

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

& ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

ΕΡΓΑΣΙΑ ΕΞΑΜΗΝΟΥ

ΓΙΑ ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ

ΕΥΡΥΖΩΝΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ

ΚΙΝΗΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΕΠΟΜΕΝΗΣ ΓΕΝΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΕΙΤΑ

ΜΠΑΜΠΑΤΣΙΚΟΥ ΡΟΛΟΥΛΑ

A.M 1051325

ΔΙΔΑΣΚΩΝ: ΧΡΗΣΤΟΣ ΜΠΟΥΡΑΣ

ΠΑΤΡΑ 2019

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	2
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ	5
1.1 ΚΙΝΗΤΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ	5
1.2 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΙΝΗΤΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ	6
1.3 ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ	8
1.4 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ: LTE ADVANCED, WiMax, SDN, OFDM	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΣΥΡΜΑΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ	14
2.1 ΚΥΡΕΛΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ	14
2.2 P2P ΔΙΚΤΥΑ	15
2.3 ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ	19
2.4 ΑΣΦΑΛΕΙΑ	21

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΚΙΝΗΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΩΝ ΓΕΝΙΩΝ	24
3.1 1G	24
3.2 2G, 2.5G	24
3.3 3G, 3.5G	26
3.4 4G	27
3.5 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ 4G	28
3.6 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΤΟΥΣ	29
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΚΙΝΗΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΕΠΟΜΕΝΩΝ ΓΕΝΙΩΝ	35
4.1 5G	35
4.2 ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΚΑΙ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΤΟΥ 5G	39
4.3 6G	41
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΕΠΙΛΟΓΟΣ	45
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	46

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1. Κινητές Συσκευές

Ο άνθρωπος, από την στιγμή της γέννησής του δημιουργείται η ανάγκη για επικοινωνία με άλλους ανθρώπους. Παλαιότερα, η επικοινωνία μεταξύ δύο ανθρώπων που βρισκόντουσαν σε απομακρυσμένες περιοχές ήταν δύσκολη έως αδύνατη, οπότε δημιουργήθηκαν τα κινητά και ασύρματα δίκτυα επικοινωνιών ώστε να λυθεί αυτό το πρόβλημα.



Εικόνα 1: Κινητές Συσκευές. [1]

Τέλος του 19ου αιώνα, ο Guglielmo Marconi παρουσίασε τις δυνατότητες του ασυρμάτου. Από τότε έως σήμερα, υπάρχει μία ραγδαία εξέλιξη στα κινητά και τα ασύρματα δίκτυα επικοινωνιών. Αυτή η ραγδαία

εξέλιξη επηρεάστηκε από διάφορους παράγοντες όπως η αλματώδης ανάπτυξη της μικροτεχνολογίας (κατασκευή αξιόπιστου, μικρού μεγέθους, φθηνού φορητού ασύρματου εξοπλισμού), δημιουργήθηκαν μεγάλης κλίμακας ολοκληρωμένα κυκλώματα(VLSI) και σημειώθηκε πρόοδος στην κατασκευή ψηφιακών κυκλωμάτων και κυκλωμάτων ραδιοσυχνοτήτων.

Πλέον, έχει καθιερωθεί παγκοσμίως ένας σύγχρονος τρόπος ζωής, στον οποίο ο άνθρωπος θέλει διαρκώς να επικοινωνεί από οποιοδήποτε σημείο του πλανήτη σε ένα άλλο με (σχεδόν) μηδαμινές ταχύτητες με τον οποιοδήποτε. Η εξέλιξη των κινητών επικοινωνιών υπήρξε αργή και πάντοτε συνδεόταν με την πρόοδο των τεχνολογικών εξελίξεων και για το λόγο αυτό πλέον η εξέλιξη των κινητών επικοινωνιών είναι σε πολύ γρήγορες ταχύτητες καθώς και προσφέρει πολλές νέες δυνατότητες, μιας και οι τεχνολογικές εξελίξεις πλέον έχουν εξελιχθεί/βελτιωθεί. [17]

2. Τεχνολογίες Κινητών Επικοινωνιών

Οι σύγχρονες κινητές συσκευές δεν θα είχαν τόσο μεγάλη απήχηση και ανάγκη για χρήση τους αν δεν κάλυπταν την ανάγκη για επικοινωνία μεταξύ τους, να μπορούν δηλαδή να επικοινωνήσουν δύο άνθρωποι μεταξύ τους μέσω της κινητής τους συσκευής.



Εικόνα 2: Ανάγκη Επικοινωνίας μεταξύ κινητών συσκευών. [2]

Οι κινητές συσκευές προσφέρουν: πρόσβαση στο διαδίκτυο, δέκτη GPS, ηλεκτρονική πυξίδα, επιταχυνσιόμετρο και επαρκή υπολογιστική ισχύ για εκτέλεση υπολογιστικών εργασιών (και πολλά ακόμα) ικανά για να μπορεί η σύνδεση μεταξύ δύο κινητών συσκευών να γίνει όσο το δυνατόν καλύτερα. Η σύνδεση μπορεί να είναι είτε με πρόσβαση στο διαδίκτυο είτε χωρίς πρόσβαση. Για να γίνει η σύνδεση χωρίς πρόσβαση στο διαδίκτυο χρειάζεται να έχει καλό σήμα στο κινητό του τηλέφωνο και ο πομπός και ο δέκτης, ενώ για την σύνδεση μέσω διαδικτύου χρειάζεται πολύ καλή σύνδεση (σε αρκετά υψηλές ταχύτητες) στο Wi-Fi και ο πομπός και ο δέκτης.

