

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ & ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ



Πανεπιστήμιο
Ιωαννίνων

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΙΝΗΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ 5^{ΗΣ} ΓΕΝΙΑΣ



Ονοματεπώνυμο: Αντωνίου Παναγιώτης

ΑΜ: 7435

Εποπτεύων καθηγητής

Αγγέλης Κωνσταντίνος

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ & ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ



Πανεπιστήμιο
Ιωαννίνων

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΙΝΗΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ 5^{ΗΣ} ΓΕΝΙΑΣ

Ονοματεπώνυμο: Αντωνίου Παναγιώτης

ΑΜ: 7435

Επιβλέπων καθηγητής

Αγγέλης Κωνσταντίνος

- Άρτα 2019 -

Εγκρίθηκε από τριμελή εξεταστική επιτροπή
Άρτα, 2019

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

1. Επιβλέπων καθηγητής
Αγγέλης Κωνσταντίνος
2. Μέλος επιτροπής
3. Μέλος επιτροπής

Ο Προϊστάμενος του Τμήματος

Αντωνίου Παναγιώτης ©, 2019.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Δήλωση μη λογοκλοπής

Δηλώνω υπεύθυνα και γνωρίζοντας τις κυρώσεις του Ν. 2121/1993 περί Πνευματικής Ιδιοκτησίας, ότι η παρούσα πτυχιακή εργασία είναι εξ ολοκλήρου αποτέλεσμα δικής μου ερευνητικής εργασίας, δεν αποτελεί προϊόν αντιγραφής ούτε προέρχεται από ανάθεση σε τρίτους. Όλες οι πηγές που χρησιμοποιήθηκαν (κάθε είδους, μορφής και προέλευσης) για τη συγγραφή της περιλαμβάνονται στη βιβλιογραφία.

Αντωνίου Παναγιώτης

Υπογραφή

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες και την ευγνωμοσύνη μου στον καθηγητή μου κύριο Αγγέλη Κωνσταντίνο για την πολύτιμη βοήθεια του και τον χρόνο που διέθεσε για την διεκπεραίωση της πτυχιακής.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία θα ορίσουμε το ασύρματο δίκτυο και θα κάνουμε μια σύντομη αναφορά στην ιστορική εξέλιξη των ασύρματων επικοινωνιών. Στη συνέχεια θα αναφερθούμε στην τεχνολογία LTE καθώς και στα δίκτυα 4G και 5G.

Στο δεύτερο κεφάλαιο θα εστιάσουμε στην τεχνολογία 5G, στους πυλώνες της , στα πλεονεκτήματα και στους κινδύνους που κρύβει η συγκεκριμένη τεχνολογία.

Στο τρίτο κεφάλαιο θα αναφερθούμε στην τεχνολογία 5G ανά ήπειρο. Πιο συγκεκριμένα στην Ευρώπη, στην Ασία και τη Βόρεια Αμερική.

Στο επόμενο κεφάλαιο θα μελετήσουμε την αρχιτεκτονική και την ασφάλεια της τεχνολογίας 5G.

Στο τελευταίο κεφάλαιο θα διεξάγουμε έρευνα για τα δίκτυα 5G και θα συμπεράνουμε εάν είναι τελικά ενημερωμένοι οι χρήστες για την τεχνολογία 5G.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Τεχνολογία 5G, κυψελωτά δίκτυα , αρχιτεκτονική 5G, ασφάλεια 5G

ABSTRACT

In this thesis we will define the wireless network and make a brief reference to the historical evolution of wireless communications. We will then refer to LTE technology as well as to 4G and 5G networks.

In the second chapter we will focus on 5G technology, its pillars, the advantages and dangers of this technology.

In the third chapter we will refer to 5G technology per continent. More specifically in Europe, Asia and North America.

In the fourth chapter we will study the architecture and security of 5G technology.

In the last chapter we will conduct research on 5G networks and we will come to the conclusion on whether users are finally aware of 5G technology.

ΛΙΣΤΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα εξωφύλλου: 5G technology

Πηγή: <https://www.dr-hempel-network.com/digital-health-technology/5g-transforming-digital-healthcare/>

Εικόνα 1.1: Η πορεία για τα 5G δίκτυα

Πηγή: <https://eclass.upatras.gr/modules/document/file.php/CULTURE160/stmwn-section-2.pdf>

Εικόνα 1.2: 4G δίκτυα

Πηγή: <https://eclass.upatras.gr/modules/document/file.php/CULTURE160/stmwn-section-2.pdf>

Εικόνα 2.1: Η χωρητικότητα κλιμακώνεται γραμμικά με τον αριθμό των προστιθέμενων μικρών κυττάρων

Πηγή: Βιβλίο: Jonathan Rodriguez. (2015). *Fundamentals of 5G Mobile Networks* .

Εικόνα 2.2: Η εξέλιξη των κυψελοειδών δικτύων

Πηγή: Βιβλίο: 5G System Design. Patrick Marsch , Omer Bulakci, Olav Queseth , Mauro Boldi .(2018) . *Architectural and Functional Considerations and Long Term Research*

Εικόνα 2.3 Ιστορική αναδρομή 5G

Πηγή: Βιβλίο: 5G System Design. Patrick Marsch , Omer Bulakci, Olav Queseth , Mauro Boldi .(2018) . *Architectural and Functional Considerations and Long Term Research*

Εικόνα 2.4 Εξέλιξη του προτύπου LTE

Πηγή: Βιβλίο: Jonathan Rodriguez. (2015). *Fundamentals of 5G Mobile Networks* .

Εικόνα 2.5 : Οι πυλώνες του 5G

Πηγή: Βιβλίο: Jonathan Rodriguez. (2015). *Fundamentals of 5G Mobile Networks* .

Εικόνα 2.6: Υγεία και 5G τεχνολογία

Πηγή: <https://healthtechinsider.com/2017/12/06/5g-implications-personalized-health-care/>

Εικόνα 3.1 : 5G technology ανά Ήπειρο

Πηγή: <https://www.worldtimezone.com/5g.html>

Εικόνα 4.1 Αρχιτεκτονική 5G

Πηγή: Βιβλίο: Jonathan Rodriguez. (2015).*Fundamentals of 5G Mobile Networks* .

Εικόνα 4.2 Αρχιτεκτονική 5G

Πηγή: Βιβλίο: Jonathan Rodriguez. (2015).*Fundamentals of 5G Mobile Networks* .

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	14
1.1 Ορισμός Ασύρματου δικτύου.....	15
1.2 Ιστορική εξέλιξη των ασύρματων επικοινωνιών	15
1.3 LTE - 3GPP Long Term Evolution	19
1.4 Δίκτυα 4G	19
1.4.1 Σχεδιαστικοί στόχοι για τα συστήματα 4ης γενιάς	21
1.4.2 Υπηρεσίες κι εφαρμογές 4ης γενιάς.....	21
1.5 Δίκτυα 5G.....	22
1.5.1. Χαρακτηριστικά 5ης γενιάς	23
2.1 Εισαγωγή στο 5G	26
2.2 Υπηρεσίες 5G.....	29
2.3 Χρονοδιάγραμμα παγκόσμιων εξελίξεων 5G	30
2.4 Η πορεία του 5G.....	32
2.5 Οι 10 πλώνες του 5G.....	33
2.6 Πλεονεκτήματα δικτύου 5G.....	38
2.7 Οι κίνδυνοι της τεχνολογίας 5G.....	43
3.1 5G στην Ευρώπη	44
3.2 5G στη Βόρεια Αμερική.....	45
3.3 5G στην Ασία.....	45
3.4 Τα δίκτυα 5 ^{ης} γενιάς στην Ελλάδα	46
4.1 Η αρχιτεκτονική του 5G.....	51
4.2 Ασφάλεια για επικοινωνίες 5G	53
4.2.1 Εισαγωγή.....	53
4.2.2 Επισκόπηση μιας πιθανής Αρχιτεκτονικής Συστημάτων Επικοινωνιών 5G.....	54
4.2.3 Θέματα Ασφαλείας και Προκλήσεις σε Συστήματα Επικοινωνιών 5G	56
5.1 Σκοπός έρευνας	62
5.2 Το δείγμα της έρευνας.....	62
5.3 Ο σχεδιασμός και οι ερωτήσεις του ερωτηματολογίου.....	62
5.4 Αποτελέσματα έρευνας	63
5.5 Συμπεράσματα της έρευνας	71
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	72
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	73

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ανάπτυξη των σύγχρονων δικτυακών συσκευών, που ολοένα κατακλύζει τη σύγχρονη αγορά, όπως για παράδειγμα η ύπαρξη σταθερών υπολογιστών, ταμπλετών, φορητών υπολογιστών, netbooks, notebooks, έξυπνων τηλεφώνων και πλήθος άλλων συσκευών, που έχουν πρόσβαση στο διαδίκτυο, έχει καταστήσει ιδιαίτερα ζωτικής σημασίας την ανάγκη για επέκταση των δικτύων τηλεπικοινωνιών. Σύντομα, οι δικτυακές διευθύνσεις, που υπάρχουν στο πρωτόκολλο ipv4, δε θα επαρκούν και θα επικρατήσει το ipv6 πρωτόκολλο για τα σύγχρονα δίκτυα. Η χρήση των συσκευών επεκτείνεται όλο και περισσότερο, ενώ οι σύγχρονες ανάγκες για επικοινωνία και πρόσβαση στο διαδίκτυο δημιουργούν την ανάγκη για την προέκταση των δικτύων επικοινωνιών. Στις μέρες μας, οι χρήστες χρησιμοποιούν το διαδίκτυο παντού, εφόσον, για παράδειγμα, πηγαίνοντας στη δουλειά χρησιμοποιούν κινητές συσκευές για ενημέρωση, ψυχαγωγία ή και εργασία. Έπειτα, στη δουλειά του κανείς, χρησιμοποιεί τα σύγχρονα δικτυακά μέσα, αφού σε κάθε τομέα επαγγελματικής και ανθρώπινης δραστηριότητας περιλαμβάνονται οι υπολογιστές και η εργασία μέσω διαδικτύου. Οι υπολογιστές και το διαδίκτυο, γενικότερα, παρέχουν οικονομικές λύσεις επικοινωνίας και εργασίας. Επιπρόσθετα, η πληθώρα της πληροφορίας στο διαδίκτυο είναι εκπληκτική και συντελεί στο να παρατηρήσει κανείς, παρόμοια θέματα με αυτά της ενασχόλησης του ή να εμπνευστεί καινοτόμες ιδέες για τον τομέα τις δραστηριότητας του. Δεν είναι λίγες οι περιπτώσεις, που άνθρωποι συνεργάζονται από μακριά και παρέχουν ή εκμεταλλεύονται διάφορες δικτυακές υπηρεσίες, όπως το ηλεκτρονικό εμπόριο, η ηλεκτρονική τραπεζική ή ηλεκτρονική εκπαίδευση κλπ. Επίσης, δημιουργούνται οικιακά δίκτυα μέσα στα οποία συνδέονται τα κινητά, οι συσκευές, οι υπολογιστές, που απαιτούν πρόσβαση στο διαδίκτυο. Συνεπώς, γίνεται αντιληπτή η ανάγκη του επιστημονικού κλάδου των κινητών επικοινωνιών για μελέτη, ανάπτυξη και προώθηση της κινητής πέμπτης γενιάς τεχνολογίας (5G).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ

1.1 Ορισμός Ασύρματου δικτύου

Ασύρματο δίκτυο καλείται ένα δίκτυο όπου η επικοινωνία τόσο των χρηστών όσο και των δομικών στοιχείων από τα οποία αποτελείται μπορεί να πραγματοποιηθεί πλήρως ή μερικώς χωρίς τη χρήση καλωδίων (βλ. απουσία ενσύρματων μέσων). Ένα ασύρματο δίκτυο χρησιμοποιεί ως φορείς της πληροφορίας ραδιοκύματα. Ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα ενός ασύρματου δικτύου είναι η ευελιξία του, αφενός γιατί δεν χρειάζονται καλώδια για τη σύνδεση τερματικών και αφετέρου διότι είναι εφικτή η κινητικότητα των χρηστών . Στην κατηγορία των ασύρματων δικτύων ανήκουν :

- Τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας
- Οι δορυφορικές επικοινωνίες
- Τα ασύρματα μητροπολιτικά δίκτυα (WMAN)
- Τα ασύρματα τοπικά δίκτυα (WLAN)
- Τα ασύρματα προσωπικά δίκτυα (WPAN)
- Τα ασύρματα δίκτυα ευρείας περιοχής (WWAN)[1].

1.2 Ιστορική εξέλιξη των ασύρματων επικοινωνιών

Τα κυψελικά δίκτυα ανήκουν σε μια κατηγορία δικτύων όπου ακολουθείται η στρατηγική «*Διαίρει και βασίλευε*» . Ουσιαστικά διασπούν μια περιοχή σε μικρότερα τμήματα καθένα εκ των οποίων αντιστοιχίζεται και μια κυψέλη (βλ. cell). Επιπροσθέτως καθεμία από τις κυψέλες συνδέεται με ένα σταθμό βάσης ο οποίος είναι υπεύθυνος μόνο της συγκεκριμένης κυψέλης.

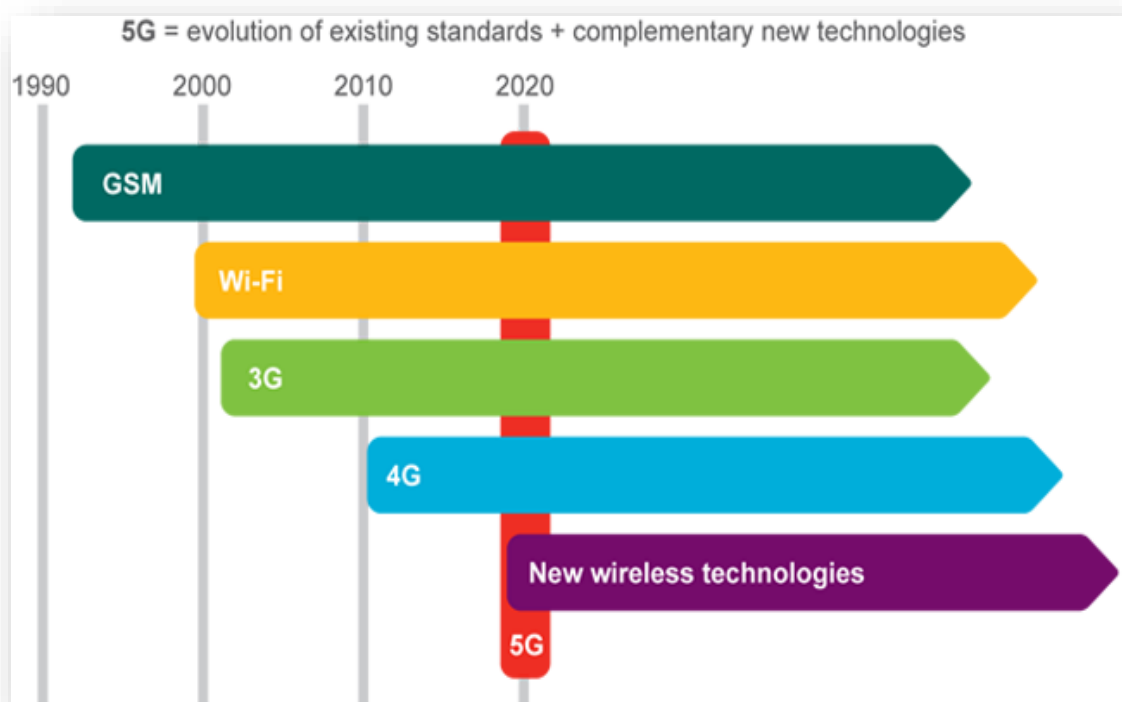
Βάση στατιστικών μελετών μια νέα γενιά κυψελοειδούς συστήματος εμφανίζεται κάθε 10 χρόνια περίπου. Η γενιά 4G εμφανίστηκε το 2011 ενώ η τεχνολογία 5G αναμένεται να είναι τυποποιημένη στις αρχές της δεκαετίας του 2020. Η τυποποίηση των νέων διεπαφών για το 5G αναμενόταν να πραγματοποιηθούν μετά τη Διεθνή

Ένωση Τηλεπικοινωνιών- Ραδιοεπικοινωνιών (ITU-R) της παγκόσμιας ραδιοεπικοινωνίας (WRC), που διεξήχθη το 2015.

Παρόλο που οι απαιτήσεις IMT για 5G δεν είχαν ακόμη καθοριστεί, στόχος των ακαδημαϊκών ερευνητών και της βιομηχανίας ήταν να προσφέρει μια εμπειρία ιντερνετικού κινητού Διαδικτύου με ρυθμούς μέχρι 10 Gbps σε συνθήκες στατικής / χαμηλής κινητικότητας και κάλυψη 1 Gbps για υψηλά κινητά / κυψέλη (με ταχύτητες > 300 km / h). Από τη μια πλευρά η λανθάνουσα χρονική καθυστέρηση της τελευταίας τεχνολογίας 4G , από την άλλη πλευρά ο συνεχώς αυξανόμενος ρυθμός παγκόσμιων συνδρομητών ήταν μερικοί από τους λόγους να τεθούν νέες απαιτήσεις σε δυνητικά δίκτυα 5G για να καλύψουν ένα δισεκατομμύριο νέους πελάτες. Εκτός από την αύξηση της κυκλοφορίας κατά 1000x, επιβάλλεται ο αυξανόμενος αριθμός συνδεδεμένων συσκευών μια άλλη πρόκληση για το μελλοντικό δίκτυο κινητής τηλεφωνίας. Προβλέπεται ότι στο μέλλον θα συνδεθεί η κοινωνία, ο καθένας και όλα θα είναι αλληλένδετα όπου δεκάδες έως εκατοντάδες συσκευές θα εξυπηρετούν κάθε άτομο. Αυτό το επερχόμενο 5G δίκτυο θα παρέχει δυνατότητες στις πόλεις που θα τις καθιστά έξυπνες. Τα δεδομένα θα παράγονται παντού από τους ανθρώπους και τα μηχανήματα και θα αναλύονται σε πραγματικό χρόνο , θα συλλέγονται χρήσιμες πληροφορίες, για τις συνήθειες και τις προτιμήσεις των ανθρώπων , για την κατάσταση της κυκλοφορίας στους δρόμους και την παρακολούθηση της υγείας των ασθενών και των ηλικιωμένων. Επιπλέον οι κινητές επικοινωνίες θα διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στην αποτελεσματική και ασφαλή μεταφορά, επιτρέποντας στα οχήματα να επικοινωνούν μεταξύ τους ή με οδική υποδομή ώστε να προειδοποιούν ή ακόμη και να βοηθούν τους οδηγούς σε περίπτωση κινδύνων, ανοίγοντας το δρόμο προς την αυτο-οδήγηση αυτοκινήτων.

Η αύξηση της κινητής τηλεφωνίας 1000x μαζί με τρισεκατομμύρια συνδεδεμένων συσκευών μετατρέπει το κινητό τηλέφωνο σε ένα ευρυζωνικό δίκτυο με εξαιρετική χωρητικότητα , ενεργειακή απόδοση (βλ. EE) και υποστήριξη διαφόρων υπηρεσιών ποιότητας (βλ. QoS). Ουσιαστικά προβλέπεται ότι η επόμενη γενιά κυψελοειδές σύστημα θα αποτελέσει περίπτωση ενός πραγματικά ενσύρματου και ασύρματου δικτύου για χρήστες κινητής τηλεφωνίας. Τα παγκόσμια πρότυπα αποτελούν θεμελιώδη λίθο για την εξασφάλιση παγκόσμιας διαλειτουργικότητας. Η ITU-R είναι υπεύθυνη για τον ορισμό των προδιαγραφών IMT για τα κυψελοειδή συστήματα επόμενης γενιάς. Έχοντας ορίσει δύο προηγούμενες προδιαγραφές (βλ. IMT-2000 για

3G και IMT-Advanced για 4G), καθώς έχει αναλάβει και τον ορισμό προδιαγραφών για το 5G[1].



Εικόνα 1. 1: Η πορεία για τα 5G δίκτυα

Ακολουθεί μια συνοπτική ιστορική αναδρομή στην πορεία της εξέλιξης του 5G:

- **Πριν από το 1G (<1983):** Όλες οι ασύρματες επικοινωνίες ήταν φωνητικές και χρησιμοποιήθηκαν αναλογικά συστήματα με μονοδιάστατη διαμόρφωση (SSB)
- **1G (1983):** Όλες οι ασύρματες επικοινωνίες ήταν φωνητικές. Το 1966, το Bell Labs πήρε την απόφαση να υιοθετήσει αναλογικά συστήματα για ένα κινητό σύστημα μεγάλης χωρητικότητας, για το λόγο ότι τα ψηφιακά ραδιοσυστήματα ήταν πολύ ακριβά.
- **2G (1990):** Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, όλες οι ασύρματες επικοινωνίες ήταν φωνητικές. Το ευρωπαϊκό GSM αποτέλεσε ένα ψηφιακό

σύστημα και χρησιμοποιούσε πολυπλεξία TDMA. Δεδομένου ότι η AT & T πωλήθηκε το 1980, κανένα ερευνητικό ίδρυμα (όπως το Bell Labs) δεν θα μπορούσε να αναπτύξει ένα εξαιρετικό σύστημα 2G όπως και για το σύστημα 1G στη Βόρεια Αμερική. Το IS-54 δεν ήταν επιθυμητό και εγκαταλείφθηκε. Έπειτα το GSM ονομάστηκε 2G. Η μετάβαση από 1G σε 2G σημαίνει ουσιαστική μετάβαση από το αναλογικό σύστημα στο ψηφιακό σύστημα.

- **2.5G (1995):** Όλες οι ασύρματες επικοινωνίες είναι κυρίως για φωνή υψηλής χωρητικότητας με περιορισμένη υπηρεσία δεδομένων. Το σύστημα CDMA που χρησιμοποιεί 1,25 MHz bandwidth υιοθετήθηκε στις Ηνωμένες Πολιτείες.
- **3G (1999):** Σε αυτή τη γενιά, οι ασύρματες επικοινωνίες έχουν φωνή και δεδομένα. Το 3G είναι το πρώτο διεθνές τυποποιημένο σύστημα που κυκλοφόρησε από την ITU, εν αντίθεση με τα συστήματα προηγούμενης γενιάς. Το 3G εκμεταλλεύεται το WCDMA με χρήση εύρους ζώνης 5 MHz. Λειτουργεί σε FDD καθώς και σε TDD. Συνεπώς θα μπορούσαμε να επισημάνουμε ότι κατά τη μετάβαση από 2G σε 3G συστήματα πραγματοποιήθηκε η εξέλιξη από φωνητικά συστήματα σε συστήματα με βάση τα δεδομένα.
- **4G (2013):** Το 4G είναι ένα σύστημα ταχύτητας δεδομένων υψηλής ταχύτητας και φωνή. Υπάρχουν δύο συστήματα 4G. Οι Ηνωμένες Πολιτείες έχουν αναπτύξει το WiMAX χρησιμοποιώντας ορθογώνια πολυπλεξία διαίρεσης συχνότητας (βλ. OFDM) ενώ υπάρχει και το σύστημα LTE που αναπτύχθηκε αργότερα από το WiMAX. Το εύρος ζώνης και των δύο συστημάτων είναι 20 MHz. Συνεπώς θα μπορούσαμε να πούμε ότι η μετάβαση από 3G σε 4G σημαίνει μετατόπιση από χαμηλές ταχύτητες δεδομένων για Internet σε ταχύτητες δεδομένων υψηλής ταχύτητας για κινητά βίντεο.
- **5G (2021):** 5G εξακολουθεί να ορίζεται επίσημα από τους οργανισμούς τυποποίησης. Θα αποτελέσει ένα σύστημα δεδομένων εξαιρετικά υψηλής χωρητικότητας και εξαιρετικά υψηλής ταχύτητας με νέες απαιτήσεις σχεδίασης [3][4].

