλεια, ακεραιότητα και περιορισμένη καθυστέρηση. Εν ολίγοις, αυτό το επίπεδο συνδυάζει τη λειτουργικότητα τόσο του επιπέδου μεταφοράς όσο και του επιπέδου συνεδρίας.

- Το επίπεδο εφαρμογής του 5G CCN WBAN επιλέγει την καλύτερη ασύρματη σύνδεση για παροχή υπηρεσιών. Υποστηρίζει COAP (περιεχόμενο πρωτόκολλο εφαρμογής) για WBAN που ολοκληρώνει το κύριο μέρος της λύσης επικοινωνίας του.

Τα WBAN έχουν προσελκύσει αυξανόμενη προσοχή από την άποψη της παροχής πανταχού παρούσας υγειονομικής περίθαλψης, ειδικά για τον γηράσκον πληθυσμό. Η χρήση του δικτύου IP για βιοϊατρικές υπηρεσίες έχει περιορισμούς. Για να λύσουμε αυτούς τους περιορισμούς, προτείνουμε την αρχιτεκτονική 5G CCN WBAN χρησιμοποιώντας μια έννοια που επικεντρώνεται στο περιεχόμενο. Το δίκτυο περιοχών σώματος που βασίζεται στο CCN είναι κατάλληλο για υπηρεσίες υγειονομικής περίθαλψης παρά για δίκτυο IP, επειδή η ασφάλεια των δεδομένων των WBAN είναι σημαντική. Έχει επίσης ένα πλεονέκτημα ότι διαχειρίζεται αποτελεσματικά τους πόρους του δικτύου επειδή η λειτουργία προσωρινής αποθήκευσης των δρομολογητών παρέχει την αποφυγή της διπλής μετάδοσης. Το προτεινόμενο 5G CCN WBAN πληροί τις απαιτήσεις του δικτύου περιοχής σώματος με υποστήριξη συσκευών υγειονομικής περίθαλψης IoT. Με αυτόν τον όρο, επιτυγχάνει υψηλή ασφάλεια, επεκτασιμότητα, αξιοπιστία και αποτελεσματική αντιμετώπιση μιας επείγουσας ιατρικής κατάστασης ασθενών. Το πιο πρόσφατο παράδειγμα πέμπτης γενιάς κάνει την αρχιτεκτονική του CCN WBAN γρήγορη με αποτελεσματική υποστήριξη για εφαρμογές υγειονομικής περίθαλψης υψηλού εύρους ζώνης. Το NFV/SDN του 5G παρέχει μια πολύ καλή διαχείριση της κοινής χρήσης πόρων και του ελέγχου των πακέτων προώθησης. Στο μέλλον, θα δοκιμάσουμε τη λειτουργία του 5G CCN WBAN μέσω προσομοιώσεων και θα επαληθεύσουμε τα αποτελέσματά τους.

[3][13][14][15][16]

## 4. Μεγάλα Δεδομένα για την Φροντίδα Υγείας και Ασφάλεια και Ιδιωτικότητα για Συστήματα Φροντίδας Υγείας

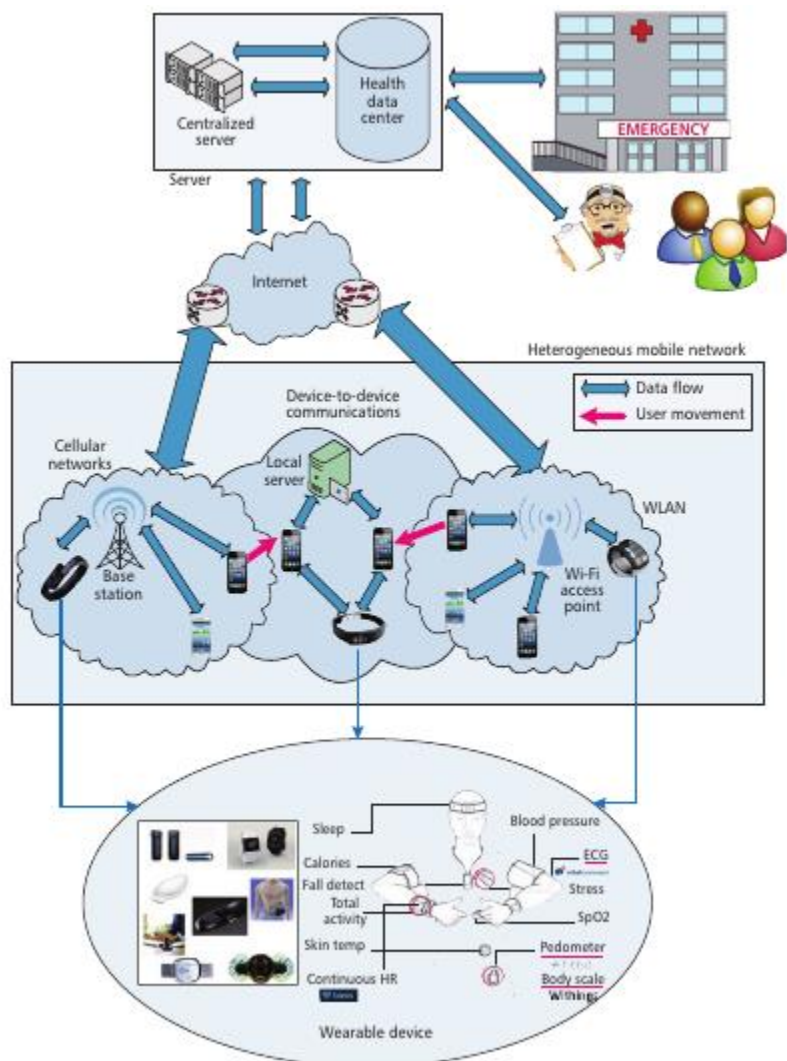
### 4.1 Δίκτυα Κινητής Υγείας (Mobile Health Networks- MHN)

Με την άνθηση των πολυλειτουργικών συσκευών που μπορούν να φορούν και την ευρεία χρήση των έξυπνων τηλεφώνων, το MHN γίνεται ένα πολλά υποσχόμενο παράδειγμα της πανταχού παρούσας υγειονομικής περίθαλψης για τη συνεχή παρακολούθηση των συνθηκών υγείας μας, την εξ αποστάσεως διάγνωση φαινομένων και την κοινή χρήση πληροφοριών υγείας σε πραγματικό χρόνο. Ωστόσο, τα MHN εγείρουν κρίσιμα ζητήματα ασφάλειας και απορρήτου, καθώς συλλέγονται εξαιρετικά ευαίσθητες πληροφορίες υγείας και οι χρήστες έχουν διαφορετικές απαιτήσεις

ασφάλειας και απορρήτου σχετικά με αυτές τις πληροφορίες. Σε αυτό το κεφάλαιο, διερευνάται η ασφάλεια και η προστασία του απορρήτου στα ΜΗΝ από την άποψη του QoP, το οποίο προσφέρει στους χρήστες προσαρμόσιμη προστασία ασφαλείας σε λεπτά επίπεδα. Συγκεκριμένα, γίνεται μια εισαγωγή πρώτα την αρχιτεκτονική του ΜΗΝ και αναφορά στις προκλήσεις ασφάλειας και απορρήτου από την οπτική γωνία του QoP. Στη συνέχεια, αναδεικνύονται ορισμένα αντίμετρα για την ασφάλεια και την προστασία του απορρήτου στα ΜΗΝ, συμπεριλαμβανομένης της συγκέντρωσης δεδομένων υγείας για τη διατήρηση του απορρήτου, της ασφαλούς επεξεργασίας δεδομένων υγείας και του εντοπισμού ανάρμοστης συμπεριφοράς.

Η υγειονομική περίθαλψη είναι ένα από τα σημαντικότερα κοινωνικά και οικονομικά προβλήματα σε όλο τον κόσμο, ειδικά σε μια γηράσκουσα κοινωνία, όπου συνεπάγεται τεράστιο κόστος υγείας και εργατικού δυναμικού. Από μια πρόσφατη εθνική έκθεση για την υγεία στις Ηνωμένες Πολιτείες, η μέση κατά κεφαλήν δαπάνη ήταν 8895 \$ το 2014, ενώ η ετήσια εθνική δαπάνη για την υγειονομική περίθαλψη εκτοξεύτηκε στα 3,8 τρισεκατομμύρια δολάρια. Μεταξύ των δαπανών, η κατ' οίκον φροντίδα νοσηλείας, η κατ' οίκον υγειονομική περίθαλψη και η προσωπική φροντίδα συμβάλλουν περίπου στο 18 τοις εκατό των συνολικών δαπανών [1]. Επιπλέον, η παραδοσιακή νοσοκομειακή περίθαλψη όχι μόνο στερείται αποτελεσματικότητας κατά την αντιμετώπιση χρόνιων ασθενειών ή τον εντοπισμό ορισμένων σοβαρών ασθενειών στα αρχικά στάδια, αλλά υποφέρει επίσης από υπερβολικούς χρόνους αναμονής στα νοσοκομεία. Ως εκ τούτου, αναδεικνύεται η παρουσίαση και επερχόμενων λύσεων υγειονομικής περίθαλψης, συμπεριλαμβανομένης της συνεχούς παρακολούθησης της υγείας καθώς και της επεξεργασίας και ανταλλαγής πληροφοριών για την υγεία, για τη βελτίωση της διάγνωσης ασθενειών και την απαλλαγή από το βαρύ φορτίο των υφιστάμενων δαπανών για την υγεία. Πρόσφατα, οι φορητές συσκευές (π.χ. έξυπνα ρολόγια καρπού, βραχιόλια, δαχτυλίδια και σκούφια μαλλιών) εφαρμόζονται ευρέως για να προσφέρουν συνεχή υγειονομική περίθαλψη, όπως παρακολούθηση παραμέτρων φυσιολογίας για απομακρυσμένη υγειονομική περίθαλψη, καταγραφή καρδιακών παλμών για την ένταση ή την προπόνηση και τις θερμίδες έγκαυμα κατά τη διάρκεια της φυσικής κατάστασης. Αποτελούμενο από αυτές τις πανταχού παρούσες φορητές συσκευές, ετερογενή δίκτυα κινητής τηλεφωνίας (π.χ. κυψελοειδές δίκτυο, WiFi και επικοινωνίες συσκευής με συσκευή [D2D]) και ισχυρούς υπολογιστικούς διακομιστές (π.χ. διακομιστές cloud), κινητά δίκτυα υγειονομικής περίθαλψης (ΜΗΝ) συλλέγουν τις πληροφορίες υγείας ανιχνεύεται από φορητές συσκευές, αναλύει/διεργάζεται για την παρακολούθηση της υγείας και τη διάγνωση και επιτρέπει τις κοινωνικές αλληλεπιδράσεις των χρηστών. Για παράδειγμα, οι ηλικιωμένοι μπορούν να φορούν αποκλειστικές φορητές συσκευές που μετρούν συνεχώς τις πληροφορίες για τη σωματική τους υγεία, όπως τη θερμοκρασία του σώματος, τον καρδιακό ρυθμό, την αρτηριακή πίεση και τον κορεσμό οξυγόνου. Εν τω μεταξύ, οι

γιατροί ή/και οι οικογένειές τους μπορούν να χρησιμοποιούν επιτραπέζιους υπολογιστές και smartphone για απομακρυσμένη πρόσβαση σε αυτά τα αρχεία υγείας μέσω MHN. Σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης, όπως πτώση ή καρδιακό πρόβλημα, οι φορητές συσκευές μπορούν να αναφέρουν αυτόματα την κατάσταση της υγείας του ασθενούς στους γιατρούς και τις οικογένειές του. Επιπλέον, τα MHN μπορούν επίσης να ενεργοποιήσουν υποσχόμενες εφαρμογές φορητών και κοινωνικών δικτύων, για παράδειγμα, την κοινή χρήση πληροφοριών φυσικής κατάστασης και δραστηριότητας που μετρώνται από συσκευές που μπορούν να φορεθούν μεταξύ φίλων. Ωστόσο, οι εφαρμογές MHN εγείρουν διάφορα ζητήματα ασφάλειας και απορρήτου. Δεδομένου ότι οι πληροφορίες για την υγεία (π.χ. φαινόμενα, κατάσταση υγείας, έκτακτη ανάγκη) είναι σχετικά ευαίσθητες για τους χρήστες, οποιαδήποτε ακατάλληλη αποκάλυψη μπορεί να παραβιάσει το απόρρητο των χρηστών και ακόμη και να οδηγήσει σε απώλεια περιουσίας. Οι χρήστες μπορεί επίσης να ανησυχούν μήπως παραβιαστούν τα κρίσιμα δεδομένα υγείας τους όταν τα δεδομένα υγείας τους αποθηκεύονται σε μη αξιόπιστους διακομιστές cloud. Επιπλέον, ορισμένοι κακόβουλοι εισβολείς συμπεριφέρονται λανθασμένα στα MHN για να διαταράξουν την αποτελεσματικότητα ή να παραπλανήσουν τις προτιμήσεις άλλων χρηστών. Χωρίς την κατάλληλη προστασία ασφάλειας και απορρήτου, οι χρήστες ενδέχεται να μην αποδέχονται εφαρμογές MHN.[7]



Εικόνα 15: Mobile Health Network, [7]

Επιπλέον, το κόστος της προστασίας ασφαλείας ποικίλλει ανάλογα με τις διαφορετικές απαιτήσεις των χρηστών και μπορεί να επηρεάσει τις εμπειρίες των χρηστών από τις εφαρμογές MHN. Για παράδειγμα, οι περίπλοκες τεχνικές κρυπτογράφησης μπορεί να προσφέρουν στους χρήστες περισσότερες εγγυήσεις ασφαλείας αλλά με υψηλότερα υπολογιστικά έξοδα και καθυστέρηση από τις ελαφριές. Για την ικανοποίηση των διαφορετικών απαιτήσεων ασφαλείας των χρηστών και την εξισορρόπηση της αντιστάθμισης μεταξύ της απόδοσης και της προστασίας ασφαλείας, η ποιότητα προστασίας (QoP) έχει γίνει μια νέα ιδέα ασφαλείας που επιτρέπει στις εφαρμογές να ενσωματώνουν απρόσκοπτα ρυθμιζόμενη προστασία ασφαλείας. Ως εκ τούτου, λαμβάνουμε ένα ειδικό επίκεντρο που καλύπτει τις τάσεις της MHN στην ασφάλεια και την προστασία της ιδιωτικής ζωής από την προοπτική QoP, το οποίο μπορεί να διαχωρίσει τα συστήματα ασφαλείας σε διαφορετικά επίπεδα για να εξασφαλίσει τις κατάλληλες υπηρεσίες ασφαλείας για την καλύτερη αντιστάθμιση μεταξύ των

απαιτήσεων απόδοσης και της ασφάλειας. Σε αυτό το κεφάλαιο, διερευνούμε ζητήματα ασφάλειας και απορρήτου σε MHN από την προοπτική QoP.

Αρχικά εισάγουμε τη συνολική αρχιτεκτονική των MHN και παρουσιάζουμε μερικές πολλά υποσχόμενες εφαρμογές MHN. Στη συνέχεια, συζητάμε τις προκλήσεις ασφάλειας και απορρήτου στα MHN από την προοπτική QoP, συμπεριλαμβανομένης της διαρροής απορρήτου, της κακής συμπεριφοράς και της ασφάλειας στη συλλογή και επεξεργασία δεδομένων υγείας. Παρουσιάζουμε επίσης ορισμένες λύσεις, δηλαδή τη συγκέντρωση δεδομένων υγείας για τη διατήρηση του απορρήτου, τον εντοπισμό ανάρμοστης συμπεριφοράς και την ασφαλή επεξεργασία δεδομένων υγείας, για την αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων ασφάλειας και απορρήτου.