Επίσης, η σύνδεση μέσω διαδικτύου (μεταξύ δύο κινητών συσκευών) προσφέρει επιπλέον δυνατότητες οι οποίες δεν υπήρχαν με τους παραδοσιακούς τρόπους επικοινωνίας. Παραδείγματος χάριν, σου δίνεται η δυνατότητα να **βλέπεις** ή να **ακους** τον συνομιλητή σου. Αυτό διευκολύνει πολύ την επικοινωνία μεταξύ δύο ανθρώπων που βρίσκονται σε μεγάλη απόσταση μεταξύ τους. [18]

3. Πρωτόκολλα

Για να είναι δυνατή η επικοινωνία μεταξύ δύο κινητών συσκευών χρειάζεται να είναι αποθηκευμένες κάπου όλες οι ενδιαμέσες πληροφορίες. Αυτές οι πληροφορίες εναλλάσσονται από τον πομπό στον δέκτη μέσω πρωτοκόλλων. Ένα πρωτόκολλο δηλαδή είναι μια σειρά από κανόνες που διέπουν και τα δύο επικοινωνιακά μέρη, καθορίζουν την μορφή, τον χρόνο και τη σειρά μετάδοσης των πληροφοριών. Στην περίπτωση δικτύων, τα πρωτόκολλα επικοινωνίας εκτός από τα προαναφερόμενα, εκτελούν έλεγχο και διόρθωση σφαλμάτων κατά τη διάρκεια μετάδοσης των πληροφοριών. [19] [20]



Εικόνα 3: Παράδειγμα ανταλλαγής μηνύματος. [3]

Υπάρχουν διάφορα πρωτόκολλα επικοινωνίας, π.χ.:

- **HTTPS** (*Hypertext Transfer Protocol Secure*)
- **SSL** (*Secure Sockets Layer*)
- **TCP/IP** (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol*)

- **UDP** (*User Datagram Protocol*)
- **NAT** (*Network Address Translation*)

4. Τεχνολογίες:

- **Τεχνολογία LTE ADVANCED**

Το **LTE (Long Term Evolution) ADVANCED** είναι ένα πρότυπο κινητής επικοινωνίας η οποία προτάθηκε για πρώτη φορά από την εταιρία [NTT DoCoMo](#) της Ιαπωνίας (η πρώτη εταιρεία κινητής τηλεφωνίας στην Ιαπωνία) και υιοθετήθηκε ως διεθνές πρότυπο. Κατά τη διάρκεια του 2010 δημιουργήθηκαν τα περισσότερα δίκτυα LTE παγκοσμίως ως φυσική εξέλιξη πολλών συστημάτων 2G και 3G. Ο στόχος του LTE ADVANCED είναι να φτάσει και να ξεπεράσει τις απαιτήσεις της Διεθνούς Έκδοσης Τηλεπικοινωνιών - ITU (*International Telecommunication Union*). Η ITU είναι υπεύθυνη για θέματα που αφορούν την πληροφόρηση και τις τεχνολογίες επικοινωνιών. [21]

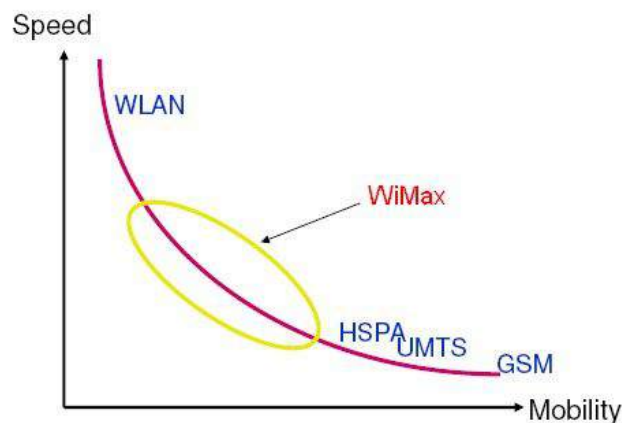
Στη διαδικασία των ερευνών που γίνονται πάνω σε αυτό το πρότυπο, πολλές προτάσεις έχουν μελετηθεί ως υποψήφιες για τεχνολογίες LTE Advanced (LTE-A). Οι προτάσεις αυτές θα μπορούσαν κατά προσέγγιση να ταξινομηθούν σε:

- ★ Υποστήριξη σταθμών βάσης αναμεταδότη.
- ★ Συντονισμένη μετάδοση και λήψη πολλών σημείων (CoMP).
- ★ UE Dual TX λύσεις κεραίας για SU-MIMO και πολυμορφία MIMO , κοινώς αναφερόμενη ως 2x2 MIMO.
- ★ Ευέλικτο εύρος ζώνης συστήματος που υπερβαίνει τα 20 MHz, έως 100 MHz.
- ★ Συσσωμάτωση φορέων συνεχόμενων και μη συνεχόμενων κατανομών φάσματος.
- ★ Τοπική βελτιστοποίηση περιοχής της διεπαφής αέρα.
- ★ Νομαδικά / τοπικά δίκτυα και λύσεις κινητικότητας.
- ★ Ευέλικτη χρήση του ραδιοφάσματος.
- ★ Γνωσιακό ραδιόφωνο.