1.3 LTE - 3GPP Long Term Evolution

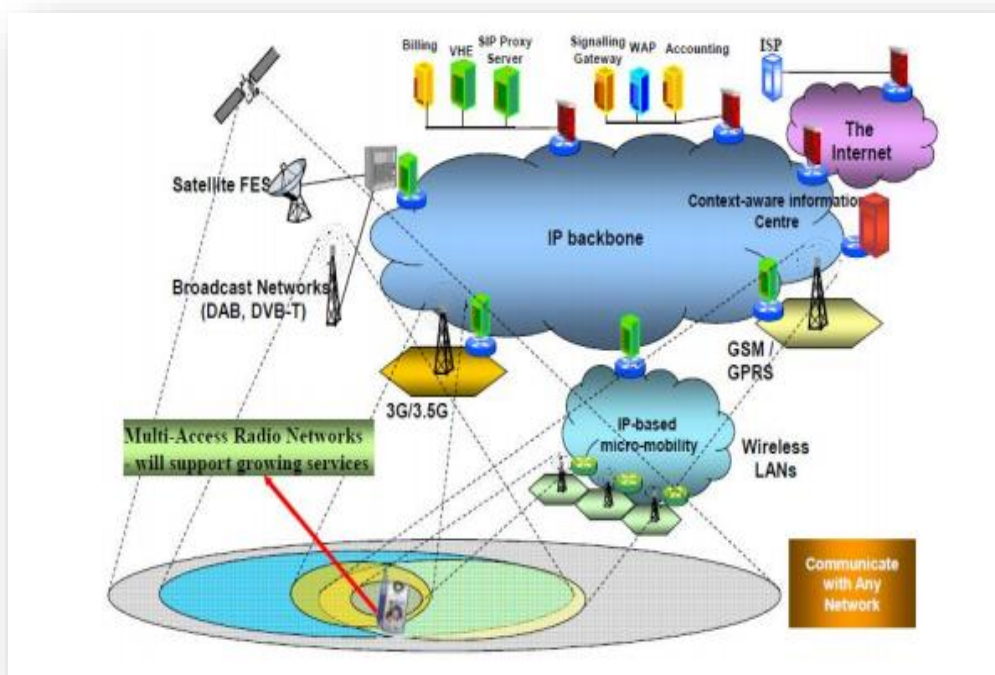
Ως LTE ή 3GPP Long Term Evolution αναφερόμαστε σε μια τεχνολογία η οποία χρησιμοποιείται για τη δικτύωση κινητών συσκευών υψηλών συχνοτήτων. Η εν λόγω τεχνολογία βασίζεται σε άλλα δίκτυα λόγω χάρη UMTS/HSPA, GSM/EDGE αυξάνοντας τη χωρητικότητα καθώς και την ταχύτητα του δικτύου, χρησιμοποιώντας νέες τεχνικές διαμόρφωσης. Το πρότυπο έχει αναπτυχθεί από τον οργανισμό 3GPP. Η πρώτη κίνηση δημιουργίας δημόσιου δικτύου LTE έγινε το 2009 στο Όσλο και στη Στοκχόλμη από την εταιρεία TeliaSonera. Το LTE έχει υιοθετηθεί και από παρόχους δικτύων CDMA. Οι δημιουργοί του στοχεύουν το LTE να αποτελέσει το πρώτο παγκόσμιο πρότυπο κινητής τηλεφωνίας. Σημαντικό θα ήταν να επισημάνουμε ότι παρόλο που αναφερόταν ως σύστημα 4^{ης} γενιάς κινητής τηλεφωνίας 4G δεν ίσχυε. Αυτό συμβαίνει διότι δεν ανταποκρινόταν στις απαιτήσεις του διεθνούς οργανισμού ITU-R και έτσι αναβαθμίστηκε σε LTE-Advanced [1][7][8].

1.4 Δίκτυα 4G

Με την πάροδο των χρόνων διαπιστώνουμε πως χρήζει ανάγκη εξέλιξης των κυβελικών συστημάτων. Έτσι από τα συστήματα πρώτης γενιάς που εμφανίστηκαν το 1981 και προσέφεραν μόνο μεταφορά φωνής, υπήρξε εξέλιξη στα συστήματα δεύτερης γενιάς δέκα χρόνια αργότερα, τα οποία προσέφεραν εκτός από μεταφορά φωνής και μεταφορά δεδομένων με χαμηλές ταχύτητες. Από εκεί έχουμε την εξέλιξη σε συστήματα τρίτης γενιάς το 2002 τα οποία στοχεύουν στην υποστήριξη μιας μεγάλης ποικιλίας ευρυζωνικών εφαρμογών και υπηρεσιών. Βλέπουμε πως η τάση και οι ανάγκες οδηγούν σε δίκτυα που προσφέρουν κάθε φορά μεγαλύτερες ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων.

Αν και τα δίκτυα τρίτης γενιάς υποστηρίζουν το πρωτόκολλο IP και την κινητικότητα, μειονεκτούν στην ύπαρξη διαφορετικών προτύπων. Έτσι δημιουργήθηκε η ανάγκη για τη δημιουργία των συστημάτων τέταρτης γενιάς σχεδόν μια δεκαετία αργότερα απ' αυτά της τρίτης γενιάς, ώστε να ενοποιηθούν τα διάφορα δίκτυα κινητής και ασύρματης τηλεφωνίας.

Ως 4G δίκτυα αναφερόμαστε σε δίκτυα τα οποία αποτελούν διάδοχο του 2G και 3G και χαρακτηρίζονται και ως ετερογενή δίκτυα. Η τεχνολογία 4G αποτελεί ένα πλήρως ολοκληρωμένο σύστημα που ως βάση έχει το πρωτόκολλο IP και προσφέρει κάθε είδους υπηρεσία πάντα και παντού με ρυθμούς μετάδοσης υψηλότερους από τις προηγούμενες γενιές.



Εικόνα 1.2: 4G δίκτυα

Τα 4G δίκτυα στηρίζονται στις τεχνολογίες WiMAX , LTE Advanced και παρέχουν μεγαλύτερη ευρυζωνικότητα. Οι ρυθμοί μετάδοσης δεδομένων που παρέχουν είναι της τάξεως του 1Gbit/s όταν ο πελάτης και ο σταθμός είναι σε σχετικά σταθερές σχέσεις. Επιπλέον διακρίνονται από υψηλή χωρητικότητα δικτύου[1][3][4][7][8].

1.4.1 Σχεδιαστικοί στόχοι για τα συστήματα 4ης γενιάς

Παρακάτω παρουσιάζονται οι στόχοι των συστημάτων 4^{ης} γενιάς:

- ✓ Διαλειτουργικότητα (η δυνατότητα περιαγωγής μεταξύ δικτύων διαφορετικών προτύπων)
- ✓ Υποστηριζόμενο εύρος ζώνης και χρόνος ζωής μπαταριών
- ✓ Σταθερό δίκτυο μεταγωγής πακέτων
- ✓ Μεταβολή εύρους ζώνης για την ασύρματη πρόσβαση
- ✓ Προηγμένοι σταθμοί βάσης
- ✓ Υψηλότερες ταχύτητες πρόσβασης

1.4.2 Υπηρεσίες κι εφαρμογές 4ης γενιάς

Οι τάσεις των ασύρματων δικτύων με το πέρασμα των χρόνων ήταν οι εξής:

- Παγκοσμιοποίηση προϊόντων, υπηρεσιών και επιχειρήσεων
- Συσκευές επικοινωνίας
- Οι υπηρεσίες γίνονται πιο ανεξάρτητες από την υπάρχουσα υποδομή
- Ανταλλαγή και υπερχείλιση πληροφοριών
- Διαφοροποίηση και υπερχείλιση πληροφοριών
- Διαφοροποίηση τυποποίησης.

Γύρω στη αρχές του 2010 εμφανίστηκαν τα συστήματα τέταρτης γενιάς ως εξέλιξη αυτών της τρίτης γενιάς. Κάποιες ενδεικτικές υπηρεσίες των συστημάτων τέταρτης γενιάς φαίνονται παρακάτω:

- Τηλεπαρουσία
- Πρόσβαση σε πληροφορίες
- Επικοινωνία μεταξύ μηχανών
- Ευφυείς αγορές
- Ασφάλεια
- Υπηρεσίες βασισμένες στη γεωγραφική θέση.

Η επίλυση των προβλημάτων αναφέρεται στην ανάπτυξη αποδοτικότερων τεχνικών διαμόρφωσης, στον προσδιορισμό νέων τμημάτων φάσματος, και σε εξελίξεις στην τεχνολογία των μπαταριών οι οποίες μελετήθηκαν και στα συστήματα δεύτερης γενιάς αλλά και στα τρίτης γενιάς. Ένα άλλο πρόβλημα ήταν η αποδοχή της εξέλιξης των τηλεπικοινωνιών από τους χρήστες και την κοινωνία.

1.5 Δίκτυα 5G

Οδηγούμαστε στα 5ης γενιάς δίκτυα κινητής τηλεφωνίας ή 5η γενιά ασύρματων συστημάτων (5G), όπου θεωρείται ως το επίπεδο τελειότητας της ασύρματης επικοινωνίας στην κινητή τεχνολογία. Το καλώδιο δικτύου είναι πλέον η μνήμη του παρελθόντος. Τα κινητά δεν είναι μόνο ένα εργαλείο επικοινωνίας, αλλά εξυπηρετούν και πολλούς άλλους σκοπούς. Όλες οι προηγούμενες ασύρματες τεχνολογίες είναι «διασκεδαστικές» όσον αφορά την ευκολία της κοινής χρήσης τηλεφώνου και δεδομένων, αλλά το 5G φέρνει μια νέα επαφή ώστε να καταστεί η πραγματική ζωή, κινητή ζωή. Το νέο δίκτυο 5G αναμένεται να βελτιώσει τις υπηρεσίες και εφαρμογές που προσφέρονται από αυτό. Η τεχνολογία αυτή θεωρεί τον χρήστη ως επίκεντρο, σε αντίθεση με τα 3G που έχουν τον χειριστή ως επίκεντρο ή τα 4G που έχουν την υπηρεσία.

Τα 5G δίκτυα αναμένονται σίγουρα γρηγορότερα από τα 4G, αλλά ακόμη δεν έχουν ολοκληρωθεί τα πρότυπα και τα στάνταρτ για τις νέες υποδομές. Παρόλα ταύτα μεγάλοι τηλεπικοινωνιακοί πάροχοι δοκιμάζουν τις νέες εκδοχές. Η υλοποίηση του 5G σε εμπορικά δίκτυα κινητής τηλεφωνίας αναμένεται το 2020 αλλά η εταιρεία Ericsson την χρησιμοποιεί ήδη επιτυγχάνοντας ταχύτητες 5Gbps. Η συγκεκριμένη εταιρεία πραγματοποίησε δοκιμή σε εργαστήρια της στη Στοκχόλμη με χρήση του πρωτοποριακού περιβάλλοντος διεπαφής ραδιοσυχνοτήτων και προηγμένη τεχνολογία MIMO. Τα δίκτυα 5G πλεονεκτούν ως προς την ταχύτητα άλλα μειονεκτούν ως προς την πολυπλοκότητα. Ακόμη και για ταχύτητες της τάξεως των 10 Gbps δεν είναι ανέφικτη η αντικατάσταση του οικιακού Wifi με παροχή μεγαλύτερων ταχυτήτων και καλύτερης κάλυψης. Όσον αφορά τις ταχύτητες υπάρχει και περίπτωση για δεκαπλάσια νούμερα σε σχέση με το 4G (LTE) επιτρέποντας στους χρήστες να

κατεβάζουν ταινίες σε δευτερόλεπτα και να ζουν σε περιβάλλοντα εικονικής πραγματικότητας χωρίς την παραμικρή καθυστέρηση[1][3][4].

Η 5G τεχνολογία έχει ένα λαμπρό μέλλον γιατί μπορεί να διαχειριστεί καλύτερα τις τεχνολογίες και να προσφέρει ανεκτίμητη ακουστική στους πελάτες της. Μπορεί να είναι στο μέλλον η τεχνολογία που θα αναλάβει την παγκόσμια αγορά

1.5.1. Χαρακτηριστικά 5ης γενιάς

Τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά της νέας αυτής τεχνολογίας θα είναι:

- Μαζικά MIMO συστήματα (επίσης, γνωστά ως μεγάλης κλίμακας συστήματα κεραίας, Very Large MIMO) παρέχουν επιπλέον κεραίες, ώστε να συμβάλουν στην αύξηση της απόδοσης και της εκπεμπόμενης ενέργειας. Άλλα σοβαρά οφέλη, των μαζικών MIMO περιλαμβάνουν την εκτεταμένη χρήση των φθηνών εξαρτημάτων χαμηλής ισχύος, τη μείωση του διαστήματος, την απλοποίηση του ελέγχου πρόσβασης μέσου (MAC), και την ευρωστία της εσκεμμένης παρεμβολής. Η αναμενόμενη απόδοση εξαρτάται από το περιβάλλον διάδοσης, που παρέχει ασυμπτωτικά ορθογώνια κανάλια για τους τερματικούς σταθμούς, αλλά μέχρι στιγμής πειράματα δεν έχουν αποκαλύψει τυχόν περιορισμούς στον τομέα αυτό. Ενώ, τα μαζικά MIMO ακυρώνουν τα ήδη υπάρχοντα προβλήματα σε αντίθεση, όμως, αποκαλύπτουν εντελώς νέα, που χρειάζονται επίλυση άμεσα, όπως η πρόκληση, που τίθενται ώστε να χρησιμοποιούνται πολύ χαμηλού κόστους εξαρτήματα χαμηλής ακρίβειας, που συνεργάζονται αποτελεσματικά, η απόκτηση και ο συγχρονισμός των πρόσφατα ενταγμένων τερματικών σταθμών, η εκμετάλλευση των επιπλέον βαθμών ελευθερίας, που παρέχεται από τις επιπλέον υπηρεσίες κεραίας, η μείωση της εσωτερικής κατανάλωσης ρεύματος (για να επιτευχθεί συνολική μείωση της ενεργειακής απόδοσης), καθώς και η εξεύρεση νέων σεναρίων ανάπτυξης. Κρίσιμο θα είναι, επίσης, να υποστηριχτούν αποτελεσματικά οι συσκευές, για να μπορέσει να λειτουργήσει το διαδίκτυο με αρκετά μεγαλύτερο πλήθος συνδεδεμένων συσκευών, καθώς και πλήθος νέων εφαρμογών, όπως για παράδειγμα, η

αποστολή κρίσιμων σημείων ελέγχου ή η ασφάλεια της κυκλοφορίας, που οδηγεί σε μειωμένη καθυστέρηση και υψηλή αξιοπιστία.

- Διάχυτη χρήση των δικτύων, που μπορεί ή όχι να παρέχουν πρόσβαση στο διαδίκτυο, όπως για παράδειγμα τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων και η πανταχού παρούσα υπολογιστική. Ο εκάστοτε χρήστης θα μπορεί ταυτόχρονα να συνδεθεί με διάφορες τεχνολογίες ασύρματης πρόσβασης και αδιάλειπτη εναλλαγή μεταξύ τους. Αυτές οι τεχνολογίες πρόσβασης μπορεί να είναι κάποιες από τις 2.5G , 3G , 4G , ή κινητά δίκτυα 5G , Wi - Fi , WPAN , ή οποιαδήποτε άλλη μελλοντική τεχνολογία πρόσβασης. Στην 5G τεχνολογία η έννοια της συνεχούς εναλλαγής, μπορεί να αναπτυχθεί περαιτέρω σε πολλαπλές διαδρομές για ταυτόχρονη μεταφορά δεδομένων, που θα εξασφαλίσει πολλαπλάσια ταχύτητα της σημερινής.
- Ένα σημαντικό ζήτημα σε συστήματα πέραν του 4G είναι να καθίστανται διαθέσιμα τα υψηλά ποσοστά δυαδικών ψηφίων σε ένα μεγαλύτερο τμήμα του κυττάρου, ειδικά, για τους χρήστες σε μια δημόσια θέση εκτεθειμένη μεταξύ πολλών σταθμών βάσης.
- Η τεχνολογία smart-radio επιτρέπει σε διαφορετικές ραδιοτεχνολογίες να μοιράζονται με τον ίδιο αποτελεσματικό τρόπο το φάσμα από την εύρεση αχρησιμοποίητου φάσματος και την προσαρμογή του συστήματος μετάδοσης με τις απαιτήσεις των τεχνολογιών, που σήμερα μοιράζονται το φάσμα.
- Τα δυναμικά Adhoc Ασύρματα Δίκτυα (DAWN) είναι στην ουσία ταυτόσημα με το κινητό δίκτυο ad hoc (MANET) και το ασύρματο δίκτυο πλέγματος (WMN) ή τα ασύρματα δίκτυα, που συνδυάζονται με έξυπνες κεραίες σύμφωνα με τη συνεργατική ποικιλομορφία και την ευέλικτη διαμόρφωση.
- Η διαίρεση συχνότητας Vandermonde - υπόχωρος πολυπλεξίας (VFDM) είναι ένα σχήμα διαμόρφωσης για να επιτραπεί η συνύπαρξη των μακρο - κυττάρων και μικρών ραδιοκυττάρων σε ένα δίκτυο δύο επιπέδων LTE/4G.
- Το IPv6 πρωτόκολλο διευθύνσεων, όπου εκχωρείται μια διεύθυνση κινητής IP ανάλογα με τη θέση και τις συνδεδεμένες διευθύνσεις στο δίκτυο.
- Li - Fi είναι μία βαλίτσα φωτός και Wi - Fi είναι ένα τεράστιο MIMO ορατό δίκτυο επικοινωνίας φωτός, έτσι ώστε να εφαρμοστεί σε 5G. Το Li - Fi χρησιμοποιεί διόδους εκπομπής φωτός για τη μετάδοση δεδομένων και όχι τα ραδιοκύματα, όπως το Wi - Fi.

- Ο ασύρματος παγκόσμιος ιστός (Wireless World Wide Web-WWW) ,είναι ένας ολοκληρωμένος τρόπος βασισμένος στην ασύρματη εφαρμογή του δικτύου, που περιλαμβάνει πλήρη δυναμικότητα των πολυμέσων με ταχύτητες μεγαλύτερες από αυτές του 4G.

Συνοψίζοντας κατανοούμε πως ένα μικρό κινητό θα είναι ίσο με έναν φορητό υπολογιστή. Ο τρόπος που θα διευκολύνει το χρήστη με φωτογραφικές μηχανές, παιχνίδια, βίντεο, μουσική, συσκευές εγγραφής/αναπαραγωγής είναι πραγματικά αξιοσημείωτος. Τα ποσοστά της κλήσης δεν θα είναι διαφορετικά από περιοχή σε περιοχή. Όλη η περιαγωγή θα πρέπει να εξαιρεθεί από τα προγράμματα συμβολαίου. Δεν είναι πολύ μακριά η εποχή που θα βλέπουμε τα «παγκόσμια» κινητά τηλέφωνα σε όλο τον κόσμο.

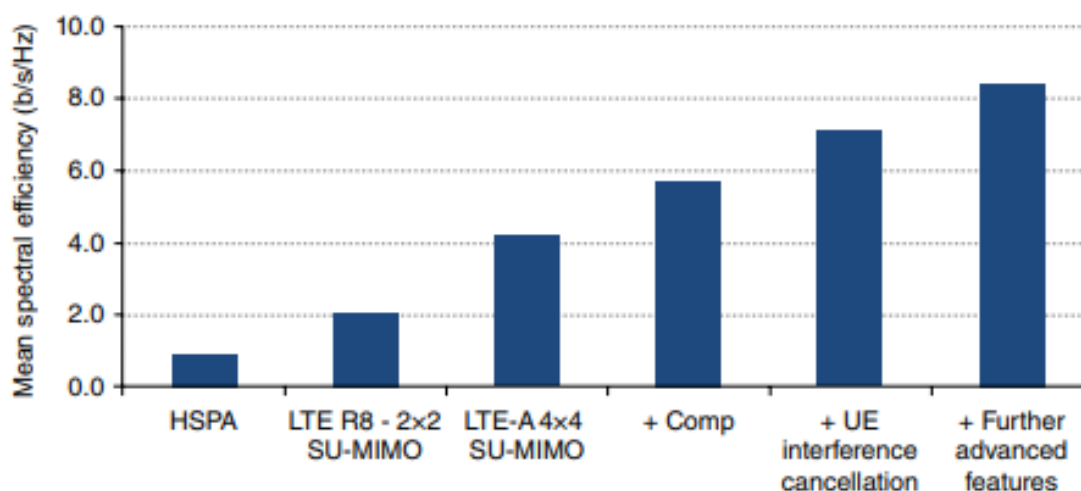
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΔΙΚΤΥΑ 5ΗΣ ΓΕΝΙΑΣ ΚΙΝΗΤΩΝ ΚΑΙ ΑΣΥΡΜΑΤΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

2.1 Εισαγωγή στο 5G

Με την πάροδο των χρόνων και την εξέλιξη της τεχνολογίας παρατηρείται ολοένα και μεγαλύτερη ζήτηση στις κινητές ευρυζωνικές επικοινωνίες. Οι χρήστες οι οποίοι εγγράφονται σε κινητές ευρυζωνικές υπηρεσίες αυξάνονται συνεχώς. Τα έξυπνα τηλέφωνα (βλ. Smartphones) και τα tablets παρέχουν υψηλότερες πολυμέσικες δυνατότητες με αποτέλεσμα οι απαιτήσεις να μεγαλώνουν ολοένα και περισσότερο για την κινητή ευρυζωνικότητα. Με την αντιμετώπιση της παγκόσμιας εκθετικής κυκλοφορίας δεδομένων για κινητά η ανάπτυξη συστημάτων καλείται να αντιμετωπίσει νέες προκλήσεις σχετικά με το ρυθμό δεδομένων, την κινητικότητα και την ποιότητα της QoE. Με γνώμονα τη ζήτηση των καταναλωτών μια εκπληκτική αύξηση της τάξεων των 1000 φορές της κυκλοφορίας δεδομένων αναμένεται αυτή τη δεκαετία. Η τεχνολογία 5G έχει ως στόχο τη γρήγορη, αποδοτική και οικονομική συνδεσιμότητα δεδομένων με το ελάχιστο δυνατό κόστος εγκατάστασης.

Οι τεχνολογικές εξελίξεις θα επιτρέψουν την υποστήριξη υψηλότερων ποσοστών και δεδομένων υπό την προϋπόθεση να ελαχιστοποιηθεί το κόστος ανά bit. Βέβαια θα πρέπει να επισημάνουμε ότι η εξέλιξη ραδιοσυχνοτήτων συνδέεται άρρηκτα με το φάσμα. Το διαθέσιμο φάσμα για κινητές ευρυζωνικές συνδέσεις δύναται να αυξηθεί έως και 10 φορές. Σε περίπτωση που το νέο φάσμα κατανέμεται σε κινητές ραδιοφωνικές εφαρμογές θα απέχει πολύ από το επαρκές ώστε να μπορεί να καλύψει τις απαιτήσεις έως το 2020. Για τον παραπάνω λόγο οι τεχνολογίες αύξησαν τη φασματική απόδοση και νέες ετερογενείς αναπτύξεις δικτύου αναμένεται να αναπτυχθούν. Η φασματική αποτελεσματικότητα σε επίπεδο συστήματος δύναται να ενισχυθεί από έξυπνα σχέδια που χρησιμοποιούν τεχνικές διαχείρισης διακυτταρικών παρεμβολών. Σήμερα η φασματική αποτελεσματικότητα είναι τυπικά μεταξύ 0,5- 1,4 bps/Hz/cell λαμβάνοντας υπόψη τους περιορισμούς του τερματισμού και του backhaul. Η φασματική απόδοση ότι θα μπορούσαν να ωθηθεί σε 5-10bps/Hz/cell

χρησιμοποιώντας προηγμένους δέκτες, κεραία , και πολυκυτταρική μετάδοση και συνεργασία .