Αρχιτεκτονική MHN ,[7]

Τα MHN αποτελούνται από φορητές συσκευές, χρήστες, διακομιστές και ετερογενή δίκτυα κινητής τηλεφωνίας

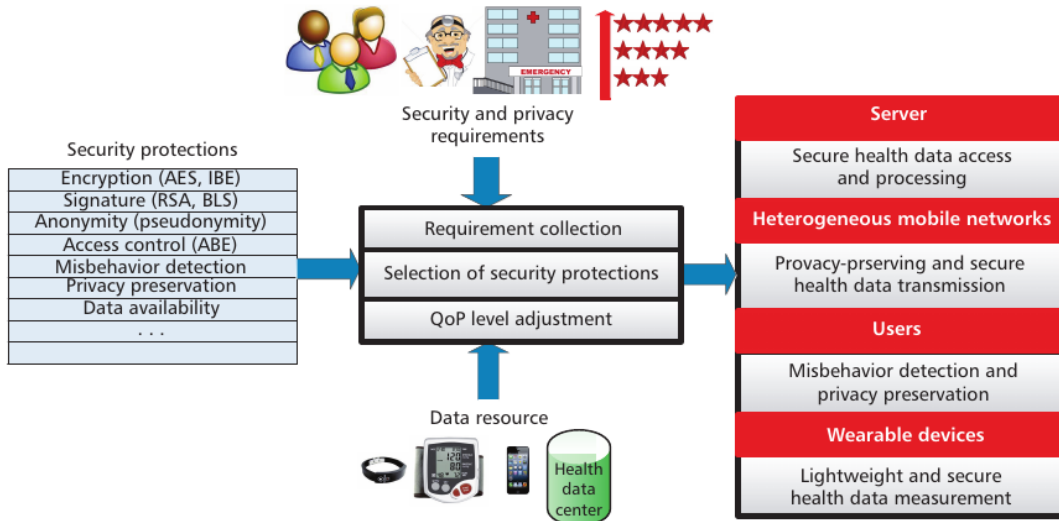
**Φορητές συσκευές:** Οι φορητές συσκευές, ως η γέφυρα που συνδέει το ανθρώπινο σώμα και τον κόσμο των πληροφοριών, είναι ενσωματωμένες με αισθητήρες φυσιολογίας και υπολογισμούς χαμηλής ισχύος , μονάδες επικοινωνίας και αποθήκευσης. Αυτές οι συσκευές μπορούν να ανιχνεύσουν διάφορες πληροφορίες από έναν άνθρωπο, όπως παραμέτρους φυσιολογίας, καταστάσεις υγείας, κινήσεις και τοποθεσία. Γενικά, οι φορητές συσκευές μπορούν να προεπεξεργάζονται μόνο τα δεδομένα που ανιχνεύονται λόγω των περιορισμών του μεγέθους, των δυνατοτήτων επεξεργασίας και της ενέργειας. Εναλλακτικά, αυτά τα δεδομένα ανίχνευσης συμπιέζονται από τις ενσωματωμένες μονάδες υπολογισμού χαμηλής ισχύος, αποστέλλονται σε συσκευές κινητών χρηστών (δηλαδή smartphone και επιτραπέζιους υπολογιστές) μέσω Bluetooth ή NFC ή παραδίδονται απευθείας στους διακομιστές μέσω ετερογενών δικτύων κινητής τηλεφωνίας.

**Χρήστες:** Χρήστες, όπως γιατροί, ασθενείς και οι οικογένειές τους, χρησιμοποιούν smartphone για να λαμβάνουν δεδομένα ανίχνευσης από φορητές συσκευές. Μπορούν επίσης να παραδώσουν αυτά τα δεδομένα υγείας σε διακομιστές για περαιτέρω επεξεργασία και ανάλυση. Επιπλέον, μπορεί να είναι είτε αντικείμενα ανίχνευσης (π.χ. ασθενείς και ηλικιωμένοι) φορητών συσκευών είτε οθόνες για τη μέτρηση και τη συλλογή δεδομένων υγείας από τα αντικείμενα αίσθησης.

**Διακομιστές:** Οι διακομιστές (π.χ. κεντρικοί διακομιστές σε νοσοκομεία και διακομιστές cloud) χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση, επεξεργασία και ανάλυση των δεδομένων υγείας που συλλέγονται από τις φορητές συσκευές ή τους χρήστες κινητών. Ορισμένοι τοπικοί διακομιστές μπορούν να λειτουργούν ως αρχές για να οργανώνουν αυτόματα τα τοπικά MHN και να παρέχουν τοπικές πληροφορίες για να διευκολύνουν τις αλληλεπιδράσεις των χρηστών κινητής τηλεφωνίας.



**Ετερογενή δίκτυα κινητής τηλεφωνίας:** Αποτελούμενα από κυψελοειδές δίκτυο, WiFi και επικοινωνίες D2D, ετερογενή δίκτυα κινητής τηλεφωνίας υποστηρίζουν MHN για συλλογή δεδομένων υγείας από φορητές συσκευές ή χρήστες κινητών, μετάδοση και κοινή χρήση. Τα MHN μπορούν να εναλλάσσονται απρόσκοπτα μεταξύ διαφορετικών τύπων δικτύων κινητής τηλεφωνίας κατά τη μετάδοση και την κοινή χρήση δεδομένων υγείας.



Εικόνα 16: QoS για τα MHN, [7]

## Εφαρμογές MHN

Υπάρχουν διάφορες εφαρμογές MHN, συμπεριλαμβανομένης της απομακρυσμένης υγειονομικής περίθαλψης, της κατ' οίκον φροντίδας και της φυσικής κατάστασης

**Κλινική/Απομακρυσμένη υγειονομική περίθαλψη:** Η παρακολούθηση της υγείας είναι μια από τις πιο γνωστές εφαρμογές MHN, που προσφέρει συνεχή ανίχνευση παραμέτρων φυσιολογίας, παρακολούθηση της κατάστασης της υγείας κ.λπ. Οι πολυλειτουργικές φορητές συσκευές μπορούν να μετρήσουν διάφορες παραμέτρους φυσιολογίας και δραστηριότητας, όπως καρδιακούς παλμούς, θερμοκρασία σώματος, αρτηριακή πίεση, κορεσμό οξυγόνου, δείκτη όγκου αίματος, αναπνοή, σφυγμό, ποιότητα ύπνου, τοποθεσία, πτώσεις και στάση. Οι γιατροί και τα συγγενικά μέλη της οικογένειας μπορούν να ελέγχουν εξ αποστάσεως και σε πραγματικό χρόνο την κατάσταση της υγείας των ασθενών ή να διαγνώσουν μια χρόνια νόσο σε πρώιμο στάδιο.

**Φροντίδα στο σπίτι:** Η κατ' οίκον φροντίδα μπορεί να προσφέρει πανταχού παρούσα υγειονομική περίθαλψη για ηλικιωμένους και άτομα με αναπηρία, παρόλο που μένουν στο σπίτι, γεγονός που εξοικονομεί σημαντικά νοσοκομειακούς πόρους με ευκολία για τους ασθενείς. Η ανίχνευση πτώσης είναι μια τυπική εφαρμογή απόκρισης έκτακτης ανάγκης σε ΜΗΝ, όπου η ανώμαλη θέση του σώματος μπορεί να ενεργοποιήσει αισθητήρες επιτάχυνσης για να αναγνωρίσουν την πτώση και φορητές συσκευές ή smartphone μπορούν να αναφέρουν αυτήν την έκτακτη ανάγκη στην οικογένεια και τους γιατρούς του ασθενούς μέσω ΜΗΝ. Επιπλέον, οι παράμετροι φυσιολογίας σε πραγματικό χρόνο μπορούν να μετρηθούν μετά την πτώση, προσφέροντας μια κατευθυντήρια γραμμή για επείγουσα λειτουργία.

**Γυμναστική και προπόνηση:** Παρά τις προαναφερθείσες εφαρμογές που σχετίζονται με την παρακολούθηση της υγείας, τα ΜΗΝ μπορούν επίσης να προσφέρουν ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών, συμπεριλαμβανομένης της φυσικής κατάστασης και της προπόνησης. Οι φορητές συσκευές (π.χ. ζώνη, γάντι και βραχιόλι) είναι σε θέση να καταγράφουν την κίνηση του ανθρώπινου σώματος, των χεριών ή των χεριών, μετρώντας την καύση θερμίδων και τις παθήσεις της καρδιάς ή των πνευμόνων κατά τη διάρκεια της φυσικής κατάστασης και της προπόνησης. Τα αισθητά δεδομένα υγείας γίνονται ο κύριος μοχλός του περαιτέρω σχεδίου φυσικής κατάστασης των χρηστών ή των αποφάσεων του προπονητή. Κατά τη διάρκεια της προπόνησης, οι χρήστες μπορούν επίσης να μοιράζονται τις παραμέτρους φυσιολογίας μεταξύ τους για ανταλλαγή εμπειριών ή ανατροφοδότηση. Για παράδειγμα, μπορούν να μοιραστούν κατάλληλες οδηγίες φυσικής κατάστασης με χρήστες που έχουν παρόμοιες σωματικές καταστάσεις ή να συστήσουν προϊόντα υγείας (π.χ. πρωτεΐνες και υγιεινές τροφές).

#### 4.2 Θέματα Ασφάλειας Και Απορρήτου Στα ΜΗΝ Σύμφωνα Με Το QoP

Με τους κύριους οδηγούς της εμπειρίας χρήστη [9] και τις απαιτήσεις υπηρεσιών ασφαλείας, το QoP γίνεται μια σημαντική έννοια ασφαλείας για την παροχή διαφορετικών επιπέδων προστασίας ασφαλείας σε διαφορετικά επίπεδα χρηστών με διαφορετικές απαιτήσεις. Συγκεκριμένα, όπως φαίνεται στο Σχ. 3, τα ΜΗΝ με QoP μπορούν να επιτύχουν δικαιώματα πρόσβασης μέσω ελέγχου ταυτότητας. εγγυάται την ακεραιότητα, την εμπιστευτικότητα και τη μη απόρριψη μέσω κρυπτογράφησης και υπογραφής· εξασφάλιση πνευματικών δικαιωμάτων μέσω υδατογραφήματος. και προστατεύστε το απόρρητο μέσω τεχνικών κρυπτογραφίας, ανωνυμίας και συσκότισης. Έχοντας ένα σύνολο υπηρεσιών προστασίας ασφαλείας, το QoP, που τροφοδοτείται από τεχνουργήματα, ανθρώπινη νοημοσύνη και εμπλοκή, προσαρμόζει αυτές τις συντονίσιμες πτυχές προστασίας σύμφωνα με διαφορετικές απαιτήσεις. Εκτός από αυτά τα συστήματα προστασίας ασφαλείας εκτός ραφιών που εφαρμόζονται

στο QoP, αρκετές άλλες αναδυόμενες προσεγγίσεις για την αντιμετώπιση των κρίσιμων ζητημάτων ασφάλειας και απορρήτου στα MHN είναι επίσης απαραίτητες από την προοπτική QoP.[7]

#### **4.2.1 Διαρροή Απορρήτου**

Το απόρρητο είναι ένα κρίσιμο ζήτημα στα MHN καθώς τα ευαίσθητα δεδομένα υγείας εμπλέκονται στη συλλογή, τη μετάδοση, την επεξεργασία και την κοινή χρήση. Χωρίς την κατάλληλη προστασία απορρήτου, οι χρήστες ενδέχεται να μην είναι πρόθυμοι να εκθέσουν τα δεδομένα τους σε άλλους, γεγονός που εμποδίζει την επεξεργασία και την κοινή χρήση δεδομένων υγείας και εμπειριών των χρηστών. Μια σωστή κατασκευή QoP μπορεί να προσφερθεί από τον χαρακτηρισμό του QoP με ρυθμίσεις ασφαλείας, όπου εκφράζει περιορισμούς ασφαλείας και χαρακτηριστικά για την προσαρμογή της προστασίας για διαφορετικές εφαρμογές. Στα MHN, για την επίτευξη υψηλότερου επιπέδου απορρήτου των δεδομένων και των προφίλ (ή χαρακτηριστικών) των χρηστών, για παράδειγμα, παραμέτρων προσωπικής φυσιολογίας, η προστασία απορρήτου θα πρέπει να είναι ισχυρή και αρκετά ισχυρή ώστε να αντιστέκεται σε πιθανές επιθέσεις και διαρροές, οι οποίες αναπόφευκτα αυξάνουν τα υπολογιστικά έξοδα και την καθυστέρηση. Επομένως, το QoP θα πρέπει να εφαρμόζεται σε MHN για την προσαρμογή της προστασίας απορρήτου σε διάφορα επίπεδα απορρήτου.

#### **4.2.2 Ασφαλής Πρόσβαση Και Επεξεργασία Δεδομένων**

Καθώς τα MHN μπορούν να επωφεληθούν από τις ισχυρές δυνατότητες αποθήκευσης και υπολογισμού των διακομιστών cloud που προέρχονται από εξωτερικό, τα MHN εγείρονται επίσης προβλήματα ασφάλειας που σχετίζονται με αυτούς τους μη αξιόπιστους διακομιστές cloud. Η πολιτική πρόσβασης σε δεδομένα υγείας θα πρέπει να ορίζεται με σαφήνεια και να χρησιμοποιείται για τον έλεγχο ταυτότητας του χρήστη με την αρχή πρόσβασης. Για παράδειγμα, για τα καθημερινά δεδομένα υγείας ενός ασθενούς (π.χ. ηλεκτροκαρδιογράφημα [ΗΚΓ]) που είναι αποθηκευμένα στον διακομιστή cloud, μόνο οι γιατροί της νευρολογίας μπορούν να έχουν πρόσβαση σε αυτά τα δεδομένα και στα αντίστοιχα αποτελέσματα ανάλυσης. Εν τω μεταξύ, τα δεδομένα θα πρέπει να προστατεύονται από την πρόσβαση σε ασφαλιστική εταιρεία. Εκτός από τις γενικές πολιτικές ελέγχου πρόσβασης, είναι επίσης σημαντικό να διασφαλιστεί η ακριβής πρόσβαση σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά των χρηστών. Στα MHN, η δυναμική διαχείριση πρόσβασης είναι απαραίτητη για την αντιμετώπιση των ζητημάτων της αλλαγής των χαρακτηριστικών των χρηστών, της ανάκλησης, της συμμετοχής ενός νέου χρήστη κ.λπ. Επιπλέον, τα γενικά έξοδα για διαφορετικά επίπεδα πρόσβασης θα πρέπει να εξισορροπηθούν για να απελευθερωθεί η υπολογιστική επιβάρυνση για τους χρήστες. Όταν τα δεδομένα υγείας ανατίθενται σε διακομιστές cloud για ανάλυση και επεξεργασία, τα ακατέργαστα δεδομένα θα πρέπει να είναι αόρατα στους μη αξιόπιστους διακομιστές cloud και η ταυτότητα του χρήστη

(π.χ. κατόχου δεδομένων) και τα σχετικά προφίλ θα πρέπει να είναι ανώνυμα. Ορισμένα ασφαλή συστήματα επεξεργασίας δεδομένων υγείας (π.χ. λειτουργική κρυπτογράφηση, ομομορφική κρυπτογράφηση) προτείνονται για την εγγύηση της προστασίας δεδομένων κατά τη διάρκεια ορισμένων βασικών λειτουργιών (π.χ. συνάθροιση, άθροιση και σύγκριση). Με διαφορετικές απαιτήσεις QoP, η προστασία θα πρέπει να ενισχυθεί κατά την εφαρμογή ορισμένων περίπλοκων λειτουργιών, όπως η μάθηση Bayes και η εξόρυξη δεδομένων, που είναι απαραίτητες για την ανάλυση και τη διάγνωση δεδομένων υγείας.[7]

#### 4.3 Κακόβουλες Επιθέσεις Και Ασθενή Συμπεριφορά

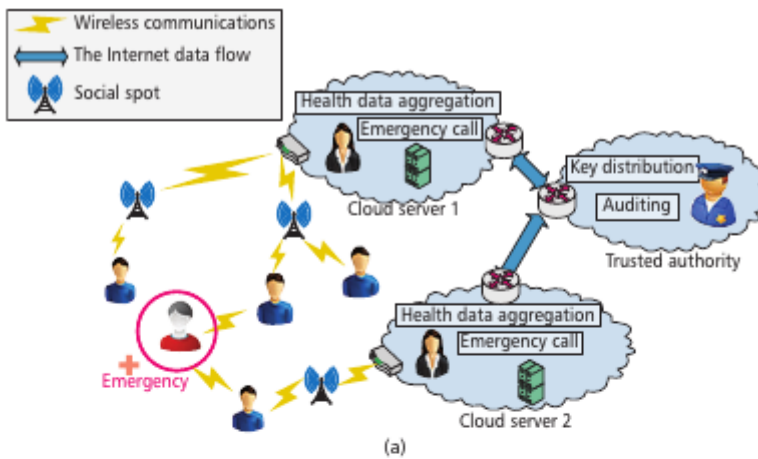
Τα ΜΗΝ είναι ευάλωτα σε κακόβουλες επιθέσεις και κακή συμπεριφορά από χρήστες κινητών τηλεφώνων, που μπορεί να διαταράξουν την αποτελεσματικότητα των ΜΗΝ ή να υποβαθμίσουν την απόδοση. Σε κοινωνικές εφαρμογές που σχετίζονται με την υγεία, όπως η φυσική κατάσταση και τα κοινωνικά παιχνίδια, οι εισβολείς μπορεί να παραποιήσουν τα κοινωνικά τους χαρακτηριστικά για να αρπάξουν τις πληροφορίες υγείας άλλων νόμιμων χρηστών, οδηγώντας τους να προωθήσουν ορισμένες συστάσεις ανεπιθύμητης αλληλογραφίας και να παραβιάσουν το απόρρητο των χρηστών. Επιπλέον, αυτοί οι εισβολείς μπορεί επίσης να συμπεριφέρονται άσχημα, για παράδειγμα, να μην ακολουθούν το πρωτόκολλο δικτύου ή να διαδίδουν ανεπιθύμητα μηνύματα για να ξεκινήσουν επιθέσεις άρνησης υπηρεσίας (DoS) ή να καταναλώνουν μεγάλο αριθμό πόρων δικτύου. Αν και ορισμένα συστήματα ανίχνευσης ανάρμοστης συμπεριφοράς [4] μπορούν να αντισταθούν εν μέρει σε μεμονωμένες επιθέσεις, εξακολουθεί να αποτελεί πρόκληση η προσαρμογή της προστασίας ασφαλείας έναντι ισχυρών επιθέσεων, όπως οι επιθέσεις Sybil. Το κόστος ανίχνευσης ανάρμοστης συμπεριφοράς μπορεί να αυξηθεί λόγω των εκτοξευόμενων δυνατοτήτων επίθεσης αυτών των εισβολέων. Για να προσφέρουμε ΜΗΝ από την προοπτική QoP, η κακή συμπεριφορά θα πρέπει να κατηγοριοποιηθεί σε διαφορετικά επίπεδα με τα αντίστοιχα συστήματα ανίχνευσης ή προστασίας.