- ★ Αυτόματη και αυτόνομη ρύθμιση και λειτουργία του δικτύου.
- ★ Υποστήριξη αυτόνομου ελέγχου δικτύου και συσκευών, μέτρηση που συνδέεται με τη διαχείριση δικτύου και τη βελτιστοποίηση.
- ★ Βελτιωμένη διόρθωση σφαλμάτων και προκαθορισμένων σφαλμάτων.
- ★ Διαχείριση παρεμβολών και καταστολή.
- ★ Άμεση αντιστοίχιση εύρους ζώνης για FDD.
- ★ Υβριδικό OFDMA και SC-FDMA στην ανερχόμενη ζεύξη.
- ★ UL / DL inter eNB συντονισμένο MIMO.
- ★ SONS , μεθοδολογίες Self-Organizing Networks. [22]

- **Τεχνολογία WiMax**

Η τεχνολογία **WiMax** μοιάζει πολύ με το **Wi-Fi** αλλά είναι πολύ *μεγαλύτερης εμβέλειας*. Συγκεκριμένα, ενώ το Wi-Fi εξασφαλίζει εμβέλεια επικοινωνίας μέχρι **100 μέτρα**, το Wi-Max μπορεί να εξασφαλίσει εμβέλεια επικοινωνίας **35 χιλιόμετρα** ή και παραπάνω.



Εικόνα 4: Η εκθετική αύξηση του Wi-Max. [4]

Μέχρι σήμερα το Wi-Fi επέτρεπε την πρόσβαση στο διαδίκτυο σε πολύ μικρή εμβέλεια γύρω από τα σημεία πρόσβασης (hotspots), όπως σε αεροδρόμια, συνεδριακούς χώρους, ξενοδοχεία ή ακόμα και στο σπίτι μας. Το WiMAX θα είναι σε θέση να κάνει το ίδιο σε εμβέλεια **ολόκληρης πόλης**, τα κτήρια της οποίας θα καλύπτονται με το σήμα τους οι εταιρείες παροχής διαδικτύου (ISP-Internet Service Provider). Το WiMAX θα χρησιμοποιείται για

την παροχή υπηρεσιών ευρυζωνικής πρόσβασης στο διαδίκτυο σε τελικούς χρήστες, με εξοπλισμό ιδιαίτερα εύκολο στην εγκατάσταση. Με τον ίδιο τρόπο που σήμερα εγκαθιστά κανείς στον υπολογιστή του μια κάρτα δικτύωσης Wi-Fi, μελλοντικά θα εγκαθιστά μια κάρτα WiMAX η οποία θα του επιτρέπει να χρησιμοποιήσει από τον οικιακό του χώρο (και όχι μόνο) τις ασύρματες υπηρεσίες που παρέχουν οι ISP. [23]

- **Τεχνολογία SDN**(Software-defined networking)

Η τεχνολογία δικτύωσης που καθορίζεται από το λογισμικό (SDN) είναι μια προσέγγιση στον υπολογισμό του cloud που διευκολύνει τη διαχείριση του δικτύου και επιτρέπει την προγραμματισμένη αποδοτική διαμόρφωσή του, προκειμένου να βελτιωθεί η απόδοση και η παρακολούθησή του.



Εικόνα 5:Software Defined Networking. [5]

Το SDN αποσκοπεί να αντιμετωπίσει το γεγονός ότι η αρχιτεκτονική των παραδοσιακών δικτύων είναι πολύπλοκη, ενώ τα τρέχοντα δίκτυα απαιτούν μεγαλύτερη ευελιξία και εύκολα μπορούν να αντιμετωπιστούν πιθανά προβλήματα. [24]

- **Τεχνολογία OFDM**

Η μέθοδος Orthogonal Frequency Divison Multiplexing (OFDM) είναι μία ευέλικτη μέθοδος πολυπλεξίας καναλιών με αυξημένη χωρητικότητα που εφαρμόστηκε στις τηλεπικοινωνίες στα τέλη του προηγούμενου αιώνα. Με τη τεχνική αυτή επιτεύχθηκε υψηλός ρυθμός μετάδοσης ακόμα και σε πολυδιαδρομικά περιβάλλοντα διάδοσης. Η μέθοδος ορθογωνικής πολυπλεξίας διαίρεσης συχνότητας βασίστηκε στη μετάδοση πολλαπλών καναλιών με τη διατήρηση της ορθογωνιότητας μεταξύ τους ώστε να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα της διασυμβολικής παρεμβολής κατά τις ασύρματες μεταδόσεις μέσω πολυ διαδρομικών διαύλων.