Εικόνα 2.1: Η χωρητικότητα κλιμακώνεται γραμμικά με τον αριθμό των προστιθέμενων μικρών κυττάρων

Επιπλέον αναμένεται ότι η πυκνότητα του σταθμού βάσης θα αυξηθεί σημαντικά. Μεγάλος αριθμός μικρών κυττάρων θα αναπτυχθεί με απώτερο σκοπό τη βελτίωση τόσο στο σπίτι όσο και την κάλυψη μικρών γραφείων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η Analysys Mason η οποία πρόβλεψε ότι μέχρι το 2016 πάνω από το 80% της παγκόσμιας ασύρματης κίνησης δεδομένων θα δημιουργηθεί σε εσωτερικούς χώρους. Συμπερασματικά προκύπτει λοιπόν ότι η βελτίωση της φασματικής απόδοσης, το πρόσθετο φάσμα και ο μεγάλος αριθμός μικρών σταθμών βάσης μπορεί να παρέχει έως και 1000 φορές μεγαλύτερη χωρητικότητα από ότι σήμερα.

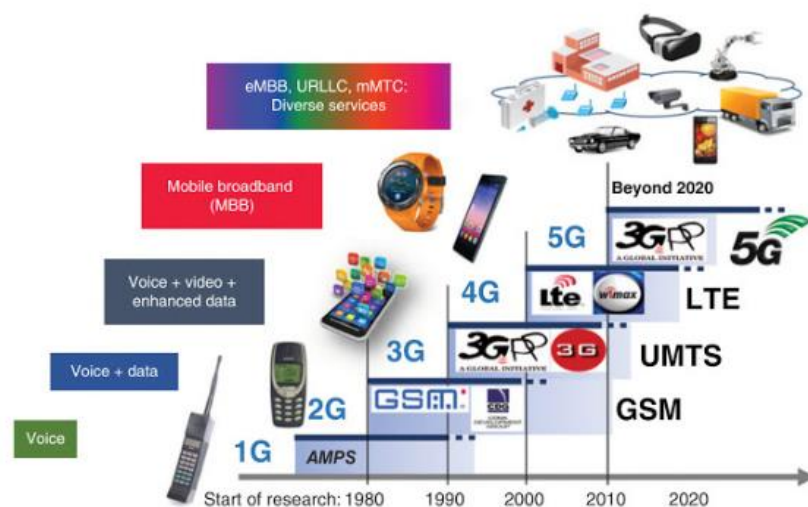
Η τεχνολογία 5G ήρθε για να ταραξεί τα λιμνάζοντα νερά. Αναμένεται να παρέχει τη δυνατότητα για εξαιρετικά αξιόπιστες επικοινωνίες χαμηλής καθυστέρησης (URLLC) καθώς και μαζικές επικοινωνίες τύπου μηχανής (mMTC) .

Για να γίνουμε πιο κατανοητοί θα αναφέρουμε μια σειρά παραδειγμάτων:

- Θα προωθήσει την 4^η βιομηχανική επανάσταση ή αλλιώς το βιομηχανικό Διαδίκτυο επιτρέποντας την επικοινωνία κρίσιμης αξιοπιστίας και καθυστέρησης ανάμεσα σε μηχανές ή μεταξύ μηχανημάτων και ανθρώπων, σε βιομηχανικά περιβάλλοντα

- Θα διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στην αυτοκινητοβιομηχανία και γενικότερα στις μεταφορές προσφέροντας προηγμένες μορφές συνεργατικής οδήγησης και προστασίας ευάλωτων χρηστών των οδών η αυξημένη αποτελεσματικότητα στις σιδηροδρομικές μεταφορές
- Θα επιτρέπει τον χειρισμό εξ αποστάσεων τόσο οχημάτων όσο και μηχανημάτων σε επικίνδυνες και δυσπρόσιτες περιοχές λόγω χάρη στους τομείς της εξόρυξης και της κατασκευής
- Θα επιφέρει επανάσταση στις υπηρεσίες υγείας λόγω χάρη η δυνατότητα ασύρματων έξυπνων φαρμάκων ή απομακρυσμένης χειρουργικής επέμβασης
- Θα επιτρέψει την υιοθέτηση λύσεων για τις λεγόμενες έξυπνες πόλεις με απώτερο σκοπό τη βελτίωση της ποιότητας ζωής μέσω της βελτίωσης της ενέργειας, του περιβάλλοντος, της διαχείρισης αποβλήτων κ.α

Συμπερασματικά προκύπτει λοιπόν ότι είτε άμεσα είτε έμμεσα μέσω των επιπτώσεων στη βιομηχανία η τεχνολογία 5G θα επιφέρει τεράστιο αντίκτυπο στον τρόπο ζωής. Οι προηγούμενες τεχνολογίες ήταν πάντα προσαρμοσμένες σε μια συγκεκριμένη ανάγκη και ένα ιδιαίτερο επιχειρηματικό οικοσύστημα για παράδειγμα η κινητή ευρυζωνική τεχνολογία στην περίπτωση της μακροπρόθεσμης εξέλιξης – LTE. Εν αντιθέσει η τεχνολογία 5G συνδέεται εξ αρχής άρρηκτα με την ανάγκη παροχής υποστήριξης πολλαπλών υπηρεσιών. Στην παρακάτω εικόνα απεικονίζονται οι κύριοι οδηγοί πίσω από τις παλιές γενιές κυψελοειδών γενιών επικοινωνίας και 5G [3][4].



Εικόνα 2.2: Η εξέλιξη των κυψελοειδών δικτύων

2.2 Υπηρεσίες 5G

Το ολοένα και ευρύτερο φάσμα χρήσης των κινητών επικοινωνιών, που έχει διεισδύσει σε μεγάλο μέρος της σύγχρονης καθημερινότητας, καθιστά πλέον τους χρήστες πολύ πιο απαιτητικούς, όσον αφορά στις σύγχρονες τηλεπικοινωνίες και στις ταχύτητες, που αυτές προσφέρουν για μεταφορά υψηλού όγκου δεδομένων, αλλά και κάλυψη σε ευρύτερο φάσμα του δικτύου. Σε αυτό, βέβαια, έχει συντελέσει και ο ολοένα αυξανόμενος ρυθμός εμφάνισης νέων χρήσιμων συσκευών, που έχουν ως στόχο να κυριαρχεί η ψηφιοποίηση της πληροφορίας και έχει δημιουργήσει έκρηξη στην αγορά νέων συσκευών. Οι πιο απαραίτητες υπηρεσίες, λοιπόν, που αναμένεται να παραχθούν και να ικανοποιήσουν τους καταναλωτές της νέας τεχνολογικής πραγματικότητας θα είναι:

- Καθυστέρηση μικρότερη από ένα χιλιοστό του δευτερολέπτου, έως και λίγα δευτερόλεπτα.
- Όλοι οι χρήστες συνδεδεμένοι σε κινητό από μερικές εκατοντάδες έως αρκετά εκατομμύρια άτομα.
- Κύκλοι λειτουργίας από ελάχιστα χιλιοστά του δευτερολέπτου έως και ολόκληρες ημέρες.
- Σηματοδότηση φορτίων από λιγότερο από 1 % έως σχεδόν 100 %.
- Μοναδική εμπειρία με ταχύτητα τουλάχιστον 1 Gbps ή ακόμα μεγαλύτερες τιμές, που θα συντελούν στην αύξηση της διακίνησης των δεδομένων, με αποτέλεσμα να καθίσταται δυνατή η υποστήριξη υπερύψηλης ποιότητας βίντεο και σε σημαντικές εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας.
- Τα 10 Gbps ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων για την υποστήριξη κινητής cloud υπηρεσίας, που από πολλούς θεωρείται το μέλλον της κινητής επικοινωνίας.
- Η μηδενική καθυστέρηση και οι χρόνοι απόκρισης λιγότερο από ένα χιλιοστό του δευτερολέπτου σε λανθάνουσα κατάσταση.
- Η υποστήριξη σε πραγματικό χρόνο κινητού ελέγχου και σε εφαρμογές επικοινωνίας μεταξύ οχημάτων.
- Μηδενική δευτερεύουσα μεταγωγή, με μέγιστο χρόνο ενεργοποίησης στα δέκα χιλιοστά του δευτερολέπτου, μεταξύ διαφορετικών τεχνολογιών ασύρματης

πρόσβασης, για την εξασφάλιση σταθερής και απρόσκοπτης παροχής υπηρεσιών.

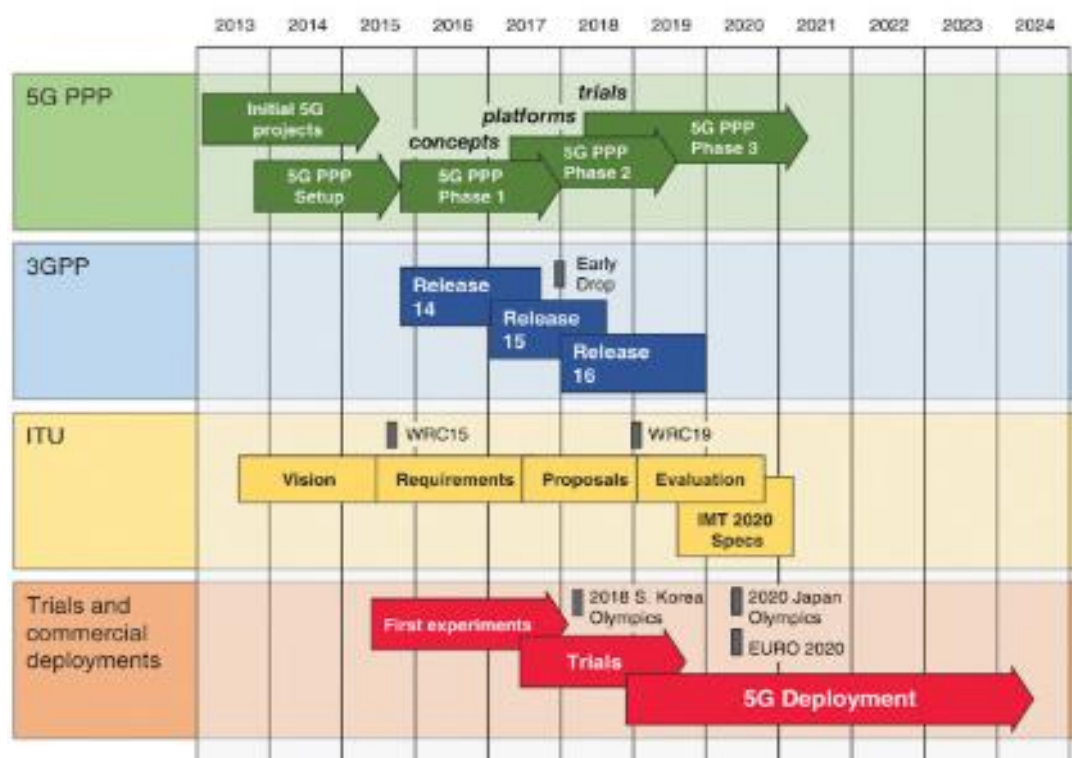
- Τεράστια χωρητικότητα, αφού τα υπάρχοντα συστήματα κινητής τηλεφωνίας, ήδη υποστηρίζουν 5 δισεκατομμύρια χρήστες, και αυτό θα πρέπει να επεκταθεί για να υποστηρίξει, επίσης, αρκετά δισεκατομμύρια εφαρμογές και εκατοντάδες δισεκατομμύρια μηχανές.
- Ελάττωση κατανάλωσης της ενέργειας, δηλαδή η ενέργεια ανά bit χρήσης θα πρέπει να μειωθεί κατά ένα παράγοντα για να βελτιωθεί τη συνδεδεμένη διάρκεια ζωής της μπαταρίας της συσκευής, όπου αποτελεί και το βασικότερο μειονέκτημα των περισσότερων έξυπνων συσκευών και κινητών τηλεφώνων.

Το 5G θα παρέχει τη θεμελιώδη υποδομή για τη δημιουργία έξυπνων πόλεων, η οποία θα ωθήσει την απόδοση του δικτύου κινητής τηλεφωνίας και τις απαιτήσεις τους στα άκρα. Χαμηλή καθυστέρηση και εξαιρετικά υψηλή αξιοπιστία, ωστόσο, θα είναι επίσης απαραίτητες για τον κινητό βιομηχανικό αυτοματισμό, των οχημάτων και τη συνδεσιμότητα μεταξύ τους, καθώς και για άλλες εφαρμογές IoT. Εφαρμογές, όπως, έξυπνοι αισθητήρες, που βασίζονται σε κείμενο μηνυμάτων είναι παραδείγματα, εφαρμογών με εξαιρετικά υψηλό όγκο δεδομένων, οι οποίοι επιπλέον, δεν θα είναι ευαίσθητοι σε καθυστέρηση.

2.3 Χρονοδιάγραμμα παγκόσμιων εξελίξεων 5G

Η πρώτη σημαντική εμπορική ανάπτυξη 5G έγινε κατά τους χειμερινούς Ολυμπιακούς Αγώνες στην Νότια Κορέα. Ουσιαστικά οι χειμερινοί Ολυμπιακοί Αγώνες της Νότιας Κορέας αποτελούν την πρώτη μεγάλης κλίμακας ανάπτυξη και σηματοδοτούν ένα σημαντικό ορόσημο στην ανάπτυξη της τεχνολογίας 5G. Την ίδια χρονική περίοδο το 3GPP έχει πιθανότατα ολοκληρώσει της προδιαγραφές της αποκαλούμενης πρώιμης πτώσης του νέου ραδιοφώνου NR αντικατοπτρίζοντας ένα υποσύνολο λειτουργιών 5G που είναι επαρκείς για τις πρώτες εμπορικές εφαρμογές 5G στη λεγόμενη μη αυτόνομη λειτουργία NSA. Η πλήρης ολοκλήρωση του 3GPP που συχνά αναφέρεται ως 1^η φάση του 5G έγινε το δεύτερο εξάμηνο του 2018 και περιελάμβανε αυτόνομη λειτουργία.

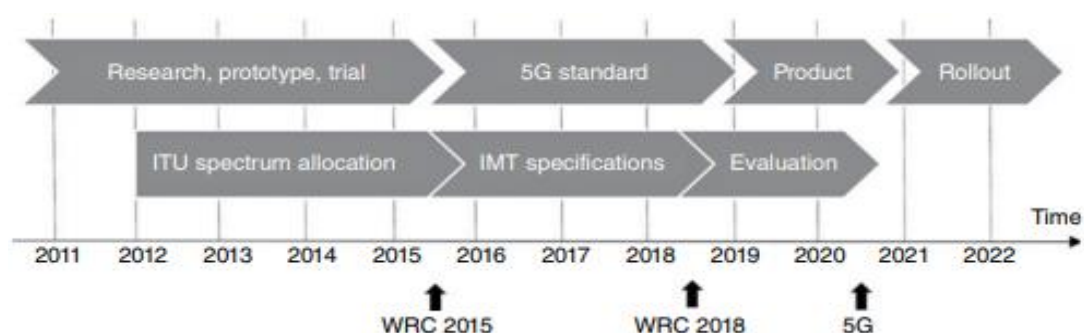
Επιπροσθέτως η 5G τυποποίηση στο 3GPP έχει επιταχυνθεί σε μεγάλο βαθμό για να επιτρέψει πρώιμες εμπορικές αναπτύξεις έπρεπε να γίνει κάποια ιεράρχηση του πεδίου εφαρμογής του συστήματος 5G . Ορισμένα βήματα σχεδιασμού στο 3GPP έχουν πραγματοποιηθεί αφήνοντας περαιτέρω τροποποιήσεις και βελτιστοποιήσεις για άλλους τύπους υπηρεσιών για μελλοντική μελέτη. Σε αυτό το σημείο πρέπει να επισημάνουμε ότι το 3GPP ακολουθεί την προσέγγιση ότι εισάγεται στις πρώτες 5G κυκλοφορίες πρέπει να είναι αποδεδειγμένο στο μέλλον ή συμβατό προς το μέλλον δηλαδή δεν πρέπει να αποτελεί εμπόδιο για περαιτέρω εξελίξεις στις μελλοντικές κυκλοφορίες. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτής της προσέγγισης είναι ο τρόπος με τον οποίο το 3GPP χειρίζεται την αυτοεπιπέδωση δηλαδή τη χρήση της ίδιας ραδιοφωνικής τεχνολογίας φάσματος τόσο για backhaul όσο και για συνδέσεις πρόσβασης [3][4][7][8].



Εικόνα 2.3 Ιστορική αναδρομή 5G

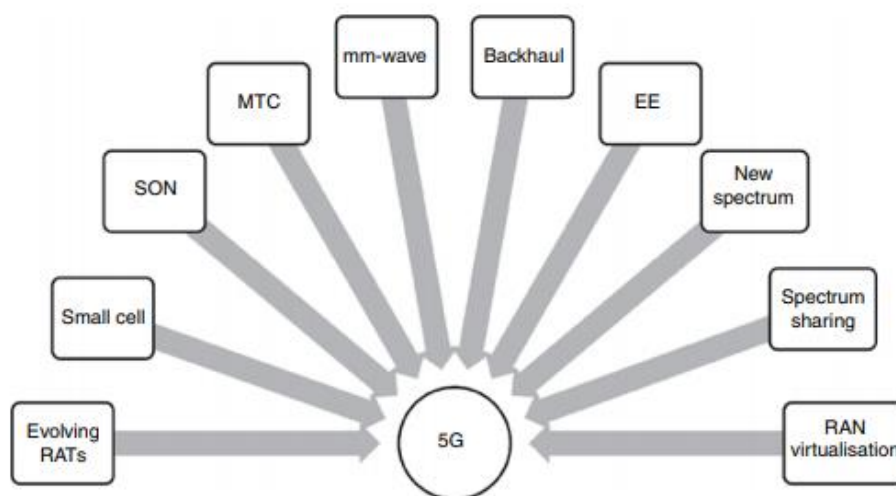
2.4 Η πορεία του 5G

Το 2015 συμφωνήθηκε το νέο φάσμα της τεχνολογίας 5G επιτρέποντας στον IMT να καθορίσει τις απαιτήσεις. Καθοριστικό ρόλο θα διαδραματίσουν οι δραστηριότητες τυποποίησης και η φάση ανάπτυξης του προϊόντος έως το 2020. Αναμένεται ότι το πρώτο κύμα δικτύων 5G θα τεθεί σε λειτουργία γύρω στο 2021 [3][4].



Εικόνα 2.4 Εξέλιξη του προτύπου LTE

2.5 Οι 10 πυλώνες του 5G



Εικόνα 2.5 : Οι πυλώνες του 5G

Στην παραπάνω εικόνα (βλέπε 2.5) μπορούμε να αναγνωρίσουμε 10 βασικά δομικά στοιχεία για το 5G. Ονομαστικά όπως παρατηρούμε και στην εικόνα 2.5 τα 10 βασικά δομικά στοιχεία για το 5G είναι :

1. Η εξέλιξη υφιστάμενων RAT (Evolution of Existing RATs)
2. Η ανάπτυξη μικρού κυττάρου Hyperdense
3. Το δίκτυο αυτο-οργάνωσης
4. Η επικοινωνία τύπου μηχανής
5. Η ανάπτυξη RAT χιλιοστομετρητή
6. Ο επανασχεδιασμός συνδέσμων Backhaul
7. Η ενεργειακή απόδοση
8. Η κατανομή Νέου Φάσματος για 5G
9. Η κοινή χρήση φάσματος
10. Η εικονικοποίηση RAN

Εξέλιξη υφιστάμενων RAT (Evolution of Existing RATs)

Τα δίκτυα 5G δεν αποτελούνται από ένα RAT αλλά από μια συλλογή. Η πιο οικονομική λύση για την αντιμετώπιση είναι η μείωση της χωρητικότητας κατά 1000 φορές και η βελτίωση των RAT. Το LTE απαιτείται να εξελιχθεί ώστε να υποστηρίζει μαζικά 3D MIMO. Από την άλλη πλευρά το WiFi πρέπει να εξελιχθεί για την καλύτερη εκμετάλλευση του διαθέσιμου φάσματος χωρίς άδεια. Το 802.11ac, το οποίο αποτελεί εξέλιξη της τεχνολογίας WiFi μπορεί να παρέχει ευρυζωνικές ασύρματες υπηρεσίες με ρυθμούς δεδομένων αρκετών Gbps. Πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιεί φάσμα εύρους ζώνης μέχρι 160 MHz και μέχρι 256 διαμορφώσεις εύρους τετραγωνικής διατομής QAM. Επίσης δύναται να υποστηρίζει ταυτόχρονες μεταδόσεις μέχρι τεσσάρων ροών με τη χρήση της τεχνικής MIMO (πολλαπλών χρηστών).

Ανάπτυξη μικρού κυττάρου Hyperdense

Η ανάπτυξη των μικρών κυψελίδων Hyperdense αποτελεί μια ακόμη ελπιδοφόρα λύση για την κάλυψη της χωρητικότητας των 1000x προσθέτοντας επιπλέον ΕΕ στο σύστημα. Αυτή η καινοτόμος λύση είναι γνωστή με την ονομασία **HetNet**, και δύναται να συμβάλει στη σημαντική βελτίωση της φασματικής απόδοσης.

Υπάρχουν δύο διαφορετικοί τρόποι υλοποίησης του HetNet:

- ✓ *επικάλυψη κυτταρικού συστήματος με μικρά κελιά της ίδιας τεχνολογίας*
- ✓ *επικάλυψη με μικρά κελιά διαφορετικών τεχνολογιών*

Η Qualcomm αποτελεί μια εταιρία στην αντιμετώπιση της πρόκλησης δυναμικότητας 1000x μέσω του Hyperdense ανάπτυξη μικρών κυττάρων. Η εν λόγω εταιρία έχει αποδείξει ότι η προσθήκη μικρών κυττάρων μπορεί να κλιμακώσει την ικανότητα του δικτύου σχεδόν σε γραμμικό τρόπο. Επί της ουσίας η χωρητικότητα διπλασιάζεται κάθε φορά που διπλασιάζουμε τον αριθμό των μικρών κελιών.

Δίκτυο αυτο-οργάνωσης

Η δυνατότητα αυτό-οργανωμένου δικτύου (SON) είναι ένα άλλο βασικό στοιχείο του 5G. Ως πληθυσμό των αυξήσεων των μικρών κυττάρων, το SON κερδίζει μεγαλύτερη δυναμική.

Επικοινωνία τύπου μηχανής

Εκτός από τους ανθρώπους, η σύνδεση κινητών μηχανών αποτελεί ένα ακόμη σημαντικό κομμάτι του 5G. Μια μηχανή (MTC) είναι μια αναδυόμενη εφαρμογή όπου είτε ένας είτε περισσότεροι χρήστες της επικοινωνίας αφορούν μηχανές. Η MTC επιβάλλει δύο κύριες προκλήσεις για το δίκτυο. Πρώτον, ο αριθμός των συσκευών που πρέπει να συνδεθούν να είναι εξαιρετικά μεγάλος και η άλλη πρόκληση που επιβάλλεται από την MTC είναι η επιταχυνόμενη ζήτηση για πραγματικό χρόνο και τηλεχειρισμό των κινητών συσκευών μέσω του δικτύου. Αυτό απαιτεί εξαιρετικά χαμηλή λανθάνουσα κατάσταση λιγότερο από ένα χιλιοστό του δευτερολέπτου, που ονομάζεται "tactile Internet", υπαγορεύοντας τη βελτίωση της λανθάνουσας απόκλισης από 4G σε 5G.

