



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ
ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΠΕΜΠΤΗΣ ΓΕΝΙΑΣ (5G): ΝΕΟΙ ΟΡΙΖΟΝΤΕΣ-
ΝΕΟΙ ΚΙΝΔΥΝΟΙ**

Δήμητρα Μπάσιου

Επιβλέπων: Ανδρέας Τσορματζόγλου

Επίκουρος Καθηγητής

Άρτα, Φεβρουάριος, 2023

**FIFTH GENERATION WIRELESS NETWORKS (5G): NEW
HORIZONS-NEW RISKS**

Εγκρίθηκε από τριμελή εξεταστική επιτροπή

Άρτα, 09/02/2023

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

1. Επιβλέπων καθηγητής
Ανδρέας Τσορμπατζόγλου,
2. Μέλος επιτροπής
Κωνσταντίνος Αγγέλης,
3. Μέλος επιτροπής
Γεώργιος Τσουμάνης

© Μπάσιου, Δήμητρα, 2023.

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 μεταπτυχιακή 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.

Μπάσιου, Δήμητρα

Υπογραφή

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστώ τον επιβλέποντα καθηγητή μου που με βοήθησε σε ότι απορίες είχα και σε ότι χρειάστηκα, το τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών που επίσης με βοήθησαν και την οικογένεια μου που με στήριξε κατά την συγγραφή της Πτυχιακής Εργασίας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σε μια χώρα που η τεχνολογία αναπτύσσεται ραγδαία, οι πολίτες θα πρέπει να ενημερώνονται διαρκώς για την χρησιμότητα και την αξιοπιστία που διαθέτουν οι νέες τεχνολογίες. Μια τεχνολογία που πρόκειται να φέρει τεράστιες αλλαγές στον τομέα των δικτύων είναι το δίκτυο 5^{ης} γενιάς ή αλλιώς 5G δίκτυο. Η εργασία αυτή, στο πρώτο κεφάλαιο αναφέρεται στα κυψελωτά ασύρματα δίκτυα, στις βασικές αρχές κυψελωτών δικτύων, στην οργάνωση των κυψελωτών δικτύων και τέλος στις παρενέργειες της διάδοσης ραδιοσημάτων κινητής τηλεφωνίας. Το δεύτερο αποτελείται από μια εισαγωγή για τα δίκτυα κινητής τηλεφωνία και αναλύει τα δίκτυα προηγούμενων γενεών, όπως 1G, 2G, 3G, 4G. Στο τρίτο κεφάλαιο αναλύεται ο ορισμός του 5G και οι δυνατότητες που πρόκειται να διαθέτει. Ακολουθεί η διαφορά 4G με 5G στο τέταρτο κεφάλαιο, ενώ στο 5^ο κεφάλαιο παρατίθενται οι λειτουργίες και η ανάπτυξη του 5G. Στο 6^ο κεφάλαιο περιγράφεται αν είναι ασφαλή τα 5G δίκτυα και αναφέρονται διάφορες απειλές που μπορεί να προκύψουν από την εφαρμογή αυτής της τεχνολογίας. Επιπρόσθετα ακολουθούν οι τρόποι ενίσχυση της ασφάλειας του 5G, τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα του, αναλύεται η αρχιτεκτονική του, αναφέρονται δυο τεχνολογίες δικτύωσης (SDN και NFV) και ακολουθούν οι εφαρμογές της τεχνολογίας 5G. Τρεις από τις τεχνολογίες αυτές αναλύονται στα υπόλοιπα κεφάλαια και πρόκειται για την αυτοκίνηση με την αρωγή του 5G, η εικονική πραγματικότητα και η χρησιμότητα του 5G και η συμβολή που μπορεί να έχει το 5G στον τομέα της γεωργίας. Τέλος, ασχολείται με την κυβερνοασφάλεια και την αντιμετώπιση της από την Ευρωπαϊκή Ένωση.

Λέξεις-κλειδιά: Δίκτυο 5^{ης} γενιάς, αυτοκίνηση, κυψελωτά δίκτυα

ABSTRACT

In a country where technology is developing rapidly, citizens need to be constantly informed about the usefulness and reliability of new technologies. A technology that is going to bring huge changes in the network sector is the 5th generation network, or 5G network. This paper, in the first chapter, discusses cellular wireless networks, the basic principles of cellular networks, the organization of cellular networks and finally the side effects of mobile radio propagation. The second chapter consists of an introduction to mobile networks and analyses the previous generation networks such as 1G, 2G, 3G, 4G. The third chapter discusses the definition of 5G and the capabilities it is going to have. This is followed by the difference between 4G and 5G in chapter four, while chapter 5 lists the functions and development of 5G. Chapter 6 describes whether 5G networks are secure and mentions some threats that may arise. In addition, the ways of enhancing the security of 5G, its advantages and disadvantages, its architecture is analyzed, two networking technologies (SDN and NFV) are mentioned, followed by the applications of 5G technologies. Three of these technologies are discussed in the remaining chapters and they are self-driving cars with the help of 5G, virtual reality and the usefulness of 5G and finally agriculture and the contribution of 5G. Finally, it deals with cyber security and how the European Union is dealing with it.

Keywords: 5 Generation, cellular network, SDN, NFV

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	6
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	7
ABSTRACT	8
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ/ΕΙΚΟΝΩΝ	12
1 Εισαγωγή - Κυψελωτά ασύρματα δίκτυα	13
1.1 Βασικές αρχές Κυψελωτών Δικτύων.....	13
1.2 Οργάνωση κυψελωτού δικτύου	14
1.3 Παρενέργειες της διάδοσης ραδιοσημάτων κινητής επικοινωνίας.....	15
2 Δίκτυα Κινητής Τηλεφωνίας.....	16
2.1 Μηδενική γενιά (0G-0,5G)	16
2.2 Πρώτη γενιά (1G)	17
2.3 Δεύτερη γενιά (2G-2.75G).....	17
2.4 Τρίτη γενιά (3G-3.75G).....	18
2.5 Τέταρτη γενιά (4G).....	19
3 5G δίκτυα	20
3.1 Ορισμός 5G δικτύων.....	20
3.2 Δυνατότητες 5G δικτύου	21
3.3 Ποια η διαφορά 5G με 4G δίκτυα.....	22
3.4 Λειτουργία των 5G δικτύων	23
3.5 Ανάπτυξη των 5G δικτύων	24
4 Θέματα ασφάλειας των 5G δικτύων	25
4.1 Απειλές 5G.....	25
4.2 Τρόποι ενίσχυσης της ασφάλειας των 5G δικτύων	26
4.3 Πώς αντιμετωπίζει η ΕΕ τις κυβερνοαπειλές	27

4.4	Σκοπός της εργαλειοθήκης ΕΕ	27
4.5	Σενάρια κινδύνου των 5G δικτύων	27
4.6	Κίνδυνοι 5G στα αεροπλάνα	28
4.6.1	Σήματα 5G και μηχανήματα πτήσης	28
4.6.2	Ραδιοσυχνότητες 5G και συχνότητες αεροπλάνου.....	29
4.7	Τρόποι για να αποφευχθούν οι παρεμβολές στην αεροπορία.....	29
4.8	Κίνδυνοι 5G και περιβάλλον	30
4.8.1	Μεγάλη κατανάλωση ενέργειας του 5G.....	31
4.8.2	Προληπτική προσέγγιση.....	31
4.9	Κίνδυνοι 5G και IoT στην υγεία.....	32
5	Αρχιτεκτονική 5G Δικτύου	33
5.1	SDN Δικτύωση	34
5.2	NFV Δικτύωση	34
6	Εφαρμογές της τεχνολογίας 5G	35
6.1	Εξελίξεις στα 5G Δίκτυα : προ υπάρχουσες και νέες τεχνολογίες.....	36
6.2	5G και Αυτοκίνηση.....	39
6.2.1	Παροχές 5G στην αυτοκίνηση.....	39
6.2.2	Ψυχαγωγία στα αυτοκίνητα.....	40
6.2.3	Αυτοκινητοβιομηχανία.....	41
6.2.4	Έξυπνη αστική αρχιτεκτονική για αυτόνομα αυτοκίνητα.....	41
6.3	Εικονική πραγματικότητα και 5G.....	42
6.4	Καινοτομίες στα 5G Δίκτυα	42
6.4.1	Κράνος εικονικής πραγματικότητας για 5G (Head mounted Displays, HMD) .	43
6.4.2	Το όραμα της ΕΕ για το 5G και το VR	43
6.5	5G και γεωργία	44
6.5.1	Πώς το 5G θα βοηθήσει την γεωργία.....	44
6.5.2	Έξυπνη γεωργία στην Ελλάδα.....	45

6.5.3	Εφαρμογή του 5G στη γεωργία.....	46
7	Η κατάσταση εφαρμογής της εργαλειοθήκης για την ασφάλεια του 5G στα κράτη μέλη; 46	
8	Επίλογος.....	47
9	Βιβλιογραφία.....	49

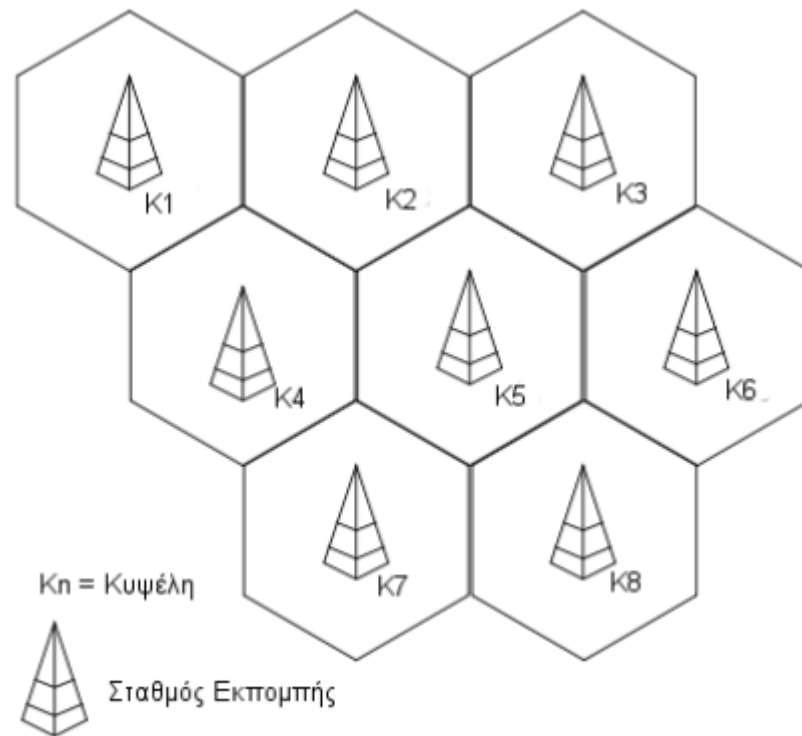
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ/ΕΙΚΟΝΩΝ

Σχήμα 1. Κυψέλες και σταθμός εκπομπής	14
Σχήμα 2. Κυψελωτές Διατάξεις.....	15
Σχήμα 3. Μηδενική Γενιά Δικτύων	16
Σχήμα 4. Πρώτη Γενιά Δικτύων.....	17
Σχήμα 5. Δεύτερη Γενιά Δικτύων	18
Σχήμα 6. Τρίτη Γενιά Δικτύων	19
Σχήμα 7. Τέταρτη Γενιά Δικτύων.....	20
Σχήμα 8. Χρονολογικά οι γενεές δικτύων και οι λειτουργίες τους	21
Σχήμα 9. Διαφορετικές ταχύτητες δικτύων κινητής τηλεφωνίας 3G, 4G και 5G.....	23
Σχήμα 10. 5G και ασφάλεια	25
Σχήμα 11. ILS System.....	29
Σχήμα 12. 5G και αεροπλάνα.....	29
Σχήμα 13. 5G και περιβάλλον	30
Σχήμα 14. 5G και υγεία	32
Σχήμα 15. 5G και αρχιτεκτονική.....	34
Σχήμα 16. 5G και αυτοκίνηση.....	40
Σχήμα 17. 5G και εικονική πραγματικότητα.....	43
Σχήμα 18. 5G και γεωργία.....	45

1 Εισαγωγή - Κυψελωτά ασύρματα δίκτυα

1.1 Βασικές αρχές Κυψελωτών Δικτύων

Η κυψελωτή ραδιοφωνία είναι μια μέθοδος που εφαρμόζεται για να αυξηθεί η διαθέσιμη χωρητικότητα των λειτουργιών κινητής ραδιοτηλεφωνίας. Οι κυψέλες καλύπτουν έναν τεράστιο γεωγραφικό τόπο ασύρματα και διαθέτουν έναν σταθμό βάσης ώστε να επιτευχθεί η αλληλεπίδραση δικτύων μεταξύ τους και δικτύου με χρήστες. Έτσι, το δίκτυο έχει την δυνατότητα να αλληλοεπιδρά με τις συσκευές των χρηστών που μετακινούνται διαρκώς. Το κυψελωτό δίκτυο έχει ως σκοπό να αξιοποιήσει όλα τα κανάλια, τοποθετώντας πομπούς που διαθέτουν μικρή ισχύ ώστε να μπορεί να ξανά γίνει χρήση της συχνότητας σε κοντινές περιοχές. (Παυλόπουλος, 2018) Νωρίτερα από την ύπαρξη του κυψελωτού ραδιοφώνου, οι υπηρεσίες κινητής ραδιοτηλεφωνίας γινόταν με χρήση ενός δέκτη υψηλής ισχύος. Ένα τυπικό σύστημα μπορούσε να διαθέσει 25 κανάλια με ενεργή ακτίνα 80 χιλιομέτρων. Οι τρόποι για να αυξηθεί η χωρητικότητα του συστήματος είναι με την χρήση χαμηλής ισχύος συστήματα με μικρότερη ακτίνα και πολλούς δέκτες. (Stallings, 2019) Οι σταθμοί βάσης απαρτίζονται από έναν ηλεκτρονικό εξοπλισμό, έναν πύργο που διαθέτει βέλτιστη κάλυψη και τις κεραίες, που είναι τοποθετημένες στο πάνω μέρος του πύργου. (Καργάκης, 2012)



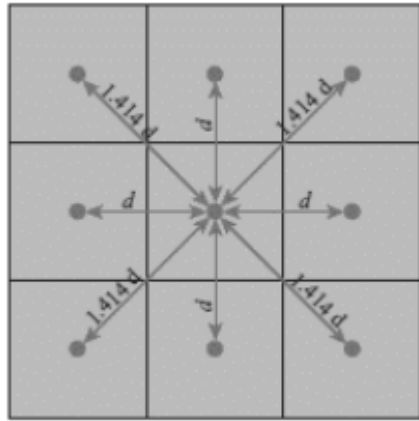
Σχήμα 1. Κυψέλες και σταθμός εκπομπής

1.2 Οργάνωση κυψελωτού δικτύου

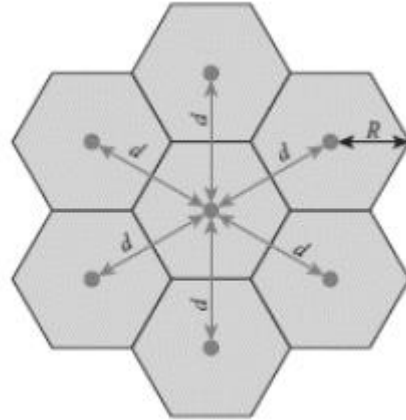
Το κύριο χαρακτηριστικό του κυψελωτού δικτύου είναι η χρήση πολλαπλών επαναλήπτων ώστε να μεταδίδει ελάχιστη ισχύ, από 100Watt και λιγότερη. Για τον λόγο ότι ο αναμεταδότης διαθέτει ελάχιστο εύρος, κάθε περιοχή χωρίζεται σε κυψέλες και εξυπηρετείται από την κεραία της. Μια κυψέλη διαθέτει την δική της ζώνη συχνοτήτων και εξυπηρετείται από έναν σταθμό βάσης. Ο σταθμός βάσης διαθέτει έναν αναμεταδότη, έναν δέκτη και μια μονάδα ελέγχου. Τα δύο βασικά είδη κυψελών είναι

- A) Τετραγωνική διάταξη κυψέλης: αυτή η γεωμετρία δεν είναι η βέλτιστη καθώς οι κεραίες της δεν βρίσκονται σε ίση απόσταση όπως φαίνεται στο σχήμα 1A.
- B) Εξαγωνική διάταξη κυψέλης: οι κεραίες της βρίσκονται σε ίση απόσταση όπως παρατηρείται στο σχήμα 1B.