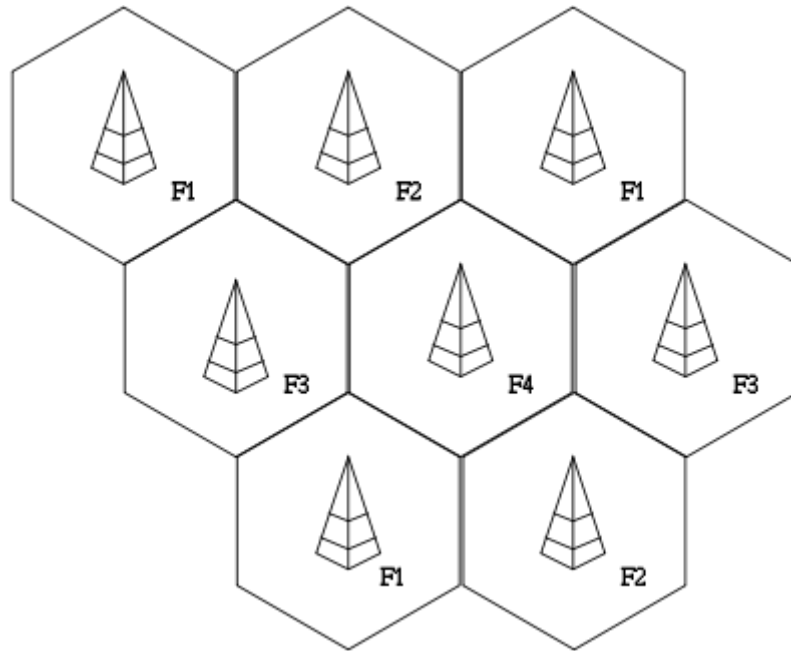
Η παραγωγή σημάτων OFDM γίνεται ψηφιακά καθώς η αναλογική τεχνολογία θα είχε ιδιαίτερη πολυπλοκότητα λόγω της χρήσης τοπικών ταλαντωτών. Η OFDM ακολουθία μοιράζεται σε φορείς και στο καθένα αποδίδονται τα δεδομένα προς μετάδοση. Φυσικά, πριν από αυτό, έχει επιλεγεί το φάσμα των συχνοτήτων που θα χρησιμοποιηθεί και ο τύπος διαμόρφωσης. Ανάλογα με τη διαμόρφωση επιλέγεται και το πλάτος και η φάση που θα δοθεί σε κάθε φορέα. Έπειτα, μετατρέπεται το φάσμα στο πεδίο του χρόνου μέσω ενός αντίστροφου μετασχηματισμού Fourier (IFFT). Στο δέκτη γίνεται ακριβώς η αντίθετη διαδικασία με σκοπό τη παραγωγή του αρχικού ψηφιακού σήματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΣΥΡΜΑΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ

Τα δίκτυα υπολογιστών που χρησιμοποιούνται στις επικοινωνίες, συνδέονται μεταξύ τους με τη βοήθεια του κατάλληλου υλικού (hardware). Ανάλογα με το μέσο σύνδεσης που επιλέγουμε χαρακτηρίζουμε τη σύνδεση ενσύρματη (σύνδεση με καλώδια) ή ασύρματη (σύνδεση χωρίς καλώδια). Η ενσύρματη σύνδεση πραγματοποιείται με τη χρήση καλωδίων και οπτικών ινών, ενώ η ασύρματη σύνδεση πραγματοποιείται μέσω του αέρα και με τη μορφή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Η ασύρματη δικτύωση παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα συγκριτικά με την ενσύρματη και σήμερα είναι ευρέως διαδεδομένη. Τα βασικότερα πλεονεκτήματά της είναι η ευκολία εγκατάστασης και χρήσης των δικτύων, το μειωμένο κόστος τους καθώς και η δυνατότητα κλιμάκωσης που παρέχουν. Τα δίκτυα αυτής της κατηγορίας μπορούν είτε να έχουν κυψελωτή δομή και να χρησιμοποιούν σταθμούς βάσης είτε να είναι αδόμητα. Στην πρώτη κατηγορία οι σταθμοί βάσης χρησιμοποιούνται για τη μετάδοση των δεδομένων μεταξύ των κόμβων, οι οποίοι βρίσκονται στην εμβέλεια αυτών των σταθμών. Οι κόμβοι αυτοί μπορούν να είναι είτε πομποί επικοινωνίας είτε δέκτες επικοινωνίας. Στη δεύτερη περίπτωση δεν υπάρχουν σταθμοί βάσης ή κάποια συγκεκριμένη δομή στο δίκτυο και η μετάδοση πραγματοποιείται μεταξύ των κόμβων. Σε αυτή την περίπτωση οι κόμβοι εκτός από πομποί και δέκτες λαμβάνουν και ρόλο δρομολογητών όπου κρίνεται απαραίτητο, προκειμένου να πραγματοποιηθεί επιτυχώς η μετάδοση και λήψη των δεδομένων.