Ανάπτυξη RAT

Το παραδοσιακό φάσμα καθίσταται ολοένα και μεγαλύτερη συμφόρηση και τα σημερινά RAT πλησιάζοντας το όριο χωρητικότητας Shannon. Υπάρχουν κάποια βασικά εμπόδια για τις κινητές επικοινωνίες mmWave. Η απώλεια είναι σχετικά υψηλότερη σε αυτές τις ζώνες, σε σύγκριση με τις συμβατικές ζώνες ενώ η απώλεια διείσδυσης μέσω των κτιρίων είναι σημαντικά υψηλότερη σε αυτές τις ζώνες, εμποδίζοντας τους υπαίθριους RAT για τους εσωτερικούς χρήστες. Παρά τους περιορισμούς υπάρχουν χιλιάδες πλεονεκτήματα για τις επικοινωνίες mmWave. Ένα σημαντικό μέρος του φάσματος είναι διαθέσιμο σε mmWave ζώνη. Λόγου χάρη στα 60 GHz, υπάρχει 9GHz μη διαθέσιμου φάσματος. Αυτό το εύρος φάσματος είναι πολύ σημαντικό, ειδικά όταν επικρατεί η άποψη ότι το παγκόσμιο διαθέσιμο φάσμα για όλες τις κυψελοειδείς τεχνολογίες δεν υπερβαίνει τα 780 MHz. Συνεπώς μπορούμε εύκολα να αντιληφτούμε ότι αυτός ο αριθμός φάσματος μπορεί να φέρει σε πλήρη επανάσταση τις κινητές επικοινωνίες. Ένα ακόμη πλεονέκτημα των mmWave είναι τα μικρά μεγέθη κεραίας τα οποία περιλαμβάνουν. Επιπλέον, οι μεταδόσεις mmWave ενδέχεται να παρουσιάσουν εξασθένηση παρουσία ισχυρής βροχής, καθώς οι σταγόνες ροής έχουν περίπου το ίδιο μέγεθος με τα ραδιοκύματα (χιλιοστά) και συνεπώς μπορεί να προκαλέσουν σκέδαση. Ως εκ τούτου, μπορεί να χρειαστεί ένα backup κυψελοειδές σύστημα που λειτουργεί σε παλαιότερες ζώνες υπο-3 GHz ως μέρος της λύσης mmWave .

Επανασχεδιασμός συνδέσμων Backhaul

Ο επανασχεδιασμός των συνδέσμων backhaul είναι το επόμενο σημαντικό θέμα του 5G. Παράλληλα με τη βελτίωση της RAN, οι backhaul συνδέσεις πρέπει να ανασχεδιαστούν. Διαφορετικά, οι σύνδεσμοι backhaul σύντομα θα γίνουν εμπόδια, απειλώντας την ορθή λειτουργία ολόκληρου του συστήματος. Το πρόβλημα αποκτά μεγαλύτερη δυναμική όσο ο πληθυσμός των μικρών κυττάρων αυξάνεται. Διαφορετικά μέσα επικοινωνίας μπορούν να ληφθούν υπόψη, συμπεριλαμβανομένων των οπτικών ινών, μικροκυμάτων και mmWave. Συγκεκριμένα, οι συνδέσεις point-to-point mmWave η εκμετάλλευση κεραιών συστοιχιών με πολύ αιχμηρές ακτίνες μπορεί να εξεταστούν για αξιόπιστη αυτοσυσχέτιση χωρίς παρεμβολή με άλλα στοιχεία ή με τους συνδέσμους πρόσβασης.

Ενεργειακή απόδοση

Η ΕΕ θα παραμείνει ένα σημαντικό ζήτημα σχεδίου και ανάπτυξης 5G. Σήμερα, οι πληροφορίες και η επικοινωνιακή τεχνολογία (ΤΠΕ) καταναλώνουν έως και 5% της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας σε όλο τον κόσμο και είναι υπεύθυνη για το 2% περίπου των παγκόσμιων εκπομπών αερίων θερμοκηπίου σχεδόν ισοδύναμη με τις εκπομπές που δημιουργούνται από τον κλάδο των αερομεταφορών. Σημαντικό θα ήταν να αναφέρουμε ότι εάν δεν λάβουμε κατάλληλα μέτρα για τη μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, προβλέπεται να διπλασιαστεί μέχρι το 2020. Ως εκ τούτου, είναι απαραίτητο να επιδιωχθεί ενεργειακά αποδοτικός σχεδιασμός προσεγγίσεις από τις συνδέσεις RAN και backhaul. Το πλεονέκτημα του ενεργειακά αποδοτικού σχεδιασμού του συστήματος είναι πολλαπλό. Πρώτον, μπορεί να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στη βιώσιμη ανάπτυξη μειώνοντας το αποτύπωμα άνθρακα της ίδιας της βιομηχανίας κινητής τηλεφωνίας. Δεύτερον, οι ΤΠΕ, ως βασική τεχνολογία που επιτρέπει τις μελλοντικές έξυπνες πόλεις, μπορούν επίσης να διαδραματίσουν θεμελιώδη ρόλο στη μείωση του αποτυπώματος άνθρακα άλλων τομέων (π.χ. μεταφορές). Τρίτον, μπορεί να αυξήσουν τα έσοδα των φορέων εκμετάλλευσης κινητών επικοινωνιών μειώνοντας τις επιχειρησιακές τους δαπάνες μέσω της εξοικονόμησης στους λογαριασμούς ηλεκτρικού ρεύματος. Τέταρτον, η μείωση του κόστους "Joule per bit" μπορεί να διατηρήσει τις κινητές υπηρεσίες προσιτές για τους χρήστες, επιτρέποντας την κατ'αποκοπή τιμολόγηση παρά τα 10 έως 100x η βελτίωση του ρυθμού δεδομένων αναμένεται μέχρι το 2020. Τέλος, μπορεί να επεκτείνει τη διάρκεια ζωής της μπαταρίας.

Κατανομή Νέου Φάσματος για 5G

Ένα ακόμη σημαντικό ζήτημα της 5G είναι η κατανομή του νέου φάσματος για την τροφοδότηση των ασύρματων επικοινωνιών την επόμενη δεκαετία. Οι κορυφαίες εταιρείες τηλεπικοινωνιών, όπως η Qualcomm και η NSN πιστεύουν ότι εκτός από τις τεχνολογικές καινοτομίες, απαιτείται 10 φορές περισσότερο φάσμα. Η κατανομή εύρους ζώνης περίπου 100 MHz στα 700 MHz ζώνης και ένα άλλο εύρος ζώνης 400 MHz σε περίπου 3,6 GHz, καθώς και την πιθανή κατανομή των εύρους ζώνης αρκετών GHz σε cm- ή mmWave ζώνες έως 5G αποτέλεσε το επίκεντρο του WRC, που οργανώθηκε από την ITU-R το 2015.

Κοινή χρήση φάσματος

Η ρυθμιστική διαδικασία για τη νέα κατανομή φάσματος είναι συχνά πολύ χρονοβόρα, επομένως η αποδοτική χρήση του διαθέσιμου φάσματος είναι πάντα εξέχουσα σημασίας. Καινοτόμα μοντέλα κατανομής φάσματος μπορούν να υιοθετηθούν για να ξεπεραστούν οι περιορισμοί.

Εικονικοποίηση RAN

Ο τελευταίος αλλά όχι λιγότερο σημαντικός παράγοντας που αποδίδει το 5G είναι η εικονικοποίηση του RAN, επιτρέποντας την κοινή χρήση ασύρματης υποδομής μεταξύ πολλών φορέων. Πρέπει να προωθηθεί η εικονικοποίηση του δικτύου από το ενσύρματο δίκτυο πυρήνα προς το RAN. Η εικονικοποίηση του δικτύου μπορεί να προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα στον ασύρματο τομέα, συμπεριλαμβανομένου και των κεφαλαιουχικών δαπανών και εξοικονόμηση Opex μέσω της χρήσης πολλαπλών μισθωτών δικτύων και εξοπλισμού, βελτιωμένη EE, καθώς και εύκολη συντήρηση και γρήγορη αντιμετώπιση προβλημάτων μέσω της αυξημένης διαφάνειας του δικτύου. Η εικονικοποίηση μπορεί επίσης να χρησιμεύσει για τη συνύπαρξη του ενσύρματου και του ασύρματου δικτύου μέσω της κοινής διαχείρισης ολόκληρου του δικτύου από μια κεντρική μονάδα, περαιτέρω ενίσχυση της αποτελεσματικότητας του δικτύου[3][4].

2.6 Πλεονεκτήματα δικτύου 5G

Όπως προαναφέραμε και σε άλλο σημείο της παρούσας πτυχιακής εργασίας η τεχνολογία 5G αποτελεί μια τεχνολογία η οποία υποστηρίζει ετερογενείς υπηρεσίες και μπορεί να προσφέρει αδιάλειπτη συνδεσιμότητα σε όλο τον κόσμο. Πιο συγκεκριμένα βοηθάει σε καθημερινές ανθρώπινες ανάγκες είτε σε προσωπικό είτε σε επαγγελματικό επίπεδο. Στη συνέχεια θα αναφέρουμε μερικούς από τους λόγους για τους οποίους αξίζει η χρήση της τεχνολογίας 5G.

Η δυνατότητα παρακολούθησης σε οποιοδήποτε μέρος του κόσμου.

Με αυτό τον

τρόπο μειώνεται σε σημαντικό βαθμό η εγκληματικότητα. Ουσιαστικά η τεχνολογία 5G μπορεί να συμβάλει στην αναζήτηση ή ακόμη και στον εντοπισμό ενός αγνοούμενου οπουδήποτε και αν βρίσκεται.

Η δυνατότητα αύξησης του εύρους ζώνης για όλους τους χρήστες.

Το εύρος ζώνης είναι η ποσότητα δεδομένων που είναι διαθέσιμη για τους χρήστες. Ουσιαστικά μπορούν να κατεβάσουν αρχεία, να προβάλουν ιστοσελίδες και να παρακολουθήσουν βίντεο και οτιδήποτε άλλο επιθυμούν. Οι έξυπνες συσκευές που λειτουργούν σε ένα δίκτυο 5G θα λειτουργούν με ταχύτητες που είναι χιλιάδες φορές πιο γρήγορες από ό, τι σε ένα δίκτυο 4G. Πολλές εργασίες που θα μπορούσαν να εκτελεστούν μόνο σε επιτραπέζιους ή φορητούς υπολογιστές στο παρελθόν θα έχουν τη δυνατότητα να πραγματοποιηθούν ξαφνικά σε μια έξυπνη συσκευή.

Η δυνατότητα μεγαλύτερης χωρητικότητας από το υπάρχον δίκτυο 4G.

Αναμένεται ότι θα αυξήσει τα ποσοστά δεδομένων πέραν του 1GB ανά δευτερόλεπτο και θα προσφέρει υψηλότερη ευρυζωνική πυκνότητα στους χρήστες. Θα υπάρξει χαμηλή λανθάνουσα κατάσταση και χαμηλή κατανάλωση μπαταρίας ενώ θα χρησιμοποιηθεί 5G, έτσι θα αυξήσει τη διάρκεια ζωής της μπαταρίας έως και 10 χρόνια και θα μειώσει τη χρήση ενέργειας δικτύου κατά 90%.

Η δυνατότητα πολλαπλής πρόσβασης σε ταυτόχρονες συνδέσεις με υψηλό ρυθμό.

Η φασματική απόδοση θα αυξηθεί στο δίκτυο 5G ώστε να προσφέρει καλύτερη χρήση smartphones αυξάνοντας την ταχύτητά τους. Επίσης θα εισαγάγει εικονική πραγματικότητα στον τομέα των smartphones, η 5G θα προσφέρει τη μεγαλύτερη αλλαγή ξεκινώντας από την εποχή των έξυπνων αυτοκινήτων και των έξυπνων κατοικιών.

Η δυνατότητα προηγμένων λειτουργιών εν συγκρίσει με το 4G.

Το εύρος ζώνης δεδομένων σε 4G είναι 2Mbps σε 1Gbps, 5G δίκτυο θα επιτρέψει μεγαλύτερο εύρος ζώνης, δηλαδή υψηλότερο από 1Gbps. Η ζώνη συχνοτήτων θα είναι επίσης πολύ υψηλή σε σύγκριση με το 4G. Το 5G δίκτυο θα ακολουθήσει τα πρότυπα CDMA και BDMA.

Η δυνατότητα χρήσης της τεχνολογίας 5G στην υγεία:

- Τηλεϊατρική
- Παρακολούθηση ασθενών από απόσταση
- Αυξημένη και εικονική πραγματικότητα
- Ανάλυση δεδομένων
- Αποκέντρωση του μοντέλου υγειονομικής περίθαλψης
- Μεγάλες μεταφορές αρχείων

Τηλεϊατρική

Η αποτελεσματική τηλεϊατρική απαιτεί ένα δίκτυο που μπορεί να υποστηρίξει βίντεο υψηλής ποιότητας σε πραγματικό χρόνο χωρίς να επιβραδυνθεί το δίκτυο. Η προσθήκη ενός δικτύου υψηλής ταχύτητας 5G σε υπάρχουσες αρχιτεκτονικές μπορεί να υποστηρίξει βίντεο σε πραγματικό χρόνο για ιατρικές συμβουλές που βασίζονται σε βίντεο για βελτίωση της πρόσβασης στην περίθαλψη και της ποιότητα της περίθαλψης. Η τεχνολογία 5G στην τηλεϊατρική θα βοηθήσει όσον αφορά την ταχύτητα. Επιπλέον, η 5G θα υποστηρίξει στην τεχνολογία της υγείας την υποδομή για απομακρυσμένους κλινικούς ιατρούς και πιο συγκεκριμένα θα επεκτείνει την εμβέλεια του οργανισμού πέραν των εγκαταστάσεων του νοσοκομείου. Για

παράδειγμα, μέσω της τεχνολογίας 5G, οι γιατροί θα μπορούν να προβούν σε τηλεδιάσκεψη με έναν ασθενή στην άκρη του δικτύου .[6][7]



Εικόνα 2.6: Υγεία και 5G τεχνολογία

Παρακολούθηση ασθενών από απόσταση .

Παρόμοιο ρόλο με την τηλεϊατρική θα έχει η απομακρυσμένη παρακολούθηση ασθενών, συμπεριλαμβανομένης της χορήγησης και ρύθμισης της φαρμακευτικής αγωγής με βάση τη συλλογή και την ανάλυση δεδομένων σχεδόν σε πραγματικό χρόνο. Χρησιμοποιώντας IoT συσκευές, οι πάροχοι υγειονομικής περίθαλψης θα μπορούν να παρακολουθούν απομακρυσμένα τα ζωτικά στοιχεία, να παρέχουν φαρμακευτική αγωγή και να μεταφέρουν δεδομένα ώστε να βοηθήσουν το προσωπικό να λάβει ταχύτερα αποφάσεις. Η τεχνολογία 5G θα επιτρέπει καλύτερες συνδέσεις σε κινητές συσκευές, αυξάνει τη χωρητικότητα δεδομένων μεταφοράς για να βοηθήσει τους εργαζομένους στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης να δώσουν βελτιωμένη απομακρυσμένη φροντίδα σε πραγματικό χρόνο. Σήμερα, η απομακρυσμένη παρακολούθηση περιορίζεται σε μεγάλο βαθμό από την ικανότητα του δικτύου για τη διαχείριση δεδομένων. Η τεχνολογία 5G θα επιτρέπει πιο αξιόπιστες συνδέσεις που θα διευκολύνουν τη μεταφορά δεδομένων ώστε οι εργαζόμενοι να λαμβάνουν γρήγορα αποφάσεις υγειονομικής περίθαλψης για τους ασθενείς. Αυτό θα έχει αντίκτυπο στην υγειονομική περίθαλψη για άτομα με χρόνιες παθήσεις.

Αυξημένη και εικονική πραγματικότητα

Η τεχνολογία 5G θα προσφέρει ευκαιρία χρήσης της επαυξημένης πραγματικότητας (AR) και της εικονικής πραγματικότητας (VR) για να φροντίζουν τους ασθενείς και να εκπαιδεύουν τους κλινικούς ιατρούς. Για παράδειγμα, η AT & T συνεργάζεται με τη VITAS® Healthcare για να μελετήσει τις επιδράσεις του AR / VR με δυνατότητα 5G σε ασθενείς με νοσοκομεία. Ο στόχος του μελέτη είναι η μείωση του πόνου ή του άγχους για ορισμένους ασθενείς με νοσοκομεία παρέχοντας ηρεμία, αποσπώντας την προσοχή περιεχόμενο μέσω AR / VR με δυνατότητα 5G. Εν τω μεταξύ, η AR / VR με ισχύ 5G έχει τη δυνατότητα να βοηθήσει τους γιατρούς, τις νοσοκόμες, τους ασκούμενους και το προσωπικό για να απεικονίζουν πιο εύστοχα τις διαδικασίες σε πρακτικό επίπεδο κάτι που θα ενισχύσει την εκπαίδευσή τους.

Ανάλυση δεδομένων

Η τεχνολογία 5G θα βοηθήσει στην καλύτερη ανταλλαγή δεδομένων υψηλής ασφάλειας που απαιτούν βελτιωμένη ανάλυση. Τα δεδομένα στην υγειονομική περίθαλψη δύναται να αξιοποιηθούν με χαμηλότερο λειτουργικό κόστος και να υπάρξει βελτίωση της αποτελεσματικότητας. Προγνωστικές μέθοδοι, χρησιμοποιούνται με σκοπό την εκτέλεση βασικών λειτουργιών, όπως ο προσδιορισμός των διαγνώσεων και η λήψη αποφάσεων για τη θεραπεία ασθενών. Για τους παραπάνω λόγους η ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων παίζει σημαντικό ρόλο. Η τεχνολογία 5G θα υποστηρίξει τη σύνδεση των smartphones και των εφαρμογών για κινητά, τις συσκευές, τους αισθητήρες, τις μηχανές και τα συστήματα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την τροφοδοσία μεγάλων δεδομένων ανάλυσης. Με τη βοήθεια του 5G, τα δεδομένα μπορούν να διανεμηθούν σε πολλά σημεία φροντίδας. Αυτό θα βοηθήσει στην ενεργοποίηση καινοτόμων απομακρυσμένων διαγνώσεων, απομακρυσμένων χειρουργικών επεμβάσεων έξυπνης νοσηλείας, προγραμματισμός παρέμβασης, μεγαλύτερη διαφάνειες και βελτιωμένη εμπλοκή ασθενών.

Αποκέντρωση του μοντέλου υγειονομικής περίθαλψης

Η τεχνολογία 5G θα επιταχύνει περαιτέρω την τάση της βιομηχανίας για παροχή φροντίδας . "Πιο κοντά στον ασθενή" και έξω από το νοσοκομείο, ορίζοντας επειγόντως τα κέντρα φροντίδας, τις κλινικές, τα κέντρα χειρουργικής και το σπίτι υγειονομικής περίθαλψης. Οι πρόοδοι στην ιατρική, την τεχνολογία, το αυξανόμενο

κόστος της υγειονομικής περίθαλψης, ο καταναλωτισμός και άλλα έχουν ενθαρρύνει τη διάδοση του. Το 5G θα το υποστηρίξει ένα αποκεντρωμένο οικοσύστημα υγειονομικής περίθαλψης, συμβάλλοντας ώστε να γίνει πιο αξιόπιστο και προσβάσιμο. Η τεχνολογία 5G έχει τη δυνατότητα να βελτιώσει τη ζωντανή ροή βίντεο με χαμηλή λανθάνουσα κατάσταση, παρέχουν ακόμη πιο γρήγορη απομακρυσμένη πρόσβαση στην ηλεκτρονική υγεία, τη βελτίωση των online και ζωντανών εξ αποστάσεως διαβουλεύσεων με σκοπό να επιτρέπουν μεγαλύτερη μεταφορά δεδομένων μέσω εφαρμογών για κινητά, ακόμα και να βοηθήσουν απομακρυσμένες διαδικασίες και ρομποτικές χειρουργικές επεμβάσεις. Θα επιτρέψει επίσης στην υγειονομική περίθαλψη οι εργαζόμενοι να συνεργάζονται κατά μήκος των μιλίων πιο αποτελεσματικά.

Μεγάλες μεταφορές αρχείων

Η τεχνολογία 5G μπορεί να είναι σε θέση να βοηθήσει στη βελτίωση της ικανότητας ενός νοσοκομείου να μεταφέρει μεγάλα αρχεία εικόνας. Όταν ένα δίκτυο έχει χαμηλό εύρος ζώνης, στο κιβώτιο ταχυτήτων μπορεί να χρειαστεί πολύς χρόνος για την αποστολή. Το δίκτυο μπορεί να σταματήσει, ένας ασθενής θα περιμένει περισσότερο για θεραπεία, και οι πάροχοι μπορούν να δουν μόνο λίγους ασθενείς στην ίδια ποσότητα χρόνος. Η τεχνολογία 5G έχει την ικανότητα να επιτρέπει ταχύτερες μεταφορές ιατρικών εικόνες, με εξαιρετική απόδοση δικτύου [5].

2.7 Οι κίνδυνοι της τεχνολογίας 5G

Η τεχνολογία 5G έχει κάνει την εμφάνιση της τα τελευταία χρόνια και θα βελτιώσει την καθημερινή ζωή των χρηστών. Εκτός όμως από πλεονεκτήματα η εν λόγω τεχνολογία καλείται να διαχειριστεί και ορισμένους κινδύνους. Ένας από τους κινδύνους είναι η ασφάλεια και η έλλειψη της τεχνολογικής προόδου σε περισσότερες από τις γεωγραφικές περιοχές. Επίσης η τεχνολογία 5G δεν υποστηρίζεται από πολλές παλιές συσκευές. Πρέπει να γίνει αντικατάσταση παλαιών συσκευών με υποστηριζόμενες συσκευές 5G κάτι που απαιτεί αρκετά χρήματα. Πολλά μέρη του κόσμου μπορεί να μην επιτρέπουν μεγάλη αύξηση της ταχύτητας και να υπάρχουν προβλήματα ραδιοσήματος. Επενδύσεις υψηλού κόστους για την ανάπτυξη υποδομών, το δίκτυο 5G έχει θέματα ασφάλειας και προστασίας της ιδιωτικής ζωής, η τεχνολογία 5G απαιτεί εξειδικευμένους μηχανικούς να εγκαταστήσουν και να διατηρήσουν το δίκτυο 5G. Αυτό αυξάνει το κόστος των φάσεων εγκατάστασης και συντήρησης 5G, ενώ τα smartphones 5G θα είναι δαπανηρά. Η απόσταση κάλυψης είναι έως 2 μέτρα (σε εσωτερικούς χώρους) και 300 μέτρα (σε υπαίθρια). Οι πρώτες αναφορές στο δίκτυο 5G υποδεικνύουν ότι αυτό το δίκτυο πρόκειται να μεταδώσει τα δεδομένα του στην περιοχή των περίπου 6 GHz. Δυστυχώς, αυτή η περιοχή ραδιοσυχνοτήτων είναι ήδη γεμάτη από άλλα σήματα. Οι πύργοι 3G κυψελών θα μπορούσαν να καλύψουν τεράστια περιοχή με σχετικά λίγα κελιά, επειδή το δίκτυο δεν απαιτεί τόσο μεγάλο εύρος ζώνης. Όταν η τεχνολογία προχώρησε σε δίκτυα 4G, τα κελιά παράγαγαν μεγαλύτερο εύρος ζώνης. Οι άνθρωποι έχουν παρατηρήσει ότι η κάλυψη μειώνεται από ό, τι στο δίκτυό τους 3G. Καθώς το δίκτυο 5G εξελίσσεται, περισσότεροι πύργοι κυττάρων θα πρέπει να παράγουν αυτό το τεράστιο εύρος ζώνης, και επειδή τα κελιά δεν μπορούν να καλύψουν τόσο χώρο όπως το 3G ή 4G κύτταρα, θα πρέπει να αναπτυχθούν περισσότερα κελιά. Έτσι, οι χρήστες 5G θα πρέπει να αναμένουν ότι η κάλυψή τους ενδέχεται να μην είναι τόσο διαδεδομένη στην αρχή[3][4][6].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ 5G ΑΝΑ ΤΟ ΚΟΣΜΟ

3.1 5G στην Ευρώπη

Οι παλαιότερες ερευνητικές προσπάθειες στην Ευρώπη έχουν καταφέρει σημαντικές προόδους στον τομέα των κινητών επικοινωνιών έως σήμερα. Πιο συγκεκριμένα το πρότυπο GSM 2G (το οποίο χρησιμοποιείται σήμερα από το 80% των παγκόσμιων κινητά δίκτυα), τις τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται στην 3G Universal Mobile Telecommunications (βλ. UMTS) και τα πρότυπα 4G LTE. Η έγκαιρη ανάπτυξη της τεχνολογίας 5G είναι τώρα πρωταρχικής σημασίας για την Ευρώπη με σκοπό να βοηθήσει θετικά στην οικονομία, να ενισχύσει την ανταγωνιστικότητα της βιομηχανίας και να δημιουργήσουν νέες ευκαιρίες απασχόλησης. Μπορεί να γίνει εύκολα αντιληπτό ότι η πορεία της τεχνολογίας 5G είναι εξαιρετικά σημαντική για την Ευρωπαϊκή Ένωση διότι θα έχει αντίκτυπο και στην οικονομική ανάπτυξη. Συνολικά, αντιπροσωπεύει τον τομέα ΤΠΕ περίπου το 5% του ΑΕΠ της ΕΕ, με ετήσια αξία 660 δισ. ευρώ. Δημιουργεί 25% των συνολικών επιχειρηματικών δαπανών στην Έρευνα και Ανάπτυξη (E & A) και των επενδύσεων σε ΤΠΕ αντιπροσωπεύουν το 50% της συνολικής ευρωπαϊκής αύξησης της παραγωγικότητας.