(Stallings, 2019)



A) Τετραγωνική Διάταξη κυψέλης



B) Εξαγωνική Διάταξη κυψέλης

Σχήμα 2. Κυψελωτές Διατάξεις

1.3 Παρενέργειες της διάδοσης ραδιοσημάτων κινητής επικοινωνίας

Η ασύρματη επικοινωνία ραδιοσημάτων είναι πιο πολύπλοκη από την ενσύρματη επικοινωνία. Δύο παράγοντες που είναι σημαντικοί για την επικοινωνία είναι:

- Ισχύς σήματος: Η ισχύς ανάμεσα στο σταθμό βάσης και την κινητή μονάδα θα πρέπει να μην αλλοιώνεται αρκετά από τις παρεμβολές κατά την διαδρομή.
- Εξασθένιση: πρόκειται για την χρονική διακύμανση της ισχύς του λαμβανόμενου σήματος, η οποία προκαλείται από μεταβολές του μέσου μετάδοσης και των διαδρομών μετάδοσης.

Όταν υλοποιείται μια κυψελωτή διάταξη, το σύστημα επικοινωνίας είναι αναγκαίο να αντιλαμβάνεται τις παρενέργειες αυτές, την βέλτιστη ισχύ μετάδοσης στον πύργο μετάδοσης κινητής τηλεφωνίας, την εύλογη απόσταση της κεραίας της μονάδας που μετακινείται και την απόσταση της κεραίας του πύργου μετάδοσης. Συνεπώς, οι παραπάνω παρενέργειες δεν είναι εύκολο να εκτιμηθούν με ακρίβεια και θα πρέπει να βρεθεί ένα μοντέλο που να στηρίζεται σε εμπειρικά στοιχεία και να χρησιμοποιηθεί σε ένα περιβάλλον, με σκοπό την πρόοδο των μεθόδων ως προς την εμβέλεια των κυψελών (Stallings, 2019).

2 Δίκτυα Κινητής Τηλεφωνίας

Η κινητή τηλεφωνία ορίζεται ως η ασύρματη μετακίνηση δεδομένων εξ αποστάσεως. Η απόσταση αυτή είτε είναι μειωμένη είτε υψηλή. Η πρώτη κινητή σύνδεση είναι η 1G, βελτιώθηκε με το δίκτυο 2G, ακολούθησε η τεχνολογία 3G, έπειτα η τεχνολογία 4G και τέλος το δίκτυο κινητής τηλεφωνίας 5G (Stallings, 2019).

2.1 Μηδενική γενιά (0G-0,5G)

Τα ασύρματα κινητά άρχισαν με το 0G το 1940, που πρόκειται για την προ-κινητή επικοινωνία τηλεφώνων, π.χ. ραδιοτηλέφωνα (Ramije, 2019). Πρώτα εμφανίστηκαν τα ραδιοτηλέφωνα και έπειτα τα κυβελωτά συστήματα. Η τεχνολογία 0G ονομάστηκε έτσι λόγω της εμφάνισης τους, νωρίτερα από το 1G (Mehta Haard, 2014). Η μηδενική γενιά είχε εφαρμοστεί στα οχήματα ώστε να επιτευχθεί η τηλεφωνία στους πολίτες με την χρήση της φωνητικής επικοινωνίας. Οι συσκευές τηλεφωνίας δημιουργήθηκαν σε οχήματα. Η στρατιωτική αλληλεπίδραση υλοποιήθηκε με αυτή τη τεχνολογία. Στην επικοινωνία αυτή, ο πομπός βρίσκεται πάνω σε ένα μεγάλο οίκημα ενώ το κανάλι υλοποιείται ώστε να μεταδίδονται και να λαμβάνει τα μηνύματα. Για την μεταφορά δεδομένων και την μη λήψη δεδομένων, ο χρήστης πρέπει να επικοινωνήσει από άκρο σε άκρο μέσω ενός κουμπιού. Η ραδιοτηλεφωνία υλοποιήθηκε επίσης από ταξί και περιπολικά (Tidke Rani, 2020).



Σχήμα 3. Μηδενική Γενιά Δικτύων

2.2 Πρώτη γενιά (1G)

Η πρώτη γενιά σχεδιάστηκε το 1970 και υλοποιήθηκε το 1984. Οι υπηρεσίες της γενιάς αυτής ήταν η αναλογική φωνή, ο ρυθμός μετάδοσης της ήταν 1.9kbps, είχε πολυπλεξία FDMA και ο πυρήνας δικτύου του ήταν PSTN. Το πιο χαρακτηριστικό σύστημα 1G ήταν η Εξελιγμένη υπηρεσία κινητής τηλεφωνίας (Stallings, 2019). Τα δίκτυα 1G (Δίκτυα πρώτης γενιάς) έχουν μια σημαντική διαφορά με τα δίκτυα 2G (2^{ης} γενιάς). Η διαφορά αυτή είναι ότι τα 1G διαθέτουν αναλογικά σήματα ενώ τα 2G διαθέτουν ψηφιακά σήματα για την σύνδεση με τους σταθμούς βάσης (Πηλιχός, 2014). Η συχνότητα του 1G για τις κλήσεις μέσω φωνής είναι μικρότερη ή ίση με 150MHz. Η κυψέλη στα δίκτυα 1^{ης} γενιάς κυμαίνονται από 2km έως 20km. Το 1G έχει ένα βασικό ελάττωμα, την ύπαρξη παρεμβολών που ελαττώνουν την αξιοπιστία της τηλεφωνικής κλήσης. Διαθέτει επίσης, ελαττωμένη χωρητικότητα από χρήστες (Eluwole Opeoluwa, 2018).



Σχήμα 4. Πρώτη Γενιά Δικτύων

2.3 Δεύτερη γενιά (2G-2.75G)

Στην δεύτερη γενιά η σχεδίαση έγινε το 1980 και η υλοποίηση το 1991. Οι υπηρεσίες που διέθετε ήταν η ψηφιακή φωνή, ο ρυθμός μετάδοσης δεδομένων ήταν 14.4kbps, η πολυπλεξία του 2G ήταν TDMA, CDMA και ο πυρήνας του δικτύου ήταν PSTN (Stallings, 2019). Επίσης, είναι μια ασύρματη τηλεφωνία, που δεν μεταδίδει δεδομένα, μόνο φωνή (Ramije, 2019). Η 2G κατάφερε να καταστήσει καλύτερη την αξιοπιστία φωνής μέσω της ευρυζωνικής πρόσβασης. Πιο συγκεκριμένα, με την χρήση FDMA, TDMA και CDMA. Με

την CDMA κατάφερε να διαθέτει αξιόπιστα μηνύματα (SMS) και μηνύματα με πολυμέσα (MMS). Η τεχνολογία 2G παρέχει κυψέλες που φτάνουν μέχρι τα 35km με την χρήση συγκεκριμένων κυψελών (Macro, Micro και Pico). Μερικά μειονεκτήματα της 2^{ης} γενιάς είναι οι παρεμβολές, οι χρήση ίδιων συχνοτήτων, οι διακοπές/ τερματισμός στις κλήσεις λόγω συνθηκών και η έλλειψη ασφαλείας (Eluwole Opeoluwa, 2018).



Σχήμα 5. Δεύτερη Γενιά Δικτύων

2.4 Τρίτη γενιά (3G-3.75G)

Η τεχνολογία 3G σχεδιάστηκε το 1985 και υλοποιήθηκε το 1999. Οι υπηρεσίες της ήταν η μεγαλύτερη χωρητικότητα και τα πακέτα δεδομένων, ο ρυθμός δεδομένων ήταν 384kbps, η πολυπλεξία ήταν TDMA, CDMA και ο πυρήνας δικτύου ήταν PSTN δίκτυο πακέτων (Stallings, 2019). Πιο συγκεκριμένα, παρέχει στους χρήστες ένα μεγάλο φάσμα εξελιγμένων υπηρεσιών. Το 3G διαθέτει κυρίως κινητά (Ramiye, 2019). Τα δίκτυα 3^{ης} γενιάς διαθέτει μεγάλο εύρος ζώνης για εφαρμογές πολυμέσων. Με την ανάπτυξη των υπηρεσιών δικτύων IP, η αρχιτεκτονική αυτή διαθέτει μεγάλο ρυθμό ταχύτητας μεταφοράς μηνυμάτων και Quality of Services. Επίσης, η τεχνολογία 3G διαθέτει αυξημένη αξιοπιστία φωνής. Ένα ελάττωμα της 3G είναι η μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας (Eluwole Opeoluwa, 2018).



Σχήμα 6. Τρίτη Γενιά Δικτύων

2.5 Τέταρτη γενιά (4G)

Η τεχνολογία 4G σχεδιάστηκε το 2000 και υλοποιήθηκε το 2012. Οι υπηρεσίες της είναι βασισμένες στο IP, ο ρυθμός δεδομένων είναι 200Mbps, η πολυπλεξία της είναι OFDMA, SC-FDMA και ο πυρήνας δικτύου είναι δίκτυο κορμού IP (Stallings, 2019). Ο σκοπός της 4^{ης} γενιάς δικτύων είναι να διαθέτει βέλτιστο σήμα και να μην χάνονται τα δεδομένα κατά την μετάδοση δεδομένων. (Ramiye, 2019).

Το 4G αντικατοπτρίζει μια γενιά κυψελών που πρόκειται να βοηθήσει στις ανάγκες εύρους ζώνης για την μεταφορά δεδομένων. Η τεχνολογία αυτή διαθέτει υπηρεσίες δεδομένων, αναλογικές και πολυμέσων. Παρέχεται επίσης μικρή καθυστέρηση, ευέλικτο φάσμα, ασύρματες τεχνολογίες όπως Bluetooth και Wi-Fi (Eluwole Opeoluwa, 2018).



Σχήμα 7. Τέταρτη Γενιά Δικτύων

3 5G δίκτυα

Οι τεχνολογίες 3G και 4G είναι γνωστό ότι συνδέουν ανθρώπους με συσκευές. Το 5G θα έχει την ικανότητα να συνδέσει όλες τις συσκευές μεταξύ τους και θα υπάρχει δυνατότητα πρόσβασης σε κάθε μέρος και σε κάθε χρονική στιγμή. Πιο συγκεκριμένα, θα ενώνει πράγματα όπως κινητά, ψυγεία, οχήματα. Το 5G διαθέτει μεγάλο εύρος ζώνης δεδομένων, μεγάλη απόκριση, μεγάλη αξιοπιστία, ελαττωμένη καθυστέρηση, γρήγορες ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων και δυνατότητες Internet of Things. (Eluwole Opeoluwa, 2018).

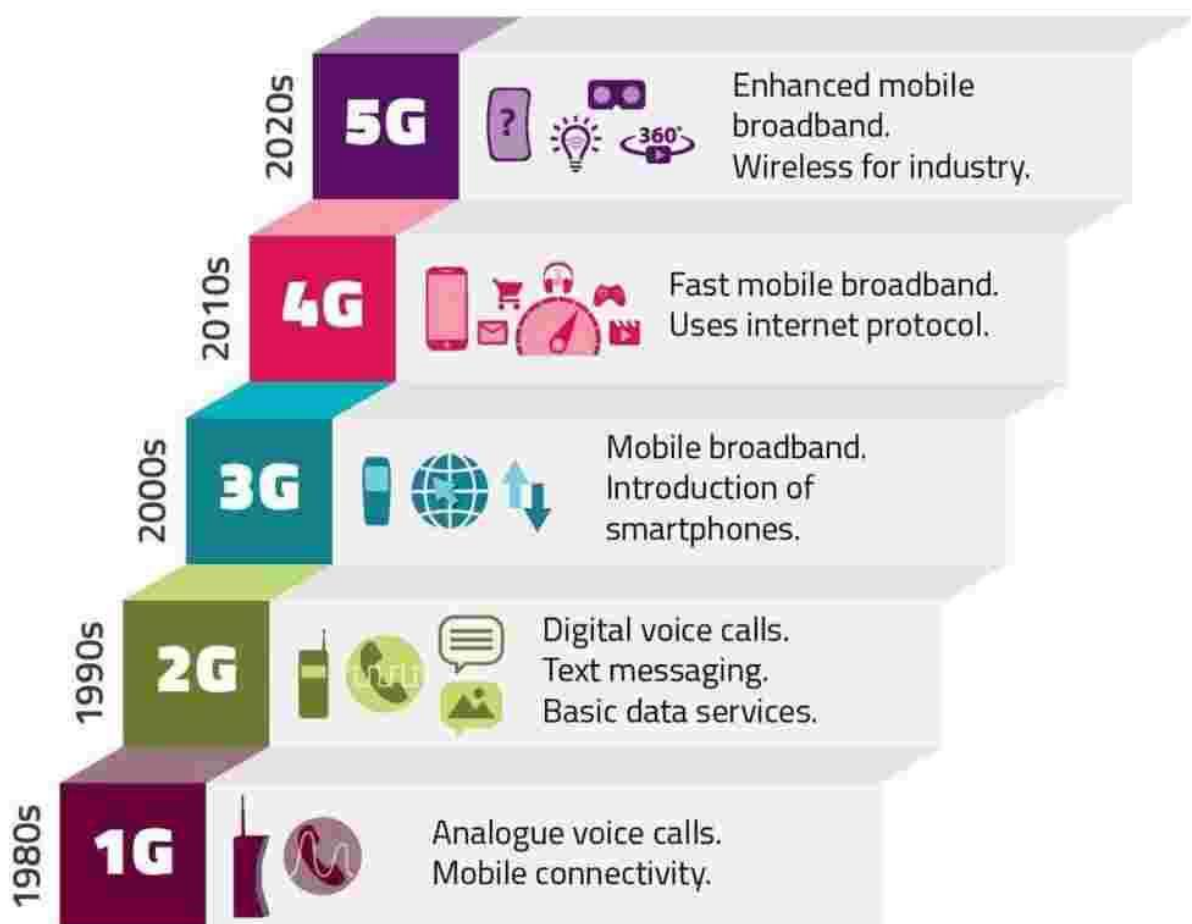
3.1 Ορισμός 5G δικτύων

Το σύστημα 5ης γενιάς, συντομογραφικά 5G, είναι μια βελτιωμένη τεχνολογία ασύρματων δικτύων, καθώς είναι μια αναβάθμιση του δικτύου 4G LTE και χρησιμεύει στην περίπτωση που αυξάνεται ο όγκος δεδομένων και οι ανάγκες για σύνδεση (Βλαχάκης, 2021). Τα 5G δίκτυα υποστηρίζουν διάφορες εφαρμογές και έχουν ως σκοπό να παρέχουν στους χρήστες καλύτερες υπηρεσίες από αυτές που ήδη διαθέτουν. (cyta, 2022)