1. Κυψελικά Δίκτυα

Στα κυψελικά ασύρματα δίκτυα ένας γεωγραφικός χώρος χωρίζεται σε περιοχές (κυψέλες). Κάθε περιοχή αποτελεί την εμβέλεια ενός **σταθμού** σε μια συγκεκριμένη βάση. Οι σταθμοί βάσης συνδέονται μεταξύ τους μέσω ενός δικτύου υψηλής ταχύτητας. Σχηματικά, η παραπάνω περιγραφή αναπαριστάνεται έτσι:



Εικόνα 6: Αναπαράσταση ενός κυψελικού δικτύου (όπου F1,F2,F3 κλπ είναι σταθμοί). [6]

Επίσης, απαιτείται πάντα επικοινωνία μεταξύ του χρήστη και του σταθμού βάσης του. Με την τεχνολογία πολύπλεξης διαμοιρασμού συχνότητας (FDM-Frequency Division Multiplexing) πολλοί χρήστες σε μία κυψέλη μπορούν ταυτόχρονα να επικοινωνήσουν με το σταθμό βάσης τους χρησιμοποιώντας διαφορετικές συχνότητες. [25]

2. P2P (Peer-to-peer) Δίκτυα

Τα τελευταία χρόνια είναι ιδιαίτερα διαδεδομένα τα **P2P**(Peer-to-peer) **δίκτυα** (ή δίκτυα **ομότιμων** εφαρμογών) κυρίως λόγω των εφαρμογών τους στο διαμοιρασμό των αρχείων και στην επικοινωνία η οποία μπορεί να γίνει σε πραγματικό χρόνο. Το κύριο χαρακτηριστικό που έχουν αυτά τα δίκτυα και τα διακρίνουν από τα υπόλοιπα είναι η *απουσία κεντρικού server* και ότι *κάθε κόμβος λειτουργεί ως πελάτης και ως server ταυτόχρονα*. Οι πληροφορίες που βρίσκονται στον έναν κόμβο, ανάλογα με τα δικαιώματα που καθορίζονται, μπορούν να διαβαστούν από όλους τους άλλους και αντίστροφα.



Εικόνα 7: P2P συνδέσεις. [7]

Ανάλογα με την δομή που έχουν τα δίκτυα P2P διακρίνονται σε **δομημένα** και **αδόμητα** και ανάλογα με την ύπαρξη ή μη της κεντρικής διεύθυνσης σε **συγκεντρωμένα**, **αποκεντρωτικά** και **υβριδικά**.

Οι τεχνολογίες Peer-to-Peer (P2P) συνεχώς εξελίσσονται και παίζουν καθοριστικό ρόλο σε εφαρμογές διαμοιρασμού αρχείων, στα social media, σε online πλατφόρμες που παρέχουν υπηρεσίες livestreaming και σε υπηρεσίες online αποθήκευσης. Επιπλέον, τα P2P δίκτυα συνεισφέρουν σημαντικά σε τεχνολογίες όπως το Cloud Computing και το Internet of Things. Ο μεγαλύτερος όγκος δεδομένων στο Internet στις μέρες μας προέρχεται από εφαρμογές που δουλεύουν πάνω σε P2P δίκτυα. Με τον όρο **peer** χαρακτηρίζουμε έναν κόμβο του δικτύου που μπορεί να συμπεριφερθεί και σαν πελάτης και σαν εξυπηρετητής, με ή χωρίς κεντρική διαχείριση και με ή χωρίς συνεχή συνδεσιμότητα. Με τον όρο **node** χαρακτηρίζουμε έναν υπολογιστή που είναι συνδεδεμένος σε κάποιο δίκτυο. Οι κόμβοι μπορεί να είναι υπολογιστές **γενικής χρήσης** ή μπορούν να κάνουν κάποια εξειδικευμένη εργασία (**ειδικής χρήσης**). [26]

❑ Αδόμητα (Unstructured) P2P Δίκτυα

Τα αδόμητα P2P δίκτυα είναι τα πρώτα συστήματα P2P που δημιουργήθηκαν. Το πιο γνωστό ήταν το σύστημα *Napster* το οποίο είχε ως σκοπό το διαμοιρασμό αρχείων μουσικής στο internet. Μετά το *Napster* υπήρξε μια ανάπτυξη και άλλων τέτοιων συστημάτων που εκτός από μουσική μπορούσαν να διαμοιράσουν εικόνες και video (*Kazaa*, *Gnutella*) (Zulhasnine, 2013). Σε ένα αδόμητο P2P σύστημα οι κόμβοι (nodes) που αποτελούν το σύστημα είναι συνδεδεμένα τυχαία μεταξύ τους (Hameurlain, 2011) και **έχουν ως βασική λειτουργία την εύρεση του κόμβου που έχει το αρχείο που χρειάζεται ο χρήστης**. Επειδή δεν έχει κάποια προκαθορισμένη δομή, τα αδόμητα P2P δίκτυα είναι πολύ εύκολο να δημιουργηθούν και έχουν χαμηλό κόστος. Ένα βασικό μειονέκτημα των αδόμητων P2P δικτύων είναι ότι πολλές φορές μπορεί να μην δοθεί ποτέ απάντηση σε κάποια ερώτηση. Δηλαδή, να μην μπορούμε να βρούμε τα κατάλληλα *peers* για να κατεβάσουμε ένα αρχείο το οποίο δεν είναι ιδιαίτερα δημοφιλές.