#### 4.4 Λύσεις Ασφαλείας Σε ΜΗΝ

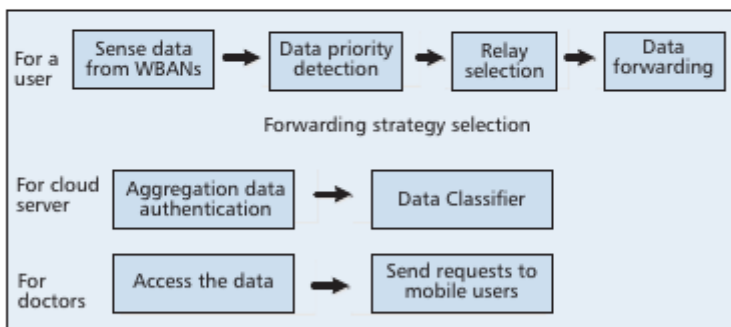
##### 4.4.1 Διατήρηση Απορρητου Συγκέντρωση Δεδομενων Υγείας

Στα ΜΗΝ, τα γενικά έξοδα μετάδοσης (ή προώθησης) δεδομένων αυξάνονται εκθετικά λόγω του μεγάλου αριθμού δεδομένων ανίχνευσης υγείας από συσκευές που μπορούν να φορευθούν. Συγκεκριμένα, σε μια έξυπνη κοινότητα που βασίζεται στο D2D, όπως φαίνεται στο Σχ. 4, οι χρήστες ανεβάζουν συνεχώς τα αρχεία παραμέτρων φυσιολογίας τους σε ένα κέντρο δεδομένων υγείας μέσω κοινωνικών σημείων που αναπτύσσονται στην κοινότητα χρησιμοποιώντας τεχνικές επικοινωνίας μικρής εμβέλειας. Επιπλέον, το multi-hop ρελέ υιοθετείται για τη συγκέντρωση των δεδομένων με μια ανεκτή καθυστέρηση. Ωστόσο, σύμφωνα με διαφορετικούς τύπους δεδομένων υγείας, η

καθυστέρηση μετάδοσης μπορεί να είναι σημαντικά διαφορετική. Εν τω μεταξύ, η προστασία του απορρήτου κατά τη μετάδοση δεδομένων είναι επίσης απαραίτητη για τα ΜΗΝ. Προτείνεται ένα σύστημα συγκέντρωσης δεδομένων διατήρησης απορρήτου βάσει προτεραιότητας για ΜΗΝ, το οποίο όχι μόνο συγκεντρώνει διαφορετικούς τύπους δεδομένων υγείας εντός των συντονισιμων απαιτήσεων καθυστέρησης αλλά προστατεύει επίσης τα δεδομένα και το απόρρητο ταυτότητας κατά τη μετάδοση. Σύμφωνα με διάφορους τύπους δεδομένων υγείας, οι χρήστες επιλέγουν διαφορετικές στρατηγικές προώθησης, οι οποίες όχι μόνο διαβιβάζουν δεδομένα εντός της δεδομένης καθυστέρησης αλλά και καταναλώνουν λογικούς πόρους καθαρού έργου. Έχοντας την προτεραιότητα δεδομένων υγείας που φαίνεται στο Σχ. 4β, οι χρήστες με δεδομένα P1 μπορούν να προωθήσουν άπληστα τα δεδομένα τους και να χρησιμοποιήσουν τους πόρους του δικτύου για να ελαχιστοποιήσουν την καθυστέρηση. Επιπλέον, οι γιατροί μπορούν να ζητούν ζωτικά δεδομένα υγείας από ασθενείς σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης για συνεχή παρακολούθηση. Επιπλέον, τα τακτικά δεδομένα υγείας δεν προορίζονται για χρήση έκτακτης ανάγκης, επομένως η απαίτηση καθυστέρησης μπορεί να είναι ανεκτική. Τόσο τα ζωτικά όσο και τα κανονικά δεδομένα επισημαίνονται ως μικρά δεδομένα (δηλ. παράμετροι φυσιολογίας με μικρό μέγεθος δεδομένων) και μεγάλα δεδομένα (δηλ. ΗΚΓ ή εικόνες με μεγάλο μέγεθος) . Δεδομένης της στρατηγικής επιλογής ρελέ, ο αποστολέας επιλέγει το βέλτιστο ρελέ για διαφορετικές προτεραιότητες δεδομένων (ή διαφορετικά σχήματα προώθησης). Επιπλέον, ο κάτοχος δεδομένων δεν μπορεί να εμπιστευτεί τους αναμεταδότες που είναι ανώνυμοι και ακόμη και ξένοι. Δεδομένου ότι τα δεδομένα υγείας χωρίζονται σε διαφορετικές κατηγορίες, τα επίπεδα προστασίας ασφαλείας θα πρέπει επίσης να προσαρμοστούν. Επομένως, για να βελτιωθεί η συγκέντρωση δεδομένων υγείας από την προοπτική QoP, είναι επιθυμητή η συνάθροιση διατήρησης του απορρήτου.[7]



(a)



Data priority in MHNs

Priority	Data category	Data size
P <sub>5</sub>	Emergency call	Small
P <sub>4</sub>	Vital physiology parameter	Small
P <sub>3</sub>	Vital image data	Large
P <sub>2</sub>	Regular physiology parameter	Small
P <sub>1</sub>	Regular image data	Large

(b)

Εικόνα 17: Συνάθροιση δεδομένων υγείας βάσει προτεραιότητας για MHN: α) μοντέλο WBAN με υποστήριξη cloud. β) συγκέντρωση δεδομένων υγείας βάσει προτεραιότητας. , [7]

#### 4.4.2 Ασφαλής Πρόσβαση Και Επεξεργασία Στοιχείων Υγείας

Η πρόσβαση, η επεξεργασία και η ανάλυση δεδομένων υγείας είναι υψίστης σημασίας κατά τη διαχείριση της υγειονομικής περίθαλψης, την ανάλυση της κατάστασης υγείας και τη διάγνωση. Είναι απαραίτητο να περιοριστεί η πρόσβαση σε δεδομένα υγείας στον διακομιστή και να αποτραπεί η αποκάλυψη ακατέργαστων δεδομένων κατά τη διάρκεια των διαδικασιών επεξεργασίας. Υιοθετείται ένα κανονικό σταθμισμένο δέντρο για να περιγράψει τα χαρακτηριστικά του συστήματος ασφαλείας, όπου τα στοιχεία της δομής του συστήματος ασφαλείας προσδιορίζονται ως κόμβοι του δέντρου. Με την επέκταση/συρρίκνωση του δέντρου, αυτά τα χαρακτηριστικά του συστήματος ασφαλείας μπορούν να αναπαρασταθούν ώστε να επιτρέπεται ο ορισμός, η διατύπωση και η αξιολόγηση για QoP που βασίζεται σε μοντέλα. Επομένως, το QoP είναι μια επέκταση του τρέχοντος μοντέλου QoS για την προστασία της ασφάλειας.

Ο έλεγχος ταυτότητας είναι το πρώτο βήμα για να επιτραπεί στους νόμιμους χρήστες (π.χ. με έγκυρη υπογραφή ή πιστοποιητικό) από το εξωτερικό να έχουν πρόσβαση στα δεδομένα. Αλλά τα ακατέργαστα δεδομένα εξακολουθούν να είναι ορατά στους μη αξιόπιστους διακομιστές cloud. Εναλλακτικά, τα ανεπεξέργαστα δεδομένα μπορούν να κρυπτογραφηθούν και να αποθηκευτούν στους διακομιστές cloud, έτσι ώστε μόνο οι χρήστες που έχουν τα κλειδιά αποκρυπτογράφησης να έχουν πρόσβαση στα πρωτογενή δεδομένα. Ως εκ τούτου, τα δεδομένα είναι επιλεκτικά ορατά σε μια χονδροειδή πρόσβαση, δηλαδή παρέχοντας σε άλλους τα κλειδιά αποκρυπτογράφησης. Εν τω μεταξύ, αντιστέκεται στις προσπάθειες των διακομιστών cloud να επεξεργαστούν τα δεδομένα, γεγονός που εμποδίζει τα πλεονεκτήματα του διακομιστή cloud στην επεξεργασία δεδομένων και περιορίζει την άνθηση των ΜΗΝ. Για να επιτευχθεί ο λεπτόκοκκος έλεγχος πρόσβασης, η κρυπτογράφηση βάσει χαρακτηριστικών (ABE) έχει εξελιχθεί τις τελευταίες δεκαετίες για να βελτιώσει την ευελιξία στον καθορισμό διαφορικής πρόσβασης δεδομένων. Κάθε χρήστης διατηρεί ένα σύνολο περιγραφικών χαρακτηριστικών που σχετίζονται με τα μυστικά κλειδιά του, ενώ τα κρυπτογραφημένα κείμενα επισημαίνονται με την καθορισμένη πολιτική πρόσβασης. Επιπλέον, είναι δύσκολο να εντοπιστούν οι εισβολείς Sybil σε ΜΗΝ λόγω των απρόβλεπτων τροχιών και της υψηλής κινητικότητας, που θέτει ένα νέο σύνολο προκλήσεων και απαιτεί επείγουσες λύσεις για τον εντοπισμό τους.

Γενικά, οι επιθέσεις Sybil σε έργα δικτύου μεγάλης κλίμακας μπορούν να ανιχνευθούν με ανίχνευση γραφημάτων κοινωνικής δικτύωσης ή κοινότητας ή με χρήση κρυπτογραφίας για τον εντοπισμό εισβολέων Sybil. Ωστόσο, οι χρήστες κινητών δεν μπορούν εύκολα να εντοπίσουν εισβολείς Sybil σε περιβάλλοντα κινητής τηλεφωνίας λόγω ορισμένων περιορισμών:

- Υπάρχουν αδύναμες κοινωνικές σχέσεις, καθώς οι χρήστες κινητών μπορεί μερικές φορές να μην έχουν στενές κοινωνικές σχέσεις με άλλους σε φυσική εγγύτητα.
- Η δυναμική κινητικότητα των χρηστών έχει ως αποτέλεσμα διαλείπουσες κοινωνικές συνδέσεις.
- Οι εξυπνότεροι εισβολείς Sybil συνήθως ενεργούν παρόμοια με τους κανονικούς χρήστες, γεγονός που οδηγεί στη συγχώνευση στις κοινωνικές κοινότητες των μη κακόβουλων χρηστών και στη μείωση της αντίστασης στον παραδοσιακό εντοπισμό.
- Υπάρχουν περιορισμένες γνώσεις και δυνατότητες ανίχνευσης.

Μία από τις πολλά υποσχόμενες λύσεις είναι να εκμεταλλευτείτε τον διακομιστή cloud σε ΜΗΝ για την ανίχνευση. Καθώς ο διακομιστής cloud εισάγει ανησυχίες για την ασφάλεια, εξακολουθεί να είναι δύσκολο να βρεθεί μια λεπτομερής προσέγγιση

ανίχνευσης Sybil στα ΜΗΝ από την οπτική γωνία του QoP. Για το σκοπό αυτό προτείνεται ένα κοινωνικό σύστημα ανίχνευσης κινητών Sybil, το οποίο διερευνά τις συμπεριφορές που αλλάζουν το ψευδώνυμο των χρηστών κινητών και τα στατιστικά στοιχεία επικοινωνίας για να διαφοροποιήσει τους εισβολείς Sybil από τους κανονικούς χρήστες. Με τις αυξανόμενες δυνατότητες επίθεσης, οι εισβολείς Sybil μπορούν να οριστούν σε τέσσερα επίπεδα.

L 1: Οι εισβολείς της γενικής Sybil υιοθετούν ψευδώνυμο για να κρύψουν την πραγματική τους ταυτότητα (μέσω ψευδώνυμων που αλλάζουν συχνά) και στέλνουν επανειλημμένα παρόμοιες πληροφορίες ή ανεπιθύμητα μηνύματα στον κανονικό χρήστη, να είναι προκατειλημμένος.

L 2: Οι εισβολείς Sybil με πλαστές επαφές μπορούν να πλαστογραφήσουν ορισμένες πλαστές εγγραφές επαφών (χωρίς υπογραφές επαφών) με άλλους χρήστες για να μπερδέψουν τον εντοπισμό Sybil. Με άλλα λόγια, ένας μεγάλος αριθμός πλαστών εγγραφών επαφής μπορεί να υποστηρίξει την αλλαγή ψευδωνύμου ενός εισβολέα L 2.

L 3: Οι εισβολείς Sybil με συμπαιγνία χρηστών κινητής τηλεφωνίας παρέχουν ανύπαρκτα αρχεία επαφών με έγκυρες υπογραφές επαφών, παρόλο που οι συνεργαζόμενοι χρήστες δεν έχουν συναντηθεί μεταξύ τους.

L 4: Οι εισβολείς Sybil με συμπαιγνία διακομιστών cloud είτε προσθέτουν ορισμένες πλαστές εγγραφές επαφών για τους εισβολείς για να βοηθήσουν στην επικύρωση της αλλαγής ψευδωνύμου τους, είτε τροποποιούν και διαγράφουν τα αρχεία επαφών των κανονικών χρηστών για να αυξήσουν το ποσοστό ψευδούς ανίχνευσης. Οι Luo et al., προτείνουν ένα μοντέλο διαμερισμάτων QoP που αντικατοπτρίζει ποσοτικά την ισχύ της προστασίας και τις απαιτήσεις ασφάλειας των χρηστών. Για την παροχή QoP προς αυτά τα επίπεδα επιθέσεων Sybil σε ΜΗΝ προτείνονται τα αντίστοιχα αντίμετρα ως εξής.