Με την ανάπτυξη του 5G θα αναπτυχθούν κλάδοι όπως η Αυτοκινητοβιομηχανία, οι Μεταφορές και η Εφοδιαστική Αλυσίδα, η Βιομηχανία, τα Δίκτυα Υποδομών και η Υγεία. (Wikipedia, 2021). Πιο συγκεκριμένα, για τον κλάδο της αυτοκινητοβιομηχανίας, το 2017 αποφασίστηκε να υλοποιηθούν διασυνοριακοί δρόμοι 5G από τις χώρες και την Ευρωπαϊκή Ένωση. Για τις μεταφορές, πρόκειται να βελτιωθούν οι συνδέσεις σε οδικές μεταφορές και

οι αστικές πόλεις. Οι εφοδιαστικές αλυσίδες με την αρωγή του 5G θα είναι περισσότερο ανθεκτικές και αξιόπιστες. Θα βοηθήσει τις καινούργιες επιχειρηματικές δράσεις και όλες τις επιχειρήσεις. Η βιομηχανία θα ψηφιοποιηθεί με αυτόνομα ρομπότ, cloud, τεχνητή νοημοσύνη και με το IoT. Τα δίκτυα υποδομών θα αναπτύξουν έξυπνες λειτουργίες με αυξημένους ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων και βέλτιστη ενέργεια. Η υγεία με την χρήση του 5G θα επιφέρει τις έξυπνες θεραπείες. (Κοσμίδου, 2021)

Στην παρακάτω εικόνα **Error! Reference source not found.** φαίνεται η εξέλιξη των γενεών δικτύων από το 1980 με το δίκτυο πρώτης γενιάς μέχρι το 2020 με το δίκτυο πέμπτης γενιάς.



Σχήμα 8. Χρονολογικά οι γενεές δικτύων και οι λειτουργίες τους

3.2 Δυνατότητες 5G δικτύου

Το 5G θα αναπτύξει εφαρμογές IoT, έξυπνες συσκευές, ρομποτική, επικοινωνία αυτοκινήτων και σταθερή ασύρματη πρόσβαση στο δίκτυο. (Βλαχάκης, 2021) Η εγκατάσταση μιας ταινίας High Definition θα γίνεται σε απίστευτα μικρό χρονικό διάστημα,

η αλληλεπίδραση των χρηστών μέσω ήχου και εικόνας θα πραγματοποιείται χωρίς παράσιτα και χωρίς θόρυβο και οι υπηρεσίες δικτύου θα είναι ικανοποιητικές ακόμα και σε περιοχές με λιγότερο πληθυσμό κατοίκων. (Κ. Δεληγιάννης kathimerini.gr, 2014)

Το 5G δίκτυο θα πρέπει να είναι ικανό να προσφέρει

- 1000 φορές μεγαλύτερο όγκο δεδομένων κινητής τηλεφωνίας ανά γεωγραφική περιοχή.
- 10 έως 100 φορές περισσότερες συνδεδεμένες συσκευές.
- 10 φορές έως 100 φορές υψηλότερο τυπικό ποσοστό δεδομένων χρήστη.
- 10 φορές χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας.
- Από άκρο σε άκρο χρονική καθυστέρηση μικρότερη από 1ms.
- Πρόσβαση 5G και σε περιοχές χαμηλής πυκνότητας (Γκίκα, 2020)
- εφαρμογές τηλεϊατρικής
- πολύ μικρούς χρόνους απόκρισης (latency)
- κάμερες ασφαλείας στα σπίτια των χρηστών καθώς επίσης και
- συστήματα άρδευσης.
- πολλά ιδεατά δίκτυα ταυτόχρονα (virtual networks).

Επομένως το 5G θα μπορεί να ανταποκριθεί σε περιπτώσεις όπως ατύχημα με το αυτοκίνητο και εξ αποστάσεως χειρουργείο, καθώς παρέχει αξιοπιστία σύνδεσης. (cyta, 2022)

3.3 Ποια η διαφορά 5G με 4G δίκτυα

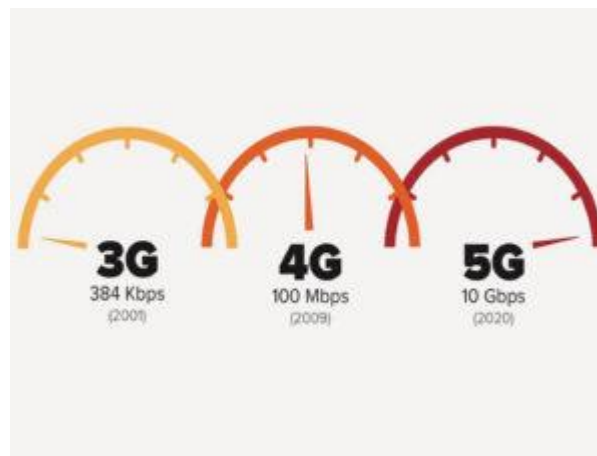
Το 4G και το 5G είναι δύο τεχνολογίες ασύρματης πρόσβασης για φορητές συσκευές που προσφέρουν ταχύτητα Ethernet σε κινητές συσκευές. (weblogographic, 2017)

Οι διαφορές μεταξύ 5G και 4G δικτύων θα μπορούσαν να συνοψιστούν στα παρακάτω σημεία:

- Το 5G προσφέρει στους χρήστες πολλαπλές ταχύτητες Gigabit Ethernet σε σύγκριση με το 4G, όπου οι ταχύτητες 4G κυμαίνονται από 150Mbps-1Gbps ενώ το 5G από 1Gbps έως και 20Gbps.
- Η επιτρεπόμενη μέγιστη ταχύτητα κινητικότητας στο 4G είναι 350km/h, σε αντίθεση με το 5G που έχει μέγιστη ταχύτητα χωρητικότητας 500km/h
- Επίσης, το 5G προσφέρει λιγότερο latency 10ms, ενώ το 4G περίπου 50ms. Επιπρόσθετα, το 5G στοχεύει στην μεγαλύτερη κάλυψη δικτύων. (Notis, 2020)

- Χωρητικότητα επεξεργασίας δεδομένων ανά περιοχή στο 4G είναι 0.1Mbps/m² ενώ στο 5G 10Mbps/m²
- Η αποδοτικότητα ισχύος στην τεχνολογία 4G είναι 1x ενώ στην 5G τεχνολογία είναι 8100x. (Bumsu, 2019)
- Τέλος στο 5G θα χρειάζονται αρκετές κεραιές και πυκνά τοποθετημένες μεταξύ τους, γεγονός που με το 4G δεν είναι αναγκαίο.

Στην παρακάτω εικόνα παρατηρείται ότι το δίκτυο τρίτης γενιάς το 2001 έφτανε ταχύτητες έως 384Kbps, το δίκτυο τέταρτης γενιάς (2009) φτάνει ταχύτητες 100Mbps ενώ το 5G (2020) φτάνει ταχύτητες 10Gbps.



Σχήμα 9. Διαφορετικές ταχύτητες δικτύων κινητής τηλεφωνίας 3G, 4G και 5G

3.4 Λειτουργία των 5G δικτύων

Το δίκτυο 5G, πρόκειται να κυμαίνεται σε μια κλίμακα αυξημένων συχνοτήτων του ασύρματου φάσματος, από 30GHz έως 300 GHz. Στην περίπτωση αυτή όμως τα δεδομένα μεταφέρονται σε αυξημένες ταχύτητες με αποτέλεσμα να συναντούν εμπόδια αρκετά συχνά, γεγονός που μπορεί να αποτελέσει πρόβλημα. (Erixheiro, 2018)

Υπάρχουν τρεις κατηγορίες περίπτωσης χρήσης για 5G:

- Μαζικές επικοινωνίες μεταξύ μηχανών-Διαδίκτυο των πραγμάτων: σχετίζεται με την σύνδεση και επικοινωνία συσκευών μεταξύ τους, χωρίς την παρέμβαση του χρήστη.
- Αξιόπιστες επικοινωνίες χαμηλού λανθάνοντος χρόνου
- Κινητή ευρυζωνική σύνδεση (Βλαχάκης, 2021)

3.5 Ανάπτυξη των 5G δικτύων

Τα 5G δίκτυα χρειάζονται τις παρακάτω προϋποθέσεις για να αναπτυχθούν. Αρχικά ο ρυθμός δεδομένων-Datarate διότι για να υλοποιηθεί ένα 5G δίκτυο θα πρέπει να μπορεί να υποστηρίξει πολύ μεγάλο ρυθμό δεδομένων. Με τον όρο συνολικός ρυθμός δεδομένων δηλώνεται η συνολική ποσότητα των δεδομένων του δικτύου και έχει μονάδα μέτρησης το bits/s/area. Στην συνέχεια, ο χρόνος καθυστέρησης- Latency είναι πολύ σημαντικός για τον λόγο ότι πλέον ο ζητούμενος χρόνος καθυστέρησης είναι της τάξης των 1ms σε αντίθεση με το 4G που ο χρόνος καθυστέρησης ήταν της τάξης των 15ms.

Επακόλουθο είναι η ενέργεια και το κόστος. Γιατί, με την ραγδαία κίνηση του δικτύου και τους χρήστες που αναμένουν διαρκή σύνδεση στις συσκευές τους, η ενεργειακή απόδοση είναι αρκετά σπουδαία για να αναπτυχθεί το δίκτυο. Συμπερασματικά η αύξηση της ενεργειακής απόδοσης έχει ως αποτέλεσμα την μείωση του κόστους των κεφαλαίων και των λειτουργικών εξόδων. Οι τεχνολογίες Cloud και virtualization, το νέο αποδοτικό hardware των κεραιών, οι αρχιτεκτονικές δικτύων μικρών κυψελών 5G και τα πιο αποτελεσματικά πρωτόκολλα δικτύου θα αυξήσουν την ενεργειακή απόδοση και θα αξιοποιηθεί η σπατάλη ισχύος καθώς θα μειωθεί η κατανάλωση ενέργειας.

Επιπλέον, η συμβατότητα, καθώς ακόμα και με τον ερχομό των νέων γενιών δικτύων, δεν θα σταματήσει η χρήση των δικτύων των παλαιότερων γενιών. Τα 3G και 4GLTE, με την τεχνολογία του WIFI είναι συστήματα παλαιότερων γενιών που θα μπορούν να βασιστούν σε αυτά οι καινούργιες γενιές ώστε να αναπτυχθούν. Το δίκτυο θα έχει πολύ σημαντικό ρόλο καθώς θα ακολουθήσει η επικοινωνία μεταξύ μηχανών- D2D Communications (Device - to -device).

Τέλος, το εύρος ζώνης –Bandwidth και η χωρητικότητα δικτύου καθώς ως εύρος ζώνης ορίζουμε το μέγεθος που χαρακτηρίζει το φάσμα συχνοτήτων ηλεκτρικών σημάτων και ηλεκτρονικών διατάξεων. Παράλληλα ορίζουμε τη διαφορά της μεγαλύτερης συχνότητας από την μικρότερη του φάσματος συχνοτήτων. Η μετάδοση του 5G θα γίνεται με ηλεκτρομαγνητικά κύματα σε πολύ μεγάλη συχνότητα. Όπου υπάρχουν αδρές γραμμές, η μεγαλύτερη συχνότητα σημαίνει μεγαλύτερη ταχύτητα και μεγαλύτερο εύρος ζώνης. Το ραδιοφάσμα απαρτίζεται από ζώνες που έχουν ιδιαίτερα χαρακτηριστικά. Οι συχνότητες των 4G δικτύων είναι κάτω από 6 GHz. Σε αντίθεση με το 5G, που μπορεί να πάρει αρκετά μεγάλες τιμές συχνοτήτων στην περιοχή των 24-300 GHz. (Γκίκα, 2020)

4 Θέματα ασφάλειας των 5G δικτύων

Τα δίκτυα 5^{ης} γενιάς θα πρέπει να είναι ασφαλή γιατί από αυτό θα εξαρτώνται σημαντικοί παράγοντες όπως η υγεία, η ενέργεια και οι τραπεζικές συναλλαγές. (Nextdeal, 2019)

Η ICNIRP κατόπιν μελέτης διαπίστωσε ότι το 5G εφόσον λειτουργεί σε ραδιοσυχνότητες κάτω των ορίων που προτείνει η Ευρωπαϊκή νομοθεσία και χρησιμοποιούνται από τεχνολογίες κινητής τηλεφωνίας, δεν επηρεάζει αρνητικά την ανθρώπινη υγεία. (cyta, 2022)

Τα 5G κινδυνεύουν επίσης από hackers που προσπαθούν να κλέψουν πληροφορίες διαρκώς.



Σχήμα 10. 5G και ασφάλεια

4.1 Απειλές 5G

Το 5G πρόκειται για μια καινοτομία τηλεφωνίας που έχει οφέλη αλλά και κινδύνους. Οι απειλές είναι οι εξής:

- Παράνομη δραστηριότητα και κατάχρηση: πρόκειται για τις κακόβουλες επιθέσεις σε συστήματα, υποδομές και υπολογιστές, που γίνονται με στόχο την κλοπή και την αλλαγή δεδομένων.