❑ Δομημένα (Structured) P2P Δίκτυα

Τα δομημένα P2P συστήματα, βοήθησαν στο να ξεπεραστούν τα προβλήματα που υπήρχαν στα αδόμητα. Στα δομημένα P2P δίκτυα το σύστημα οργανώνεται σε μία συγκεκριμένη τοπολογία, και ένα πρωτόκολλο δεσμεύει ότι κάθε κόμβος μπορεί να ψάξει και να βρει στο δίκτυο οποιοδήποτε αρχείο ή πηγή θέλει ακόμη και αν η πηγή είναι πολύ σπάνια. Ο πιο συνηθισμένος τύπος δομημένου P2P δικτύου βασίζεται στον **κατανεμημένο πίνακα κατακερματισμού (DHT)**. Μέσα σε αυτό τον πίνακα τοποθετούνται όλα τα αρχεία και οι κόμβοι, και ο κάθε κόμβος είναι "υπεύθυνος" για κάποιο συγκεκριμένο κομμάτι του δικτύου. Όταν ένας χρήστης θέλει να ψάξει για κάποιο αρχείο ανατρέχει στον πίνακα. Για να υπάρχει γρήγορη δρομολόγηση μέσα σε ένα δομημένο δίκτυο, πρέπει να υπάρχει μια λίστα με όλους τους κόμβους που τηρούν τα κριτήρια. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τα δομημένα συστήματα να μην είναι τόσο ανθεκτικά σε σχέση με τα αδόμητα. Το *Bittorrent* είναι ένα γνωστό δομημένο P2P πρωτόκολλο.

❑ Συγκεντρωτικά P2P δίκτυα

Η συγκεκριμένη κατηγορία ομότιμων δικτύων θα μπορούσε να χαρακτηριστεί και ως ομότιμα δίκτυα **“πρώτης γενιάς”**. Έχουν κοινά χαρακτηριστικά με τις τοπολογίες Πελάτη/Εξυπηρετητή. Δηλαδή υπάρχει ένας κοινός server ο οποίος συμπεριφέρεται σαν directory server. Μέσα σε αυτόν τον server υπάρχουν όλες οι πληροφορίες που θα χρειαστεί ο χρήστης για τον εντοπισμό κάποιου αρχείου. Όταν βρεθεί το αρχείο γίνεται η σύνδεση μεταξύ χρήστη και εξυπηρετητή. Το μειονέκτημα αυτής της αρχιτεκτονικής είναι ότι σε περίπτωση που δημιουργηθεί κάποιο πρόβλημα στον server, αυτόματα όλο το σύστημα σταματάει να λειτουργεί. Στην κατηγορία των συγκεντρωτικών ομότιμων δικτύων ανήκει γνωστό ως **Napster**.

❑ Αποκεντρωτικά P2P δίκτυα

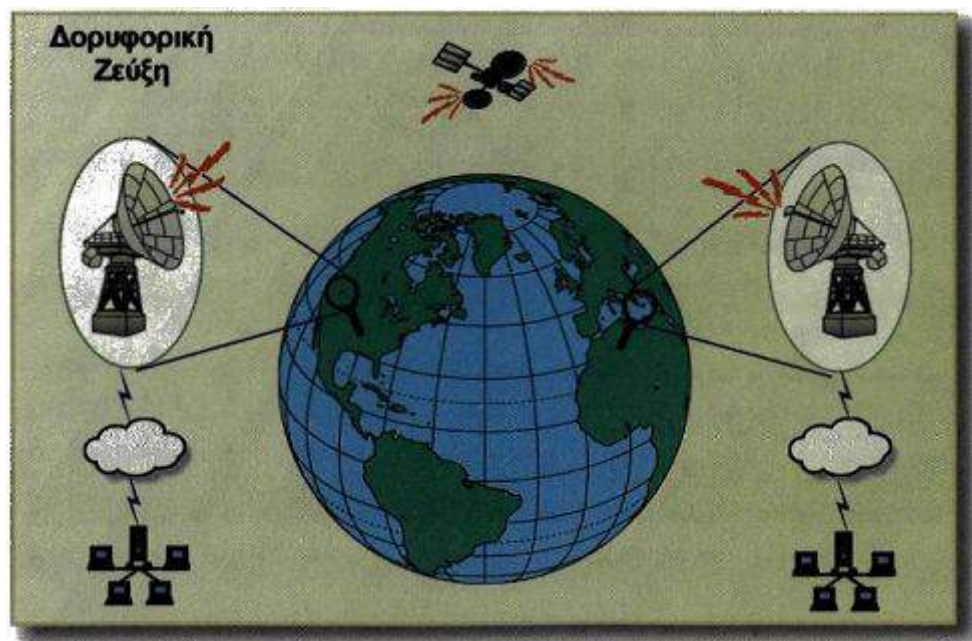
Η φιλοσοφία εδώ είναι εντελώς διαφορετική. Κάθε peer συνδέεται απευθείας με τα άλλα peers χωρίς να μεσολαβεί κάποιος εξυπηρετητής (server) δηλαδή **είναι ταυτόχρονα και πελάτης και εξυπηρετητής**. Αυτές οι συνδέσεις μπορεί να είναι άπειρες, και θεωρητικά να δημιουργήσουν ένα τεράστιο δίκτυο. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν το **Kazaa** και το **Gnutella**.