Ένας ακόμη σημαντικός λόγος για τον οποίο η πορεία της τεχνολογίας 5G είναι ζωτικής σημασίας, είναι η εξασφάλιση ηγετικής θέσης της Ευρώπης στην παγκόσμια βιομηχανία κινητής τηλεφωνίας. Από ιστορικής πλευράς η ευρωπαϊκή τηλεπικοινωνία καθώς και η βιομηχανία βρισκόταν στην πρώτη γραμμή του παγκόσμιου ανταγωνισμού από τις πρώτες μέρες της τεχνολογίας GSM, UMTS και LTE. Το 2012 αντιπροσώπευε το 40% περίπου του κόσμου αγορά τηλεπικοινωνιών (ύψους περίπου 200 δισ. Ευρώ) όσον αφορά την προσφορά δικτύου υποδομής. Ωστόσο, η Ευρώπη έχει ως κυρίαρχο στόχο την προώθηση της 5G τεχνολογία. Το 2013 ο Αντιπρόεδρος της Ευρωπαϊκής Επιτροπής Neelie Kroes ανακοίνωσε κατά τη διάρκεια του Mobile World Congress στη Βαρκελώνη: **«Θέλω να πρωτοπορήσει το 5G από την ευρωπαϊκή βιομηχανία, με βάση την ευρωπαϊκή έρευνα και τη δημιουργία θέσεων εργασίας στην Ευρώπη»**. Ωστόσο, η εμφάνιση νέων ανατολικών ανταγωνιστών όπως η Κίνα και η Νότια Κορέα μπορεί αμφισβητούν αυτές τις βασικές φιλοδοξίες.

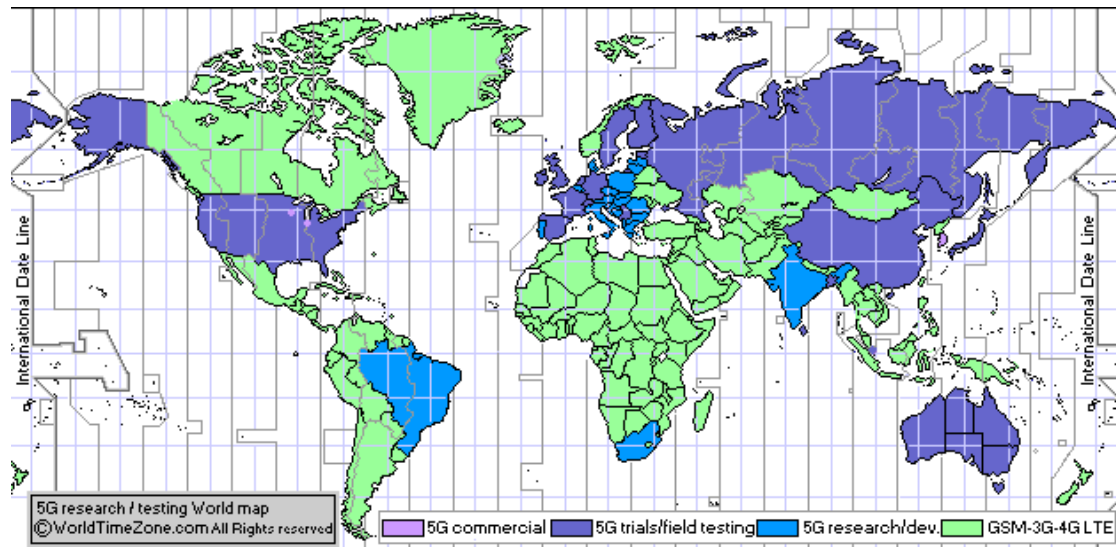
3.2 5G στη Βόρεια Αμερική

Η έρευνα στη Βόρεια Αμερική διαφέρει από αυτή της Ευρώπης και τείνει να είναι μεγαλύτερη τόσο ακαδημαϊκά όσο και βιομηχανικά. Σε αντίθεση με την Ευρώπη, δεν υπάρχει συντονισμός δημόσιας χρηματοδότησης για ερευνητικές προσπάθειες στις Ηνωμένες Πολιτείες ή τον Καναδά. Φυσικά, στις Ηνωμένες Πολιτείες, η έρευνα η χρηματοδότηση στα πανεπιστήμια προέρχεται από δημόσιους τομείς όπως το Εθνικό Ίδρυμα Επιστημών (NSF) και την Υπηρεσία Προηγμένων Ερευνητικών Προγραμμάτων Αμυνας (DARPA). Ωστόσο, η έρευνα στα πανεπιστήμια τείνει να βασίζεται περισσότερο στα ατομικά συμφέροντα. Όσον αφορά τα 5G, τα πανεπιστήμια και τα οι εταίροι ιδιωτικών βιομηχανιών θα εξετάσουν μαζί μερικές από τις δυνητικές τεχνολογίες. Λόγου χάρι το Πολυτεχνείο του Πανεπιστημίου της Νέας Υόρκης και η εταιρία Samsung έχουν συνεργαστεί με απώτερο σκοπό την μελέτη και την ανάπτυξη λύσεων mmWave για 5G.

3.3 5G στην Ασία

Η Ασία ακολουθεί ίδια τακτική με την Ευρώπη για τη δημιουργία ενός οδικού χάρτη 5G. Στη Νότια Κορέα, το 5G δημιουργήθηκε φόρουμ ενώ η Κίνα είναι υπεύθυνη για το πρόγραμμα IMT 2020. Παρόλο που υπάρχουν πολλές πρωτοβουλίες και χρηματοδοτήσεις από την κυβέρνηση, γίνεται μια προσπάθεια συντονισμού για τη δημιουργία 5G μεταξύ της βιομηχανίας σε περιφερειακό και εθνικό επίπεδο. Πιο συγκεκριμένα, η Κίνα, η Ιαπωνία και η Νότια Κορέα είναι οι κυριότερες χώρες που διεξάγουν την Ασία έρευνα σε 5G. Η έρευνα στην Κίνα, η οποία ξεκίνησε από την κυβέρνηση σε συνεργασία με εταιρίες βρίσκεται στα πρώτα στάδια της. Από την άλλη πλευρά η έρευνα τόσο στην Ιαπωνία όσο και στη Νότια Κορέα, ξεκίνησε και διεξήχθη μέσω της ακαδημαϊκής βιομηχανίας έχουν επιτύχει σημαντικά βήματα, λόγω χάρι το δίκτυο δοκιμών επικοινωνίας για το 5G, που ιδρύθηκε από την NTT (βλ. Nippon Telegraph & Telephone) και τη Samsung Electronics, με 10 Gbps και 1 Gbps που επιτυγχάνονται σε συχνότητες 11 GHz και 28 GHz, αντίστοιχα [3][4].

Στην παρακάτω εικόνα 3.1 απεικονίζεται η 5G κάλυψη στον παγκόσμιο χάρτη σύμφωνα με έρευνα που διεξήχθη τον Απρίλιο του 2019.



Εικόνα 3.1 : 5G technology ανά Ήπειρο

Με μπλε ανοιχτό χρώμα αναπαρίστανται οι χώρες όπου η τεχνολογία 5G είναι υπό έρευνα, με σκούρο μωβ οι χώρες όπου η τεχνολογία 5G είναι υπό δοκιμή και με ανοικτό μωβ οι χώρες όπου έχουμε εμπορικό 5G.

3.4 Τα δίκτυα 5^{ης} γενιάς στην Ελλάδα

Ένα αποφασιστικό βήμα για την έλευση των υπερδικτύων 5ης γενιάς στη χώρα μας έγινε τον περασμένο μήνα. Οι βασικοί χρήστες συχνοτήτων στη ζώνη των 700 Mhz σε έκτακτη σύσκεψη στο υπουργείο Ψηφιακής Πολιτικής συμφώνησαν πάνω στον νέο χάρτη συχνοτήτων που κατάρτισε το υπουργείο με βάση τη διακρατική συμφωνία των όμορων κρατών (Transadriatic/Ionian, SEDDIF). Ο χάρτης αυτός ορίζει τη δημιουργία του Ψηφιακού Μερισματος II, δηλαδή των συχνοτήτων που θα απελευθερώσουν τόσο οι ραδιοτηλεοπτικοί σταθμοί της χώρας, όσο και το υπουργείο Εθνικής Άμυνας. Το μέρος συχνοτήτων που θα προκύψει, η χώρα θα το παραχωρήσει στις εταιρείες

κινητής τηλεφωνίας προκειμένου να αναπτύξουν τα δίκτυα 5ης γενιάς στην κινητή τηλεφωνία.

Η συμφωνία που επήλθε την περασμένο μήνα αφορά από τη μια πλευρά το ελληνικό Δημόσιο (υπουργείο, ΕΣΡ, ΕΕΤΤ κ.λπ.) και από την άλλη τους χρήστες, δηλαδή τα κανάλια (ΕΙΤΗΣΕΕ) και το υπουργείο Εθνικής Άμυνας. Αυτό που μένει τώρα να γίνει είναι η υπογραφή της Υπουργικής Απόφασης (Υ.Α.) από τον υπουργό Ψηφιακής Πολιτικής για την αποκαλούμενη συχνοτική μετάβαση. Η Υ.Α. θα καθορίσει το ότι οι χρήστες αρχικά θα απελευθερώσουν συχνότητες, τις οποίες το Δημόσιο θα παραχωρήσει στις εταιρείες κινητής τηλεφωνίας. Ήδη το υπουργείο Εθνικής Άμυνας έχει συμφωνήσει για τη «μετακίνησή» του στις νέες συχνότητες.

Καθοριστικές προκειμένου να γίνει το βήμα αυτό ήταν οι διακρατικές συμφωνίες μεταξύ όμορων χωρών, Ιταλία, Αλβανία, Μαυροβούνιο κ.λπ. (Transadriatic/Ionian Forum), και Τουρκίας, Βουλγαρίας, Σερβίας, Σλοβενίας, Βόρειας Μακεδονίας κ.λπ. (South European Digital Dividend Implementation Forum). Οι συμφωνίες αυτές, παρόλο που η κυβέρνηση καθυστέρησε να συμμετάσχει, ήταν αποδοτικές για τη χώρα, αφού αφήνουν 7 διαύλους ελεύθερους σε ολόκληρη την επικράτειά της. Αυτό με απλά λόγια σημαίνει ότι η χώρα μπορεί να φιλοξενήσει με την παρούσα τεχνολογία 14 τηλεοπτικά κανάλια υψηλής ευκρίνειας, ενώ με τη νέα τεχνολογία (DVB-T2) η χωρητικότητα επαυξάνεται κατά 50%.

Το τελευταίο ήταν κρίσιμης σημασίας για την Ένωση Ιδιοκτητών Τηλεοπτικών Σταθμών Εθνικής Εμβέλειας (ΕΙΤΗΣΕΕ) προκειμένου να συμφωνήσει στην απελευθέρωση των συχνοτήτων που αξιοποιούν τα μέλη της. Ταυτόχρονα, οι διακρατικές συμφωνίες διασφαλίζουν ότι τα τουρκικά κανάλια δεν θα εμποδίσουν την εκπομπή των ελληνικών (και αντίστροφα) στις όμορες περιοχές. Επιπλέον, οι συμφωνίες που ακολούθησαν μεταξύ των φορέων της χώρας διασφαλίζουν ένα ξεκάθαρο και αξιόπιστο μονοπάτι μετάβασης στη νέα εποχή μετάδοσης τηλεοπτικού σήματος (DVB-T2). Τέλος, αλλά όχι λιγότερο σημαντικό, είναι ότι επιτρέπουν τη δημιουργία του Ψηφιακού Μέρισματος II, πάνω στο οποίο θα «πατήσουν» οι εταιρείες κινητής για να διαθέσουν τις υπηρεσίες κινητών επικοινωνιών 5ης γενιάς. Ήδη στη Γερμανία και στην Ιταλία οι πρώτες δημοπρασίες συχνοτήτων απέφεραν σημαντικά ποσά, περισσότερα από 5 δισ. ευρώ σε κάθε χώρα. Στην Ελλάδα η σχετική δημοπρασία αν και προγραμματιζόταν για το τέλος του 2019, τώρα όλα δείχνουν ότι θα γίνει εντός του 2020. Μάλιστα, ο προγραμματισμός αναφέρει ότι η διάθεση του φάσματος για υπηρεσίες 5G θα γίνει σε μια φάση που θα αφορά τόσο τη ζώνη των 700 Mhz, όσο και

αυτή των 3,5 Ghz. Στη Γερμανία και στην Ιταλία, οι δημοπρασίες αφορούσαν μόνον τις συχνότητες των 3,5 Ghz.

Στην Εθνική Επιτροπή Τηλεπικοινωνιών & Ταχυδρομείων (ΕΕΤΤ) κυκλοφορούνται σκέψεις για τη διάθεση των συχνοτήτων στην Ελλάδα με τρόπο που δεν θα πιέσει τα επενδυτικά σχέδια των εταιρειών του κλάδου. Η δημοπρασία στη Γερμανία, που συνεχίζεται ακόμη, μόλις ξεπέρασε τα 5 δισ. ευρώ, ενώ η τιμή της μετοχής της Deutsche Telekom υποχώρησε σε μια ημέρα κατά 1 ευρώ. Η εταιρεία είχε διαθέσει μέχρι εκείνη τη στιγμή 2 δισ. ευρώ για τις σχετικές συχνότητες. Έτσι, στην Ελλάδα κυκλοφορούνται σενάρια για αποπληρωμή των συχνοτήτων αυτών κατά τη χρήση και όχι εφάπαξ αμέσως μετά τη δημοπρασία.

Παράγοντες της ΕΕΤΤ σημειώνουν ότι μια υπέρογκη αμοιβή μπορεί να «πιέσει» τα επενδυτικά προγράμματα στη σταθερή τηλεφωνία και κυρίως την ανάπτυξη των δικτύων νέας γενιάς (μέσω οπτικών ινών). Υπενθυμίζεται ότι το 2001 οι εταιρείες κινητής είχαν καταβάλει περίπου 500 εκατ. ευρώ για τις λεγόμενες άδειες 3ης γενιάς (UMTS), αλλά οι πρώτες υπηρεσίες άρχισαν να αναπτύσσονται και να προσφέρονται από το 2008 και μετά. Στην κινητή τηλεφωνία 5ης γενιάς εκτιμάται ότι δεν θα συμβεί το ίδιο, αφού ήδη οι εταιρείες τηλεπικοινωνιών στη χώρα μας δοκιμάζουν τέτοια δίκτυα σε τρεις πόλεις της χώρας. Στους Δήμους Ζωγράφου (Cosmote), Τρικκαίων (Vodafone) και Καλαμάτας (Wind).

Η Cosmote ήδη έχει πραγματοποιήσει επίδειξη λειτουργίας δικτύου 5G με ταχύτητες 12,7 Gbps, ήτοι τουλάχιστον 100 φορές ταχύτερο από τα υφιστάμενα εμπορικά δίκτυα, τόσο της κινητής όσο και της σταθερής (οπτικών ινών). Ωστόσο παράγοντες του υπουργείου Ψηφιακής Πολιτικής αναφέρουν ότι η Wind είναι αυτή που προχωράει πιο γρήγορα τις πιλοτικές εφαρμογές. [2]

Εμπόδιο η εκκρεμότητα με τις κεραίες

Η εμπορική χρήση της κινητής τηλεφωνίας 5ης γενιάς εκτιμάται ότι θα ξεκινήσει κάποια στιγμή μέσα στο 2021 και μετά, ανάλογα με την προετοιμασία της κάθε χώρας. Στην Ελλάδα ωστόσο αυτό δεν θα συμβεί ποτέ, αν δεν επιλυθεί το θέμα της αδειοδότησης των κεραιών.

Το ζήτημα αυτό υφίσταται από το 2006 και ακόμη και σήμερα, από τις 12.000 λειτουργούσες κεραίες κινητής, περίπου το 15% λειτουργεί σε «γκρίζο» καθεστώς. Αυτό συνήθως σημαίνει ότι έχουν υποβληθεί τα σχετικά έγγραφα, αλλά δεν έχουν αδειοδοτηθεί από διάφορες δημόσιες υπηρεσίες. Σημειώνεται ότι για την αδειοδότηση μιας κεραίας γνωμοδοτούν περισσότεροι από δέκα διαφορετικοί δημόσιοι φορείς.

Η λειτουργία της κινητής τηλεφωνίας 5G θα απαιτήσει την εκ νέου αδειοδότηση 3.000 έως 4.000 κεραιών. Οι κεραίες αυτές θα αναβαθμιστούν προκειμένου να υποστηρίξουν τη νέα τεχνολογία.

Επιπλέον, θα απαιτηθεί η εγκατάσταση χιλιάδων μικροκυματικών διατάξεων (μικρές κεραίες) σε κάθε δρόμο, κτίριο, γήπεδο, πλατεία κ.λπ. αφού, όπως σημειώνουν οι ειδικοί, το νέο περιβάλλον που θα υποστηρίζει ακόμη και οχήματα χωρίς οδηγούς, δεν μπορεί να φέρει «τρύπες» δικτύου. Ένα δίκτυο 5ης γενιάς πρέπει να είναι μονίμως ανοικτό (always on) και ισχυρό στη γεωγραφική περιοχή που καλύπτει.

Το υπουργείο έχει σχεδιάσει ένα νόμο που θα διευκολύνει την αδειοδότηση κεραιών. Ωστόσο φαίνεται να έχει μπλέξει στις συμπληγάδες του κυβερνητικού κόμματος και ειδικά των κομματικών παραγόντων που παραδοσιακά στέκονταν απέναντι στις ασύρματες επικοινωνίες και ειδικά της (ιδιωτικής) κινητής τηλεφωνίας.

Το σχέδιο νόμου προβλέπει διαδικασία πολεοδομικής αδειοδότησης των κεραιών παρόμοια με εκείνη των οικοδομών. Η αίτηση υποβάλλεται, αξιολογείται και εγκρίνεται ηλεκτρονικά. Το κυριότερο είναι ότι ο πολεοδομικός έλεγχος της κατασκευής θα γίνεται από το μητρώο ελεγκτών πολεοδομίας, εξαλείφοντας έτσι πολλές ευκαιρίες για αδιαφανείς συναλλαγές.

Οι λόγοι καθυστέρησης του σχεδίου νόμου που πρωτοπαρουσιάστηκε την άνοιξη του 2018 δεν αποσαφηνίζονται. Κάποιοι ισχυρίζονται ότι τα επίπεδα εκπομπών των κεραιών κινητής είναι υψηλά και πρέπει να μειωθούν. Ωστόσο, στις πιο πολλές περιοχές της χώρας (κυρίως στα αστικά κέντρα) βρίσκονται στο 70% των περισσότερων χωρών της Ε.Ε. Και προς την κατεύθυνση αυτή, εγγυάται τόσο η Εθνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας, όσο και το Παρατηρητήριο Ηλεκτρομαγνητικών Ακτινοβολιών της ΕΕΤΤ. Ο καθένας μπορεί να μπει σε αυτό και να ελέγξει online το επίπεδο ακτινοβολίας της κάθε κεραίας στη χώρα μας.

Υπενθυμίζεται ότι τον περασμένο Φεβρουάριο, η ΕΕΤΤ απέστειλε στις τρεις εταιρείες κινητής τηλεφωνίας πάνω από 800 κλήσεις για ακρόαση σχετικά με κεραίες που βρίσκονται σε λειτουργία υπό «γκρίζο» καθεστώς. Η διαδικασία αυτή εφόσον συνεχιστεί και τελικά οι ακροάσεις γίνουν, θα επισύρουν πρόστιμα ύψους κατά μέσον

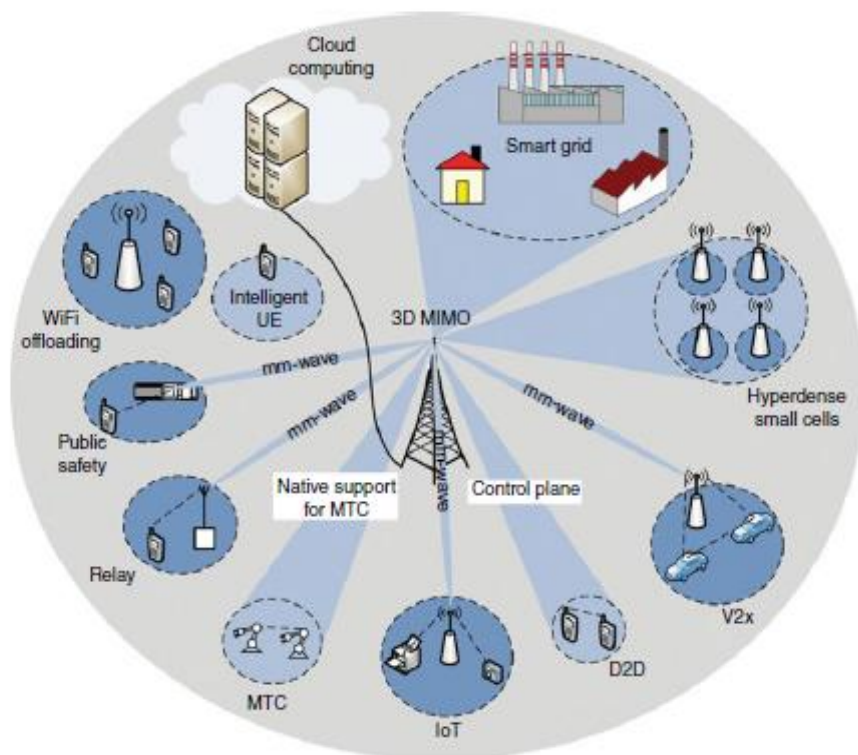
όρο 40-60 εκατ. ευρώ και αν εξαντληθεί η αυστηρότητα του νομοθέτη, μπορεί να ξεπεράσουν τα 250 εκατ. ευρώ.