- Υποκλοπή – πειρατεία: αυτή η απειλή είναι μη συναινετική, και έχει ως σκοπό την ακρόαση και την διακοπή της επικοινωνίας τρίτων.
- Φυσικές επιθέσεις: αυτή η απειλή έχει ως σκοπό την καταστροφή, την έκθεση, την αλλαγή, την απενεργοποίηση και την κλοπή σε φυσικά στοιχεία όπως η υποδομή και η διασύνδεση.
- Καταστροφή: αυτή η απειλή στοχεύει στην καταστροφή περιουσίας
- Ακούσια ζημιά: αυτή η απειλή έχει ως σκοπό να ελαττώσει την χρησιμότητα.
- Βλάβες και δυσλειτουργίες: σε αυτήν την απειλή παρατηρείται μη επαρκής λειτουργία Software ή Hardware
- Διακοπές: αυτή η απειλή πρόκειται για ξαφνικές διακοπές υπηρεσιών ή σε ελάττωση της ποιότητας.
- Καταστροφή: αυτή η απειλή πρόκειται για απρόσμενα ατυχήματα ή φυσικές καταστροφές.
- Νομικά: αυτή η κατηγορία πρόκειται για νομικές ενέργειες με στόχο την απαγόρευση διαδικασιών και την αποζημίωση για απώλεια. (Καραμάνης Νικόλαος, 2022)

4.2 Τρόποι ενίσχυσης της ασφάλειας των 5G δικτύων

Ένας τρόπος για την ενίσχυση της ασφάλειας είναι οι αυστηροί έλεγχοι πρόσβασης, όσοι προσφέρουν ηλεκτρονικές επικοινωνίες θα ήταν εύλογο να επιβάλουν αυστηρά τεχνικά μέτρα ασφάλειας για την ελεγχόμενη πρόσβαση στα δίκτυα 5G. Η ασφάλεια των εταιριών του 5G μπορεί να επιτευχθεί με την εκμάθηση του προσωπικού έτσι ώστε να μπορεί να αποτρέψει τους χάκερ να έχουν πρόσβαση σε οποιαδήποτε πληροφορία. (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2020)

Η κυβερνοασφάλεια (Cyber Security) είναι η διαδικασία που καταλαβαίνει και απομακρύνει τις ψηφιακές απειλές. Μερικά παραδείγματα απειλών είναι οι ιοί των υπολογιστών, οι Hackers και οι ηλεκτρονικές απάτες σε επίπεδο οργανισμών.

Σκοπός της κυβερνοασφάλειας είναι να προσφέρει εμπιστευτικότητα των δεδομένων, παραδείγματος χάριν φωτογραφίες και οικονομικά στοιχεία ενός οργανισμού, να προσφέρει ακεραιότητα των δεδομένων και διαθεσιμότητα των αρχείων. (Μ. Μίγγος TicTac , 2020)

4.3 Πώς αντιμετωπίζει η ΕΕ τις κυβερνοαπειλές

Λόγω των κινδύνων που υπάρχουν γύρω από τα 5G δίκτυα η ΕΕ θα πρέπει να φροντίζει για την ασφάλεια τους. Με την λήψη ορθών μέτρων ασφαλείας, η Ευρώπη θα μπορεί να φέρει την καινοτομία στα 5G δίκτυα.

Το σημαντικότερο είναι να εντοπίζει τα τρωτά σημεία, όπως οι κίνδυνοι που υπάρχουν εξαιτίας της μειωμένης ασφαλείας, όπως αδυναμία ανάπτυξης λογισμικού από τους παρόχους. (Γαλάνης, 2019)

4.4 Σκοπός της εργαλειοθήκης ΕΕ

Η εργαλειοθήκη της ΕΕ επιδιώκει την κυβερνοασφάλεια του 5G και στοχεύει στην μετρίαση των κινδύνων. Σκοπός της είναι να υλοποιηθούν μέτρα ασφαλείας, που θα εξασφαλίζουν ένα επαρκές επίπεδο κυβερνοασφάλειας των δικτύων 5G στην ΕΕ.

Η εργαλειοθήκη της Ευρωπαϊκής Ένωσης προτείνει βασικές κινήσεις για τα κράτη μέλη και την επιτροπή.

Τα κράτη μέλη θα θεσπίσουν μέτρα για τους κινδύνους που έχουν διαπιστώσει ότι υπάρχουν ήδη ή και για μελλοντικούς. Θα προσφέρουν συγκεκριμένες απαιτήσεις για την διαχείριση των 5G δικτύων (όπως την εγκατάσταση, την προμήθεια και την λειτουργία εξοπλισμού).

- 1) Θα ενισχύουν τις απαιτήσεις ασφαλείας για τους φορείς εκμετάλλευσης δικτύων κινητής τηλεφωνίας
- 2) Θα αξιολογούν το προφίλ κινδύνου των προμηθευτών
- 3) Θα εγγυάται ότι κάθε φορέας εκμετάλλευσης διαθέτει κατάλληλη στρατηγική πολλαπλών πωλητών. (Σοφοκλέουςin.gr, 2020)

4.5 Σενάρια κινδύνου των 5G δικτύων

- Αύξηση επιθέσεων: Τα δίκτυα 5G βασίζονται κυρίως στο λογισμικό σε περιπτώσεις που οι προμηθευτές δεν έχουν αναπτύξει ορθά το λογισμικό.
- Νέα χαρακτηριστικά της υλοποίησης του 5G και των καινούργιων λειτουργιών του.
- Μεγάλη έκθεση σε κινδύνους που συνδέονται με την στήριξη των φορέων εκμετάλλευσης δικτύων κινητής τηλεφωνίας από τους παρόχους. (Nextdeal, 2019)

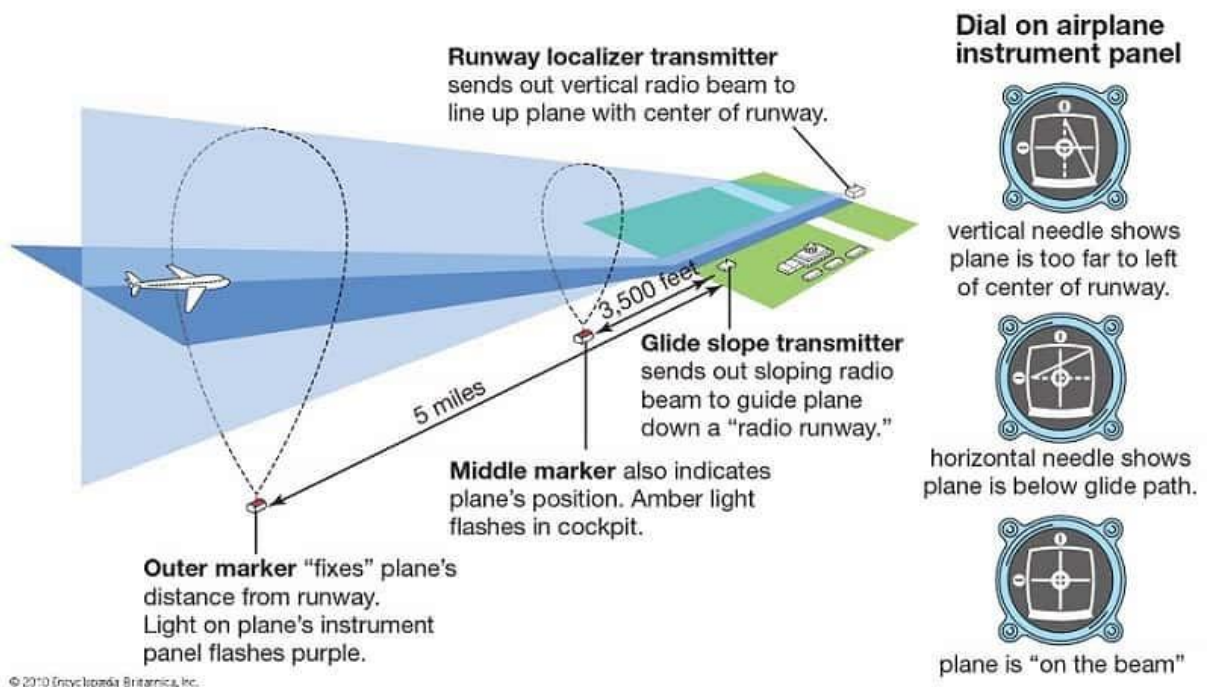
4.6 Κίνδυνοι 5G στα αεροπλάνα

Παρατηρείται ανησυχία από τους ταξιδιώτες αεροπορικών εταιριών για την επίδραση των σημάτων 5^{ης} γενιάς και για την ασφάλεια τους. Οι εταιρίες ανησυχούν επίσης για την επιρροή των σημάτων 5^{ης} γενιάς στα μηχανήματα των αεροπλάνων, καθώς υπάρχει πιθανότητα να γίνουν ατυχήματα.

4.6.1 Σήματα 5G και μηχανήματα πτήσης

Τα αεροπλάνα διαθέτουν μηχανήματα που βοηθούν τους οδηγούς να απογειωθούν, να προσγειωθούν και να διαχειριστούν όλη την πτήση. Διαθέτουν επίσης αρκετές τεχνολογίες που λαμβάνουν πληροφορίες, όπως καιρικές συνθήκες κ.α., εντός και εκτός πτήσης.

Το Instrument Landing System (ILS) είναι μια αυτόματη προσγείωση που με την χρήση εφαρμογών Η/Υ και τεχνολογιών που βοηθάει στην έγκυρη προσγείωση των αεροπλάνων σε όλες τις συνθήκες θερμοκρασίας. Αυτές οι παράμετροι μπορούν να υπολογιστούν και από τους πιλότους, όμως σε περιπτώσεις άσχημων καιρικών συνθηκών είναι αρκετά δύσκολο και χρειάζεται ακρίβεια. Το ILS βρίσκει την απόλυτη διαδρομή προσγείωσης, την ταχύτητα κατά προσέγγιση και τον καιρό στο αεροδρόμιο. Υπολογίζεται επίσης το κατάλληλο υψόμετρο, που είναι ένας σημαντικός παράγοντας για τους οδηγούς αεροσκαφών για την προσγείωση. Διατίθενται δεδομένα για το ύψος του αεροπλάνου και αισθητήρες ώστε να αποφευχθούν πιθανά ατυχήματα.



Σχήμα 11. ILS System

4.6.2 Ραδιοσυχνότητες 5G και συχνότητες αεροπλάνου

Ένα αεροπλάνο λειτουργεί με συχνότητες μεταξύ 4.2 GHz και 4.4GHz. Οι χρησιμοποιημένες συχνότητες 5G κυμαίνονται στα 3.7GHz μέχρι 3.98GHz. Οι συχνότητες αυτές όμως πλησιάζουν τις συχνότητες των αεροπλάνων. Οι ειδήμονες του 5G θεωρούν οι λόγω των αποστάσεων των φασμάτων μεταξύ τους δεν δημιουργούνται παρεμβολές. Αντίθετα, όμως οι ειδικοί αεροπορίας θεωρούν έχουν διαφορετική άποψη.

4.7 Τρόποι για να αποφευχθούν οι παρεμβολές στην αεροπορία.

Μερικοί ενδεχόμενοι τρόποι να μην παρεμβάλλει το 5G στις αεροπορικές βιομηχανίες είναι να ελαττωθεί η ισχύς για εκείνους που εκπέμπουν σήματα γύρω στους σταθμούς των αεροδρομίων. Να τοποθετηθούν δηλαδή σταθμοί βάσης με μειωμένη ισχύ στους σταθμούς αεροδρομίων. Να εγκατασταθούν κεραιές ράδιου, με σκοπό την μικρότερη επίδραση σε συστήματα ILS. Επίσης, θα πρέπει να μεγαλώσουν το χάσμα ζώνης των 5G και των αεροπλάνων. (Rajiv, 2022)



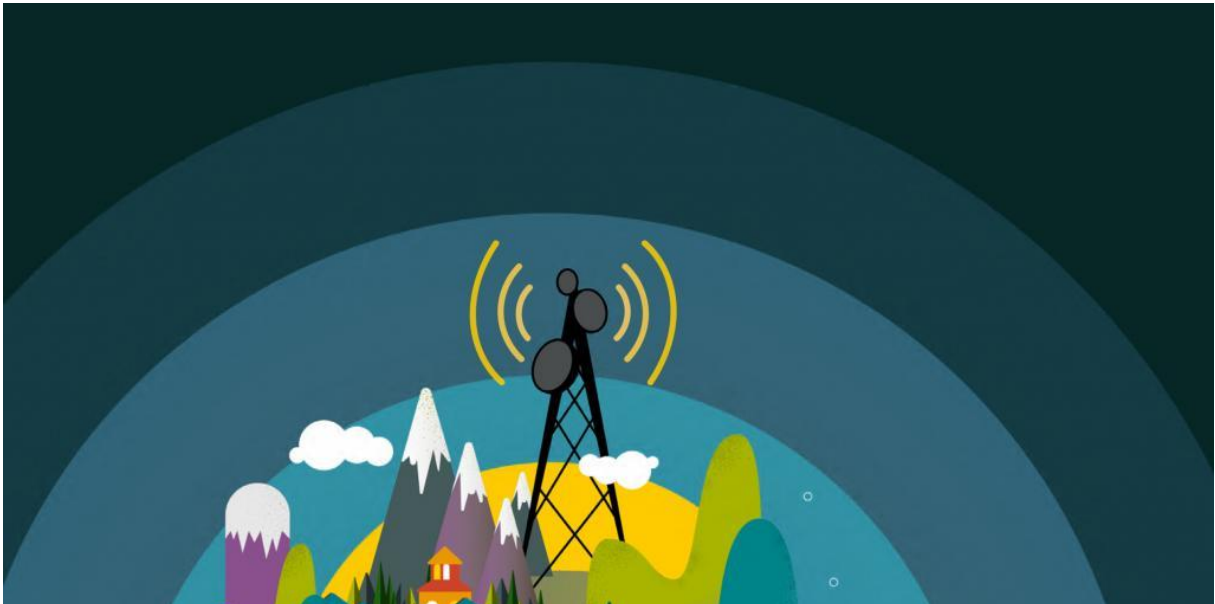
Σχήμα 12. 5G και αεροπλάνα

4.8 Κίνδυνοι 5G και περιβάλλον

Το 5G πρόκειται να χρησιμοποιηθεί αρκετά τα τελευταία χρόνια. Πρόκειται να μεταδίδει σε μεγάλες ταχύτητες και τεράστια χωρητικότητα ώστε να συνδέονται ολοένα και πιο πολλοί χρήστες. Αν και οι εταιρίες επιθυμούν να διαθέσουν το 5G στους πελάτες τους, υπάρχουν μερικές αρνητικές επιδράσεις ως προς το περιβάλλον, οι οποίες επιδράσεις πρέπει να ληφθούν υπόψη για την ασφάλεια των επόμενων γενεών.

Τα βασικά προβλήματα του περιβάλλοντος που αφορούν την υλοποίηση της πέμπτης γενιάς δικτύων προκαλούνται από τον τρόπο που φτιάχνονται τα μηχανήματα της υποδομής του δικτύου αυτού. Επίσης, ο αυξανόμενος αριθμός χρηστών που θα συνδέονται στο δίκτυο αυτό και η αύξηση της προσφοράς – ζήτησης από τους χρήστες για καινούργιες συσκευές που θα συνδέονται στο 5G πρόκειται να φέρει προβλήματα στο περιβάλλον.

Τα δίκτυα 5^{ης} γενιάς, με την μεγάλη ενέργεια που θα προσφέρουν στους χρήστες, θα αλλάξουν το κλίμα του πλανήτη. Το δίκτυο 5^{ης} γενιάς διαθέτει τεχνολογία, η οποία μπορεί να έχει επιβλαβείς συνέπειες στα πτηνά, γεγονός που θα φέρει σημαντικές συνέπειες στο οικοσύστημα. Οι προγραμματιστές του δικτύου 5^{ης} γενιάς προσπαθούν να υλοποιήσουν μια τεχνολογία με μειωμένα προβλήματα ως προς το περιβάλλον συγκριτικά με παλαιότερες τεχνολογίες, βρίσκεται χρόνος για βελτίωση και θα πρέπει να βρεθούν λύσεις στα προβλήματα που μπορεί να φέρει το 5G ώστε να μπορεί να μεταδοθεί παγκοσμίως.