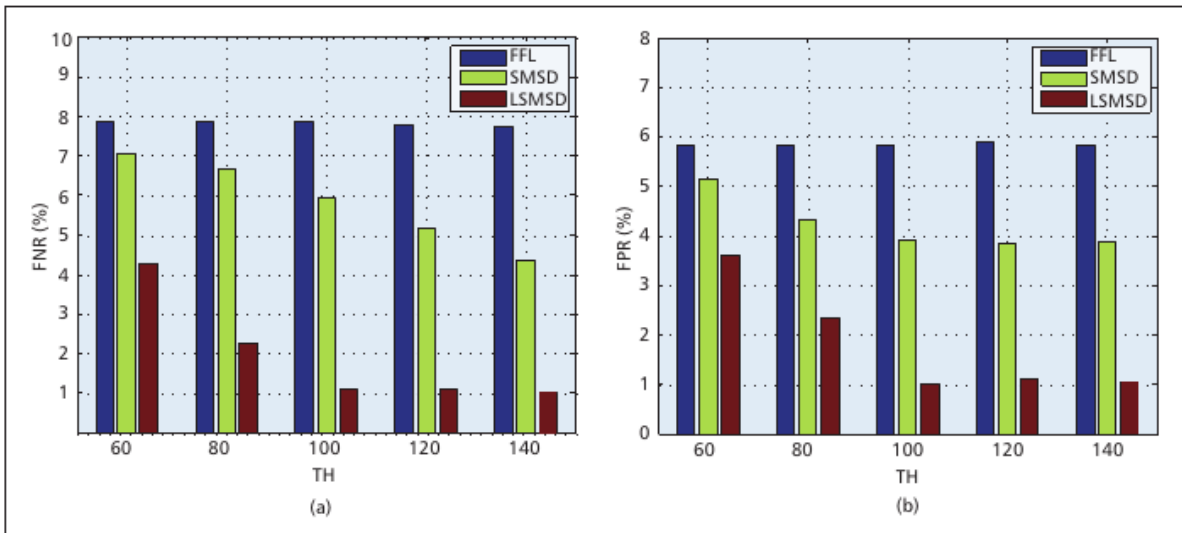
Γ 1: Κάθε χρήστης κινητής τηλεφωνίας παρέχει τα αρχεία επαφών που σχετίζονται με την αλλαγή του ψευδωνύμου του/της. Εάν αλλάξει ένα ψευδώνυμο όταν ο αριθμός των επαφών είναι κάτω από ένα όριο ΤΗ, μπορούν να εντοπιστούν εισβολείς L 1.

Γ 2: Οι χρήστες κινητών συλλέγουν την υπογραφή επαφής κάθε χρήστη που συναντούν. Ως απόδειξη της επαφής, η υπογραφή επαφής δημιουργείται από κάθε ζεύγος των νόμιμων χρηστών κινητών που συναντήθηκαν. Προτείνεται μια παραλλαγή της τεχνικής συγκεντρωτικής υπογραφής για τη μείωση του συνολικού μεγέθους της υπογραφής και των γενικών εξόδων επαλήθευσης.



Γ 3: Εάν ένας χρήστης έχει δραματικά υψηλό όγκο επαφών με έναν συγκεκριμένο χρήστη ενώ έχει μόνο λίγες επαφές με άλλους χρήστες, είναι ύποπτο και πιθανό να πρόκειται για συμπαιγνία. Με βάση την παρατήρηση της κατανομής του ρυθμού επαφής των κανονικών χρηστών, προτείνεται μια ημιεποπτευόμενη μάθηση με ένα κρυφό μοντέλο Markov (HMM) για τη διαφοροποίηση των μη φυσιολογικών ρυθμών επαφής που είναι πιθανόν από τους γειτονικούς χρήστες. Με την εκτίμηση κοινωνικής εγγύτητας, η συμπαιγνία μπορεί να ανιχνευθεί με βάση τα αποτελέσματα μάθησης. Το προτεινόμενο σχήμα μάθησης μπορεί να εξισορροπήσει την επιβάρυνση της εκπαίδευσης δεδομένων εδάφους αλήθειας και την ακρίβεια ανίχνευσης, καθώς είναι προσαρμοστικό σε μη φυσιολογικές καταστάσεις.

Γ 4: Πριν από τη μεταφόρτωση των εγγραφών επαφών σε μη αξιόπιστους διακομιστές cloud, κάθε χρήστης κινητής τηλεφωνίας θα πρέπει να σχηματίσει τις υπογραφές επαφής σε μια συγκεκριμένη δομή (π.χ. αλυσίδα ή δακτύλιο) στην οποία κάθε στοιχείο δεν μπορεί να αφαιρεθεί ή να τροποποιηθεί από τρίτο μέρος. Οι υπογραφές επαφής σχηματίζουν μια δομή κλειστού δακτυλίου, ενώ οι καθιερωμένες αμφίδρομες αλυσίδες κατακερματισμού εγγυώνται τη σειρά κάθε χρόνου επαφής. Μια λίστα επαφών συγχρονίζεται με τη λίστα παραγγελιών επαφών από τους χρήστες για να επικυρωθεί η ακεραιότητα των εγγραφών επαφών στους διακομιστές cloud. Υιοθετούμε ψευδώς αρνητικό ποσοστό (FNR) και ψευδώς θετικό ποσοστό (FPR) για να αξιολογήσουμε την απόδοση ανίχνευσης Sybil, όπως φαίνεται στο Σχ. 6. Σε διαφορετικά επίπεδα επιθέσεων Sybil, τα MHN είναι σε θέση να προσαρμόζουν τις συντονισμένες στρατηγικές ανίχνευσης από την οπτική γωνία του QoP.



Εικόνα 18: Σύγκριση απόδοσης ανίχνευσης Sybil για κινητά (TH είναι το όριο αλλαγής ψευδωνύμων: α) FNR έναντι TH. β) FPR εναντίον TH. , [7]

#### 4.5 Πώς Η Τρέχουσα Έρευνα Αντιμετωπίζει Τις Προκλήσεις Ασφάλειας Και Προστασίας Της Ιδιωτικής Ζωής Των SHS

Οι τρεις κύριες ανησυχίες στην έξυπνη υγειονομική περίθαλψη είναι η προστασία της πρόσβασης στα δεδομένα, η διασφάλιση της ακεραιότητας αυτών των

δεδομένων και η μετακίνηση των δεδομένων. Διαφορετικοί τύποι δεδομένων έχουν διαφορετικές μορφές και μήκη κύματος και διαφορετικοί τύποι συσκευών και αισθητήρων IoT συλλέγουν δεδομένα με διαφορετικό τρόπο. Αν και ο

στόχος ενός έξυπνου συστήματος υγειονομικής περίθαλψης είναι σχετικά απλός, η συγκέντρωση και διαχείριση προστατευμένων δεδομένων, η πραγματική υλοποίηση ενός τέτοιου συστήματος είναι δύσκολη. Οι μέθοδοι που

απαιτούνται για τη σωστή διαχείριση των δεδομένων μπορούν να αλλάξουν λόγω της προόδου της τεχνολογίας,

της πίεσης από τους χάκερ, των νέων ανακαλύψεων στη βιολογία ή τη χημεία και οποιουδήποτε αριθμού άλλων μεταβλητών. Η διατήρηση της ακεραιότητας των

δεδομένων στα συστήματα ανίχνευσης πλήθους είναι σημαντική και η ακεραιότητα αυτή μπορεί να παραβιαστεί είτε από επιτιθέμενους είτε από βλάβη στην αποθήκευση των δεδομένων. Οι Alamri et al. διερεύνησαν την κινητή

ανίχνευση πλήθους, η οποία είναι μια αναδυόμενη τεχνολογία που έχει εφαρμογές σε έξυπνα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης που λειτουργούν με το IoT.

Οι αισθητήρες σε κατανεμημένα συστήματα μπορούν να καταγράψουν πολλούς τύπους πληροφοριών, συμπεριλαμβανομένων των προσωπικών πληροφοριών για την υγεία. Παρουσιάζονται δύο διαφορετικές μέθοδοι για τη διασφάλιση της ασφάλειας των δεδομένων, μία για κάθε πιθανή αδυναμία ασφαλείας. Η αποτελεσματικότητα αυτών των μεθόδων αποδεικνύεται από μια ανάλυση ασφαλείας και εκτεταμένες προσομοιώσεις. Τα παραδοσιακά δημόσια κλειδιά δεν είναι χρήσιμα για τις συσκευές IoT λόγω των υψηλών υπολογιστικών πόρων που απαιτούνται για τον χειρισμό τους. Οι Chaudhary et al. ανέπτυξαν ένα κρυπτοσύστημα δημόσιου κλειδιού με βάση το πλέγμα για την ασφάλεια των έξυπνων συστημάτων υγειονομικής περίθαλψης. Η κρυπτογραφία με βάση το πλέγμα χρησιμοποιεί μηχανική μάθηση για την επίλυση NP- δύσκολων κρυπτογραφικών προβλημάτων και μπορεί να χειριστεί πολλούς διαφορετικούς τύπους κρυπτογράφησης. Η ανάλυση επιδόσεων αυτής της τεχνικής αποδεικνύει ότι σε ορισμένες περιπτώσεις είναι πάνω από μία τάξη μεγέθους ταχύτερη από την παραδοσιακή κρυπτογραφία. Οι συγγραφείς αναγνωρίζουν ότι η μέθοδος είναι ευάλωτη σε επιθέσεις πλευρικού καναλιού, όπου οι χάκερ αντλούν διανύσματα επίθεσης μέσω της εφαρμογής του συστήματος, και αυτός είναι ένας ανοιχτός τομέας που χρειάζεται βελτίωση. Ωστόσο, ορισμένα SHS πειραματίζονται ήδη με αυτή την τεχνολογία, επειδή είναι πιο ασφαλής από τις παραδοσιακές προσεγγίσεις. Η μεταφορά δεδομένων “στο κονσερβοκούτι” θα μπορούσε να είναι πολύ αργή και η έλλειψη πρόσβασης στο νέφος θα μπορούσε ενδεχομένως να απειλήσει τη ζωή στα νοσοκομεία. Οι Kumari et al. χρησιμοποιούν το fog computing ως τεχνική πύλης ηλεκτρονικής υγείας για τη σύνδεση του νέφους και των συσκευών IoT. Η τεχνική δημιουργήθηκε για να διορθώσει ορισμένα σοβαρά ζητήματα όταν οι συσκευές IoT στηρίζονταν αποκλειστικά στο σύννεφο. Το fog computing είναι ένα κατανεμημένο σύστημα όπως το νέφος, αλλά επεξεργάζεται τα δεδομένα τοπικά. Αυτό αποτελεί σημαντικό πλεονέκτημα έναντι του παραδοσιακού νέφους όσον αφορά την ασφάλεια, επειδή η τοπική επεξεργασία μπορεί να φιλτράρει τα εμπιστευτικά μέρη των ιατρικών δεδομένων πριν αυτά αποσταλούν στο νέφος. Τα πιο ευαίσθητα δεδομένα διατηρούνται σε τοπικούς διακομιστές. Οι φορητοί βιοαισθητήρες, οι εξατομικευμένες ιατρικές συσκευές και οι πομποί μπορούν να έχουν όλα τα δεδομένα φιλτραρισμένα με αυτόν τον τρόπο. Η απόκρυψη των πληροφοριών των ασθενών αποτελεί σημαντικό μέρος της SHS. Ο Esposito εξετάζει ένα επίμονο πρόβλημα κατά την αποθήκευση δεδομένων υγειονομικής περίθαλψης: τη δυνατότητα ταυτοποίησης

ατόμων με βάση αυτά τα δεδομένα . Τα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης αφαιρούν προσωπικές πληροφορίες που ταυτοποιούν άμεσα τους ασθενείς, αλλά συχνά χρησιμοποιούν επίσης εσωτερικές ταυτότητες που μπορούν να ταυτοποιήσουν έμμεσα τους ασθενείς. Η δυναμική αλλαγή αυτών των αναγνωριστικών μέσα σε ένα σύστημα είναι μια ανεκμετάλλευτη στρατηγική για την αποτροπή της ταυτοποίησης των ασθενών και αυτό μπορεί να ενισχύσει σημαντικά την ασφάλεια των δεδομένων. Οι γενικές ταυτότητες χρησιμοποιούνται για την ταυτοποίηση των ασθενών από τα μέσα της δεκαετίας του 1980, αλλά η ιδέα της ενίσχυσης της ασφάλειας με δυναμικές αλλαγές ταυτότητας είναι πρόσφατη. Η διαχείριση των δυναμικών αναγνωριστικών γίνεται από ένα υποσύστημα κρυπτογραφημένων ψευδωνύμων, παρέχοντας πολλαπλά πρόσθετα επίπεδα πιστοποίησης ταυτότητας με βάση την ανωνυμία. Η απόκρυψη των πληροφοριών των ασθενών και η διατήρηση της ανωνυμίας μπορεί να γίνει με πολλούς τρόπους και είναι δυνατή η δημιουργία ενός αντιστρεπτού συστήματος, όπως περιγράφεται από τους Ueshima et al. Είναι δυνατόν να κωδικοποιηθούν οι πληροφορίες των ασθενών ως εικόνες, στη συνέχεια να προστεθεί περαιτέρω κωδικοποίηση με αντιμετάθεση και αντικατάσταση εικονοστοιχείων. Αυτή η μετάθεση και αντικατάσταση μπορεί στη συνέχεια να αντιστραφεί για να αποκατασταθεί η αρχική εικόνα και τα δεδομένα. Η τεχνική αυτή είναι χρήσιμη για δεδομένα ιατρικών εικόνων, όπως τα αποτελέσματα μαγνητικής τομογραφίας και αξονικής τομογραφίας. Οι περισσότερες τεχνολογίες κρυπτογράφησης ιατρικών δεδομένων δεν εστιάζουν στις εικόνες, αλλά οι εικόνες μπορεί να περιέχουν ευαίσθητες πληροφορίες που αποτελούν βασικό μέρος της ιδιωτικότητας των ασθενών, οπότε κάθε ισχυρό ΣΧΣ θα πρέπει να διαθέτει κάποια μορφή κρυπτογράφησης εικόνων. Υπάρχουν περισσότεροι από ένας τρόποι για την αντιστρεπτή κωδικοποίηση ιατρικών εικόνων, όπως έδειξαν οι Parah et al.. Οι κωδικοποιημένες ιατρικές εικόνες μπορούν να δεχθούν επίθεση και να αποκωδικοποιηθούν βίαια με διάφορους τρόπους, οπότε η εκτέλεση μιας βαθιάς κωδικοποίησης που λαμβάνει υπόψη αυτά τα διανύσματα επίθεσης οδηγεί σε μια κωδικοποιημένη εικόνα που μοιάζει πολύ, υπολογιστικά, με την αρχική εικόνα. Παρόλο που η κωδικοποιημένη εικόνα μοιάζει με την αρχική εικόνα μετά την ανάλυση, ένας χάκερ δεν μπορεί να πάρει καμία χρήσιμη πληροφορία από την ίδια την εικόνα. Αυτή η τεχνική βασίζεται στον ακριβή χειρισμό των εικονοστοιχείων και στην εξάπλωση μικροσκοπικών κομματιών κωδικοποιημένων δεδομένων σε πολλά εικονοστοιχεία ταυτόχρονα. Οι Pirbhulal κ.ά. εξέτασαν πώς η βιομετρική ασφάλεια βρίσκει θέση στην ασφάλεια των δεδομένων τηλε-υγείας και πώς αυτή η ασφάλεια μπορεί να ενσωματωθεί στο IoT. Οι βιομετρικές μετρήσεις από έξυπνες συσκευές μετατρέπονται σε μοναδικά αναγνωριστικά που αργότερα επεξεργάζονται ως δεδομένα. Η τεχνολογία έχει

αποδειχθεί αποτελεσματική σε μικρή κλίμακα, αλλά χρειάζεται πιο εκτεταμένες δοκιμές για να αποδειχθεί η αξία της σε μεγαλύτερη κλίμακα. Η πρώτη έκδοση του

συστήματος μπορεί να χειριστεί σήματα ΗΚΓ, προειδοποιώντας ενδεχομένως τους ασθενείς και τους γιατρούς για προβλήματα πριν εμφανιστούν τα συμπτώματα.