Με άλλα λόγια, ενώ οι εταίροι μας ετοιμάζονται για τις διαστημικές ταχύτητες, στη χώρα μας δεν έχουμε επιλύσει το ζήτημα της αδειοδότησης κεραιών, τριάντα χρόνια μετά. [2]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: 5G ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ

4.1 Η αρχιτεκτονική του 5G

Όπως απεικονίζεται στην εικόνα 4.1 το 5G θα αποτελέσει ένα σύστημα το οποίο θα υποστηρίζει ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών από τη κινητή φωνή έως το κινητό Διαδίκτυο πολλαπλών Giga-bit-ανά-δευτερόλεπτο. Το 3D-sMIMO θα είναι ενσωματωμένο σε BS για περαιτέρω βελτίωση του ρυθμού δεδομένων και της χωρητικότητας σε επίπεδο μακροκυττάρων. Η απόδοση του συστήματος από την πλευρά της κάλυψης, της χωρητικότητας και της ΕΕ θα ενισχυθεί περαιτέρω στα hot spots με σταθμούς αναμετάδοσης, υπερσύγχρονες εγκαταστάσεις μικρών κυψελών ή WiFi. Οι επικοινωνίες D2D θα βοηθηθούν από το macro-BS, παρέχοντας το επίπεδο ελέγχου. Το Cloud computing δύναται να εφαρμοστεί στο RAN.



Εικόνα 4.1 Αρχιτεκτονική 5G

Επιπροσθέτως, οι χρήστες κινητών τηλεφώνων θα μπορούν να δημιουργήσουν μια εικονική ομάδα πόρων που θα διαχειρίζεται το δίκτυο. Η προσέγγιση των εφαρμογών μέσω του cloud θα βρίσκονται πιο κοντά στον τελικό χρήστη ώστε να μειώνεται η καθυστέρηση. Προβλέπεται ότι η 5G θα ενσωματώσει άψογα τα υπάρχοντα RAT (π.χ. GSM, HSPA, LTE και WiFi) σε ζώνες mmWave. Η τεχνολογία MmWave θα φέρει επανάσταση στη βιομηχανία κινητής τηλεφωνίας και ένας από τους λόγους που θα επιτευχθεί αυτό είναι το διαθέσιμο φάσμα. Οι έξυπνες κεραίες με δυνατότητες σχηματισμού δέσμης και διαδοχικές συστοιχίες θα χρησιμοποιούνται για να δείχνουν τη δέσμη κεραίας σε μια επιθυμητή θέση με μεγάλη ακρίβεια, περιστρέφονται ηλεκτρονικά. Η τεχνολογία mmWave θα παρέχει επίσης υπερ-ευρυζωνικές συνδέσεις backhaul για τη μεταφορά της κίνησης από / προς τα μικρά BS επιτρέποντας περαιτέρω ευελιξία ανάπτυξης για τους χειριστές, σε σύγκριση με την ενσύρματη (χαλκός ή ινών). Η ανάπτυξη των μικρών κυψελίδων Hyperdense είναι μια άλλη πολλά υποσχόμενη λύση 5G για να αντιμετωπίσει την πρόκληση δυναμικότητας 1000x. Τα μικρά κελιά έχουν τη δυνατότητα να παρέχουν μαζική και να ελαχιστοποιήσει τη φυσική απόσταση μεταξύ BS για την επίτευξη του απαιτούμενη ενίσχυση EE για 5G. Θα χρησιμοποιηθούν οι παραδοσιακές ζώνες υπο-3 GHz κάλυψη μακρο-κυψελίδας, ενώ οι ζώνες υψηλότερης συχνότητας (π.χ. ζώνες cm και mmWave) θα χρησιμοποιηθεί για μικρά κύτταρα για την παροχή ενός φασματικού και ενεργειακά αποδοτικού επιπέδου δεδομένων, με τη βοήθεια από ένα επίπεδο ελέγχου που εξυπηρετείται από το μακρο-BS .

Μαζί με την ανάπτυξη νέων RAT και την ανάπτυξη των hyperdense μικρών κυττάρων, τα υφιστάμενα RATs θα συνεχίσουν να εξελίσσονται . Η καθυστέρηση του επιπέδου δεδομένων του συστήματος LTE-A είναι περίπου 20 ms, ο οποίος αναμένεται να μειωθεί σε λιγότερο από 1 ms στις μελλοντικές εξελίξεις .

Η EE του κυψελοειδούς συστήματος αναμένεται να βελτιωθεί κατά 1.000 φορές έως το 2015, σε σύγκριση με το επίπεδο του 2010 . Το φυσικό επίπεδο και οι τεχνικές στρώματος MAC (μέσου ελέγχου πρόσβασης) θα επανεξεταστούν για τη μεταφορά βραχέων καθώς και για πακέτα ευαίσθητα σε καθυστέρηση για MTC . Η εικονικοποίηση θα διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στο 5G με σκοπό τη βέλτιστη χρήσης πόρων σε κυψελοειδή συστήματα, μέσω δικτύου πολλαπλών μισθωτών όπου ένας κινητός φορέας εκμετάλλευσης δεν θα απαιτείται να διαθέτει πλήρες σύνολο εξειδικευμένου εξοπλισμού δικτύου [3][4].

4.2 Ασφάλεια για επικοινωνίες 5G

4.2.1 Εισαγωγή

Με την πάροδο των χρόνων και την εξέλιξη της τεχνολογίας το υπάρχον υπολογιστικό περιβάλλον αποσκοπεί σε κινητά δίκτυα που χαρακτηρίζονται από υψηλές ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων και μεγάλη κινητικότητα. Η πλέον κατάλληλη τεχνολογία που έχει προκύψει για την αντιμετώπιση αυτών των ζητημάτων είναι η 5G . Η εν λόγω τεχνολογία τα τελευταία χρόνια εξελίσσεται με γοργούς ρυθμούς και αναμένεται να βελτιωθεί περισσότερο από το 2020 και μετά. Οι επικοινωνίες 5G αποσκοπούν στην παροχή μεγάλων δεδομένων εύρος ζώνης, άπειρη ικανότητα δικτύωσης και εκτεταμένη κάλυψη σήματος για την υποστήριξη μια πλούσια γκάμα εξατομικευμένων υπηρεσιών υψηλής ποιότητας στους τελικούς χρήστες. Για το σκοπό αυτό, οι 5G επικοινωνίες θα ενσωματώσουν πολλές από τις υπάρχουσες προηγμένες τεχνολογίες με καινοτόμες τεχνολογίες και νέες τεχνικές. Η εν λόγω ολοκλήρωση θα οδηγήσει σε τεράστιες προκλήσεις στον τομέα της ασφάλειας για μελλοντικά δίκτυα κινητής τηλεφωνίας 5G. Ειδικότερα, αναμένεται ότι ένα ευρύ φάσμα θεμάτων ασφάλειας θα τεθεί σε 5G δίκτυα λόγω συγκεκριμένων παραγόντων που περιλαμβάνουν:

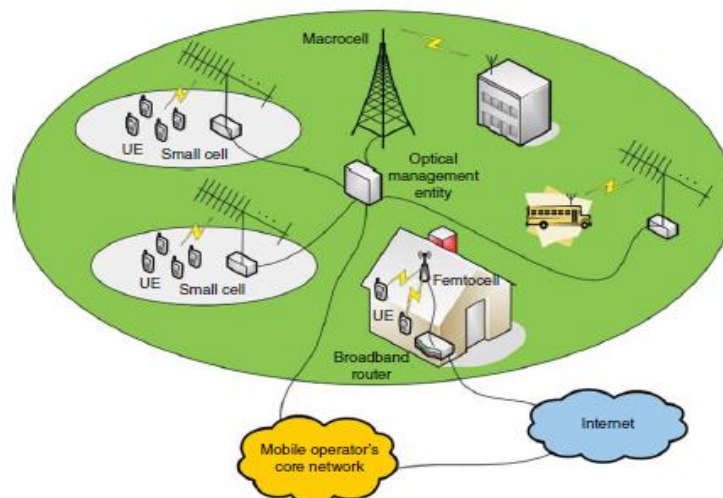
- την ανοικτή αρχιτεκτονική της IP που βασίζεται στην IP 5G
- την ποικιλομορφία των υποκείμενων τεχνολογιών δικτύου πρόσβασης του συστήματος 5G
- την πληθώρα διασυνδεδεμένων συσκευών επικοινωνίας,
- την ετερογένεια των συσκευών
- τα ανοικτά λειτουργικά συστήματα των συσκευών
- τη χρήση διασυνδεδεμένων συσκευών από μη επαγγελματίες χρήστες σε θέματα ασφάλειας

Συνεπώς, τα συστήματα επικοινωνιών 5G καλούνται να αντιμετωπίσουν πολύ περισσότερες απειλές από τα υφιστάμενα υπάρχοντα συστήματα κινητών επικοινωνιών. Ωστόσο δεν είναι σαφές ποιες απειλές θα είναι οι πλέον σοβαρές και ποια στοιχεία δικτύου θα αποτελέσουν.

4.2.2 Επισκόπηση μιας πιθανής Αρχιτεκτονικής Συστημάτων Επικοινωνιών 5G

Στις επικοινωνίες 5G, η υιοθέτηση μιας ετερογενούς αρχιτεκτονικής, η οποία δύναται να περιλαμβάνει μακρο ή μικροκύτταρα αποτελεί μια από τις πιο ελπιδοφόρες λύσεις χαμηλού κόστους που θα επιτρέψουν τα 5G για την κάλυψη των αναγκών αύξησης της παραγωγικής ικανότητας του κλάδου και την παροχή ομοιόμορφης συνδεσιμότητας του τελικού χρήστη. Μια πιθανή αρχιτεκτονική των δικτύων 5G σε κλίμακα μακροκυψελίδων απεικονίζεται στη παρακάτω εικόνα 4.2 . Όπως μπορούμε να διακρίνουμε δύναται να περιλαμβάνει:

- Σταθμό βάσης (BS)
- Εξοπλισμό που αποτελείται από μεγάλες κεραίες
- Μεγάλες συστοιχίες κεραιών της BS που γεωγραφικά θα κατανέμονται μέσω του δικτύου macrocell.



Εικόνα 4.2 Αρχιτεκτονική 5G

Οι κατανεμημένες μεγάλες συστοιχίες κεραίας θα αναλάβουν το ρόλο των σημείων πρόσβασης μικρών κελιών υποστηρίζοντας πολλαπλά πρωτόκολλα (RAN) για ένα ευρύ φάσμα υποκείμενων τεχνολογιών δικτύου πρόσβασης (2G , 3G , 4G). Επιπλέον, οι χρήστες κινητών στο εξωτερικό περιβάλλον θα συνεργάζονται μεταξύ τους για τη δημιουργία εικονικών μεγάλων συστοιχιών κεραίας. Οι εικονικές μεγάλες συστοιχίες

κεραίας, μαζί με τις κατανεμημένες μεγάλες συστοιχίες κεραιών του BS, θα καθορίσουν την κατασκευή εικονικών μαζικών MIMO (βλ. Multiple-Input Multiple-Output) συνδέσεων στα μικρά κελιά. Τα σημεία πρόσβασης μικρών κελιών θα βασίζονται σε αξιόπιστη συνδεσιμότητα backhaul πάνω από τις οπτικές ίνες. Επιπλέον, τα κτίρια που βρίσκονται στην περιοχή των 5G macrocell θα είναι εξοπλισμένα με μεγάλες συστοιχίες κεραιών εγκατεστημένες εκτός του κτιρίου. Έτσι, κάθε κτίριο θα είναι σε θέση να επικοινωνεί με το BS της κυψέλης με χρήση κατάλληλων μακροεντολών απευθείας ή με την κατανεμημένη μεγάλη κεραία συστοιχίες των BS. Εκτός αυτού, σε κάθε κτίριο, οι εξωτερικές εγκατεστημένες μεγάλες συστοιχίες κεραιάς θα συνδέονται μέσω καλωδίου με τα ασύρματα σημεία πρόσβασης μέσα στο κτίριο που επικοινωνούν με εσωτερικοί χρήστες. Επιπλέον, η αρχιτεκτονική HeNB, που ορίζεται από το 3GPP για την κατασκευή femtocell είναι πολύ ελπιδοφόρο για τις επερχόμενες επικοινωνίες 5G δίκτυα. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το HeNB femtocell προσφέρει μια αποτελεσματική λύση αντιμετώπιση της αυξανόμενης ζήτησης για τα ποσοστά δεδομένων. Συγκεκριμένα, ένα femtocell HeNB χαρακτηρίζεται από χαμηλή ισχύ και το σημείο πρόσβασης χαμηλής εμβέλειας χρησιμοποιείται κυρίως για την παροχή εσωτερικής κάλυψης για τον κλειστό συνδρομητή Ομάδες (CSG). Τα HeNB femtocells εκφορτώνουν το δίκτυο macrocell και παρέχουν ευρυζωνική IP backhaul σύνδεση στο δίκτυο του φορέα εκμετάλλευσης μέσω του οικιακού συνδρομητή. Ένας αριθμός φεμτοκυττάρων HeNB μπορεί να ομαδοποιηθεί και να απευθυνθεί σε μια πύλη, μειώνοντας τον αριθμό των διεπαφών που συνδέονται άμεσα με το κεντρικό δίκτυο του φορέα εκμετάλλευσης κινητής τηλεφωνίας. Επιπλέον, η έννοια της κινητής femtocell (βλ. MFemtocell) δύναται να αποτελέσει άλλη μια πολλά υποσχόμενη τεχνολογία για μελλοντικές επικοινωνίες 5G. Καθοριστικός αναμένεται ο ρόλος τους στις μεταφορές. Πιο συγκεκριμένα τα MFemtocells θα είναι μικρά κελιά εγκατεστημένα μέσα στα οχήματα ώστε να επικοινωνούν με τους χρήστες εντός των οχημάτων. Επίσης, μεγάλοι συστοιχίες κεραιάς θα εγκατασταθούν εκτός των οχημάτων για να καταστεί δυνατή η επικοινωνία με το BS του macrocell απευθείας ή με τις κατανεμημένες μεγάλες συστοιχίες κεραιάς του BS.

4.2.3 Θέματα Ασφαλείας και Προκλήσεις σε Συστήματα Επικοινωνιών 5G

Οι πιο ελκυστικοί στόχοι για μελλοντικούς επιτιθέμενους στα επερχόμενα συστήματα επικοινωνιών 5G θα είναι ο εξοπλισμός χρήστη, τα δίκτυα πρόσβασης, το βασικό δίκτυο του φορέα εκμετάλλευσης κινητής τηλεφωνίας και το εξωτερικό IP δίκτυο. Για να γίνουμε πιο κατανοητοί όσον αφορά τα μελλοντικά ζητήματα ασφαλείας και των προκλήσεων που επηρεάζουν τα 5G στοιχεία του συστήματος, θα αναφέρουμε παραδείγματα πιθανών απειλών και επιθέσεων. Για να αντλήσουμε αυτά τα παραδείγματα, εξετάζουμε τις απειλές και τις επιθέσεις (π.χ. 2G, 3G, 4G) που ενδέχεται να επηρεάσουν τις επερχόμενες επικοινωνίες 5G με την αξιοποίηση συγκεκριμένων χαρακτηριστικών σε αυτή τη νέα πλατφόρμα επικοινωνίας.

Εξοπλισμός χρήστη

Στην εποχή της επικοινωνίας 5G, ο Εξοπλισμός Χρήστη (UE), λόγω χάρη smartphones και tablet, θα αποτελέσει πολύ σημαντικό μέρος της καθημερινής μας ζωής. Αυτός ο εξοπλισμός θα προσφέρει ένα ευρύ φάσμα από εξαιρετικά ελκυστικές λειτουργίες που θα επιτρέπουν στους τελικούς χρήστες να έχουν πρόσβαση σε μια πληθώρα εξατομικευμένων υπηρεσιών υψηλής ποιότητας. Ωστόσο, η αναμενόμενη αυξανόμενη δημοτικότητα του μελλοντικού UE, σε συνδυασμό με τα αυξημένα δεδομένα, τις δυνατότητες μετάδοσης των δικτύων 5G, την ευρεία υιοθέτηση ανοιχτών λειτουργικών συστημάτων και το γεγονός ότι το μελλοντικό UE θα υποστηρίξει μια μεγάλη ποικιλία επιλογών συνδεσιμότητας (π.χ. 2G, 3G, 4G, IEEE

802.11, Bluetooth) αποτελούν παράγοντες που καθιστούν το μέλλον της ΕΕ πρωταρχικό στόχο για τους εγκληματίες στον κυβερνοχώρο. Εκτός από τις παραδοσιακές επιθέσεις Denial of Service (DoS) που βασίζονται σε SMS / MMS, το μελλοντικό UE θα είναι επίσης να εκτεθούν σε πιο εξελιγμένες επιθέσεις προερχόμενες από κινητό κακόβουλο λογισμικό που θα στοχεύει τόσο το UE όσο και το 5G κυψελοειδές δίκτυο. Τα ανοικτά λειτουργικά συστήματα θα επιτρέπουν στους τελικούς χρήστες να εγκαθιστούν εφαρμογές στις συσκευές τους, όχι μόνο από αξιόπιστες αλλά και από μη αξιόπιστες πηγές. Κατά συνέπεια, το κακόβουλο λογισμικό για κινητά, το οποίο μπορεί να βρίσκεται σε εφαρμογές που να μοιάζουν με αθώα λογισμικά (π.χ. παιχνίδια, βοηθητικά προγράμματα) και εγκαθίστανται σε κινητές συσκευές τελικού χρήστη που τους εκθέτουν σε πολλές απειλές. Κινητό

κακόβουλο λογισμικό μπορεί να σχεδιαστεί για να επιτρέπει στους επιτιθέμενους να εκμεταλλευτούν τα αποθηκευμένα προσωπικά δεδομένα στη συσκευή ή στις επιθέσεις (π.χ. επιθέσεις DoS) σε βάρος άλλων φορέων, όπως άλλων UE, η πρόσβαση μέσω κινητού τηλεφώνου τα δίκτυα, το βασικό δίκτυο του φορέα εκμετάλλευσης κινητής τηλεφωνίας και άλλα εξωτερικά δίκτυα που συνδέονται με το δίκτυο κινητό δίκτυο πυρήνα. Συμπερασματικά λοιπόν προκύπτει ότι οι μελλοντικές κινητές συσκευές δεν θα αποτελέσουν απειλή μόνο τους χρήστες, αλλά και για όλο το δίκτυο κινητής τηλεφωνίας 5G.

Δίκτυα πρόσβασης

Στις επικοινωνίες 5G, τα δίκτυα πρόσβασης αναμένεται να είναι εξαιρετικά ετερογενή και πολύπλοκα, συμπεριλαμβανομένων των πολλαπλών διαφορετικών τεχνολογιών ραδιο πρόσβασης (π.χ. 2G, 3G, 4G) και άλλων προηγμένων όπως τα φεμτοκύτταρα, ώστε να διασφαλίζεται η διαθεσιμότητα των υπηρεσιών. Για παράδειγμα, σε περίπτωση απουσίας κάλυψης δικτύου 4G, ο UE πρέπει να είναι σε θέση να δημιουργήσει μια σύνδεση σε δίκτυα 2G ή 3G. Κατά τη διάρκεια της εξέλιξης από επικοινωνίες 4G σε επικοινωνίες 5G, απαιτείται βελτιωμένη ασφάλεια. Ουσιαστικά πρέπει να εφαρμοστούν μηχανισμοί για την αντιμετώπιση απειλών για την ασφάλεια πρόσβασης στα δίκτυα 5G. Για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος, οι πιθανές απειλές ασφάλειας για τα μελλοντικά δίκτυα πρόσβασης 5G πρέπει πρώτα να ταυτοποιηθούν.

Κεντρικό Δίκτυο Κινητού Επιχειρησιακού Δικτύου

Λόγω της ανοικτής αρχιτεκτονικής που βασίζεται σε IP, τα 5G κινητά συστήματα θα είναι ευάλωτα σε επιθέσεις IP που είναι κοινές στο Διαδίκτυο. Οι επιθέσεις DoS, οι οποίες αποτελούν σήμερα μια μεγάλη απειλή για τον Παγκόσμιο Ιστό, θα είναι παρούσες στα μελλοντικά συστήματα επικοινωνιών 5G που στοχεύουν στις οντότητες του το βασικό δίκτυο του φορέα εκμετάλλευσης κινητής τηλεφωνίας. Ωστόσο, το κεντρικό δίκτυο του δύναται να επηρεαστεί από επιθέσεις DDoS που στοχεύουν σε εξωτερικές οντότητες.

Οι επιθέσεις DDoS θα επηρεάσουν τη διαθεσιμότητα του στοχευόμενου μέλλοντος 5G κινητό δίκτυο πυρήνα. Δεδομένου ότι τα 5G κινητά δίκτυα πρόκειται να

χρησιμοποιηθούν από εκατομμύρια χρήστες οι συνέπειες των επιθέσεων DoS και DDoS κατά του βασικού δικτύου θα είναι σοβαρές. Στο περιβάλλον επικοινωνίας 5G, οι επιθέσεις DDoS μπορούν να ξεκινήσουν από ένα botnet που περιλαμβάνει ένα μεγάλο αριθμό μολυσμένων κινητών συσκευών. Ένα παράδειγμα επίθεσης DDoS για ένα μελλοντικό δίκτυο πυρήνα του 5G κινητού τηλεφωνητή μπορεί να είναι η σηματοδότηση επίθεση ενίσχυσης που αντιμετωπίζουν τα δίκτυα 4G. Αυτή η επίθεση θα μπορούσε να εκτελεστεί από ένα botnet πολλαπλών μολυσμένων κινητών συσκευών μέσα στο ίδιο κελί προκειμένου να εξαντληθούν οι πόροι του δικτύου, με αποτέλεσμα την υποβάθμιση των υπηρεσιών. Οι κακόβουλες συσκευές του botnet θα εκτελούν τα ίδια βήματα ξανά και ξανά ώστε ενισχυθεί η επίθεση και να υποβαθμιστεί η απόδοση του δικτύου.

Κορεσμός HSS

Μια ενδεχόμενη επίθεση DDoS σε ένα μελλοντικό δίκτυο πυρήνα του 5G κινητού τηλεφωνητή ενδέχεται να εκδηλωθεί η ίδια με τη μορφή κορεσμού HSS.

Το HSS είναι ένας βασικός κόμβος του πυρήνα Evolved Packet Core (EPC), ο οποίος περιλαμβάνει την κύρια βάση δεδομένων για έναν συγκεκριμένο χρήστη και περιέχει τις πληροφορίες σχετικά με την εγγραφή. Το HSS παρέχει επίσης λειτουργίες υποστήριξης σε έλεγχο ταυτότητας χρήστη και εξουσιοδότηση πρόσβασης. Ένα οικιακό δίκτυο μπορεί να περιέχει ένα ή περισσότερων HSS ανάλογα με τον αριθμό των συνδρομητών κινητής τηλεφωνίας, την ικανότητα εξοπλισμού και την οργάνωση του δικτύου. Έτσι, μια επίθεση DDoS κατά αυτού του κόμβου κλειδί μπορεί ενδεχομένως να μειώσει σημαντικά τη διαθεσιμότητα του δικτύου κινητού πυρήνα.