Σχήμα 13. 5G και περιβάλλον

4.8.1 Μεγάλη κατανάλωση ενέργειας του 5G

Σκοπός του 5G είναι η χρήση του σε ολοένα και περισσότερους χρήστες με υψηλές ταχύτητες, γεγονός που πρόκειται να φέρει μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας ευρέως. Η ενέργεια βοηθάει το κλίμα του πλανήτη και η άνοδος της χρήσης της μπορεί να επιφέρει τεράστια τροποποίηση στο κλίμα. Το δίκτυο 5^{ης} γενιάς θα χρησιμοποιείται σε μεγάλο φάσμα συχνοτήτων, ώστε να μπορούν να συνδέονται σε αυτό όλο και πιο πολλές συσκευές.

Οι μηχανικοί θεωρούν ότι οι κυψέλες που τοποθετούνται για το 5G θα πρόκεινται για ενεργειακά αποδοτικές κυψέλες και θα παρέχεται βιώσιμα.

Ένα επιπλέον πρόβλημα για το περιβάλλον είναι η σπατάλη ενέργειας από τις συσκευές των χρηστών και των σπιτιών τους, καθώς το 5G θα δώσει καινοτόμες δυνατότητες. Πολλές φορές, οι προβλέψεις σχετικά με την ενέργεια δεν συμπεριλαμβάνουν την ενέργεια εκείνη που θα σπαταληθεί από τις καινούργιες τεχνολογίες, με αποτέλεσμα να μην εκτιμηθεί σωστά η ενέργεια που πρόκειται να ξοδευτεί. Για παράδειγμα, το Διαδίκτυο των Πραγμάτων σε συνδυασμό με το δίκτυο 5G πρόκειται να δημιουργήσουν έναν τεράστιο αριθμό συσκευών IoT που θα διαθέτουν οι χρήστες, γεγονός που θα επιφέρει περισσότερη σπατάλη ενέργειας από ότι υπολογίζεται με τις σημερινές προβλέψεις.

Για την υλοποίηση του 5G χρειάζονται μικρές κυψέλες σε απόσταση γύρω στα 250μ. η μια από την άλλη ώστε να παρέχεται διαρκής σύνδεση, με αποτέλεσμα να ζημιώνεται το περιβάλλον. Πιο συγκεκριμένα, για την διατήρηση και υλοποίηση των κυψελών αυτών θα παραχθούν αρκετά απόβλητα.

Υπάρχουν σημάδια που φανερώνουν ότι οι καινούργιες τεχνολογίες που αφορούν το 5G θα βλάψουν τα οικοσυστήματα της γης. Τα κύματα χιλιοστού είναι ένα βασικό στοιχείο του 5G και θα χρησιμοποιηθούν σε μεγάλο βαθμό, γεγονός που επηρεάζει το οικοσύστημα.

4.8.2 Προληπτική προσέγγιση

Εφόσον η τεχνολογία αυτή πρόκειται να εφαρμοστεί παγκοσμίως, οι εταιρείες τηλεφωνίας θα πρέπει να ελέγξουν τις ζημιές που μπορεί να επιφέρει το 5G στο περιβάλλον πριν την υλοποίηση του. Το δίκτυο 5G είναι βέβαιο ότι θα δώσει μεγάλες δυνατότητες στους χρήστες όμως θα πρέπει να ελεγχθούν και να γίνουν γνωστοί οι πιθανοί κίνδυνοι. Για παράδειγμα, οι προγραμματιστές του δικτύου 5^{ης} γενιάς πριν εφαρμόσουν την τεχνολογία αυτή θα πρέπει να αξιολογήσουν τους περιβαλλοντικούς κινδύνους.

4.9 Κίνδυνοι 5G και IoT στην υγεία

Το 5G πρόκειται να βοηθήσει το IoT στην σύνδεση πολλών συσκευών μεταξύ τους, οι οποίες συνδέονται στο Διαδίκτυο. Οι καινούργιες συσκευές θα διαθέτουν πολλές κεραιές για να ανταπεξέλθουν στην τεχνολογία 5G. Καινούργιες κεραιές 5G θα βρίσκονται επίσης σε όλες τις πόλεις. Οι προηγούμενες τεχνολογίες που έχουν χρησιμοποιηθεί για τις τωρινές συσκευές θέτουν σε κίνδυνο την υγεία των χρηστών, της πανίδας και της χλωρίδα, λόγω των ραδιοσυχνότητων που εκπέμπουν. Οι ειδικοί θεωρούν ότι θα πρέπει να πραγματοποιηθεί έλεγχος ως προς την υγεία ώστε να είναι βέβαιο ότι το 5G δεν βλάπτει τους ανθρώπους, τα ζώα και το περιβάλλον.

Από έρευνες που διεξάχθηκαν παρατηρήθηκαν κίνδυνοι από την ακτινοβολία 5G. Οι κίνδυνοι αυτοί προέρχονται από τις μεγάλες συχνότητες που επηρεάζουν τον ανθρώπινο ιστό. Μια επιπλέον έρευνα που πραγματοποιήθηκε σε ανθρώπους που μένουν σε κοντινές αποστάσεις από τους σταθμούς βάσης τηλεπικοινωνιών κατέληξε στο γεγονός ότι εξαιτίας της ακτινοβολίας αλλάζει το αίμα των ανθρώπων, με κίνδυνο για μελλοντικό καρκίνο. (Trust, 2020)



Σχήμα 14. 5G και υγεία

5 Αρχιτεκτονική 5G Δικτύου

Με την τεχνολογία 5G θα υλοποιηθεί ένας κόσμος όπου οι χρήστες θα βρίσκονται σε επικοινωνία με όλο τον κόσμο με την χρήση συσκευών. Τα στοιχεία που θα διαθέτουν οι χρήστες με το 5G είναι:

- Λιγότερη κατανάλωση ενέργειας στην συσκευή και στο δίκτυο
- Η καθυστέρηση των υπηρεσιών να είναι λιγότερη από 0,5ms
- Ο ρυθμός μετάδοσης δεδομένων να είναι περίπου 30Gbps όταν κατεβάζει κάτι ο χρήστης, ενώ όταν ανεβάζει να είναι γύρω στα 1Gbps.
- Αρκετά μεγάλη χωρητικότητα γύρω στα 1,5 εκατομμύρια συσκευές κάθε 2 τ.χλμ.

Για να γίνουν στην πράξη όλα τα παραπάνω είναι αναγκαίο να πραγματοποιηθεί μια συγκεκριμένη αρχιτεκτονική και λειτουργία. Ένα δίκτυο 5G θα πρέπει:

- Να χρησιμοποιεί συχνότητες περίπου 30-300GHz ώστε να αυξηθεί η χωρητικότητα του δικτύου
- Να μεγαλώσει ο σταθμός βάσης
- Να τροποποιηθούν οι υποδομές και οι τεχνολογίες, ώστε να χρησιμοποιηθούν τα NFV και SDN που υποστηρίζουν το cloud.
- Να αυξηθεί το εύρος ζώνης
- Να τροποποιηθούν οι πολυπλεξίες.
- Να τροποποιηθούν οι κεραιές MIMO και να γίνουν massive MIMO.

Μια ανάλυση της αρχιτεκτονικής του 5G απαρτίζεται από:

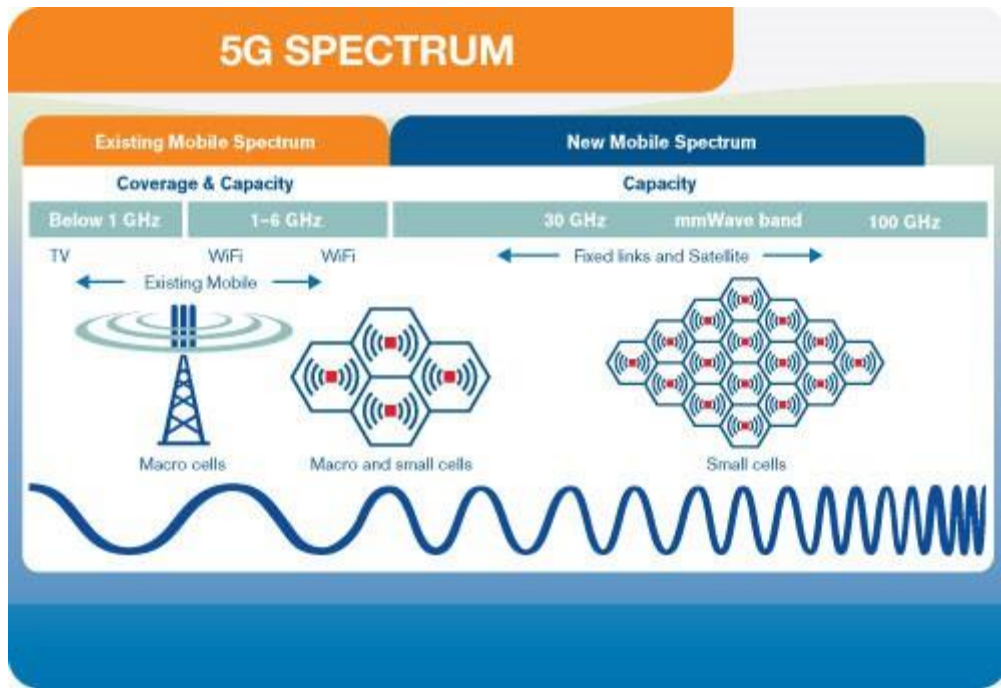
- Το επίπεδο των πόρων της υποδομής
- Το επίπεδο δικτύου
- Το επίπεδο των υπηρεσιών

Στο πρώτο επίπεδο βρίσκονται οι πόροι που είναι απαραίτητοι σε ένα δίκτυο ώστε να επιτευχθεί η επικοινωνία, η αποθήκευση και τα χαρακτηριστικά του δικτύου. Πιο συγκεκριμένα, διαθέτει edge cloud (το οποίο αναλύεται σε επόμενο κεφάλαιο), core/ central cloud όπου πραγματοποιείται η διαχείριση της σύνδεσης δικτύου, wide area network όπου οι υπολογιστές και οι έξυπνες συσκευές υλοποιούν ένα δίκτυο.

Το δεύτερο επίπεδο διαθέτει ένα λειτουργικό σύστημα, το οποίο πραγματοποιεί την κοινή χρήση των βάσεων δεδομένων, των εφαρμογών και υπηρεσιών, ανάμεσα σε ξένους

υπολογιστές του δικτύου. Επίσης κατασκευάζονται επίπεδα δικτύου (network slices) που πραγματοποιούν μια μοναδική λειτουργία.

Στο τελευταίο επίπεδο πραγματοποιείται η υποστήριξη πολλών υπηρεσιών την ίδια χρονική στιγμή και με δυναμικότητα. (Ιτσαρης, 2020)



Σχήμα 15. 5G και αρχιτεκτονική

5.1 SDN Δικτύωση

Η δικτύωση SDN βασίζεται στο λογισμικό. Αποτελείται από δύο επίπεδα, το επίπεδο ελέγχου και το επίπεδο δεδομένων/ προώθησης. Έτσι, διαθέτει ευελιξία και έχει τον έλεγχο μέσα στο δίκτυο. Ο έλεγχος διεκπεραιώνεται με προγραμματιστικά μέσα όπως με διεπαφές (π.χ. SBI) με ορισμένα πρότυπα (π.χ. OpenFlow). Τα πρότυπα αυτά πραγματοποιούν την επικοινωνία σε επίπεδο δεδομένων και σε επίπεδο ελέγχου και διαχείρισης. Το επίπεδο ελέγχου απαρτίζεται από ελεγκτές SDN. (Φράγκου, 2022) (Φράγκου, 2022)

5.2 NFV Δικτύωση

Η τεχνολογία εικονοποίησης δικτυακών λειτουργιών έχει στόχο την αλλαγή συσκευών σε λογισμικό, π.χ. δρομολογητές. Παρέχει ευελιξία στις τεχνολογίες με υψηλούς ρυθμούς

δεδομένων. Θα υποστηρίξει την τεχνολογία 5^{ης} γενιάς καθώς επιτρέπει κατακεντρωμένο cloud. (Φράγκου, 2022)

6 Εφαρμογές της τεχνολογίας 5G

Είναι γνωστό ότι το 5G πρόκειται να αποτελείται από τεράστιες ταχύτητες και ασύλληπτες αποκρίσεις. Αυτά τα στοιχεία του δικτύου 5^{ης} γενιάς μπορούν να φέρουν αισιοδοξία μακροπρόθεσμα, εφόσον φαίνεται ότι είναι χρήσιμα σε πολλές κατηγορίες. Έτσι, θα κατηγοριοποιηθούν κάποιοι παράγοντες που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν για την καλύτερη λειτουργία του 5G δικτύου. Το IoT, γνωστό και ως «το Διαδίκτυο των Πραγμάτων» αποτελεί έναν ακόμα παράγοντα που θα καλλιεργήσει το δίκτυο 5^{ης} γενιάς. Η λειτουργία του είναι απλή, θα πραγματοποιήσει επικοινωνία στο διαδίκτυο με κάθε εξάρτημα και κάθε πρόγραμμα. Οι λειτουργίες του IoT θα αποτελούνται από μια μεγάλη συλλογή στοιχείων από κάθε συσκευή που θα είναι συνδεδεμένη. Προϋποθέτει, λοιπόν, ένα ικανό δίκτυο για να επεξεργάζεται τα δεδομένα, να τα αποθηκεύει και να τα ελέγχει εκείνη την στιγμή που συμβαίνουν. Το δίκτυο 5^{ης} γενιάς είναι ικανό να φέρει εις πέρας όλες τις παραπάνω λειτουργίες που χρειάζεται το IoT χάρις τις δυνατότητες που διαθέτει, όπως για παράδειγμα το γεγονός ότι χρειάζεται ελάχιστο κόστος για να υλοποιήσει ένα τέτοιο δίκτυο. Έπειτα, τα έξυπνα σπίτια, που με το δίκτυο 5^{ης} γενιάς, κάθε χρήστης θα μπορεί να έχει πλήρη εικόνα από τις συσκευές που βρίσκονται στην οικία του, ακόμα και όταν ο ίδιος θα απουσιάζει. Ήδη οι χρήστες έχουν μια πρώτη επαφή με αυτού του είδους την τεχνολογία, αφού κυκλοφορούν έξυπνες τηλεοράσεις, οι οποίες έχουν πρόσβαση στο διαδίκτυο. Θα ακολουθήσουν οι έξυπνες οικιακές συσκευές που θα αλλάξουν τα ριζοσπαστικά δεδομένα του σήμερα. Επιπρόσθετα, οι έξυπνες πόλεις θα αλλάξουν εντελώς. Με το 5G θα υπάρχει τρόπος να διαχειριζόμαστε την κυκλοφορία, τα καιρικά φαινόμενα, την ενέργεια και τα φώτα της κάθε πόλης στους δρόμους. Με τον καθένα από τους παραπάνω τρόπους η ζωή όλων των ανθρώπων θα γίνει πιο εύκολη και ευχάριστη για τους κατοίκους των μεγαλουπόλεων και όχι μόνο. Ακόμη, τα drones έχουν ενσωματωθεί στην καθημερινότητα όλων, διότι έχουν την δυνατότητα να διασκεδάζουν τους χρήστες, να καταγράφουν όμορφες στιγμές, ακόμα και σε θέματα ιατρικά και ως προς την ασφάλεια. Το δίκτυο 5^{ης} γενιάς προσφέρει δυνατότητες όπως μεγάλες ταχύτητες σε κάθε σύνδεση στο Internet και γι' αυτό τον λόγο είναι αρκετά χρήσιμο στα drones. Παραδείγματος χάριν, σε επείγουσες περιστάσεις τα drones θα έχουν την δυνατότητα να μαζεύουν δεδομένα από μέρη όπου οι