Ένα πρόβλημα με αυτό το σύστημα είναι ότι τα καταγεγραμμένα σήματα από το ανθρώπινο σώμα έχουν πάντα κάποιο επιπλέον θόρυβο που συνδέεται με αυτά και

μπορεί να είναι δύσκολο να αφαιρεθεί ο θόρυβος χωρίς να αλλάξουν τα σημαντικά σήματα και να χαθούν δεδομένα. Η παρακολούθηση των χρονοσφραγίδων στα δεδομένα υγειονομικής περίθαλψης είναι ένα άλλο σημαντικό μέρος

του SHS που ενσωματώνεται με το IoT, σύμφωνα με τους Fan et al.. Δεδομένου ότι το IoT βασίζεται από τη φύση του σε κατανεμημένα συστήματα, είναι σημαντικό να

συγχρονίζονται τα δεδομένα σε κάθε σημείο. Η αποτυχία αυτή θα μπορούσε να οδηγήσει όχι μόνο σε λανθασμένες χρονοσφραγίδες, αλλά και σε προβλήματα στον

προγραμματισμό ή σε άλλες διοικητικές λειτουργίες στην υγειονομική περίθαλψη. Ο χρονικός συγχρονισμός με βάση την αλυσίδα μπλοκ έχει προταθεί ως ένας τρόπος ασφαλούς συγχρονισμού αυτών των ευαίσθητων δεδομένων. Το μοντέλο για μια ασφαλή αλυσίδα μπλοκ περιέχει δημόσιους και ιδιωτικούς κόμβους, που αναγνωρίζονται από μοναδικά αναγνωριστικά, και τα δεδομένα επαληθεύονται από

πολλούς κόμβους πριν προστεθούν μόνιμα στο σύστημα. Η επιβάρυνση του συστήματος είναι πολύ μεγάλη για να είναι χρήσιμη αυτή τη στιγμή στην υγειονομική περίθαλψη, αλλά η μείωση της επιβάρυνσης, σε σχέση με την ποσότητα των δεδομένων, θα το καταστήσει πιθανότατα βιώσιμο στο μέλλον.

Το SHS μπορεί επίσης να ενσωματώσει στοιχεία που διευκολύνουν τη ζωή των παρόχων και των ασθενών, όχι μόνο τις στρατηγικές δεδομένων. Η έξυπνη τεχνολογία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να κάνει τους συναγερμούς στα νοσοκομεία πιο ανεκτούς, διατηρώντας παράλληλα την αίσθηση του επείγοντος, μια σημαντική ανακάλυψη που ανακαλύφθηκε από τους Greer et al.. Οι απλοί συναγερμοί δεν είναι κατατοπιστικοί επειδή ακούγονται το ίδιο ανεξάρτητα από την κατάσταση στην οποία προειδοποιούν το ιατρικό προσωπικό. Επίσης, οι άνθρωποι μπορεί να απευαισθητοποιηθούν στον ήχο αφού τον ακούσουν επανειλημμένα στην ίδια ένταση, οπότε οι μονότονοι συναγερμοί μπορεί να χάσουν την αποτελεσματικότητά τους με την πάροδο του χρόνου. Τα έξυπνα συστήματα μπορούν να ρυθμίζουν την ένταση των συναγερμών με βάση το επίπεδο του θορύβου του διατηρώντας τους ανθρώπους περιβάλλοντος, ευαίσθητοποιημένους σε αυτούς. Μπορούν επίσης να χρησιμοποιούν πολλαπλούς τύπους ήχων για να δίνουν στους γιατρούς περισσότερες πληροφορίες σχετικά με το τι συμβαίνει. Οι έξυπνοι συναγερμοί έχουν ήδη αποδειχθεί ότι έχουν θετικό αντίκτυπο στη ΜΕΘ, αλλά δεν είναι ακόμη διαδεδομένοι στα νοσοκομεία. Οι ΣΧΥ προκαλούν επίσης αλλαγές στον τρόπο λειτουργίας των νοσοκομείων, όπως

περιγράφουν οι Pin et al.. Με τη διασυνδεσιμότητα του Διαδικτύου των πραγμάτων, η δυνατότητα προσφοράς ιατρικής βασισμένης στην αξία και εξατομικευμένης ιατρικής αυξάνεται γρήγορα. Οι άνθρωποι μπορούν να παρακολουθούν την υγεία τους και η σχετική αξία των ιατρικών διαδικασιών γίνεται πιο διαφανής. Ο όγκος των σχετικών δεδομένων είναι τεράστιος και η αυτοματοποίηση μέσω ενός έξυπνου νοσοκομείου γίνεται προτεραιότητα. Η επιτυχής εφαρμογή βελτιώνει τις υπάρχουσες διαδικασίες, ενώ αφήνει περιθώρια για πρόοδο και μείωση του κόστους. Το επιχειρηματικό μοντέλο πρέπει να είναι πελατοκεντρικό, οπότε αυτή η συγκεκριμένη πρόοδος στην έξυπνη υγειονομική περίθαλψη, αν είναι επιτυχής, θα μπορούσε να έχει αντίκτυπο σε ολόκληρο τον επιχειρηματικό κόσμο. Μια άλλη έννοια που κερδίζει ολοένα και περισσότερο έδαφος στο χώρο της έξυπνης υγειονομικής περίθαλψης είναι η συγχώνευση δεδομένων, η οποία συνδυάζει πολλούς τύπους δεδομένων για τη δημιουργία πληροφοριών υψηλής ποιότητας. Οι Jararweh et al. διερευνούν αυτή τη δυνατότητα με ένα πειραματικό πλαίσιο. Ο χειρισμός των δεδομένων με αυτόν τον τρόπο μειώνει την κυκλοφορία του δικτύου και διευκολύνει την ανάλυση και την οργάνωσή τους. Η περιβαλλοντική παρακολούθηση, η οποία είναι συνηθισμένη στο IoT, δημιουργεί τεράστιο όγκο δεδομένων και αυτή η τεχνική σύντηξης βοηθά στο διαχωρισμό του ήχου από το θόρυβο. Υπάρχουν πολλοί πιθανοί τρόποι για την εφαρμογή της σύντηξης και όσο πιο πολύπλοκη είναι η διαδικασία, τόσο μεγαλύτερη είναι η πιθανότητα να χαθούν δεδομένα. Τα δεδομένα των αισθητήρων υγειονομικής περίθαλψης μπορούν να αντιμετωπιστούν με πολλαπλούς τύπους σύντηξης, ανάλογα με το πόσο περίπλοκα είναι αυτά τα δεδομένα. Η πιστοποίηση ταυτότητας, η εξουσιοδότηση και ο έλεγχος πρόσβασης έχουν κερδίσει μεγάλη προσοχή στην έρευνα για τα ΣΑΥ. Οι Zhang et al. προτείνουν ένα πλήρες SHS με πολλαπλά επίπεδα αυθεντικοποίησης και ελέγχου πρόσβασης. Οι συγγραφείς επικεντρώνονται στον αυστηρό έλεγχο της πρόσβασης στο σύστημα υγειονομικής περίθαλψης που χρησιμοποιούν, παρά στην πολύπλοκη κωδικοποίηση ή τη χειραγώγηση δεδομένων εντός του συστήματος. Χρησιμοποιούν μια διαδικασία επικύρωσης τριών βημάτων, η οποία αποτελείται από μια ασφαλή είσοδο, επικύρωση των εγγραφών και συγκέντρωση των εγγραφών. Οι ασθενείς παραμένουν οι ιδιοκτήτες των δεδομένων τους και τα δεδομένα τους διαβιβάζονται σε ένα κέντρο αποθήκευσης, όπου μόνο οι γιατροί και οι πάροχοι ιατρικών υπηρεσιών έχουν πρόσβαση σε αυτά. Το σύστημα χρησιμοποιεί εσωτερικά μοναδικά αναγνωριστικά για την ταυτοποίηση των δεδομένων, αλλά το σύστημα είναι σχετικά απλό σε σύγκριση με τα πολύπλοκα πρωτόκολλα εξουσιοδότησης. Ορισμένες από τις τρέχουσες κατευθύνσεις της έρευνας στον τομέα της ασφάλειας και της ιδιωτικότητας των ΣΑΥ δεν σχετίζονται άμεσα με τα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης, αλλά καλύπτουν μεθόδους που μπορούν να εφαρμοστούν σε αυτά τα συστήματα. Στην πραγματικότητα, μια συζήτηση για τις συνεισφορές στην ασφάλεια και την προστασία της ιδιωτικής ζωής στην υγειονομική

περίθαλψη, δεδομένου ότι ο τομέας είναι σχετικά νέος, δεν θα ήταν πλήρης χωρίς την εξέταση αυτών των εννοιών. Υπάρχουν επτά άλλες πολύτιμες μελέτες στη δεξαμενή των αναθεωρημένων άρθρων, αλλά οι περισσότερες αφορούν παρόμοιες έννοιες, τεχνικές ή μεθόδους με αυτές που παρουσιάζονται στην παρούσα ενότητα, οπότε δεν περιλαμβάνονται εδώ. Στο Σχήμα 9 παρουσιάζονται τα κοινά ζητήματα SHS και οι συνιστώμενες λύσεις. Επιπλέον, ο Πίνακας 4 στο Παράρτημα παρέχει μια επισκόπηση των άρθρων με τη μεγαλύτερη συμβολή.

#### **4.5.1 Ανοικτές Ερευνητικές Προκλήσεις Στην Ασφάλεια Και Την Ιδιωτικότητα Των SHS**

Η ασφάλεια SHS αναδεικνύεται σε δικό της ολοκληρωμένο τομέα μελέτης, διακριτό από άλλους τύπους ασφάλειας δεδομένων και υγειονομικής περίθαλψης. Η έκρηξη του ενδιαφέροντος και της έρευνας τα τελευταία χρόνια έχει εμπνεύσει μεγάλη πρόοδο στον τομέα, αλλά ο γενικός τομέας είναι ακόμη σε αρχικό στάδιο . Υπάρχουν πολλές ανοιχτές προκλήσεις που απαιτούν περισσότερη ερευνητική προσοχή, και πιθανότατα θα υπάρξουν πολλές ακόμη καθώς οι SHS θα εξελίσσονται με την πάροδο του χρόνου. Ορισμένες σημαντικές ερευνητικές προκλήσεις παρατίθενται παρακάτω.

##### **1) Εμπιστευτικότητα**

Η διαφύλαξη του απορρήτου των πληροφοριών υγείας, λόγω της ευπάθειας των ασύρματων δικτύων και του μοναδικού υλικού των αισθητήρων, παραμένει δύσκολη. Δεν υπάρχει ενιαία λύση που να μπορεί να λειτουργήσει για όλους τους τύπους αισθητήρων και ακόμη και οι ευρύτερες λύσεις, όπως αυτές στα επερχόμενα δίκτυα 5G, δεν είναι ασφαλείς. Ωστόσο, η διατήρηση του απορρήτου των ασθενών και των παρόχων υγειονομικής περίθαλψης είναι απαραίτητη και μερικές φορές η προσωπική τους ασφάλεια μπορεί να επηρεαστεί εάν παραβιαστεί αυτό το απόρρητο.

##### **2) Φρεσκάδα Δεδομένων**

Οι αισθητήρες SHS πρέπει πάντα να διαβιβάζουν επικαιροποιημένα δεδομένα στους παρόχους υγειονομικής περίθαλψης. Είναι σημαντικό να ελέγχετε περιοδικά την κατάσταση των κόμβων του συστήματος, καθώς και να λαμβάνετε πληροφορίες από τους αισθητήρες σε τακτά χρονικά διαστήματα. Ο καθορισμός του πόσο μακριά πρέπει να απέχουν αυτά τα διαστήματα αποτελεί πρόκληση, επειδή η πολύ συχνή κλήση για νέες πληροφορίες μπορεί να υπερφορτώσει το δίκτυο. Η μη αρκετά συχνή πραγματοποίηση κλήσεων, ωστόσο, θα μπορούσε να θέσει τους ασθενείς σε κίνδυνο, εάν οι αισθητήρες δεν μεταδώσουν μια προβληματική κατάσταση.

### 3) Πιστοποίηση Ταυτότητας

Οι αισθητήρες μπορούν να κατασκευαστούν σε διάφορες διαμορφώσεις, απαιτώντας μοναδικό λογισμικό και υλικό, οπότε η διασφάλιση ότι το σύστημα λαμβάνει δεδομένα από έναν εξουσιοδοτημένο αισθητήρα και στέλνει δεδομένα σε αυτόν μπορεί να είναι δύσκολη. Δεν υπάρχουν καθολικά πρότυπα επικοινωνίας ή σχεδιασμού για τους τύπους αισθητήρων, οπότε τα SHS δεν μπορούν πάντα να προσαρμόζονται καλά σε νέους τύπους αισθητήρων. Η χαλάρωση των κανόνων ελέγχου ταυτότητας ως απάντηση θα μπορούσε να θέσει τους ασθενείς σε κίνδυνο.

### 4) Ανθεκτικότητα

Οι αισθητήρες και οι διακομιστές πρέπει να έχουν τη δυνατότητα να ανακάμπτουν από σφάλματα το συντομότερο δυνατό, ώστε να ελαχιστοποιείται η ποσότητα των χρόνων που οι ασθενείς δεν παρακολουθούνται. Είναι δυνατή η δοκιμή αισθητήρων και διακομιστών, αλλά κάποιο υλικό δεν μπορεί να περιλαμβάνει εφεδρικά συστήματα λόγω του τρόπου κατασκευής του, ενώ άλλα είναι εξαιρετικά εύθραυστα. Ο σχεδιασμός διακομιστών και αισθητήρων που είναι ανθεκτικοί ανεξάρτητα από τη φυσική τους μορφή εξακολουθεί να αποτελεί πρόκληση.

### 5) Αυτοθεραπεία

Οι αισθητήρες SHS θα πρέπει μια μέρα να έχουν τη δυνατότητα να εντοπίζουν προβλήματα όπως διακοπές, αποτυχίες συνδέσεων και προβλήματα υλικού. Θα πρέπει επίσης να είναι σε θέση να διαγνώσουν και να θεραπεύσουν αυτά τα προβλήματα αυτόματα. Η μεγάλη διακύμανση της τεχνολογίας και των απαιτήσεων των αισθητήρων καθιστά αυτό ένα ανοιχτό πρόβλημα. Πρόκειται για ένα από τα πιο σύνθετα ερευνητικά ερωτήματα που αφορούν τα SHS, επειδή περιλαμβάνει την ανάπτυξη νέας τεχνολογίας τόσο για το υλικό όσο και για το λογισμικό.

### 6) Ανοχή Σε Σφάλματα

Τα εξαρτήματα του SHS θα πρέπει να μπορούν να συνεχίσουν να λειτουργούν σε περίπτωση βλάβης μέρους του συστήματος ή διακοπής της τροφοδοσίας. Οι εφεδρικοί αισθητήρες είναι μια πιθανή λύση για το θέμα αυτό, αλλά αυτό δεν είναι πάντα εφικτό, και η μηχανική ανοχή σφαλμάτων σε κρίσιμα για τη ζωή συστήματα μπορεί να σώσει ζωές. Αυτή η πρόκληση βασίζεται περισσότερο στον τρόπο λειτουργίας των αισθητήρων παρά στον τρόπο εσωτερικής λειτουργίας τους, αν και η διατήρηση της αν και η διατήρηση της εσωτερικής λειτουργίας είναι επίσης σημαντική.

### 7) Αδειοδότηση

Η διασφάλιση ότι μόνο οι κατάλληλοι άνθρωποι έχουν πρόσβαση στις πληροφορίες ενός ασθενούς είναι ένα σημαντικό συνεχές ζήτημα ασφάλειας. Αυτό συνδέεται με το απόρρητο των πληροφοριών, αλλά είναι ελαφρώς διαφορετικά, επειδή η



εμπιστευτικότητα μπορεί να παραβιαστεί ακόμη και αν οι εξουσιοδοτημένοι χρήστες είναι οι μόνοι που έχουν πρόσβαση στις πληροφορίες.

#### 8) Διαθεσιμότητα

Τα ιστορικά δεδομένα και οι τρέχουσες ζωτικές λειτουργίες των ασθενών θα πρέπει να είναι πάντα διαθέσιμα σε αυτούς και στον εξεταστή σε οποιαδήποτε θέση και στιγμή. Επιπλέον, οι διακομιστές και οι αισθητήρες δεν θα πρέπει ποτέ να πέφτουν εκτός λειτουργίας και οι πληροφορίες θα πρέπει να είναι πάντα στη σωστή μορφή. Με βάση την τρέχουσα τεχνολογία και την επιστημονική κατανόηση, αυτά τα ιδανικά λειτουργίας είναι μάλλον ανέφικτα, αλλά οι εξελίξεις σε άλλους τομείς, όπως οι υπεραγωγοί ή οι κβαντικοί υπολογιστές, μπορεί να αλλάξουν αυτή την προοπτική.