Ορισμένες ερευνητικές εργασίες έχουν ήδη διερευνήσει τη δυνατότητα υπερφόρτωσης σε ένα Μητρώο Κατοχύρωσης Χώρων (HLR), το οποίο αποτελεί βασικό στοιχείο του HSS, αξιοποιώντας ένα botnet κινητών συσκευών. Τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας έδειξαν ότι η μείωση του η απόδοση εξαρτάται από το μέγεθος του botnet. Επιπλέον, αξίζει να αναφέρουμε ότι σε αυτή την κατηγορία επίθεσης, οι νόμιμοι χρήστες των μολυσμένων κινητών συσκευών δεν έχουν καμία ενημέρωση για το περιστατικό, καθώς οι επιθέσεις αυτές εκτελούνται από ένα ήρεμο δίκτυο εκτόξευσης και όχι από πλημμύρα τηλεφωνικών κλήσεων. Τέλος, σύμφωνα με αυτή την έρευνα το βασικό φιλτράρισμα και η απόρριψη είναι δύο πιθανές τεχνικές μετριασμού εναντίον αυτών επιθέσεων. Ωστόσο, η εφαρμογή μηχανισμών είναι αρκετά έξυπνοι για να

ανταποκριθούν ακόμη και στις πιο δυναμικές επιθέσεις παραμένουν ένα δύσκολο έργο. Πιο συγκεκριμένα είναι δύσκολο για έναν πάροχο να διακρίνει τις επιθέσεις από άλλες μεταφορές, δεδομένου ότι ένα μεγάλο μέρος του πλαισίου έχει χαθεί ως μηνύματα που ανταλλάσσονται μεταξύ των κινητών συσκευών και του HLR (π.χ. τοποθεσία). Επιπλέον, το φιλτράρισμα στο κεντρικό δίκτυο μπορεί να συμβεί πολύ αργά λόγω των μεγάλων γενικών εξόδων που σχετίζονται με το πρώτο hop επικοινωνιών σε δίκτυα κινητής τηλεφωνίας. Στο μέλλον, τα προσεχή 5G κινητά δίκτυα μπορούν επίσης να χρησιμεύσουν ως πύλη για τις επιθέσεις DDoS σε σχέση με στόχους σε άλλα εξωτερικά δίκτυα (π.χ. εταιρικά δίκτυα) συνδεδεμένα στο κινητό βασικό δίκτυο. Σε αυτό το σενάριο, ένα botnet των κινητών συσκευών μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να δημιουργήσει έναν υψηλό όγκο κυκλοφορίας και να διαβιβάζουν στο θύμα, που βρίσκεται στην υποδομή του εξωτερικού δικτύου, μέσω του δικτύου κινητού πυρήνα. Αν και ο στόχος αυτών των επιθέσεων δεν θα είναι ο πυρήνας αλλά το ίδιο το δίκτυο, το γεγονός ότι εισάγουν μεγάλα φορτία κίνησης στο κεντρικό δίκτυο μπορεί να επηρεάσει την απόδοσή του. Οι επιθέσεις DDoS κατά του Spamhaus μέσω του Διαδικτύου απέδειξαν πως ο μεγάλος όγκος της κίνησης επίθεσης μπορεί να επηρεάσει τη διαθεσιμότητα της υποκείμενης επικοινωνίας δίκτυο που χρησιμοποιείται για τη μετάδοσή του στον συγκεκριμένο στόχο.

Εξωτερικά δίκτυα IP

Στα συστήματα επικοινωνιών 5G, τα εξωτερικά δίκτυα IP μπορούν επίσης να αποτελέσουν το στόχο των επιθέσεων DDoS, όπου τα κινητά botnets δημιουργούν μεγάλο όγκο κίνησης και μεταδίδουν στο στόχο μέσω του κινητό δίκτυο πυρήνα. Επιπλέον, τα εξωτερικά δίκτυα IP, όπως τα δίκτυα επιχειρήσεων, μπορούν να έχουν στόχο να τεθεί σε κίνδυνο από κακόβουλο λογισμικό μέσω προσβάσιμων κινητών συσκευών. Στη συνέχεια παρουσιάζουμε ένα αντιπροσωπευτικό σενάριο για το πώς σε μια επιχείρηση το δίκτυο μπορεί να επηρεαστεί μέσω της μολυσμένης κινητής συσκευής 5G ενός υπαλλήλου. Προβάλλεται επίσης μια λύση κατά αυτής της απειλής.

Συμβιβασμένα Επιχειρηματικά Δίκτυα

Η σημερινή ευρεία υιοθέτηση των smartphones έχει ήδη οδηγήσει πολλούς υπαλλήλους να φέρουν τις δικές τους συσκευές smartphone στο περιβάλλον εργασίας και να τις χρησιμοποιήσουν για την πρόσβαση σε πληροφορίες στοιχείων που βρίσκονται σε απομονωμένα δίκτυα επιχειρήσεων ή δίκτυα επιχειρήσεων με αυστηρό έλεγχο πρόσβασης. Η τάση αυτή αναμένεται να συνεχιστεί και να επιταχυνθεί στην επικείμενη εποχή των 5G. Ωστόσο, πολλές ανησυχίες για την ασφάλεια θα προκύψουν για τα δίκτυα των επιχειρήσεων στα οποία έχουν πρόσβαση οι εργαζόμενοι, λόγω των πιθανών ευαισθησιών των smartphones σε κακόβουλο λογισμικό κινητής τηλεφωνίας. Τα πιθανά τρωτά σημεία δύναται να αξιοποιηθούν από τους επιτιθέμενους για να υπονομεύσουν το αντίθετο ασφαλούς επιχειρηματικού δικτύου. Για παράδειγμα, κακόβουλο λογισμικό για κινητά, όπως το Dream Droid το οποίο μόλυνε το Android Market, μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τους εισβολείς για να πάρει μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση σε δίκτυα επιχειρήσεων μέσω των μελλοντικών smartphones των εργαζομένων. Ένα ακόμη χαρακτηριστικό των μελλοντικών smartphones των εργαζομένων που ενδέχεται να εκμεταλλευτούν οι επιτιθέμενοι να συμβιβαστούν τα δίκτυα των επιχειρήσεων θα είναι η ποικιλία των δυνατοτήτων συνδεσιμότητάς τους. Θα υποστηρίξουν όχι μόνο τις τεχνολογίες κινητής επικοινωνίας (2G , 3G , 4G , 5G), αλλά και άλλες τεχνολογίες συνδεσιμότητας όπως WiFi, Bluetooth, NFC (βλ. Near Field Communication) και USB (βλ. Universal Serial Bus). Έτσι, οι τεχνολογίες πολλαπλής συνδεσιμότητας μπορεί να καταστρατηγηθούν από τους επιτιθέμενους ως διαύλους διάδοσης κακόβουλων προγραμμάτων για κινητά. Με άλλα λόγια, τα smartphones των εργαζομένων μπορεί να λειτουργούν ως γέφυρες για επιτιθέμενους μεταξύ του επιχειρηματικού δικτύου και του εξωτερικού κόσμου.

Ως ένα σενάριο επίθεσης, θεωρούμε ότι το smartphone του υπαλλήλου συνδέεται με μια επιφάνεια εργασίας, ο υπολογιστής μέσω USB και ο επιτραπέζιος υπολογιστής είναι συνδεδεμένος στο εσωτερικό εταιρικό δίκτυο. Στη συνέχεια, ο bot-master μπορεί να συνδεθεί με ένα backdoor στο smartphone του υπαλλήλου μέσω WiFi ή το κινητό δίκτυο 4G και εισάγεται το κακόβουλο ωφέλιμο φορτίο στην εσωτερική επιχείρηση μέσω της σύνδεσης USB. Για να αποφευχθούν οι παραβιάσεις ασφαλείας για το επιχειρηματικό δίκτυο που προκύπτουν από τη χρήση των δεδομένων προσωπικού χαρακτήρα των εργαζομένων, όπως smartphones μέσα στο περιβάλλον εργασίας, μια πολύ κοινή προσέγγιση είναι η τακτική σάρωση όλων smartphones των εργαζομένων

με λογισμικό προστασίας από κακόβουλο λογισμικό. Ωστόσο, αυτή η προσέγγιση είναι παρεμβατική και πολύ δαπανηρή όσον αφορά την ενέργεια. Έτσι, καινοτόμες λύσεις που παρέχουν μια ισορροπία μεταξύ της ασφάλειας η ανταπόκριση και η αποτελεσματικότητα του κόστους απαιτούνται. Προτείνεται στρατηγική δειγματοληψία ως μέθοδος για την αντιμετώπιση αυτής της απαίτησης με τον εντοπισμό και τη δειγματοληψία περιοδικών αντιπροσώπων ασφαλείας smartphones. Ουσιαστικά οι συσκευές δειγματοληψίας να ελέγχονται για μόλυνση από κακόβουλο λογισμικό. [3][4].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΕΡΕΥΝΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ 5G

5.1 Σκοπός έρευνας

Στο ερευνητικό μέρος της εργασίας θα γίνει μελέτη και παρουσίαση των στοιχείων που συλλέχθηκαν και αφορούν τις απόψεις και τις ιδιαίτερες γνώσεις για τα ασύρματα δίκτυα και τη τεχνολογία 5G.

5.2 Το δείγμα της έρευνας

Η παρούσα έρευνα πραγματοποιήθηκε τον Μάρτιο του 2019, σε κατοίκους στην πόλη της Άρτας. Το δείγμα της έρευνας αποτελείται από 55 άτομα που ερωτήθηκαν και απάντησαν το ερωτηματολόγιο.

5.3 Ο σχεδιασμός και οι ερωτήσεις του ερωτηματολογίου

Η έρευνα διεξάγεται στα πλαίσια της πτυχιακής εργασίας του Τμήματος Πληροφορικής & Τηλεπικοινωνιών του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων.

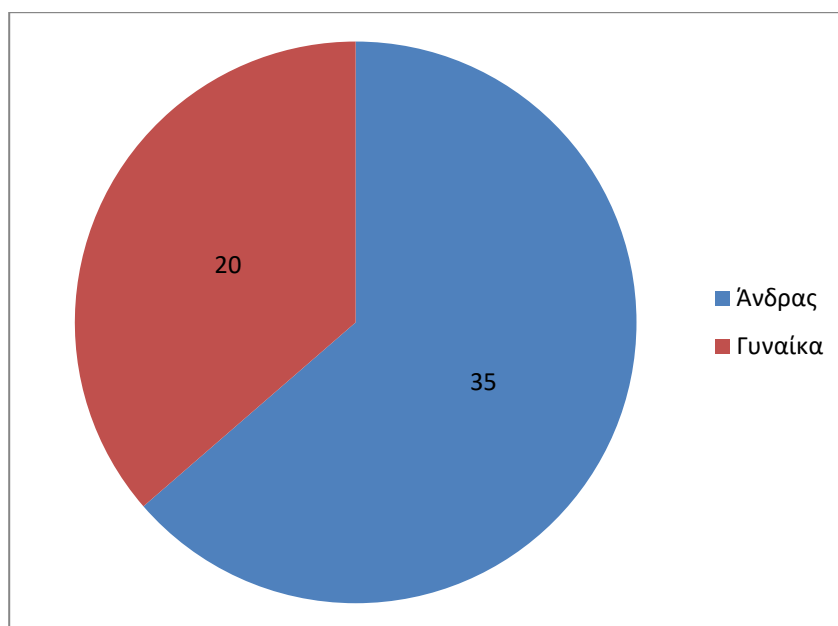
Με τη χρήση ερωτηματολογίων ο ερευνητής διευκολύνεται στο να συλλέξει γρήγορα, εύκολα και με χαμηλό κόστος τις πληροφορίες που προκύπτουν από τα ερωτήματα και να τις αναλύσει.

Το ερωτηματολόγιο της έρευνας αποτελείται από 12 σύντομες ερωτήσεις και η συμπλήρωσή του δεν απαιτούσε ιδιαίτερο χρόνο.

5.4 Αποτελέσματα έρευνας

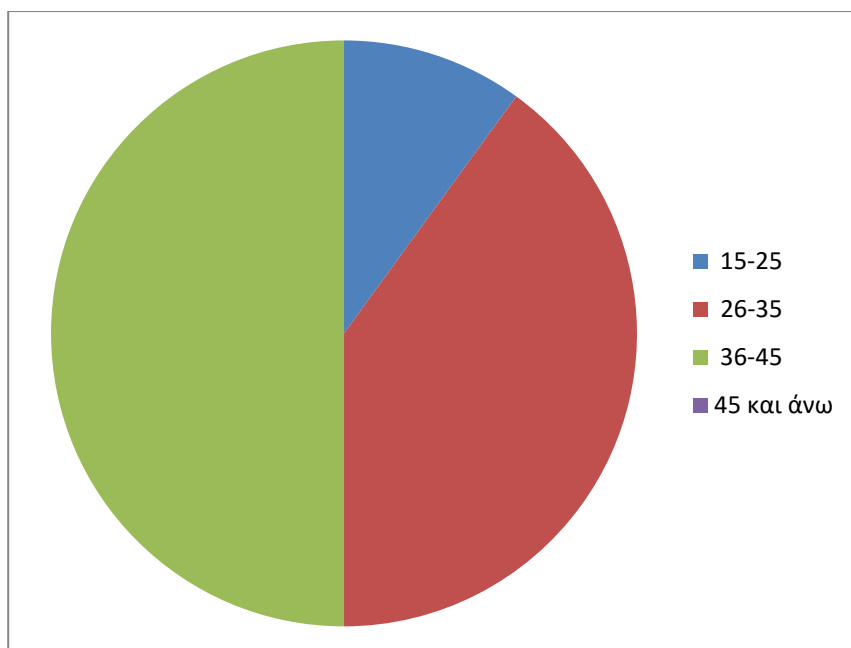
Κάθε έρευνα θα έχει αποκλίσεις από την πραγματικότητα, άλλες μικρότερες και άλλες μεγαλύτερες. Οι αποκλίσεις αυτές εξαρτώνται από τις συνθήκες σύμφωνα με τις οποίες απαντήθηκαν τα ερωτηματολόγια. Αυτό σημαίνει ότι τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας δεν μπορούν να γενικευτούν. Είναι όμως ενδεικτικά της κατάστασης που επικρατεί.

Στα παρακάτω γραφήματα συνοψίζεται το δείγμα το οποίο συγκεντρώθηκε από τα 55 άτομα που συμμετείχαν στην έρευνα.



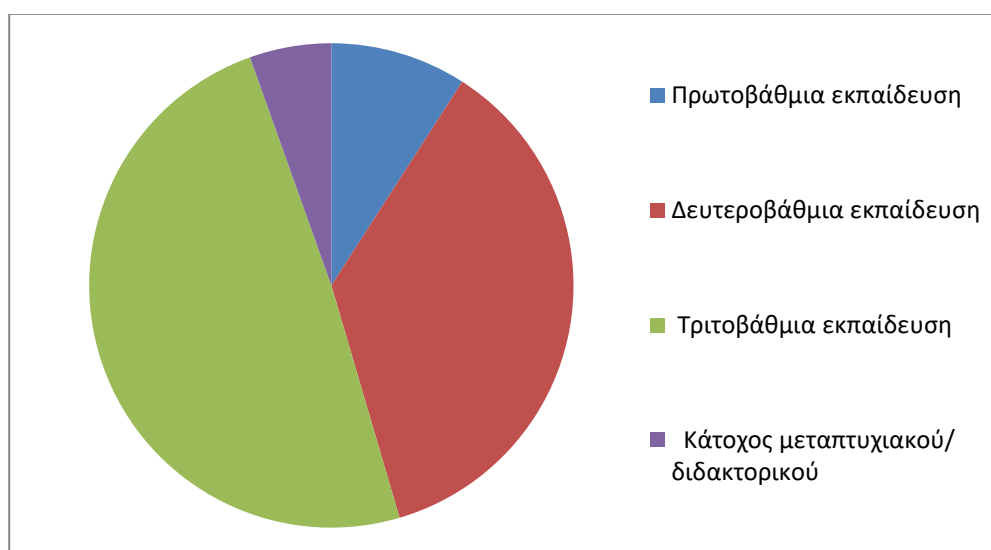
Γράφημα 1: Φύλο

Στην έρευνα μας από τα 55 άτομα που συμμετείχαν το ποσοστό των ανδρών ήταν 63,3% ενώ το ποσοστό των γυναικών μικρότερο και πιο συγκεκριμένα σε ποσοστό 36,4%. (Γράφημα 1)



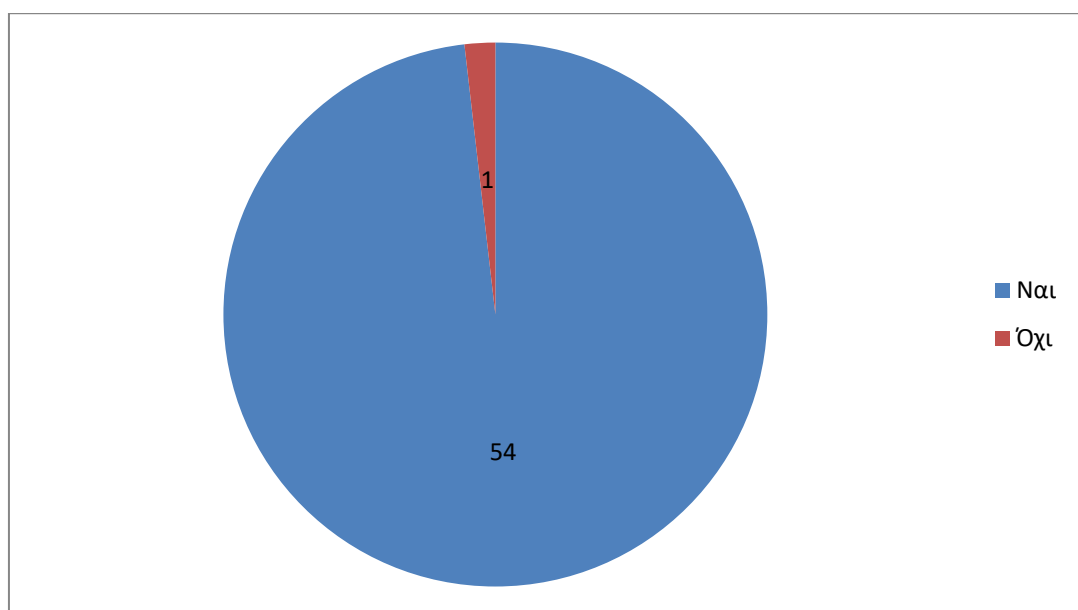
Γράφημα 2: Ηλικία

Όσον αφορά την ηλικία το 9% ήταν άτομα ηλικιών 15-25, ομοίως και για 45 και άνω. Τα άτομα ηλικιών 36-45 συμμετείχαν σε ποσοστό 45,4% ενώ τα άτομα ηλικιών 26-35 σε ποσοστό 36,3% . (Γράφημα 2)



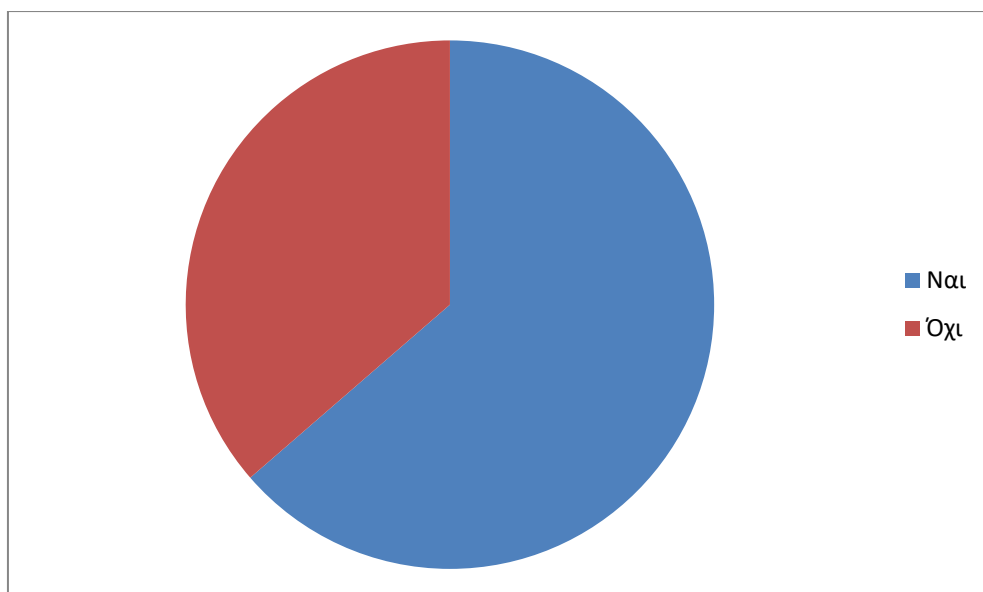
Γράφημα 3: Μορφωτικό επίπεδο

Όσον αφορά το μορφωτικό επίπεδο τα άτομα που συμμετείχαν στην έρευνα έχουν ολοκληρώσει την πρωτοβάθμια εκπαίδευση σε ποσοστό 9% , τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση σε ποσοστό 36,3% , την τριτοβάθμια εκπαίδευση σε ποσοστό 49% ενώ μόνο το 5,4% είναι κάτοχοι μεταπτυχιακού ή διδακτορικού. (Γράφημα 3)



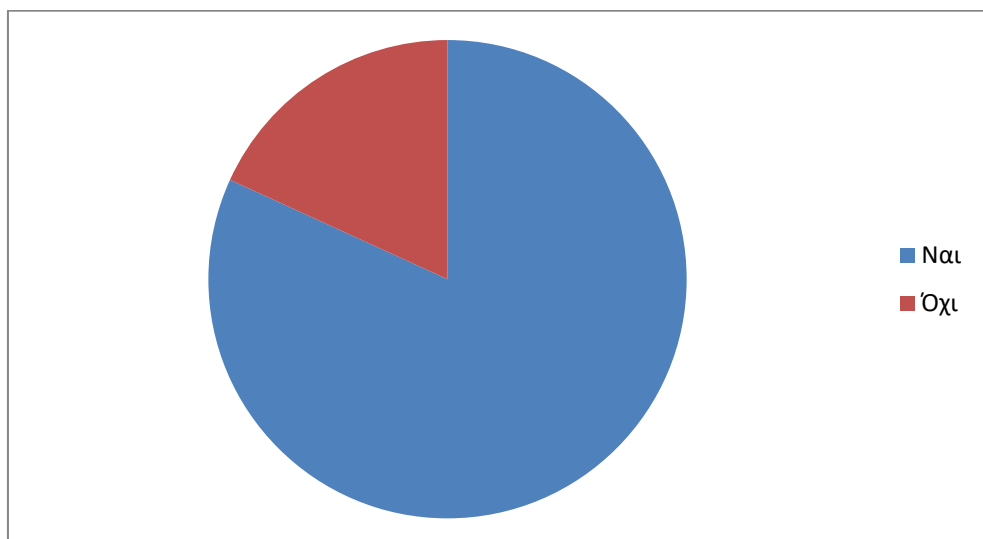
Γράφημα 4: Έχετε ενημερωθεί για τα ασύρματα δίκτυα

Σχετικά με τα ασύρματα δίκτυα το συντριπτικό ποσοστό του 98,1% είναι ενημερωμένοι για τα ασύρματα δίκτυα και μόνο το 1,8% δεν τα γνωρίζει. (Γράφημα 4)