χρήστες ίσως να μην έχουν εύκολη πρόσβαση, και έτσι θα βοηθηθεί αρκετά η ζωή των ανθρώπων. Στην συνέχεια, ο τομέας της υγείας, όπου οι γιατροί θα επωφεληθούν αρκετά από το 5G καθώς θα είναι σε θέση να κάνουν καινοτόμες εφαρμογές για την υγεία λόγω του πολύ καλού δικτύου, το οποίο θα επιτρέψει την επικοινωνία ακόμα και σε μακρινά μέρη. Αυτό σημαίνει ότι θα υπάρξει δυνατότητα πραγματοποίησης χειρουργείου εξ' αποστάσεως, φροντίδας ανθρώπων σε μακρινές πόλεις, καθώς επίσης και σε ιατρούς που εξειδικεύονται σε συγκεκριμένες ειδικότητες. Οι ασθενείς που πάσχουν από χρόνιες αρρώστιες θα βοηθηθούν αρκετά από την επιτήρηση τους την δεδομένη χρονική στιγμή από IoT συσκευές. Η επικοινωνία μεταξύ γιατρών και ασθενών μπορεί να γίνει οποτεδήποτε και σε κάθε χώρο και να πραγματοποιηθεί η κατάλληλη αγωγή. Ο τομέας της υγείας θα αναπτυχθεί με ένα δίκτυο 5^{ης} γενιάς. Διότι, το 5G θα διαθέσει το Διαδίκτυο των Ιατρικών Πραγμάτων, έξυπνες αναλύσεις και έξυπνες ιατρικές συσκευές με τις οποίες οι γιατροί και τα νοσοκομεία θα παρατηρούν την εξέλιξη των ασθενών και θα τους κατευθύνουν σε περίπτωση ανάγκης. Κατόπιν, η έξυπνη γεωργία (smart Farming) με την χρήση του δικτύου 5^{ης} γενιάς πρόκειται να βελτιωθεί. Όσοι ασχολούνται επαγγελματικά με την γεωργία θα μπορούν με RFID αισθητήρες, καθώς επίσης και με GPS να παρακολουθούν τα ζώα και να επεξεργάζονται σχετικά δεδομένα. Με την χρήση έξυπνων RFID αισθητήρων γίνεται πιο εύκολη η παρακολούθηση της άρδευση και της ενέργειας. Τέλος, ο τομέας της αυτοκίνησης, όπου με την βοήθεια του δικτύου 5^{ης} γενιάς τα αυτοκίνητα πρόκειται να κινούνται μόνα τους. Το 5G διαθέτει ασύλληπτες ταχύτητες και απόκριση και στην περίπτωση που θα χρησιμοποιηθεί στα αυτοκίνητα θα έχει ως αποτέλεσμα το ένα όχημα να αντιλαμβάνεται τι πρόκειται να κάνει το άλλο όχημα. Συμπερασματικά, με την χρήση του δικτύου πέμπτης γενιάς πρόκειται να μειωθούν ή και να σταματήσουν τα αυτοκινητιστικά ατυχήματα. (Νταγκας, 2019)

6.1 Εξελίξεις στα 5G Δίκτυα : προ υπάρχουσες και νέες τεχνολογίες

Αρχικά, στα δίκτυα 4^{ης} γενιάς υπήρχε η δυνατότητα να ελέγχονται οι έξυπνες συσκευές είτε μεταξύ τους είτε από τους χρήστες. Υπάρχουν θεωρίες ότι χάρις το 4G πραγματοποιήθηκε το Διαδίκτυο των Πραγμάτων. Οι συνδέσεις είναι:

- D2D (device to device): η επικοινωνία των συσκευών γίνεται κατευθείαν, με τον έλεγχο των χρηστών (π.χ. έξυπνα τηλέφωνα).
- M2D (machine to device): η επικοινωνία των συσκευών και ο έλεγχος γίνεται από τους χρήστες με αυτόματες «μηχανές».

- M2M (machine to machine): η επικοινωνία γίνεται μεταξύ των μηχανών.

Το IoT πρόκειται να αναπτυχθεί πολύ με το δίκτυο 5^{ης} γενιάς. Με το Διαδίκτυο των Πραγμάτων οι έξυπνες συσκευές αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους είτε να κατευθύνονται από κάποιον χρήστη.

Πρόκειται να αλλάξει πολλά πράγματα στην καθημερινότητα των ανθρώπων, καθώς τα οχήματα θα κινούνται αυτόματα και η κυκλοφορία των δρόμων θα είναι διαφορετική, ο τομέας της υγείας θα αλλάξει και οι συσκευές που χρησιμοποιούν οι άνθρωποι θα αυτοματοποιηθούν.

Παρακάτω θα αναπτυχθούν μελλοντικές τεχνολογίες με βάση τις εκδόσεις 12 έως 14 της 3GPP.

- M2M (Machine to Machine): πρόκειται για μια τεχνολογία που ασχολείται με συνδέσεις ηλεκτρονικών συσκευών. Υπάρχουν τρία μοντέλα σύνδεσης που σχετίζονται με την συνδεσμολογία, την ύπαρξη εξωτερικού εξυπηρετητή και τον συνδυασμό συνδεσμολογίας – εξυπηρετητή. Στο πρώτο μοντέλο ο server (εξυπηρετητής) είναι συνδεδεμένος με το δίκτυο του φορέα, οι μηχανές αλληλοεπιδρούν χωρίς εξωτερικό εξυπηρετητή Service Capability Server (SCS). Για το δεύτερο μοντέλο ισχύει η άμεση σύνδεση των συσκευών με το δίκτυο του προμηθευτή με χρήση SCS. Ο SCS είτε είναι μια λειτουργία που ελέγχεται από τον προμηθευτή του δικτύου, είτε ένας προμηθευτής υπηρεσιών M2M που δεν έχει προγραμματιστεί από τον πάροχο του δικτύου. Το τελευταίο μοντέλο ονομάζεται υβριδικό διότι συνδυάζει τα δύο μοντέλα που προηγήθηκαν. Ο server επικοινωνεί με τις Machine to Machine συσκευές με τη χρήση SCS και η επικοινωνία αυτή είναι ανεξάρτητη. Σε αυτή την περίπτωση, ο server επικοινωνεί κατευθείαν με τις M2M υπηρεσίες. Στο 5G δίκτυο (σε εκδόσεις 15 και ύστερα) σε MTC συνδέσεις πρόκειται να επικοινωνούν οι συσκευές με το Διαδίκτυο είτε επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω του Διαδικτύου με ελάχιστη είτε καθόλου βοήθεια κάποιου χρήστη. Όταν το φάσμα μοιράζεται στο δίκτυο 5G δίνει την δυνατότητα στις συσκευές να πραγματοποιούν λειτουργίες σε κάθε μέρος και σε κάθε στιγμή. Μπορεί να ανταπεξέλθει ακόμα και με αυξημένο πλήθος συσκευών M2M. Οι επικοινωνίες M2M στα δίκτυα 5G περιλαμβάνουν 3 ενότητες:

1. Την κεντρική μονάδα ελέγχου
2. Το ετερογενές κεντρικό δίκτυο

3. Το δίκτυο περιοχής M2M.

Υπάρχει μεγάλη ζήτηση για ελεύθερο φάσμα καθώς υπάρχουν αρκετές συνδεδεμένες συσκευές με την αρχιτεκτονική M2M.

- D2D (Device to Device): έχει ως σκοπό την δρομολόγηση των δεδομένων χωρίς καθυστέρηση όταν πρόκειται για κοντινά UE. Παρέχουν εξοικονόμηση ενέργειας, αυξημένος Ρυθμός μετάδοσης, ελαττωμένη καθυστέρηση και μεγάλη απόδοση στο φάσμα. Με την τεχνολογία D2D θα πραγματοποιηθεί πολύ καλή αξιοποίηση για το φάσμα.
- V2X (Vehicle to Everything): είχε ως στόχο να μπορούν τα αυτοκίνητα να επικοινωνούν μέσω μηνυμάτων για πληροφορίες όπως, σε ποια τοποθεσία βρίσκονται, με τι ταχύτητα κατευθύνονται, τι υποδομές διαθέτουν, που βρίσκονται οι πεζοί και προς τα πού πηγαίνουν τα αυτοκίνητα που βρίσκονται κοντά.
- V2V (Vehicle to Vehicle): Σε αυτήν την τεχνολογία τα οχήματα επικοινωνούν μεταξύ τους. Αυτή η ομιλία γίνεται εφικτή με το πρότυπο Direct ShortRange Communication (DSRC) όπου ο οδηγός θα λαμβάνει μηνύματα για να αποφευχθεί ο οποιοσδήποτε κίνδυνος.
- V2D (Vehicle to Device): Σε αυτήν την τεχνολογία τα οχήματα δεν αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους, αλλά με συσκευές. Τα οχήματα αντιλαμβάνονται τις συσκευές με την χρήση tracking device.
- V2P (Vehicle to Pedestrian): Στην κατηγορία αυτή οι πεζοί θα ήταν εύλογο να διαθέτουν έξυπνες συσκευές, όταν πρόκειται να περάσουν τον δρόμο, για να ανιχνεύεται η τοποθεσία τους από τους οδηγούς των οχημάτων. Με αυτόν τον τρόπο αποφεύγεται ο κίνδυνος ατυχήματος. Η ακρίβεια της θέσης των πεζών όμως, μπορεί να μην είναι αξιόπιστη. Σε αυτό θα συμβάλλουν τα 5G δίκτυα καθώς διαθέτουν μικρή καθυστέρηση στο να ανταλλάσσουν δεδομένα και μικρή πιθανότητα σφαλμάτων.
- V2I (Vehicle to Infrastructure): με αυτήν την τεχνολογία τα οχήματα έχουν ασύρματη πρόσβαση με το σύστημα οδικής κυκλοφορίας. Με αυτόν τον τρόπο όσοι οδηγούν αυτοκίνητο μπορούν να ξέρουν ανά πάσα στιγμή πότε αλλάζει το φανάρι και την κίνηση που υπάρχει στους δρόμους. Παίρνουν επίσης ενημέρωση για τα σήματα κινδύνου και τις ταμπέλες που υπάρχουν στον δρόμο τους. Τέλος, πρόκειται να ενημερώνονται για κλειστούς δρόμους από έργα που γίνονται στα κοντινά σημεία. (Ιτσαρης, 2020)

6.2 5G και Αυτοκίνηση

Έξυπνα οχήματα που θα μετακινούν τους οδηγούς με προσοχή στον προορισμό τους, χωρίς να χρειάζεται κάποια ενέργεια από τους οδηγούς, είναι μια θεωρία που οι άνθρωποι θέλουν να γίνει πράξη. Δύο κατασκευαστές οχημάτων, η BMW και η Tesla, μεγαλώνουν τον αριθμό των αισθητήρων που διαθέτουν στα οχήματα για να καταφέρουν να φτάσουν σε αυτό το επίπεδο. Όμως, τα έξυπνα αυτοκίνητα δεν είναι σίγουρο ότι παρέχουν εγγυημένη ασφάλεια στην κυκλοφορία χωρίς κάποιον οδηγό. Μερικές τεχνολογίες που μπορούν να ενισχύσουν τα αυτόνομα αυτοκίνητα, σε συνδυασμό με την χρήση του 5G δικτύου είναι

- Η εικονικοποίηση λειτουργιών δικτύου (NFV): Η λειτουργία αυτή αφορά ένα δίκτυο όπου μπορεί να χρησιμοποιηθεί ώστε να ελαττωθεί το κόστος και να μεγαλώσει ο χρόνος διάθεσης στην αγορά. Αλλάζει επίσης τις υπηρεσίες των δικτύων. Η NFV έχει την δυνατότητα να τροποποιεί την κατασκευή ενός δικτύου. Μερικά από τα πλεονεκτήματα της είναι ότι δίνει την δυνατότητα για έσοδα και ότι καθιστά το δίκτυο πιο απλοϊκό στην κατασκευή του.
- Software Defined Networks (SDN): Το SDN εικονοποιεί τις πηγές του δικτύου και τροποποιεί τους πόρους όπως το NFV. Βασικός στόχος της Verizon για τις λειτουργίες SDN και NFV δίκτυα είναι να ξεχωρίζει το επίπεδο ελέγχου με το επίπεδο δεδομένων. (Τσιτσές, 2017)
- Mobile edge clouds: Η τεχνολογία cloud edge για κινητά χρησιμοποιείται στο διαδίκτυο των πραγμάτων και στις εφαρμογές που βρίσκονται στον κυβερνοχώρο. (Sayed, 2017)
- Κωδικοποίηση δικτύου για βέλτιστη κυκλοφορία.

6.2.1 Παροχές 5G στην αυτοκίνηση

Με τα 5G δίκτυα οι οδηγοί των οχημάτων μπορούν να ενημερώνονται για την οδική κυκλοφορία των δρόμων, να προλαβαίνουν ενδεχόμενα ατυχήματα και να ξέρουν την κατεύθυνση που θέλουν να κατευθύνουν.

Τα οχήματα πρόκειται να αλληλοεπιδρούν ώστε να είναι ασφαλείς οι οδηγοί.

Η αυτοκίνηση χρειάζεται την βοήθεια των δικτύων πέμπτης γενιάς γιατί διαθέτουν πολλά θετικά χαρακτηριστικά ως προς την ταχύτητα και ως προς τον Ρυθμό μετάδοσης δεδομένων. (Αββακουμίδου, 2020)



Σχήμα 16. 5G και αυτοκίνηση

6.2.2 Ψυχαγωγία στα αυτοκίνητα

Τα αυτοκίνητα θα κινούνται μόνα τους με αποτέλεσμα οι οδηγοί να μην χρειάζεται να είναι διαρκώς σε εγρήγορση και συγκεντρωμένοι. Έτσι θα μπορούν να αφιερώσουν χρόνο σε διασκέδαση (π.χ. μουσική) και σε ενημέρωση (π.χ. ειδήσεις ραδιοφώνου). Με την εφαρμογή του 5G τα αυτοκίνητα δεν θα έχουν προβλήματα με την συνδεσιμότητα και ούτε με την επικοινωνία μεταξύ τους.