#### 9) Μη-Αποποίηση

Δύο ασφαλώς εξουσιοδοτημένα και συμβεβλημένα μέρη δεν θα πρέπει να έχουν κανένα πρόβλημα πρόσβασης σε δεδομένα ή επαλήθευσης ότι τα δεδομένα προέρχονται το ένα από το άλλο. Οι ψηφιακές υπογραφές είναι η τρέχουσα διαδικασία για τη διασφάλιση της ακεραιότητας των πληροφοριών, αλλά ορισμένοι τύποι αισθητήρων δεν γνωρίζουν πώς να επεξεργάζονται τις υπογραφές ή δεν έχουν αρκετή ισχύ για να το κάνουν.

#### 10) Περιορισμός Της Ενέργειας

Αν και οι αισθητήρες βασίζονται σε ορισμένη επεξεργαστική ισχύ, υπάρχουν περιπτώσεις στις οποίες είναι προτιμότερη η χρήση λιγότερης ενέργειας, όπως όταν οι αισθητήρες εμφυτεύονται στο σώμα. Οι εμφυτευμένοι αισθητήρες πρέπει επίσης να έχουν αρκετή ισχύ για να παραμένουν ενεργοί για μεγάλο χρονικό διάστημα, κατά προτίμηση τη μέση διάρκεια μιας διάγνωσης, επειδή η αντικατάστασή τους είναι επώδυνη και δαπανηρή. Η εξεύρεση μιας ισορροπίας μεταξύ της ενέργειας που απαιτείται για τη λειτουργία και η ενέργεια που μπορεί να ανεχθεί ένας ασθενής είναι δύσκολη και πιθανώς διαφορετική για κάθε τύπο αισθητήρα.

#### 11) Περιορισμοί Μνήμης Και Υπολογισμού

Οι αισθητήρες SHS έχουν συνήθως μικρό φυσικό μέγεθος, πράγμα που σημαίνει ότι η χωρητικότητα της μνήμης και η υπολογιστική τους ισχύς είναι επίσης μικρές. Οι αλγόριθμοι ασφαλείας για αυτούς τους αισθητήρες πρέπει να μπορούν να λειτουργούν με πολύ μικρή μνήμη χωρίς να διακόπτουν τη λειτουργία του αισθητήρα. Οι περισσότεροι σημερινοί αλγόριθμοι ασφαλείας είναι πολύ μεγάλοι για να λειτουργήσουν καλά με τόσο περιορισμένους πόρους, οπότε απαιτούνται νέες υπολογιστικές προσεγγίσεις. άλλους αναδυόμενους τομείς που σχετίζονται με την υγειονομική περίθαλψη.

#### 12) Κινητικότητα

Οι αισθητήρες SHS είναι γενικά αρκετά κινητοί, καθώς πολλοί από αυτούς έχουν σχεδιαστεί για να συνδέονται με κάποιο τρόπο με το σώμα. Αυτό σημαίνει ότι οι αισθητήρες μπορούν να μετακινούνται συστηματικά μέσα και έξω από ασύρματα δίκτυα σε περιοχές που θα μπορούσαν να παρεμποδίσουν τις μεταδόσεις, να αντιμετωπίζουν προβλήματα μετάδοσης εάν μετακινηθούν με συγκεκριμένο τρόπο ή να αποκολληθούν από τον ασθενή. Όλες αυτές οι δυνατότητες πρέπει να εξεταστούν κατά το σχεδιασμό υλικού ή λογισμικού για αισθητήρες.

### 13) Κλιμακτικότητα

Τα δίκτυα SHS πρέπει να μπορούν να μεγαλώνουν ή να μικραίνουν ανάλογα με τις ανάγκες των ασθενών. Η τροποποίηση του συστήματος δεν πρέπει να θέτει σε κίνδυνο το υπάρχον σύστημα και οι νέοι αισθητήρες πρέπει να ενσωματώνονται σε ένα υπάρχον σύστημα. Για άλλη μια φορά, οι διαφοροποιήσεις στην τεχνολογία των αισθητήρων μπορεί να το καταστήσουν αυτό δύσκολο, και οι περιορισμοί στην κυκλοφορία του δικτύου μπορεί επίσης να δημιουργήσουν προβλήματα.

### 14) Αλγόριθμοι

Ίσως η μεγαλύτερη ανοιχτή πρόκληση είναι ο σχεδιασμός αλγορίθμων ασφαλείας για αισθητήρες και διακομιστές που θα είναι αρκετά ελαφροί ώστε να λειτουργούν με πολύ περιορισμένη επεξεργαστική ισχύ, αλλά αρκετά ισχυροί ώστε να εξασφαλίζουν την ασφάλεια των δεδομένων. Ορισμένοι αλγόριθμοι ασφαλείας απαιτούν πολλή μνήμη και η προσθήκη κρυπτογράφησης στον αλγόριθμο, η οποία αποτελεί απαίτηση στο SHS, αυξάνει περαιτέρω το αποτύπωμα μνήμης. Χρειάζονται νέες έννοιες ασφαλείας στους αλγορίθμους, επειδή αποτελούν τον πιο συνηθισμένο τομέα επίθεσης.

## 4.5.2 Συμπέρασμα

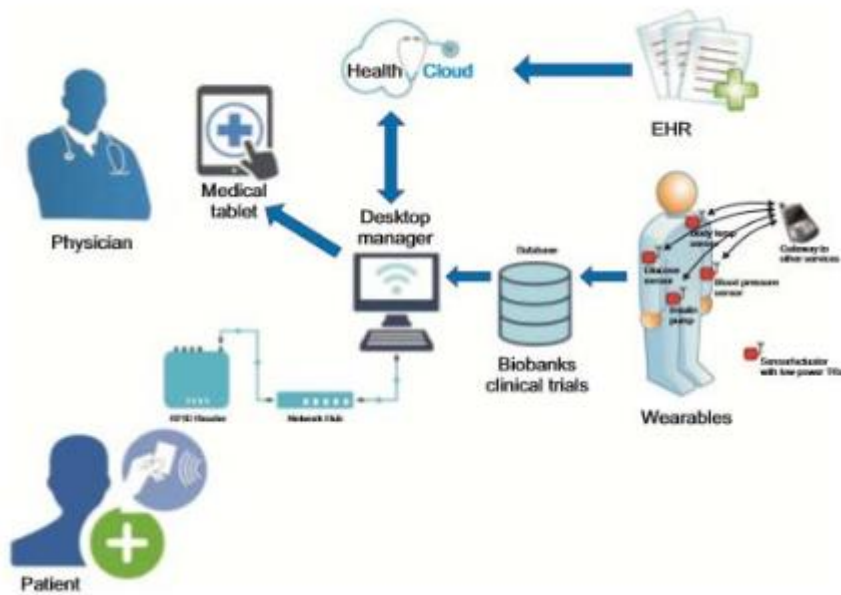
Η ασφάλεια των δεδομένων και η προστασία της ιδιωτικής ζωής αποτελούν προβληματισμό από την αρχή της ψηφιακής εποχής. Καθώς η τεχνολογία εξελίσσεται, η ακριβής φύση αυτών των ανησυχιών αλλάζει. Αυτό δεν είναι πουθενά πιο εμφανές από ό,τι στο Διαδίκτυο των πραγμάτων, καθώς ο αριθμός των έξυπνων συσκευών έχει αυξηθεί εκθετικά τα τελευταία χρόνια. Η έλευση της φορητής τεχνολογίας, καθώς και οι εξελίξεις στην έξυπνη τεχνολογία, γέννησαν την έννοια των έξυπνων συστημάτων υγειονομικής περίθαλψης. Αυτά τα συστήματα, θεωρητικά, μπορούν να αποθηκεύουν και να αναλύουν τις σημαντικότερες πληροφορίες για την υγεία και να ενημερώνουν τους ανθρώπους καλύτερα για την υγεία τους σε πραγματικό χρόνο. Ωστόσο, η προστασία της ιδιωτικής ζωής και η ασφάλεια των πληροφοριών υγειονομικής περίθαλψης είναι ένα ιδιαίτερα ευαίσθητο θέμα, οπότε η διατήρηση της ασφαλείας των δεδομένων των ανθρώπων αποτελεί πρωταρχικό μέλημα κάθε πιθανού έξυπνου συστήματος υγειονομικής περίθαλψης. Ταυτόχρονα, είναι σημαντικό τα συστήματα αυτά να είναι συντηρήσιμα, καθώς πρέπει να αλλάζουν με την εξέλιξη της τεχνολογίας

για να παραμείνουν επίκαιρα. Η άμεση εφαρμογή των αρχών του IoT στην έξυπνη υγειονομική περίθαλψη βρίσκεται ακόμη στα σπάργανα, και υπάρχουν πολύ λίγα παραδείγματα ΣΦΥ πλήρως ενσωματωμένων με το IoT. Οι λίγες πρωτοπόρες εφαρμογές που είναι διαθέσιμες σήμερα θα ξεκινήσουν πιθανότατα μια επανάσταση στον τρόπο διαχείρισης των δεδομένων υγειονομικής περίθαλψης. Ίσως το πιο σημαντικό, θα αλλάξει τον τρόπο με τον οποίο οι άνθρωποι έχουν πρόσβαση σε πληροφορίες σχετικά με την υγεία τους, καθώς το Διαδίκτυο των πραγμάτων συνδέει πολλές διαφορετικές εφαρμογές και τεχνολογίες. Η ενσωμάτωση της υγειονομικής περίθαλψης με το Διαδίκτυο των Τα πράγματα βασίζονται τόσο στην παλιά όσο και στη νέα τεχνολογία. Δεδομένου ότι θα υπάρξουν αναμφίβολα βελτιώσεις τόσο στο υλικό όσο και στο λογισμικό τα επόμενα χρόνια, το μέλλον της υγειονομικής περίθαλψης θα είναι πιθανότατα πολύ διαφορετικό. Οι θεμελιώδεις έννοιες που προωθούνται αυτή τη στιγμή θα συνεχίσουν να ενισχύουν τις νέες εξελίξεις και, παρόλο που υπάρχουν ορισμένα σημαντικά ερωτήματα που πρέπει να απαντηθούν αυτή τη στιγμή, δεν υπάρχει κανένας λόγος να πιστεύουμε ότι δεν θα λυθούν στο μέλλον. Αυτό δεν σημαίνει, φυσικά, ότι η προοπτική ενός έξυπνου συστήματος υγειονομικής περίθαλψης είναι όνειρο θερινής νυκτός. Η συνεχής καινοτομία στον τομέα είναι και θα συνεχίσει να είναι κρίσιμη για να παραμείνουν τα συστήματα επίκαιρα. Ενώ η ευθύνη για τις πρώτες γενιές έξυπνων συστημάτων υγειονομικής περίθαλψης θα βαρύνει κατά πάσα πιθανότητα τους προγραμματιστές λογισμικού και τους επαγγελματίες του ιατρικού τομέα, ένα μέρος του βάρους αυτού θα μετατοπιστεί στους ασθενείς με την πάροδο του χρόνου, και η συμμετοχή στα νέα συστήματα μπορεί να προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα. Ιδανικά, η ασφάλεια των δεδομένων και η υιοθέτηση ασφαλών μέτρων προστασίας της ιδιωτικής ζωής θα εξελίσσονται μαζί με τα έξυπνα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης, αλλά ανεξάρτητα από το πόσο πολύπλοκο και ασφαλές είναι ένα σύστημα, οι ασθενείς που βασίζονται σε αυτό θα έχουν πάντα άμεσο αντίκτυπο στην ασφάλεια. Η παρούσα εργασία εξέτασε κριτικά τα ερευνητικά άρθρα που αφορούσαν την ασφάλεια και την ιδιωτικότητα στα ΣΑΥ. Με τον τρόπο αυτό φάνηκε η κατανομή των εργασιών σχετικά με την ασφάλεια και την ιδιωτικότητα. Παρέχονταν κατανομές και κατηγοριοποιήσεις με βάση τον τόπο δημοσίευσης, το έτος δημοσίευσης, τον στόχο, τον τομέα εφαρμογής και την τεχνική ασφάλειας. Επιπλέον, συνοψίζονται οι πιο κοινές επιθέσεις ασφάλειας στα SHS, καθώς και τα προτεινόμενα αντίμετρα. Επιπλέον, παρέχεται ανάλυση των τρόπων με τους οποίους η τρέχουσα έρευνα χειρίζεται την ασφάλεια και την ιδιωτικότητα των SHS. Συζητούνται οι ανοικτές ερευνητικές προκλήσεις, καθώς και οι κατευθύνσεις για μελλοντική έρευνα.

[2][6][7][8][9][10]

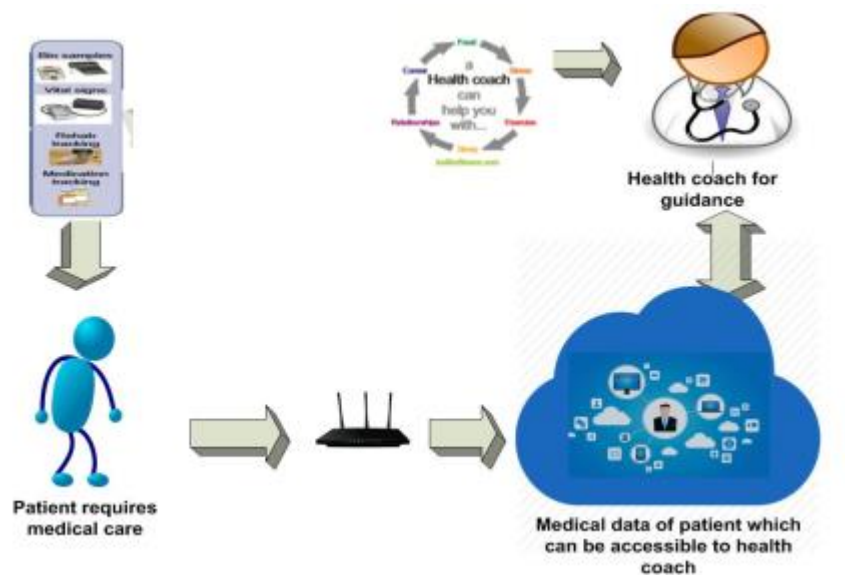
## 5. Διαδίκτυο Ιατρικών Αντικειμένων [4]

Το σύστημα των διαφόρων συσκευών, όπως κινητά τηλέφωνα, ηλεκτρονικά, και αισθητήρες συνδέονται και επικοινωνούν μεταξύ τους για να ανταλλάσσουν πληροφορίες για ενεργές υπηρεσίες. Το ΙοMT έχει τη δυνατότητα να επιτρέπει στις συσκευές να εκτελούν εξ αποστάσεως υπόπάρχουσα αρχιτεκτονική δικτύου και βελτιώνει την αποδοτικότητα, ακρίβεια και τα οικονομικά οφέλη. Το ΙοMT δίνει τη δυνατότητα υπηρεσίες οι οποίες απαιτούν μόνο μια σύντομη ποσότητα δεδομένων και μεγάλη διάρκεια ζωής της μπαταρίας, αλλά επίσης χρειάζεται γρήγορη ταχύτητα και αξιοπιστία σύνδεση. Για να εκτελεστεί το σύστημα ΙοT πρέπει να έχει 5G δίκτυο ή συσκευές συνδεσιμότητας και ισχύος, απαίτηση δεδομένων και το φάσμα συχνοτήτων θα πρέπει να είναι διαθέσιμα για αυτό. Το προσδοκία των αμερικανικών επιχειρήσεων ότι αν δαπανήσουν 232 δισεκατομμύρια δολάρια σε υπηρεσίες ΙοMT φέτος και από αυτά τα κέρδη θα αυξηθούν έως και 357 δισεκατομμύρια δολάρια από το 2019 . Το Σχήμα: 3 δείχνει το πώς θα μοιάζει η ιατρική στο μέλλον ΙοMT στο δίκτυο 5G. Το ασθενής πρέπει να έχει μια έγκυρη ταυτότητα η οποία όταν σαρωθεί και συνδέει τους ανθρώπους, αλλά παρέχει επίσης συνδεσιμότητα σε οποιοδήποτε συσκευές που εκμεταλλεύονται αυτή την πρόσβαση. Η εξέλιξη της κινητής τεχνολογίας αποτελεί κρίσιμο στοιχείο για την ταχεία ανάπτυξη του διαδικτύου των πραγμάτων (ΙοMT). Το διαδίκτυο των ιατρικών πραγμάτων απαιτεί γρήγορη συνδεσιμότητα, διαχείριση και υψηλές δυνατότητες δεδομένων, τις οποίες το δίκτυο 5G μπορεί να καταστήσει εφικτές όπως η απεικόνιση, η διάγνωση και η θεραπεία. Οι συσκευές που περιλαμβάνουν συσκευές που φοριούνται, αισθητήρες και εκείνες που μεταδίδουν ιατρικά δεδομένα που παρέχουν υπηρεσίες θεραπείας, διάγνωσης και βίντεο υψηλής ανάλυσης, όλες αυτές οι υπηρεσίες θα παρέχονται με βελτιωμένη ποιότητα υπηρεσιών σε λογικές τιμές. Το δεδομένα των ασθενών πρέπει να είναι ασφαλή και ιδιωτικά και τα δεδομένα αυτά πρέπει να έχουν πρόσβαση πολλοί γιατροί για τη σωστή διάγνωση και θεραπεία και θα βοηθήσουν επίσης στη λήψη αποφάσεων. Οι πληροφορίες θα διαμοιράζονται ηλεκτρονικά για τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας του κόστους σε όλη την ιατρική περίθαλψη.