❑ Υβριδικά P2P δίκτυα

Τα υβριδικά P2P δίκτυα είναι ένας **συνδυασμός ομότιμων δικτύων και δικτύων πελάτη εξυπηρετητή**. Ένα τυπικό υβριδικό ομότιμο δίκτυο έχει έναν κεντρικό εξυπηρετητή, που βοηθάει τα peers να βρίσκονται μεταξύ τους. [27]

3. Δορυφορικά Δίκτυα

Στα δορυφορικά δίκτυα η επικοινωνία πραγματοποιείται μεταξύ δύο συνδεδεμένων απομακρυσμένων σταθμών (μέσω δορυφόρου) και είναι εφικτή μέσω **μικροκυμάτων**. Ο **δορυφόρος** μπορεί να θεωρηθεί ως ένας **μεγάλος επαναλήπτης μικροκυμάτων** στον ουρανό. Επίσης, περιέχει πολλούς αναμεταδότες, καθένας από τους οποίους λαμβάνει κάποιο τμήμα του φάσματος, ενισχύει το εισερχόμενο σήμα, και στην συνέχεια το επανεκπέμπει σε άλλη συχνότητα για να αποφευχθούν τυχόν παρεμβολές με το εισερχόμενο σήμα.



Εικόνα 8: Δορυφορική ζεύξη μεταξύ δύο δικτύων. [8]

Οι κατερχόμενες δέσμες ακτινών μπορεί να είναι ευρείες ώστε να καλύπτουν μεγάλο ποσοστό της επιφάνειας της γης, ή να είναι στενές ώστε να καλύπτουν μια περιοχή με διάμετρο λίγες εκατοντάδες χιλιόμετρα μόνο. Οι περισσότεροι δορυφόροι απλά επανεκπέμπουν ότι παραλαμβάνουν γι' αυτό και πολύ συχνά αναφέρονται ως λυγισμένοι σωλήνες (**bent pipes**). Οι δορυφόροι αυτοί χρησιμοποιούνται παραδοσιακά για να υποστηρίξουν εφαρμογές όπως της δορυφορικής τηλεόρασης ή του δορυφορικού τηλεφώνου. Τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιούνται και για την μετάδοση δεδομένων σε διάφορα WAN δίκτυα.

Η δορυφορική επικοινωνία *χαρακτηρίζεται* από:

- Την ευρύ περιοχή της επιφάνειας της γης όπου καλύπτει.

- Μεγάλες καθυστερήσεις μετάδοσης.

- Broadcast μεταδόσεις.

- Μεγάλα κανάλια Bandwidth.

- Κόστος αναμετάδοσης και μεταφοράς δεδομένων, όπου είναι ανεξάρτητο από την απόσταση.

Τα δορυφορικά δίκτυα μπορούν και *πρέπει* να εκπέμπουν σε πολλές διαφορετικές συχνότητες για up-link και down-link. Η ζώνη C ήταν αυτή που χρησιμοποιούνταν πιο πολύ στην πρώτη γενιά των δορυφορικών συστημάτων. Τα νέα συστήματα κινούνται σε υψηλότερες συχνότητες όπως η Ku και η Ka. Η εξασθένιση εξαιτίας των βροχών είναι το βασικό πρόβλημα που αντιμετωπίζουν αυτές οι δύο συχνότητες. Επιπλέον σε υψηλότερες συχνότητες, ο εξοπλισμός είναι ακόμα πολύ ακριβός (κυρίως για την Ka ζώνη).

Ζώνη UP-LINK (GHz) DOWN-LINK(GHz) - ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

C 4 (3.7-4.2) (5.925-6.425) - Επίγειες Παρεμβολές

Ku 11 (11.7-12.2) (14.0-14.5) - Βροχή

Ka 20 (17.7-21.7) (27.5-30.5) - Βροχή, κόστος εξοπλισμού

L/S 1.6 (1.610-1.625) (2.483-2.500) - Συνωστισμός

Το up-link είναι μία σύνδεση «αυστηρής» κατεύθυνσης από σημείο σε σημείο χρησιμοποιώντας από την γη **ένα δορυφορικό πιάτο-κεραία**. Το down-link συνήθως καλύπτει μια μεγάλη περιοχή, παρόλα αυτά μπορούμε να εστιάσουμε και σε μία συγκεκριμένη περιοχή (spot beams) χρησιμοποιώντας μικρότερους και φθηνότερους επίγειους σταθμούς. [28]