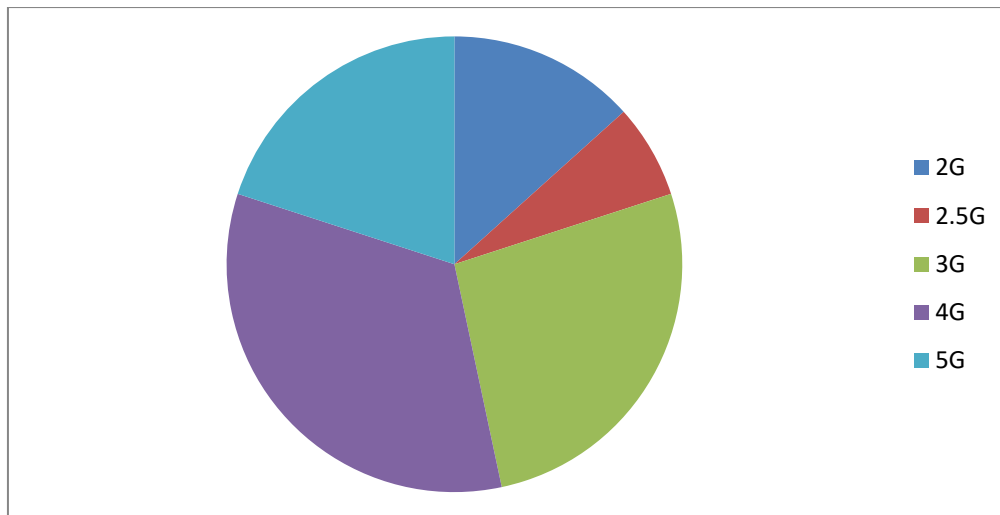
Γράφημα 5: Γνωρίζετε τα κυψελικά δίκτυα

Όσον αφορά τα κυψελικά δίκτυα το 63,6 % τα γνωρίζει, αντιθέτως το 36,3 % δεν έχει καμία σχετική ενημέρωση. (Γράφημα 5)



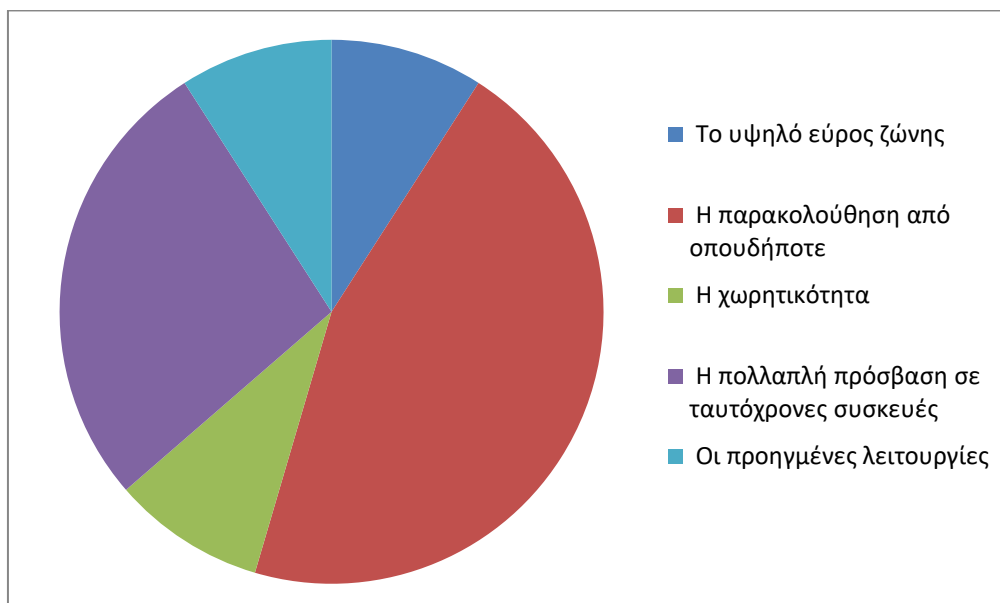
Γράφημα 6: Γνωρίζετε την τεχνολογία 5G

Όσον αφορά την τεχνολογία 5G το πολύ σημαντικό ποσοστό της τάξεως του 81,8% έχει ενημερωθεί εν αντιθέσει το 18,18% δεν γνωρίζει την τεχνολογία. (Γράφημα 6)



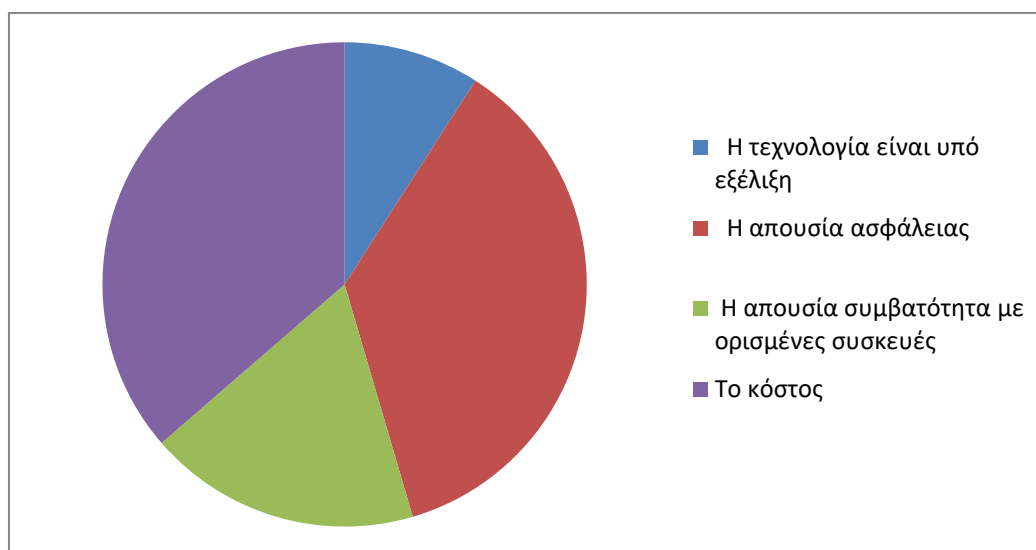
Γράφημα 7: Γνωρίζετε κάποια από τα παρακάτω κυψελικά δίκτυα

Στη συνέχεια οι χρήστες κλήθηκαν να απαντήσουν ποιες από τις τεχνολογίες γνωρίζουν . Όσον αφορά την τεχνολογία 2G την γνωρίζει το ποσοστό 36,3% , την τεχνολογία 2.5G το ποσοστό του 18,1% , την τεχνολογία 3G το ποσοστό του 72,7% , την τεχνολογία 4G το ποσοστό του 90% και τέλος την τεχνολογία 5G το ποσοστό του 54,5% . (Γράφημα 7)



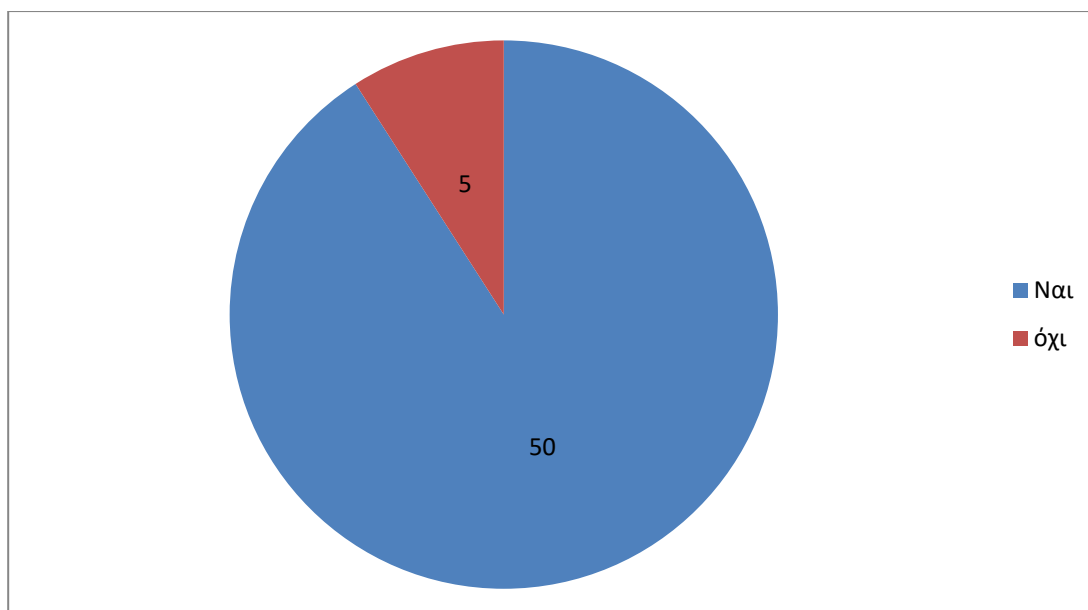
Γράφημα 8: Ποια δυνατότητα της τεχνολογίας 5G θεωρείτε πιο σημαντική

Σχετικά με τα πλεονεκτήματα της τεχνολογίας 5G το ποσοστό του 9% θεωρεί ότι το υψηλό εύρος ζώνης είναι το πιο σημαντικό πλεονέκτημα της, το ποσοστό 45,4% θεωρεί σημαντικότερη την παρακολούθηση από οπουδήποτε, το ποσοστό του 9% την χωρητικότητα, το ποσοστό του 27,2% την πολλαπλή πρόσβαση και τέλος το ποσοστό του 9% θεωρεί πιο σημαντικό πλεονέκτημα τις προηγμένες λειτουργίες. (Γράφημα 8)



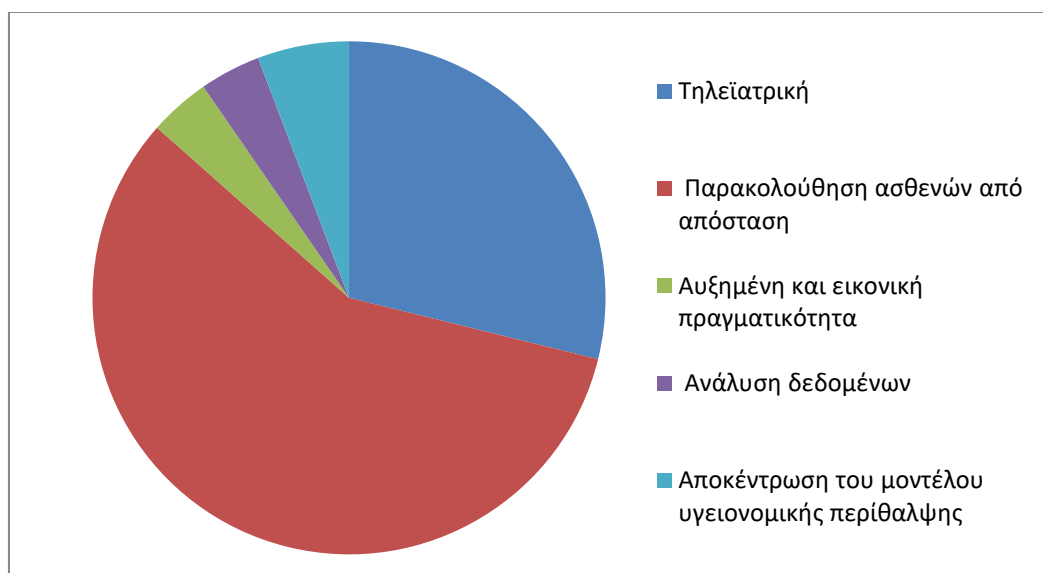
Γράφημα 9: Ποιο είναι το μεγαλύτερο μειονέκτημα της τεχνολογίας

Όσον αφορά το μεγαλύτερο μειονέκτημα της τεχνολογίας 5G το 9% θεωρεί πως είναι το ότι η τεχνολογία υπό εξέλιξη, το 36,3% η απουσία ασφάλειας, το 18,1% η απουσία συμβατότητας και το ποσοστό του 36,3% το κόστος. (Γράφημα 9)



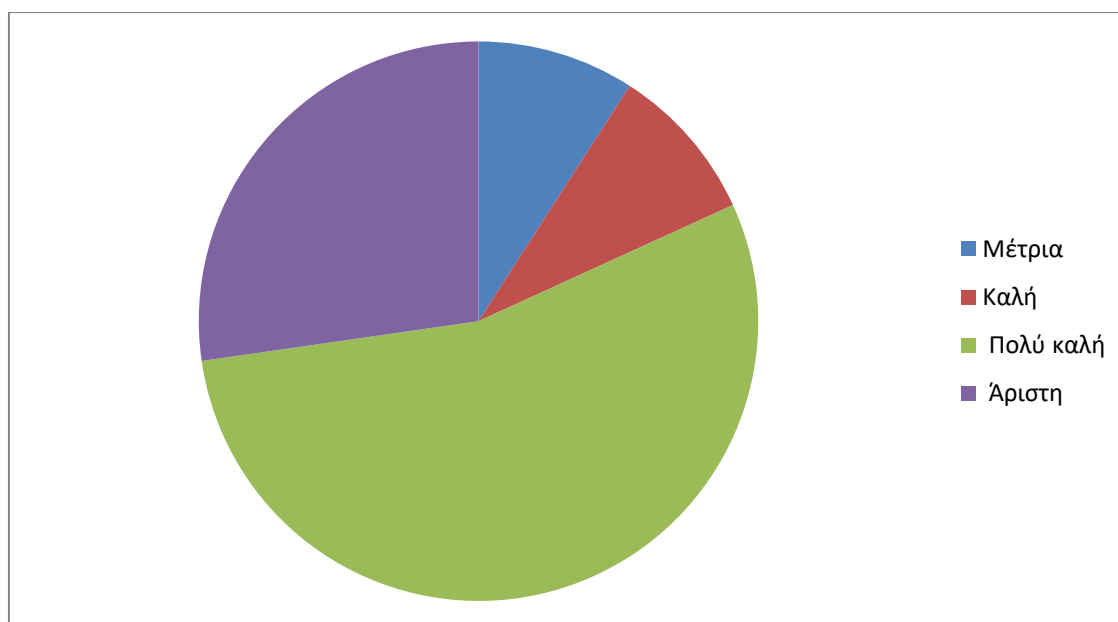
Γράφημα 10: Πιστεύετε ότι η τεχνολογία 5G θα βοηθήσει στην ιατρική

Σχετικά με το εάν η τεχνολογία 5G θα βοηθήσει στην ιατρική το συντριπτικό ποσοστό του 90,9% αποκρίθηκε θετικά και μόνο το 9% αρνητικά. (Γράφημα 10)



Γράφημα 11: Ποιά δυνατότητα της τεχνολογίας 5G στην υγεία θεωρείτε πιο σημαντική

Όσον αφορά τις δυνατότητες της τεχνολογίας 5G στον τομέα της υγείας το 27,27% θεωρεί την τηλεϊατρική, το ποσοστό του 54,5% την παρακολούθηση ασθενών από απόσταση, το ποσοστό του 3,6% την αυξημένη και εικονική πραγματικότητα και το ποσοστό του 4,6% την ανάλυση δεδομένων το ποσοστό του 5,4% την αποκέντρωση μοντέλου υγειονομικής περίθαλψης και το ποσοστό του 5,4 % τις μεγάλες μεταφορές αρχείων. (Γράφημα 11)



Γράφημα 12: Πως βαθμολογείτε την έρευνα μου

Η έρευνα μας χαρακτηρίστηκε ως μέτρια σε ποσοστό 9%, ως καλή πάλι 9%, ως πολύ καλή το 54,5% και ως άριστη το 27,27%

5.5 Συμπεράσματα της έρευνας

Στην έρευνα μας συμμετείχαν συνολικά 55 άτομα εκ των οποίων 35 άνδρες και 20 γυναίκες. Τα άτομα που συμμετείχαν στην έρευνα ήταν κυρίως από 26 έως 45 και ένα μικρό ποσοστό συμμετοχής σε μικρότερες και μεγαλύτερες ηλικίες. Όσον αφορά το μορφωτικό τους επίπεδο οι περισσότεροι έχουν τελειώσει δευτεροβάθμια ή τριτοβάθμια εκπαίδευση. Ενώ αξιοσημείωτο είναι ότι κάτοχοι μεταπτυχιακού ή διδακτορικού είναι ένα πολύ χαμηλό ποσοστό και συγκεκριμένα 3 άτομα. Στην ερώτηση σχετικά με τις τεχνολογίες που είναι γνωστές υψηλά ποσοστά σημειώθηκαν στις τεχνολογίες 3G, 4G 5G. Σχετικά με τα πλεονεκτήματα κατά τη γνώμη των συμμετεχόντων τα πιο σημαντικά είναι η παρακολούθηση από οπουδήποτε και η πολλαπλή πρόσβαση ενώ τα υπόλοιπα σημείωσαν πολύ χαμηλά ποσοστά. Σχετικά με τους κινδύνους που αφορούν την τεχνολογία 5G ισοβαθμούν η απουσία ασφάλειας και το κόστος. Ενώ το λιγότερο σημαντικό είναι το ότι η τεχνολογία είναι υπό εξέλιξη. Όσον αφορά την τεχνολογία 5G στον τομέα της υγείας συντριπτικό ποσοστό σημείωσε η παρακολούθηση ασθενών από απόσταση και η τηλεϊατρική. Το ερωτηματολόγιο σε υψηλό ποσοστό περισσότερο από 50% θεωρήθηκε έως πολύ καλό από τους χρήστες που συμμετείχαν στην έρευνα.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η εκπόνηση της παρούσας πτυχιακής εργασία πραγματοποιήθηκε με στόχο τη γνωριμία με τα ασύρματα δίκτυα και πιο συγκεκριμένα με τα 5G δίκτυα. Αρχικά ορίσαμε το ασύρματο δίκτυο ως ένα δίκτυο όπου η επικοινωνία τόσο των χρηστών όσο και των δομικών στοιχείων από τα οποία αποτελείται μπορεί να πραγματοποιηθεί πλήρως ή μερικώς χωρίς τη χρήση καλωδίων. Έπειτα κάναμε μια σύντομη ιστορική διαδρομή από την τεχνολογία 1G έως και την τεχνολογία 5G η οποία είναι ακόμη σε δοκιμαστικό στάδιο.

Στο επόμενο κεφάλαιο γνωρίσαμε τους πυλώνες της τεχνολογία 5G που είναι : η εξέλιξη υφιστάμενων RAT , η ανάπτυξη μικρού κυττάρου Hyperdense, το δίκτυο αυτο-οργάνωσης, η επικοινωνία τύπου μηχανής, η ανάπτυξη RAT χιλιοστομετρητή, ο επανασχεδιασμός συνδέσμων Backhaul, η ενεργειακή απόδοση, η κατανομή Νέου Φάσματος για 5G, η κοινή χρήση φάσματος και η εικονικοποίηση RAN. Στη συνέχεια μελετήσαμε τα πλεονεκτήματα της τεχνολογία 5G όπως για παράδειγμα το υψηλό εύρος ζώνης, τη χωρητικότητα, την πολλαπλή πρόσβαση και πολλά άλλα. Αναφερθήκαμε στους κινδύνους της τεχνολογία 5G όπως για παράδειγμα το κόστος, την απουσία ασφάλειας και την απουσία συμβατότητας.

Στο τρίτο κεφάλαιο γνωρίσαμε την τεχνολογία 5G ανά ήπειρο. Πιο συγκεκριμένα στην Ευρώπη, στην Ασία και τη Βόρεια Αμερική.

Στο επόμενο κεφάλαιο μελετήσαμε την αρχιτεκτονική και την ασφάλεια της τεχνολογίας 5G.

Στο τελευταίο κεφάλαιο διεξάγουμε έρευνα όπου συμμετείχαν 55 άτομα και κλήθηκαν να απαντήσουν σε ερωτήσεις για τα δίκτυα 5G . Σχετικά με τα πλεονεκτήματα κατά τη γνώμη των συμμετεχόντων τα πιο σημαντικά είναι η παρακολούθηση από οπουδήποτε και η πολλαπλή πρόσβαση ενώ τα υπόλοιπα σημείωσαν πολύ χαμηλά ποσοστά. Όσον αφορά τους κινδύνους ισοβαθμούν η απουσία ασφάλειας και το κόστος. Ενώ το λιγότερο σημαντικό είναι το ότι η τεχνολογία είναι υπό εξέλιξη. Επιπροσθέτως σχετικά με τεχνολογία 5G στην υγεία αξιοσημείωτο είναι το ποσοστό που πιστεύει ότι η τεχνολογία 5G θα συμβάλλει στην παρακολούθηση ασθενών από απόσταση και στην τηλεϊατρική.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Παπαϊωάννου Ε. Κινητά και ασύρματα δίκτυα.(χ.χ). *Εισαγωγικά στοιχεία*. [Πανεπιστημιακές Σημειώσεις] Πάτρα. Διαθέσιμο στον δικτυακό ιστότοπο: <https://eclass.upatras.gr/modules/document/file.php/CULTURE160/stmwn-section-2.pdf>
- [2] Mobile news, Πρώτο βήμα για τα δίκτυα 5^{ης} γενιάς στην Ελλάδα. Διαθέσιμο στο δικτυακό ιστότοπο: <https://www.mobilenews.gr/proto-vima-gia-ta-diktya-5is-genias-stin/>
- [3] Jonathan Rodriguez. (2015).*Fundamentals of 5G Mobile Networks* .
- [4] 5G System Design. Patrick Marsch , Omer Bulakci, Olav Queseth , Mauro Boldi .(2018) . *Architectural and Functional Considerations and Long Term Research*.
- [5] *5g & healthcare* . (χ.χ). Διαθέσιμο στο δικτυακό ιστότοπο: <https://www.business.att.com/content/dam/attbusiness/briefs/5g-healthcare-ebook-brief.pdf>
- [6] *EMF Explained 2.0*. (χ.χ). Διαθέσιμο στο δικτυακό ιστότοπο: <http://www.emfexplained.info/?ID=25916>
- [7] Eliud Shiyonga. (2016) .*Internet of Things Using 5G Infrastructure. A Literature Review*.
- [8] Wade Sarver.(2017). *Learning 5G in the Real World*.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

1. **Φύλο**

- Άνδρας
- Γυναίκα

2. **Ηλικία**

- 15-25
- 26-35
- 36-45
- 45 και άνω

3. **Μορφωτικό επίπεδο**

- Πρωτοβάθμια εκπαίδευση
- Δευτεροβάθμια εκπαίδευση
- Τριτοβάθμια εκπαίδευση
- Κάτοχος μεταπτυχιακού/ διδακτορικού

4. **Γνωρίζετε τα ασύρματα δίκτυα**

- Ναι
- Όχι

5. **Έχετε ενημερωθεί για τα κυψελικά δίκτυα**

- Ναι
- Όχι

6. **Γνωρίζετε κάποια από τα παρακάτω κυψελικά δίκτυα**

- 2G
- 2.5G
- 3G
- 4G
- 5G

7. Γνωρίζετε την τεχνολογία 5G

- Ναι
- Όχι

8. Ποια δυνατότητα της τεχνολογίας 5G θεωρείτε πιο σημαντική

- Το υψηλό εύρος ζώνης
- Την παρακολούθηση από οπουδήποτε
- Τη χωρητικότητα
- Την πολλαπλή πρόσβαση σε ταυτόχρονες συσκευές
- Τις προηγμένες λειτουργίες

9. Ποιο είναι το μεγαλύτερο μειονέκτημα της τεχνολογίας

- Η τεχνολογία είναι υπό εξέλιξη
- Η απουσία ασφάλειας
- Η απουσία συμβατότητα με ορισμένες συσκευές
- Το κόστος

10. Πιστεύετε ότι η τεχνολογία 5G θα βοηθήσει στην ιατρική

- Ναι
- Όχι

11. Ποιά δυνατότητα της τεχνολογίας 5G στην υγεία θεωρείτε πιο σημαντική

- Τηλεϊατρική
- Παρακολούθηση ασθενών από απόσταση
- Αυξημένη και εικονική πραγματικότητα
- Ανάλυση δεδομένων
- Αποκέντρωση του μοντέλου υγειονομικής περίθαλψης
- Μεγάλες μεταφορές αρχείων

12. Πως βαθμολογείτε την έρευνα μου

- Μέτρια
- Καλή
- Πολύ καλή
- Άριστη