Εικόνα 19: Σύστημα Διαχείρισης IoMT , [4]

Υπάρχουν ορισμένες εφαρμογές όπου η ιατρική χρειάζεται υψηλά δεδομένα αξιοπιστία και διαθεσιμότητα της σύνδεσης με χαμηλή καθυστέρηση, δηλαδή για λίγα χιλιοστά του δευτερολέπτου. Το 5G θα καταστήσει αυτές τις Στο Σχήμα: 4 απεικονίζεται ο τρόπος με τον οποίο θα λειτουργεί το μελλοντικό δίκτυο 5G. Ο ασθενής θα πρέπει να κοιτάξει το έξυπνο τηλέφωνό του για να ελέγξει τα αποτελέσματα της υγείας του. Καθώς ένα άτομο παίρνει πρόσφατα εξιτήριο από το νοσοκομείο και συνδέεται με το σύννεφο, μέσω του οποίου οι γιατροί μπορούν να έχουν πρόσβαση για περαιτέρω Η ραχοκοκαλιά για το IoMT είναι το 5G το οποίο συνδέει διαφορετικές κινητές και ιατρικές συσκευές μαζί. υπάρχουν πολλές εφαρμογές που θα παρέχουν σειρά πλεονεκτημάτων σε βιομηχανίες που απαιτούν αξιόπιστη συνδεσιμότητα και υψηλή εύρος ζώνης. Αυτοί οι τύποι πραγμάτων είναι ένα από τα τμήματα της επερχόμενης τεχνολογίας 5G.



Εικόνα 21: Σύστημα IoMT για την υγειονομική περίθαλψη,[4]

### 5.1 Ορθή Θεραπεία Και Διάγνωση

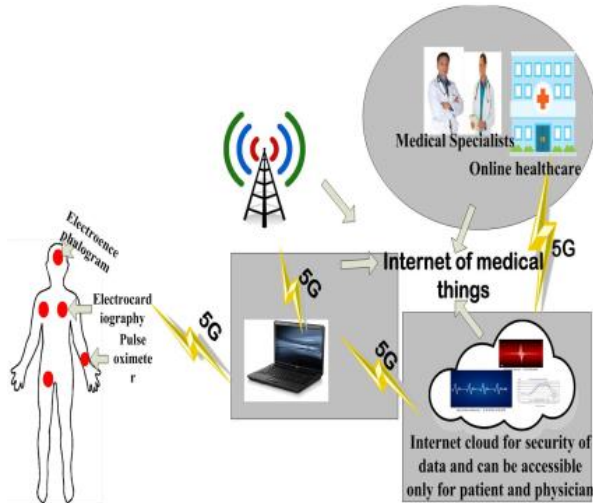
Το κύριο ζήτημα της νέας καινοτομίας της ψηφιακής ιατρικής είναι μακρινό η πρόσβαση στην απεικόνιση και η ικανότητα του πόσο γρήγορα αυτές οι εικόνες να μοιράζονται πληροφορίες σε όλη την περιοχή με χαμηλή καθυστέρηση και απόσταση. Για παράδειγμα, αν ένας γιατρός βρίσκεται σε μια πόλη οποιασδήποτε περιοχής χρειάζεται οποιαδήποτε συμβουλή από έναν άλλο γιατρό, πρέπει να μεταφέρει την ιατρικές εικόνες ή αποτελέσματα σε αυτόν τον γιατρό και να λάβει την ανατροφοδότησή του σε την ιατρική κατάσταση. Αυτές οι συμβουλές θα βοηθήσουν τους γιατρούς να αποκτήσουν πρόσβαση στα πιο έμπειρα άτομα και επιτρέπει την υγειονομική περίθαλψη σύστημα μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα με τη βελτίωση των δυσκολιών βάσει γεωγραφίας και εισοδήματος. Αυτή είναι η κατάσταση ειδικά στις αγροτικές περιοχές ή σε προαστιακούς πληθυσμούς . Στις αγροτικές περιοχές οι ασθενείς δεν έχουν τη δυνατότητα να έρθουν σε επαφή με τους σύγχρονους ειδικούς ιατρούς. Όταν πρόκειται για τον ψηφιακό κόσμο, πώς μπορούν αυτοί οι ασθενείς να έχουν πρόσβαση στους ειδικούς που βρίσκονται μακριά τους. Αυτό μειώνει τα προβλήματα στην υγεία και θα βοηθήσει στη σύνδεση των αστικών/αγροτικών ανθρώπους μαζί, κάτι που υπάρχει σε ορισμένες χώρες όπως χωριστά. Οι ασθενείς δεν θα χρειάζεται να ταξιδεύουν για υψηλής ποιότητας ιατρικές υπηρεσίες. Τώρα δεν θα περιορίζονται μόνο στην τοπική τους γιατρούς, αλλά θα έχουν πρόσβαση σε ένα διεθνές δίκτυο επαγγελματίες γιατρούς. Ο Darrell M. West δίνει το παράδειγμα του Michael J. Fox Foundation ο οποίος ανέπτυξε και εργάστηκε σε αυτές τις συσκευές που παρακολουθούν τις κινήσεις που σχετίζονται με τη νόσο του Πάρκινσον. Η μετάδοση βίντεο για την παρακολούθηση της υγείας των ασθενών και οι τεχνολογίες μπαταριών των αισθητήρων είναι σημαντικά θέματα στο WBSN. Υπάρχουν διάφορες τεχνικές που έχουν εισαχθεί για την ενέργεια αποδοτική

μετάδοση σε ασύρματα δίκτυα περιοχής σώματος . Εάν η διάγνωση δεν είναι περίπλοκη, τότε μπορούν να λάβουν υγειονομική περίθαλψη στο σπίτι τους μέσω τηλεδιάσκεψης και ψηφιακής ιατρικής περίθαλψης. Οι γιατροί και οι νοσηλευτές έχουν τη δυνατότητα να σαρώνουν ζωτικά σύμβολα, κινήσεις, τα επίπεδα αιμορραγίας , προκειμένου να παρέχουν την διευκόλυνση της διάγνωσης σε πραγματικό χρόνο στα θέματα υγειονομικής περίθαλψης του ασθενούς. Το "Citizen Tele-care Service System" (CTSS) και στόχος του οργανισμού είναι η πλήρης εφαρμογή αυτών των τεχνολογιών που μπορούν να παρέχουν συνεχή σάρωση, ειδοποίηση έγκαιρων προειδοποιήσεων και βιομετρική παρακολούθηση, που είναι αναφορικά με θέματα υγείας . Ρουχισμός που εμπεριέχει αισθητήρα αναπνοής θα μπορούσε να φορεθεί στο βρέφος και οι γονείς μπορούν να το παρακολουθούν όλες τις ιατρικές πληροφορίες σε μια εφαρμογή Android. Βοηθά επίσης τους γονείς να παρακολουθούν τις συνθήκες του μωρού και προειδοποιεί τον γονέα όταν υπάρχει ανάγκη αλλαγής πάνας . Η ενδοσκόπηση κάψουλας χαμηλής κατανάλωσης μπορεί να αυξήσει την αποτελεσματικότητα των εικόνων επειδή απαιτεί λιγότερη κατανάλωση ενέργειας και έχει μεγάλη διάρκεια ζωής μπαταρίας .

Η πραγματική χρήση αυτών των εξελίξεων σχετίζεται με τα γονίδια του καρκίνου. Καθώς οι περισσότερες περιπτώσεις καρκίνου είναι περίπλοκες και σχετίζονται με τη γενετική σύνθεση του ασθενούς. Απαιτεί πλήρεις πληροφορίες σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο τα γονίδια επηρεάζουν την ανάπτυξη του καρκίνου είναι πιο πολύτιμες γνώσεις για τους γιατρούς και τους ασθενείς . Υπάρχει πολύς ιατρικός εξοπλισμός και συσκευές που αναπτύχθηκαν για το δίκτυο 5G για να σηματοδοτήσουν αυτό το πράγμα, αλλά οι επιτραπέζιοι υπολογιστές δεν μπορούν να αποθηκεύσουν αυτά τα λεπτομερή δεδομένα, οπότε το cloud έχει χρησιμοποιηθεί για την αποθήκευση των δεδομένων που έχει ευρύ φάσμα δεδομένων αποθήκευσης που απαιτούν οι γιατροί.

## 5.2 Μελλοντικές Ερευνητικές Προκλήσεις Στον Τομέα Της Ιατρικής Υγειονομικής Περίθαλψης

Εικόνα 22: Σύστημα IoMT για την υγειονομική περίθαλψη[4]



Στην ενότητα αυτή εξετάζεται η μελλοντική καινοτομία στο IoMT για την υγειονομική περίθαλψη. Υπάρχουν τρία στρώματα. Το έργο της πρώτης στρώσης είναι στο σπίτι για έναν ασθενή που χρησιμοποιεί προσωπικό υπολογιστή, κινητά τηλέφωνα ή αισθητήρες για να συνδεθεί με το cloud για την αποθήκευση δεδομένων. Ο ασθενής πρέπει να έχει ασφαλές RFID για λόγους ασφαλείας. Το δεύτερο είναι η συνδεσιμότητα που παρέχεται από το δίκτυο 5G σε όλη τη διαδικασία. Στο νοσοκομείο οι γιατροί θα έχουν πρόσβαση στα δεδομένα των ασθενών για διάγνωση και θεραπεία. Στο νοσοκομείο θα υπάρξουν αυξήσεις στον αριθμό των ιατροτεχνολογικών προϊόντων όπως ταμπλέτες, φορητοί υπολογιστές για σύνδεση με τον ασθενή. Το Διαδίκτυο των πραγμάτων δίνει σταδιακά τα οφέλη του στην ανθρώπινη υγειονομική περίθαλψη σε γιατρούς και ασθενείς. Το IoMT βοηθά επίσης τον ασθενή να φροντίζει στα σπίτια.





Εικόνα 22: Μελλοντικό IoMT,[4]

Δεδομένου ότι ορισμένοι ασθενείς δεν φροντίζουν τον εαυτό τους και επίσης να λαμβάνουν φάρμακα την κατάλληλη στιγμή. Έτσι, το έξυπνο IoMT στο σπίτι ανεβάζει αυτόματα αυτές τις πληροφορίες στο cloud και στέλνει ειδοποίηση στους γιατρούς για ασθενείς που δεν παίρνουν το φάρμακό τους. Με την ευρύτερη έννοια βοηθά επίσης τους γιατρούς να γνωρίζουν τις κρίσιμες συνθήκες των ασθενών. Με απλά λόγια περισσότερη συνδεσιμότητα σημαίνει περισσότερα δεδομένα και καλύτερη υγειονομική περίθαλψη για τους ασθενείς. Αυτό απεικονίζεται στην εικ. Η νέα τεχνολογία IoMT θα επιτρέψει στους ασθενείς και τους γιατρούς να παρακολουθούν το ρέικι σε πραγματικό χρόνο και μέσω των αρχείων υγείας όλοι οι γιατροί θα έχουν πρόσβαση σε αυτές τις πληροφορίες. Αυτά τα πράγματα θα ενισχύσουν τη βελτίωση της υγείας των ασθενών, των υπηρεσιών θεραπείας σε προσιτές τιμές.

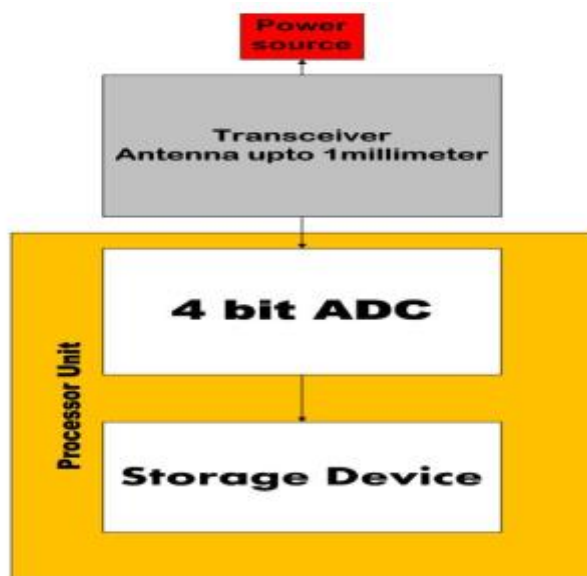
Το Σχήμα 5 έχει αποδειχθεί ότι το 5G θα πληροί τις απαιτήσεις συνδεσιμότητας μεταξύ ασθενών και γιατρών. Το IoMT θα υποστηρίξει τα ιατροτεχνολογικά προϊόντα και θα τα συνδυάσει σε ένα συνδυασμένο σύστημα, προκειμένου να αποκτήσει το πιο αποτελεσματικό σύστημα και να διευκολύνει τον ασθενή. Υπάρχουν ορισμένα προβλήματα ασφάλειας και πραγματικά εμπόδια με την κοινή χρήση δεδομένων, η προστασία της ιδιωτικής ζωής να λαμβάνει ανησυχίες, ώστε η τεχνολογία 5G να μπορεί να αντισταθμιστεί με αυτό το ζήτημα. Η τεχνολογία 5G φέρνει τα εξελικτικά βήματα που θα δώσουν όφελος σε όλους. Αν και υπάρχει ακόμα θέμα που πρέπει να ξεπεραστεί το μέλλον του IoMT θα βελτιωθεί. Το Price Waterhouse Coopers προτείνει ότι η αγορά θα αυξηθεί στα 61 δισεκατομμύρια δολάρια μέχρι το 2020 για την υγειονομική περίθαλψη IoMT. Μέχρι το 2020 οι ιατρικές συσκευές υγειονομικής περίθαλψης θα αυξηθούν στα 14 δισεκατομμύρια δολάρια. Οι παρεχόμενες υπηρεσίες

εκτιμάται ότι θα αυξηθούν κατά 45 δισεκατομμύρια δολάρια την ίδια περίοδο. Οι ετήσιοι ρυθμοί ανάπτυξης από τα πρόσφατα επίπεδα θα είναι 37% και 31%. Η ανάπτυξη του IoT θα αφορούσε κυρίως την ασφάλεια και την προστασία της ιδιωτικής ζωής των δεδομένων. Υπάρχουν ορισμένες μέθοδοι για την ασφάλεια των δεδομένων στο cloud, αλλά εξακολουθούν να υπάρχουν ορισμένοι πνευματικοί χάκερ που μπορούν να κλέψουν μόνο τα δεδομένα. Μια έρευνα σε 12.000 άτομα μεταξύ οκτώ εθνών έδειξε ότι το 70% από αυτούς είναι πρόθυμοι να δουν έναν γιατρό μέσω βιντεοδιάσκεψης για τα συνηθισμένα ραντεβού και το 70% είναι πρόθυμοι να χρησιμοποιήσουν αισθητήρες τουαλέτας και οθόνες υγείας. Αντί να πηγαίνουν στο νοσοκομείο για ιατρικές υπηρεσίες, οι ασθενείς θα επωφελούνταν από τις τεχνολογίες ιατρικής υγειονομικής περίθαλψης, τις ψηφιακές τεχνολογίες και τις συσκευές απομακρυσμένης παρακολούθησης. Είναι κατά προσέγγιση ότι η αγορά POCT θα αυξηθεί μέχρι \$27.5 δισεκατομμύρια μέχρι το 2018. Οι μελέτες του ερευνητή της Διοίκησης Βετεράνων (VA) σε πάνω από 17.000 ασθενείς να έδειξαν ότι θα υπάρξει μείωση 25% στον αριθμό κλινών φροντίδας, 19% μείωση του αριθμού των εισαγωγών στα νοσοκομεία και τα μέσα θα προκύψουν για την αξιολόγηση της βαθμολογίας ικανοποίησης 86% μετά την εγγραφή στο πρόγραμμα. Το σύστημα υγείας του Πανεπιστημίου της Βιρτζίνια είχε λάβει μια μελέτη και διαπίστωσε ότι θα υπάρξει βελτίωση 37% στην επανεισδοχή στα νοσοκομεία μετά από κατ' οίκον επισκέψεις και μετά από την οξεία βοήθεια προσοχής. Ο βέλτιστος αλγόριθμος εξομάλυνσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη βελτιστοποίηση της ποιότητας των υπηρεσιών της τηλεϊατρικής. Το 3% των ασθενών θα μπορούσαν να επανεισδοχή εάν παρακολουθούνταν καθημερινά και έχουν βιντεοδιάσκεψη με παρόχους υγείας εβδομαδιαίως, ενώ το 15% είναι εκείνοι που δεν είναι σε θέση να λάβουν αυτού του είδους τις υπηρεσίες. Η ασθένεια του διαβήτη είναι το σημαντικό πρόβλημα σε πολλές κοινωνίες. Η πολιτεία του Μισισιπή διαπίστωσε ότι το 13% των ανθρώπων πάσχουν από νόσο του διαβήτη και το 54% είναι εκείνοι οι ασθενείς που βρίσκονται σε αγροτικές περιοχές με περιορισμένη πρόσβαση σε αυτή την ποιότητα φροντίδας. Μετά την παραγωγή του δικτύου Diabetes Telehealth με τη διαχείριση της φροντίδας παρακολούθησης, οι πάροχοι υγείας θα μπορούσαν να κοστίσουν έως και 339.184 δολάρια για σχεδόν 100 ασθενείς που έχουν διαβήτη και μπορεί να εξοικονομήσει τα χρήματα 189 εκατομμύρια δολάρια ετησίως. Η εικ. 7 κατέδειξε τον αριθμό των συσκευών που θα αυξηθούν κατά τα μελλοντικά έτη. Το IoMT στην υγειονομική περίθαλψη έχει τη δυνατότητα να παρέχει τις υπηρεσίες των νοσοκομείων στο σπίτι με χαμηλό κόστος χωρίς καμία αποφυγή οποιασδήποτε ποιότητας.