Μπορούν να αναπτυχθούν νέες επιχειρηματικές ιδέες για τους οδηγούς, όπως τα hotspots 5G ,όπου θα εγκαθιστούν χρήσιμες εφαρμογές για την οδήγηση γρήγορα όπως GPS αλλά και οποιοδήποτε άλλο περιεχόμενο.

Οι μετακινήσεις των οδηγών μπορεί να περιλαμβάνουν ρύθμιση εικονικού περιβάλλοντος εντός του οχήματος για να καταλάβουν την ψυχαγωγία του αυτοκινήτου σε πραγματικό χρόνο.

Σύμφωνα με στοιχεία ερευνών, οι καταναλωτές είναι πιο πιθανό να ξοδέψουν επιπλέον χρήματα για την ψυχαγωγία μέσα στο αυτοκίνητο από ό,τι για την ψυχαγωγία σε μια κινητή συσκευή. (Νέστορας, 2021)

6.2.3 Αυτοκινητοβιομηχανία

Η αυτοκινητοβιομηχανία θα βοηθηθεί σημαντικά με τα δίκτυα πέμπτης γενιάς. Για παράδειγμα, με εφαρμογές αυτόματης οδήγησης, ασφαλείας οδηγών και αυτοκινήτων και με εφαρμογές ελέγχου της οδικής κυκλοφορίας. (Μίντης, 2018)

6.2.4 Έξυπνη αστική αρχιτεκτονική για αυτόνομα αυτοκίνητα

Η έξυπνη αστική αρχιτεκτονική έχει ως στόχο τα έξυπνα οχήματα να επικοινωνούν με μια αυτόνομη πόλη και να επικοινωνεί με τους κόμβους που υπάρχουν στην πόλη. Η αρχιτεκτονική αυτή μπορεί να αποτελείται από τρεις τομείς: του αυτόνομου αυτοκινήτου, του δικτύου 5G και της έξυπνης πόλης. Με τον τομέα του αυτόνομου αυτοκινήτου δηλώνεται το έξυπνο όχημα όπου διαθέτει την λειτουργία της έξυπνης πλοήγησης. Οι λειτουργίες που πρέπει να χρησιμοποιηθούν για να πραγματοποιηθεί αυτός ο τομέας είναι:

- Η εφαρμογή αντίληψης: στηρίζεται στα υλικά του αυτοκινήτου, π.χ. αισθητήρες ώστε να αντιλαμβάνεται στοιχεία όπως σε ποια απόσταση βρίσκονται τα άλλα οχήματα στον δρόμο ή οι σηματοδότες.
- Με την εφαρμογή συλλογής δεδομένων θα πραγματοποιείται η επικοινωνία των οχημάτων με την χρήση συσκευών ανά πάσα στιγμή. Αυτή η επικοινωνία θα αφορά το δρομολόγιο που ακολουθεί ο οδηγός.
- Η εφαρμογή πλοήγησης θα βρίσκει την πιο γρήγορη διαδρομή που θα θέλει να διανύσει το όχημα. Δεδομένου ότι θα λειτουργεί σε πραγματικό χρόνο, η διαδρομή πλοήγησης θα διαφοροποιείται διαρκώς στην πορεία του δρόμου ώστε η διαδρομή να γίνεται χωρίς κάποια καθυστέρηση.
- Η εφαρμογή απόφασης λειτουργεί με βάση τους κανόνες οδήγησης και αποφασίζει τι θα κάνει την κάθε στιγμή το όχημα, π.χ. πότε θα πατήσει το φρένο. Αυτή η εφαρμογή συνεργάζεται με την εφαρμογή αντίληψης.
- Η εφαρμογή αποθήκευσης είναι υπεύθυνη για να «σώζει» τα στοιχεία πλοήγησης που έχει συλλέξει η εφαρμογή αντίληψης και τα στοιχεία της εφαρμογής απόφασης σε κατάλληλα σημεία συλλογής δεδομένων για την βέλτιστη χρήση και τροποποίηση των εφαρμογών αυτών.

Εν κατακλείδι, ο τομέας του αυτόνομου αυτοκινήτου διαθέτει έναν SIP client και έναν κινητήρα μετεγκατάστασης, που βρίσκονται στο όχημα. Ο SIP client φροντίζει για την

επικοινωνία των αυτόνομων αυτοκινήτων με τους διακομιστές της πόλης. Ο κινητήρας μετεγκατάστασης είναι υπεύθυνος για την βελτιστοποίηση μονάδων σε κόμβους και την μετεγκατάστασή τους, σε πραγματικό χρόνο.

Ο τομέας του δικτύου 5G διαθέτει εφαρμογές στον πυρήνα και στην άκρη του δικτύου. Ο πυρήνας των τηλεπικοινωνιών δικτύου 5G διαθέτει στοιχεία cloud για να πραγματοποιείται η αποθήκευση και 3GPP IMS διακομιστές που είναι υπεύθυνοι για την εσωτερική λειτουργία του δικτύου που υπάρχει στον πυρήνα.

Ο τομέας της έξυπνης πόλης αφορά την υποδομή και τις εγκαταστάσεις της πόλης. Όσον αφορά τους κανόνες των δικτύων κινητής τηλεφωνίας, η πόλη απαρτίζεται από διακριτές γεωγραφικές ζώνες που εξομοιώνονται ως PoPs του 5G δικτύου. Το κάθε PoP αποτελείται από το δικό του σημείο πρόσβασης, κατανομημένο σύστημα κεραίας DAS, IMS Presence Server και ένα άκρο. (Fatma, 2019)

6.3 Εικονική πραγματικότητα και 5G

Η τεχνολογία VR βασίζεται πάνω στο 5G για να αναπτυχθεί καθώς το VR συνδέεται με τις έξυπνες συσκευές. Το 5G παρέχει ελαττωμένο latency και εξυπηρετεί την πολλαπλή χρήση των συνδεδεμένων συσκευών, π.χ. αισθητήρες. Με την χρήση του 5G, το VR δεν υλοποιείται στον Η/Υ αλλά στο cloud, με αποτέλεσμα να μην καταναλώνει πολύ ενέργεια και ισχύ στον Η/Υ. (Πανάκη, 2021)

Η Εικονική Πραγματικότητα έχει μεγάλες απαιτήσεις λόγω των πολλών δεδομένων ανάμεσα στους χρήστες και τις συσκευές. Η τεχνολογία VR θα στηρίζεται σε cloud εξυπηρετητές ώστε να ανταπεξέλθει στις μεγάλες ταχύτητες και στο χαμηλό κόστος. Μερικές υπηρεσίες της τεχνολογίας VR δεν καλύπτονται από τις ταχύτητες του δικτύου 4G και χρειάζονται ταχύτητες σε Gbps, οι οποίες υποστηρίζονται από την τεχνολογία 5G. (EETT, 2018)

6.4 Καινοτομίες στα 5G Δίκτυα

Το 5G πρόκειται να διαθέτει ασύρματες συνδέσεις ώστε να βοηθήσει τεχνολογίες όπως το IoT, την VR και την AR. Επίσης, η καλή σύνδεση σε ορισμένα μέρη, αποτελεί κοινωνικό σκοπό ώστε να προσφέρει καινούριες υπηρεσίες. Τα τοπικά δίκτυα 5^{ης} γενιάς μπορούν να βοηθούν ένα μικρό δίκτυο χρηστών, όπως τις εργοστασιακές μηχανές. Η ανάπτυξη του

internet, με πολλές συσκευές σε σύνδεση, καθιστά αρκετά χρήσιμο το 5G δίκτυο. Εν κατακλείδι, τα δίκτυα 5^{ης} γενιάς πρόκειται να βοηθήσουν πολλούς χρήστες, με πληθώρα συσκευών και υπηρεσιών, στοχεύοντας στην καλύτερη ποιότητα υπηρεσιών. (Τούλουπου, 2019)

6.4.1 Κράνος εικονικής πραγματικότητας για 5G (Head mounted Displays, HMD)

Οι συσκευές αυτές σκοπεύουν στο να βλέπουν οι χρήστες ένα εικονικό περιβάλλον και τοποθετούνται ως κράνη ή ως μάσκες, με την οθόνη να βρίσκεται μπροστά στα μάτια τους. (Κόνης, 2020)

6.4.2 Το όραμα της ΕΕ για το 5G και το VR

Στόχος της ΕΕ για τα δίκτυα νεών γενεών είναι οι τεχνολογίες πληροφορικής να ομαδοποιηθούν σε μια συστοιχία μεγάλης εμβέλειας. Αυτός ο στόχος θα επιτευχθεί με εικονικά διαμορφωμένες υπηρεσίες που διαθέτουν δυνατότητα δρομολόγησης και επεξεργασίας των δεδομένων. Το 5G δίκτυο θα παρέχει καινούργιες δυνατότητες εξέλιξης της οικονομίας. (EETT, 2018)



Σχήμα 17. 5G και εικονική πραγματικότητα

6.5 5G και γεωργία

Η γεωργία είναι σημαντικός παράγοντας για την οικονομία διεθνώς. Όμως λαμβάνει πιέσεις από τις τροποποιήσεις του κλίματος και από τους λιγοστούς πόρους. Η τεχνολογία είναι το μέλλον της γεωργίας. Οι τεχνολογίες που θα μετατρέψουν την γεωργία σε έξυπνη γεωργία είναι:

- Farm Robotics: η ρομποτική βοηθάει την γεωργία στην φύτευση και την παραγωγή τροφίμων.
- Remote sensing: με τους αισθητήρες, οι αγρότες λαμβάνουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο και μπορούν να αντιλαμβάνονται τις διορθώσεις που πρέπει να γίνουν προς το καλύτερο.
- Machine learning and Analytics: Οι αγρότες θα μπορούν να αναλύουν τα δεδομένα ώστε να καταλαβαίνουν ποιο είναι το καλύτερο μέρος να καλλιεργήσουν με βάση το κλίμα.
- Blockchain: με το Blockchain θα καλυτερεύσει η εφοδιαστική αλυσίδα. (Κοσμίδου, 2021)

6.5.1 Πώς το 5G θα βοηθήσει την γεωργία

Με το δίκτυο 5G η γεωργία θα μετατραπεί σε ψηφιοποιημένη γεωργία και θα βοηθήσει στην ανάπτυξη της οικονομίας. Μια χρήσιμη τεχνολογία που θα βοηθήσει την γεωργία, σε συνδυασμό με τα δίκτυα 5G είναι τα drones. Κάποιες από τις χρησιμότητες των drones είναι:

- Να δείχνουν πληροφορίες για την γη και για την ανάπτυξη της γης
- Να γίνεται ανάλυση στην γη και τα χωράφια
- Να υλοποιούν ποτίσματα
- Να καλλιεργούν πρώτες ύλες
- Να επιβλέπουν τα ζώα
- Να μεταφέρουν αγροτικά προϊόντα

Οι χρήστες με την βοήθεια του δικτύου 5^{ης} γενιάς (που διαθέτει ένα τεράστιο φάσμα) θα μπορούν να επιβλέπουν τα κτήματα τους σε πραγματικό χρόνο και από απόσταση. Βασική προϋπόθεση για την ψηφιακή γεωργία είναι να παρέχεται γρήγορη συνδεσιμότητα στο internet σε συσκευές και δορυφόρους που να διαθέτουν λιγοστό κόστος και να είναι έγκυροι. Με τα δίκτυα 5G θα έχουν οι αγρότες την δυνατότητα να χρησιμοποιούν συσκευές IoT ώστε

να επεξεργάζονται και να αποθηκεύουν δεδομένα από τις καλλιέργειες τους. (Κοσμίδου, 2021)



Σχήμα 18. 5G και γεωργία

6.5.2 Έξυπνη γεωργία στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα η έξυπνη γεωργία θα βοηθηθεί αρκετά από τα δίκτυα 5^{ης} γενιάς και θα αναπτυχθεί η Ελληνική οικονομία με την εξέλιξη του δικτύου αγροτικών καλλιεργειών. Οι πιο σημαντικοί τομείς για την αγροδιατροφή σε μια χώρα είναι η γεωργία και η αλιεία. Η υδατοκαλλιέργεια είναι βασικός παράγοντας για την ανάπτυξη των καλλιεργειών, καθώς χρησιμοποιεί εφαρμογές IoT με σένσορες για πολλές λειτουργίες όπως:

- Να ελέγχεται το νερό σε πραγματικό χρόνο
- Να ενημερώνονται συνεχώς οι υπηρεσίες τροφοδοσίας
- Όταν προκύψει κάποιο πρόβλημα να ενημερώνονται για αυτό
- Να υπάρχει ελαττωμένη δαπάνη ενέργειας.

(Κοσμίδου, 2021)

6.5.3 Εφαρμογή του 5G στη γεωργία

Οι συσκευές IoT που χρησιμοποιούνται για γεωργικές διαδικασίες χρειάζονται άμεση και έγκυρη σύζευξη στο ίντερνετ. Η παρούσα γενιά δικτύων δεν έχει αξιόπιστη συνδεσιμότητα για τις αγροτικές καλλιέργειες. Το δίκτυο κινητής τηλεφωνίας 5G μπορεί να ανταπεξέλθει στις απαιτήσεις έξυπνης γεωργίας, γιατί παρέχει ένα μεγάλο εύρος περιοχών, μικρή δαπάνη ενέργειας, συσκευές μικρού οικονομικού κόστους και μεγάλο αξιόπιστο φάσμα. Τα δίκτυα πέμπτης γενιάς μπορούν να ενημερώνουν τους αγρότες σε πραγματικό χρόνο για τις συνθήκες των καλλιεργειών τους και να βελτιώσει τις λειτουργίες των εφαρμογών IoT. (Tang Yu, 2021) (Hainie, 2019)

7 Η κατάσταση εφαρμογής της εργαλειοθήκης για την ασφάλεια του 5G στα κράτη μέλη;

Σύμφωνα με την κρίση της ΕΕ για την κυβερνοασφάλεια, τα κράτη μέλη, με την αρωγή της Επιτροπής και του ENISA (του Ευρωπαϊκού Οργανισμού για την Κυβερνοασφάλεια), δύνανται να ακολουθήσουν την εφαρμογή της εργαλειοθήκης της ΕΕ για το 5G, που θα ελαττώσει τους κινδύνους, για την καλύτερη ασφάλεια των δικτύων 5G και των μελλοντικών γενεών δικτύων.

Τα κράτη μέλη της ΕΕ, με την υποστήριξη της Επιτροπής και του ENISA, κοινοποίησαν έκθεση σχετικά με την εξέλιξη που έχει παρατηρηθεί όσον αφορά την εφαρμογή της κοινής εργαλειοθήκης της ΕΕ που περιλαμβάνει μέτρα μετριασμού, η οποία θεσπίστηκε από τα κράτη μέλη και εγκρίθηκε από την Επιτροπή.

Σύμφωνα με την έκθεση, έχει ήδη πραγματοποιηθεί ικανοποιητική εξέλιξη σε μερικά από τα μέτρα της εργαλειοθήκης, ιδίως στους ακόλουθους τομείς:

- Οι εξουσίες των εθνικών ρυθμιστικών αρχών για τη ρύθμιση της ασφάλειας του 5G έχουν ενισχυθεί ή βρίσκονται σε διαδικασία ενίσχυσης στα περισσότερα κράτη μέλη, συμπεριλαμβανομένων των εξουσιών ρύθμισης της προμήθειας εξοπλισμού και των υπηρεσιών δικτύου από τους φορείς εκμετάλλευσης.
- Τα μέτρα που αποσκοπούν στον περιορισμό της συμμετοχής των προμηθευτών βάσει του προφίλ κινδύνου τους έχουν ήδη θεσπιστεί σε μερικά κράτη μέλη και βρίσκονται σε προχωρημένο στάδιο προετοιμασίας σε πολλά άλλα. Η έκθεση καλεί τα άλλα κράτη μέλη να καταβάλουν περαιτέρω προσπάθειες και να

ολοκληρώσουν τη διαδικασία αυτή τους επόμενους μήνες. Όσον αφορά το ακριβές πεδίο εφαρμογής των εν λόγω περιορισμών, η έκθεση τονίζει τη σημασία να εξεταστεί το δίκτυο στο σύνολό του και να ληφθούν υπόψη τα στοιχεία του βασικού δικτύου, καθώς και άλλα κρίσιμα και εξαιρετικά ευαίσθητα στοιχεία, συμπεριλαμβανομένων των λειτουργιών διαχείρισης και του δικτύου ασύρματης πρόσβασης, καθώς και να επιβληθούν περιορισμοί και σε άλλα βασικά στοιχεία ενεργητικού, όπως καθορισμένες γεωγραφικές περιοχές, κυβερνήσεις ή άλλες κρίσιμες οντότητες.

- Οι απαιτήσεις ασφάλειας και ανθεκτικότητας του δικτύου για τους φορείς εκμετάλλευσης κινητής τηλεφωνίας επανεξετάζονται στα περισσότερα κράτη μέλη. Στην έκθεση τονίζεται ότι είναι σημαντικό να εξασφαλιστεί ότι οι απαιτήσεις αυτές θα ενισχυθούν, ότι θα ακολουθούν τις πλέον σύγχρονες πρακτικές και ότι η υλοποίησή τους από τους φορείς εκμετάλλευσης θα ελέγχεται και θα εφαρμόζεται αποτελεσματικά.

Από την άλλη πλευρά, ορισμένα μέτρα βρίσκονται σε λιγότερο προχωρημένο στάδιο εφαρμογής. Ειδικότερα, σύμφωνα με την έκθεση:

- είναι επείγοντως αναγκαίο να σημειωθεί πρόοδος ως προς τον μετριασμό του κινδύνου εξάρτησης από τους προμηθευτές υψηλού κινδύνου, μεταξύ άλλων με σκοπό τη μείωση των εξαρτήσεων σε ενωτικό επίπεδο. Τούτο θα πρέπει να βασίζεται σε ενδελεχή απογραφή της αλυσίδας εφοδιασμού των δικτύων και προϋποθέτει την παρακολούθηση της εξέλιξης της κατάστασης.
- έχουν προσδιοριστεί προβλήματα όσον αφορά τον σχεδιασμό και την επιβολή κατάλληλων στρατηγικών πολλαπλών πωλητών σε επίπεδο μεμονωμένων φορέων εκμετάλλευσης ή σε εθνικό επίπεδο λόγω τεχνικών ή λειτουργικών δυσκολιών (για παράδειγμα, της έλλειψης διαλειτουργικότητας, του μεγέθους της χώρας κ.λπ.). (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2020)

8 Επίλογος

Συμπερασματικά, το 5G δίκτυο είναι ένα δίκτυο που προσφέρει απίστευτες δυνατότητες στους χρήστες και με την παροχή ασφάλειας θα μπορέσει να αναπτυχθεί ακόμα περισσότερο. Θα εγκατασταθούν πολλές κεραιές σε κοντινές αποστάσεις για την υλοποίηση

του και θα πραγματοποιηθεί μια κενεωτή δικτύωση. Πρόκειται να υπάρξει δυνατότητα για αλληλεπίδραση συσκευών μεταξύ τους, ακόμα και σπιτιών και αμαξιών. Το 5G διαθέτει ασύλληπτες ταχύτητες, μικρό latency και θα καταφέρει να βοηθήσει τομείς όπως η υγεία, η αυτοκίνηση, η γεωργία, την εικονική πραγματικότητα και την βιομηχανία. Διαθέτει μερικές απειλές όπως είναι κατανοητό, όμως με την βοήθεια της Ευρωπαϊκής Ένωσης, των παρόχων και άλλους φορείς το 5G θα γίνει ανάρπαστο και ασφαλές για όλους. Θα το χρησιμοποιούν όλοι για τον λόγο ότι είναι μια από τις πιο καινοτόμες τεχνολογίες που θα φέρουν την αλλαγή, προς το καλύτερο, σε όλους. Έτσι, το 5G δίκτυο με την κατάλληλη αξιοποίηση μπορεί να διαθέσει στους χρήστες και στην κοινωνία μια καλύτερη επικοινωνία, μια καλύτερη πόλη και καλύτερα σπίτια.

9 Βιβλιογραφία

- Bumsu, K., 2019. *ICT-Based Business Communication with Customers in the 4th Industrial Revolution Era*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: https://www.e-bcrp.org/download/download_pdf?pid=bcrp-2-2-55
- cyta, 2022. *Είναι τα δίκτυα 5G ασφαλή για την υγεία;*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.cyta.com.cy/are-5g-networks-safe-for-health>
- cyta, 2022. *Πώς το 5G θα βελτιώσει τη ζωή μας*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.cyta.com.cy/how-5g-will-improve-our-lives>
- EETT, 2018. *ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ Στρατηγική - Προκλήσεις - Όραμα*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.eett.gr/ekdoseis/oktovrios-2018/>
- Eluwole Opeoluwa, U. N. O. M. O. C. A. J., 2018. *From 1G to 5G, What Next?*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: https://www.iaeng.org/IJCS/issues_v45/issue_3/IJCS_45_3_06.pdf
- Epixeiro, 2018. *Με απλά λόγια: Τι είναι το 5G και πώς πρόκειται να αλλάξει τη ζωή μας;*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.epixeiro.gr/article/83575>
- Fatma, R., 2019. *Autonomous cars, 5g mobile networks and smart cities: Beyond the hype*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8795429/>
- Hainie, M., 2019. *Research on key technologies of intelligent agriculture under 5G environment*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1345/4/042057/pdf>
- Mehta Haard, P. D. J. B. H., 2014. *0G to 5G mobile technology: A survey*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: https://www.researchgate.net/publication/308540263_0G_to_5G_Mobile_Technology_A_Survey
- Nextdeal, 2019. *Πόσο επικίνδυνα είναι τα δίκτυα πέμπτης γενιάς (5G) για την κυβερνοασφάλεια;*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.nextdeal.gr/epikairobita/tehnologia/108997/poso-epikindyna-einai-ta-diktya-pemptis-genias-5g-gia-tin>
- Notis, 2020. *Τι είναι το 5G; Σε τι διαφέρει από το 4G σήμα κινητής τηλεφωνίας*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.tsouk.gr/ti-einai-to-5g-diafores-me-4g/>
- Rajiv, 2022. *Does 5G affect airline safety*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.rfpage.com/does-5g-affect-airline-safety/>
- Ramije, Z., 2019. *Comparison of Algorithms and Technologies 2G, 3G, 4G and 5G*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: https://www.researchgate.net/publication/337985835_Comparison_of_Algorithms_and_Technologies_2G_3G_4G_and_5G
- Sayed, S., 2017. *Mobile edge cloud: Opportunities and challenges*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://arxiv.org/pdf/1811.01929>
- Stallings, W., 2019. *Επικοινωνίες υπολογιστών και δεδομένων*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑ.
- Tang Yu, D. S. H. C. G. Q. L. S. H. Y., 2021. *A survey on the 5G network and its impact on agriculture: Challenges and opportunities*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169920331008>
- Tidke Rani, U. P. D. D. T. U., 2020. *A Literature Review On: Wireless Technologies From 0G to 7G*. [Ηλεκτρονικό]
Available at:

<https://www.researchgate.net/publication/356776158> A Literature Review On Wireless Technologies From 0G to 7G

Trust, E. H., 2020. *Environmental Health Trust*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://ehtrust.org/key-issues/cell-phoneswireless/5g-networks-iot-scientific-overview-human-health-risks/>

weblogographic, 2017. *Διαφορά μεταξύ των δικτύων 4G και 5G - 2022 – Τεχνολογία*. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://gr.weblogographic.com/difference-between-4g-and-5g-networks-243>

Wikipedia, 2021. 5G. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://el.wikipedia.org/wiki/5G>

Αββακουμίδου, Α., 2020. *Μελέτη Τεχνικής Μη Ορθογώνιας Πολλαπλής Πρόσβασης σε Κατερχόμενη Ζεύξη Δικτύου 5G*. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <http://ikee.lib.auth.gr/record/324147?ln=el>

Βλαχάκης, Μ., 2021. *Τι είναι το 5G - πως λειτουργεί το 5G; τι προσφέρει το 5G*. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://aktinovolia.gr/%CF%84%CE%B9-%CE%B5%CE%AF%CE%BD%CE%B1%CE%B9-%CF%84%CE%BF-5g-%CF%80%CF%89%CF%82-%CE%BB%CE%B5%CE%B9%CF%84%CE%BF%CF%85%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%AF-%CF%84%CE%BF-5g/>

Γαλάνης, Δ., 2019. *Δίκτυα 5G : Τα μέτρα που εξετάζει η ΕΕ για την κυβερνοασφάλεια*. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://www.tovima.gr/2019/10/14/society/diktya-5g-ta-metra-pou-eksetazei-i-ee-gia-tin-kyvernoasfaleia/>

Γκίκα, Ζ. Χ. Ζ., 2020. *Δίκτυα 5G. Οι στόχοι και η αναμενόμενη εξέλιξή τους*. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://pergamos.lib.uoa.gr/uoa/dl/frontend/file/lib/default/data/2899850/theFile>

Ε. Ε., 2020. *Ασφαλή δίκτυα 5G: ερωτήσεις και απαντήσεις σχετικά με την εργαλειοθήκη της ΕΕ*. [Ηλεκτρονικό]

Available at: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/api/files/document/print/el/qanda_20_127/QAN_DA_20_127_EL.pdf

Ίτσαρης, Α., 2020. *Αρχιτεκτονική και τεχνολογίες δικτύων πέμπτης γενιάς (5G)*. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://hellanicus.lib.aegean.gr/handle/11610/21799>

Κ. Δεληγιάννης kathimerini.gr, 2014. *Η επανάσταση της «5ης γενιάς»*. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://www.kathimerini.gr/life/technology/780916/i-epanastasi-tis-5is-genias/>

Καραμάνης Νικόλαος, Μ. Ν., 2022. *Επιθέσεις και άμυνες στην τεχνολογία 5G*. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://polynoe.lib.uniwa.gr/xmlui/handle/11400/2472>

Καργάκης, Μ., 2012. *Ανάπτυξη μεθοδολογίας και αντίστοιχου λογισμικού για τη μελέτη ραδιοεκπομπών κεραιών σταθμών βάσης κινητής τηλεφωνίας*. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://apothesis.lib.hmu.gr/handle/20.500.12688/3831>

Κόνης, Π., 2020. *ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΙΚΟΝΙΚΗΣ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΘΕΜΑΤΑ ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΗΣ*. [Ηλεκτρονικό]

Available at: http://www.geospatial.uniwa.gr/wp-content/uploads/sites/34/2020/11/Konis_2020_Final_.pdf

Κοσμίδου, Γ., 2021. *Το 5G ως μοχλός ανάπτυξης της Ελληνικής οικονομίας*. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://dspace.lib.uom.gr/bitstream/2159/25807/7/KosmidouGeorgiaMsc2021present.pdf>

Μ. Μίγγος TicTac , 2020. *Τι είναι “Cyber Security” – Υπηρεσίες για την Κυβερνοασφάλεια*. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://tictac.gr/cyber-security/cyber-security-awareness-training/>

- Μίντης, Δ., 2018. *Επικοινωνίες 5ης Γενιάς (5G) Εφαρμογές, Τεχνολογίες και Πρότυπα*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <http://eureka.teithe.gr/jspui/bitstream/123456789/11789/1/Mintis.pdf>
- Νέστορας, Φ., 2021. *Μελέτη και προσομοίωση εξειδικευμένων λειτουργικών διαδικασιών της ασύρματης τεχνολογίας 5G, για την στρατηγική αναβάθμιση των ζωτικών τομέων της κοινωνίας μας*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <http://nemertes.library.upatras.gr/jspui/handle/10889/15151>
- Νταγκας, Θ., 2019. *ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΚΕΡΑΙΩΝ MASSIVE MIMO ΓΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ 5G*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <http://ikee.lib.auth.gr/record/308199/files/%CE%A3%CE%A7%CE%95%CE%94%CE%99%CE%91%CE%A3%CE%97%20%CE%9A%CE%95%CE%A1%CE%91%CE%99%CE%A9%CE%9D%20MASSIVE%20MIMO%20%CE%93%CE%99%CE%91%20%CE%95%CE%A6%CE%91%CE%A1%CE%9C%CE%9F%CE%93%CE%95%CE%A3%205G.pdf>
- Πανάκη, Θ., 2021. *Σύγκλιση τεχνητής νοημοσύνης, εικονικής πραγματικότητας και μέσων κοινωνικής δικτύωσης: social VR media και επίδραση στον άνθρωπο*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://dspace.lib.uom.gr/handle/2159/25319>
- Παυλόπουλος, Γ., 2018. *Βελτιώσεις με χρήση small cells σε δίκτυα 5G*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: http://telematics.upatras.gr/telematics/system/files/bouras_site/ergasies_foithwn/%CE%A4%CE%B5%CE%BB%CE%B9%CE%BA%CE%BF%2B%2B%2B%28%CE%9F%CE%A1%CE%99%CE%A3%CE%A4%CE%99%CE%9A%CE%9F%29.pdf
- Πηλιχός, Δ., 2014. *Μελέτη και Αποτίμηση Τεχνικών Χρόνο-Προγραμματισμού σε ασύρματα δίκτυα τέταρτης γενιάς LTE*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://dspace.uowm.gr/xmlui/handle/123456789/2650>
- Σοφοκλέουςin.gr, 2020. *Απαντήσεις Ε.Ε. για τα δίκτυα 5G*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.sofokleousin.gr/apantiseis-ee-gia-ta-diktya-5g>
- Τούλουπου, Μ., 2019. *5G και V&V: εκτίμηση απόδοσης σε 5ης γενιάς υπηρεσίες δικτύων-Στοχευμένες δοκιμές επικύρωσης και επαλήθευσης*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://dione.lib.unipi.gr/xmlui/handle/unipi/11887>
- Τσιτσές, Α., 2017. *Μελέτη των εικονικών λειτουργιών του δικτύου και η εξέλιξη τους*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <http://repository.library.teiwest.gr/xmlui/handle/123456789/6199>
- Φράγκου, Ε., 2022. *Υλοποίηση 5G δικτύου εντός ενός πλέγματος υπηρεσιών OpenShift υποδομής*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://dione.lib.unipi.gr/xmlui/handle/unipi/14254>