Το λογισμικό φωνητικής καταγραφής θα μπορούσε να περιορίσει τις διοικητικές λειτουργίες, αλλά ορισμένες μελέτες δείχνουν ότι βοηθά τους παρόχους υγείας να παρέχουν την κατάλληλη φροντίδα χωρίς να υπάρχει διακοπή των δεδομένων και των εργασιών υποβολής ερωτημάτων. Η ικανότητα παρακολούθησης της χρήσης και της

κατάστασης των εγκαταστάσεων των συσκευών για τη διασφάλιση της ασφάλειας του ασθενούς. Σύμφωνα με την άποψη του κλάδου, η Paul Buss Communications ανέφερε ότι η εξοικονόμηση χρημάτων μέσω της ηλεκτρονικής υγείας μπορεί να αναμένεται μεταξύ 10% και 20% του συνολικού κόστους. Οι ασθενείς θα έχουν τη δυνατότητα να απευθείας σύνδεση για ιατρικά δεδομένα και να χρησιμοποιούν αυτά τα δεδομένα για να βελτιώσουν τις προηγούμενες ερωτήσεις τους στους γιατρούς. Με απλά λόγια μπορεί να ειπωθεί ότι η τεχνολογία 5G μπορεί να είναι χρήσιμη στη συνδεσιμότητα αυτών των συσκευών για έξυπνη και σωστή θεραπεία των ασθενών.

### 5.3 Προτεινόμενη Αρχιτεκτονική Αισθητήρων Με Βάση Το 5g Για Κόμβο Iomt



Εικόνα 23: Αρχιτεκτονική κόμβου αισθητήρα, [4]

Η πρόσφατη τεχνολογία 5G εισήγαγε το IoT για να βοηθήσει τους ασθενείς και τους γιατρούς στο σπίτι και στα νοσοκομεία. Από την άποψη αυτή, οι ασύρματοι αισθητήρες σώματος πρέπει να δώσουν μια συσκευή που παρακολουθεί την υγεία των ασθενών. Πολλά διαφορετικά BSN (κόμβος αισθητήρων σωμάτων) που εισάγονται για να προσφέρουν τη δυνατότητα ιατρικής περίθαλψης στους ασθενείς. Η κύρια απαίτηση στην αρχιτεκτονική του κόμβου αισθητήρων είναι η κατανάλωση ενέργειας και το μέγεθος του αισθητήρα. Το μέγεθος του αισθητήρα δεν πρέπει να είναι πολύ μεγάλο ώστε οι άνθρωποι να μην μπορούν να το χειριστούν. Η αρχιτεκτονική αποτελείται από πομποδέκτη, συσκευή αποθήκευσης και επεξεργαστή. Ο πομποδέκτης περιλαμβάνει κεραίες. Το μέγεθος εξαρτάται από το μέγεθος της κεραίας. Αυτό το μέγεθος είναι μια αντίστροφη σχέση με τη συχνότητα και την άμεση σύνδεση με το μήκος κύματος. Οι σειρές συχνοτήτων για το 5G είναι σε gigahertz. Οι υψηλότερες συχνότητες μειώνουν το μήκος κύματος και το μέγεθος της κεραίας

μειώνεται επίσης. Το μέγεθος της κεραίας μειώθηκε, το μέγεθος του αισθητήρα θα μειωθεί επίσης. Υπάρχει ένα όφελος του μικρού κόμβου αισθητήρων που είναι εύκολο να πραγματοποιηθεί και να χειριστεί. Απαιτεί επίσης χαμηλή κατανάλωση ενέργειας λόγω του μικρότερου μεγέθους.

$$f \propto \frac{c}{\lambda}$$

$$\lambda \propto \text{size of antenna} \propto \text{size of sensor.}$$

Όταν από,  $\lambda$ ,  $c$  και  $f$  αντιπροσωπεύει το μήκος κύματος, την ταχύτητα του φωτός και τη συχνότητα, αντίστοιχα. Επιπλέον, στην προτεινόμενη αρχιτεκτονική του κόμβου αισθητήρων στην τεχνολογία 5G, το μέγεθος της κεραίας πομποδέκτη μειώθηκε σε 1mm και 12 bit ADC ελαχιστοποιείται μέχρι 4 bit ADC.

Με τον γρήγορο πολλαπλασιασμό της χρήσης smartphones και μικροσκοπικών wearable αισθητήρων υπάρχει πρόοδος στις μεθόδους θεραπείας του ασθενούς όπως, διάγνωση, απεικόνιση, παράδοση κατ' οίκον φροντίδας κλπ. Έτσι, έχοντας υπόψη αυτά τα οφέλη και την αυξημένη ζήτηση της γηράσκουσας κοινωνίας, πραγματοποιήσαμε αυτήν την έρευνα. Αυτό το έγγραφο έρευνας παρουσιάζει τη λεπτομερή ανασκόπηση των κοινών τεχνολογιών αιχμής IoT και 5G για την παρακολούθηση της κατάστασης της υγείας των ασθενών με ευκολία και άνεση. Εκτός αυτού, προτείνεται μια νέα αρχιτεκτονική κόμβων αισθητήρων με βάση το 5G για το IoMT. Διερευνάται και συνάγεται το συμπέρασμα ότι το 5G δεν είναι μόνο ωφέλιμο για το ασύρματο δίκτυο, αλλά και φίλος των βιομηχανιών υγειονομικής περίθαλψης με την έννοια « υγειονομική περίθαλψη για οποιονδήποτε, οπουδήποτε και οποτεδήποτε». Επιπλέον, το 5G προσφέρει μακροπρόθεσμη συνδεσιμότητα μεταξύ συσκευών αποτελεσματικά και αποτελεσματικά διάγνωση των ασθενών σε κρίσιμη κατάσταση. Ο κύριος σκοπός αυτής της έρευνας είναι να διερευνήσει τους υπερσύγχρονους και οικονομικούς τρόπους παροχής υπηρεσιών σε φτώχη και γηράσκουσα κοινωνία στις αγροτικές περιοχές μειώνοντας τους πόρους τους και τις συχνές επισκέψεις τους σε νοσοκομεία. Στο εγγύς μέλλον θα επικεντρωθούμε στην ενέργεια, τη βελτιστοποίηση φόρτισης της μπαταρίας και την παράταση διάρκειας ζωής των φορητών συσκευών που βασίζονται στο IoT κατά τη διάρκεια των ζωτικών σημμάτων του ασθενούς ή της μετάδοσης εικόνας βίντεο μέσω δικτύων 5G [4][5][7][9][10].

## Βιβλιογραφία

- [1] *Abdullah Algarni* ,Information Technology Division, Institute of Public Administration, Riyadh 11141, Saudi Arabia , *A Survey and Classification of Security and Privacy Research in Smart Healthcare Systems* , *IEEE Access* , July 25 2019
- [2] *Marco Viceconti, Peter Hunter, and Rod Hose* , *Big Data, Big Knowledge: Big Data for Personalized Healthcare* , *IEEE Journal Of Biomedical And Health Informatics*, Vol. 19, No. 4, July 2015
- [3] *Kumari Nidhi Lal ,Anoj Kumar Dept. of Computer Science & Engineering ,E-Health application over 5G using Content-Centric Networking (CCN)* , *International Conference on IoT and Application (ICIOT)*, May 2017
- [4] *,Hina Magsi , Faheem Akhtar Chachar,Saeed A.Khan Abro* , Department Of Electrical Engineering Sukkur Institute of Business Administration, University , *Evolution of 5G in Internet of Medical Things* , *International Conference on Computing, Mathematics and Engineering Technologies – iCoMET* March 2018
- [5] *Gul Hassan Sodhro ,Ali Hassan Sodhro, Sandeep Pirbhulal* *Evolution of 5G in Internet of Medical Things* , *International Conference on Computing, Mathematics and Engineering Technologies – iCoMET* March 2018
- [6] *JeongGil Ko, Chenyang Lu, Mani B. Srivastava, John A. Stankovic ,Andreas Terzis, and Matt Welsh* , *Wireless Sensor Networks for Healthcare* , *Proceedings of the IEEE* | Vol. 98, No. 11, November 2010
- [7] *Kuan Zhang , Kan Yang , Xiaohui Liang , Zhou Su , Xuemin (Sherman ) Shen ,And Henry H. Luo* , *Security And Privacy For Mobile Healthcare Networks :From A Quality Of Protection Perspective* *IEEE Wireless Communications* , August 2015
- [8] *A Survey* , *Yingnan Sun , Frank P. Lo , And Benny Lo* , *Security and Privacy for the Internet of Medical Things Enabled Healthcare Systems* , *IEEE Access* , Volume 7, December 18 , 2019
- [9] *Sivanarayani M Karunarathne, Bournemouth University, Poole BH12 5BB, U.K. , Neetesh Saxena, Cardiff University, Cardiff CF10 3AT, U.K. , Muhammad Khurram Khan, King Saud University, Riyadh 11451, Saudi Arabia* , *Security and Privacy in IoT Smart Healthcare* , *IEEE Internet Computing* , July-Aug. 2021
- [10] *C. Jr. Arcadius Tokognon, Bin Gao, Senior Member, IEEE, Gui Yun Tian, Senior Member, IEEE, and Yan Yan* , *Structural Health Monitoring Framework Based on Internet of Things: A Survey*, *IEEE Internet Of Things Journal*, Vol. 4, No. 3, June 2017

- [11] *Enas Selem, Mohammed Fatehy Sherine M. Abd El-kader E-Health applications over 5G networks: challenges and state of the art., 2019 6th International Conference on Advanced Control Circuits and Systems (ACCS) & 2019 5th International Conference on New Paradigms in Electronics & information Technology (PEIT), November 2019*
- [12] *Basant Kumar, S. P. Singh\* and Anand Mohan\* Department of Electronics & Communication Engineering, Motilal Nehru National Institute of Technology , Emerging Mobile Communication Technologies for Health , Computer and Communication Technology (ICCCT), 2010 International Conference , October 2010*
- [13] *Willian D. de Mattos and Paulo R.L. Gondim , M-Health Solutions Using 5G Networks and M2M Communications , University of Brasilia , IT Pro May/June 2016*
- [14] *Nur Farahiyah Mohamad Aun, Ping Jack Soh, Azremi Abdullah Al-Hadi, Mohd Faizal Jamlos, Guy A.E. Vandenbosch, and Dominique Schreurs , Revolutionizing Wearables for 5G , IEEE Microwave Magazine , May 2017*
- [15] *Ali Hassan Sodhro Electrical Engineering Department , Madad Ali Shah , Electrical Engineering Department , Role of 5G in Medical Health , Innovations in Electrical Engineering and Computational Technologies (ICIEECT), 2017 International Conference , April 2017*
- [16] *Alexander Markhasin , Andrey Zolotuev ,Valery Belenky , The 5G Ubiquitous Directional Communication Technologies of Public e-Health for Rural and Remote Areas , 2019 International Multi-Conference on Engineering, Computer and Information Sciences (SIBIRCON) , October 2019*
- [17] [www.itu.int](http://www.itu.int) *Detailed specifications of the radio interfaces of IMT-2020 , February 2021*
- [18] *Sima Ajami ,Parisa Lamoochi , Use of telemedicine in disaster and remote places , IEEE Internet Computing , July/August 2021*
- [19] *Tuan Nguyen , Small Cell Networks and the Evolution of 5G , qorvo.com , May 2017*

Εικόνα 1: Επισκόπηση του χρονοδιαγράμματος για την ανάπτυξη και την ανάπτυξη IMT, [17]	19
Εικόνα 2: Σενάρια χρησιμότητας του IMT για το 2020 και μετέπειτα [17]	22
Εικόνα 3: Ενίσχυση των βασικών δυνατοτήτων απο IMT-Advanced σε IMT-2020, [17]	25
Εικόνα 4: Η σημασία των βασικών δυνατοτήτων σε διαφορετικά σενάρια χρήσης, [17]	27
Εικόνα 5: Φάσεις και αναμενόμενα χρονοδιαγράμματα του IMT – 2020, [17]	31
Εικόνα 6: Αρχιτεκτονική Συστήματος Τηλεϊατρικής, [18]	36
Εικόνα 7: Αρχιτεκτονική Υψηλού Επιπέδου 5ης Γενιάς, [19]	52
Εικόνα 8: Βασικές δυνατότητες 5G για λύσεις κινητής υγείας (m health). Αυτές οι δυνατότητες μπορούν να βελτιώσουν τις λύσεις υγείας σε πολλά σενάρια., [13]	53
Εικόνα 9: Αγροτική συσκευή με εξαιρετικά πράσινη μεγάλη εμβέλεια 5G Hypercell., [16]	59
Εικόνα 10: Ένα πολυλειτουργικό μέσο ελέγχου πρόσβασης "όλα σε ένα", [16]	60
Εικόνα 11: Μια αρχιτεκτονική 5G CCN για ιατρική περίθαλψη, [3]	62
Εικόνα 12: Πρωτόκολλο 5G CCN WBAN για το e-Health, [3]	63
Εικόνα 13: Σχεδιάγραμμα Παραδείγματος, [3]	66
Εικόνα 14: Protocol Stack για 5G- CCN WBAN, [3]	67
Εικόνα 15: Mobile Health Network, [7]	71
Εικόνα 16: QoP για τα MHN, [7]	73
Εικόνα 17: Συνάθροιση δεδομένων υγείας βάσει προτεραιότητας για MHN: α) μοντέλο WBAN με υποστήριξη cloud. β) συγκέντρωση δεδομένων υγείας βάσει προτεραιότητας., [7]	78
Εικόνα 18: Σύγκριση απόδοσης ανίχνευσης Sybil για κινητά (ΤΗ είναι το όριο αλλαγής ψευδωνύμων: α) FNR έναντι ΤΗ. β) FPR εναντίον ΤΗ., [7]	82
Εικόνα 19: Σύστημα Διαχείρισης IoMT, [4]	93
Εικόνα 20: Σύστημα Διαχείρισης IoMT, [4]	93
Εικόνα 21: Σύστημα IoMT για την υγειονομική περίθαλψη, [4]	94
Εικόνα 22: Σύστημα IoMT για την υγειονομική περίθαλψη [4]	96
Εικόνα 23: Αρχιτεκτονική κόμβου αισθητήρα, [4]	99