4. Ασφάλεια

Η έννοια της **ασφάλειας Δικτύου Υπολογιστών** σχετίζεται με την ικανότητα μιας επιχείρησης ή ενός οργανισμού να προστατεύει τις πληροφορίες του από τυχόν αλλοιώσεις και καταστροφές, καθώς και από μη εξουσιοδοτημένη χρήση των πόρων του. Εκτός αυτού, θεωρείται ως η δυνατότητα ενός δικτύου ή συστήματος πληροφοριών να αντισταθεί, σε δεδομένο επίπεδο αξιοπιστίας, σε τυχαία συμβάντα ή κακόβουλες ενέργειες που θέτουν σε κίνδυνο τη διάθεση, την επαλήθευση ταυτότητας, την ακεραιότητα και την τήρηση του απορρήτου των δεδομένων που έχουν αποθηκευτεί ή μεταδοθεί καθώς και τις συναφείς υπηρεσίες που παρέχονται είτε είναι προσβάσιμες μέσω των δικτύων και συστημάτων αυτών.



Εικόνα 9: Ασφάλεια Δικτύου Υπολογιστών. [9]

Η έννοια της ασφάλειας των δικτύων υπολογιστών συνδέεται στενά με τρεις βασικές έννοιες:

- **Διαθεσιμότητα (Availability)**

Διαθεσιμότητα σημαίνει να είναι προσπελάσιμες και χωρίς αδικαιολόγητη καθυστέρηση οι υπηρεσίες ενός δικτύου υπολογιστών όταν τις χρειάζεται μια εξουσιοδοτημένη οντότητα. Για τους σκοπούς της ασφάλειας, μας απασχολεί η παρεμπόδιση κακόβουλων επιθέσεων που αποσκοπούν στο να παρακωλύσουν την πρόσβαση των νόμιμων χρηστών σε ένα πληροφοριακό σύστημα. Αυτές οι επιθέσεις ονομάζονται **επιθέσεις άρνησης παροχής υπηρεσιών**.

- **Εμπιστευτικότητα (Confidentiality)**

Εμπιστευτικότητα σημαίνει πρόληψη μη εξουσιοδοτημένης αποκάλυψης πληροφοριών, δηλαδή, πρόληψη από μη εξουσιοδοτημένη ανάγνωση. Επομένως, τα δεδομένα που διακινούνται μεταξύ των υπολογιστών ενός δικτύου, αποκαλύπτονται μόνο σε εξουσιοδοτημένα άτομα. Άλλες εκφάνσεις της εμπιστευτικότητας είναι:

1. Η ιδιωτικότητα, προστασία των δεδομένων προσωπικού χαρακτήρα, δηλαδή αυτών που αφορούν συγκεκριμένα πρόσωπα και
2. Η μυστικότητα, προστασία των δεδομένων που ανήκουν σε έναν οργανισμό ή μια επιχείρηση.

- **Ακεραιότητα (Integrity)**

Η *ακεραιότητα* σημαίνει πρόληψη μη εξουσιοδοτημένης μεταβολής πληροφοριών, δηλαδή, πρόληψη από μη εξουσιοδοτημένη εγγραφή ή διαγραφή, συμπεριλαμβανομένης και της μη εξουσιοδοτημένης δημιουργίας δεδομένων. [29]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΚΙΝΗΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΩΝ ΓΕΝΙΩΝ

1. 1G

Το 1G είναι η **πρώτη γενιά ασύρματης τεχνολογίας που ανακαλύφθηκε**. Ξεκίνησε να χρησιμοποιείται την δεκαετία του 1980 και κυριαρχούσε αυτή η γενιά μέχρις ότου ανακαλυφθεί η δεύτερη γενιά ασύρματης τεχνολογίας, η 2G.



Εικόνα 10: Ασύρματη τεχνολογία πρώτης γενιάς. [10]

Τα ραδιοσήματα που χρησιμοποιούνται από τα δίκτυα 1G είναι **αναλογικά**. Επίσης, χρησιμοποιείται ψηφιακή σηματοδότηση για την σύνδεση των πύργων ραδιοσυχνοτήτων με το υπόλοιπο τηλεφωνικό σύστημα, η ίδια η φωνή κατά τη διάρκεια μιας κλήσης διαμορφώνεται σε μεγάλη συχνότητα, MHz και πάνω. Η προηγμένη τεχνολογία 1G είναι το κινητό ραδιόφωνο. [30]

2. 2G , 2.5G

Δέκα περίπου χρόνια αργότερα από την πρώτη γενιά ασύρματης τεχνολογίας, άρχισε να χρησιμοποιείται η δεύτερη γενιά ασύρματης

τεχνολογίας, η **2G**(ή 2-G). Ο λόγος που αντικαταστάθηκαν πλήρως από τα δίκτυα πρώτης γενιάς είναι επειδή κρυπτογραφούσαν ψηφιακά τις τηλεφωνικές συνομιλίες. Ήταν πιο αποτελεσματικά στο *φάσμα* και έδωσαν περισσότερες δυνατότητες στην ασύρματη επικοινωνία.



Εικόνα 11: Ασύρματη τεχνολογία δεύτερης γενιάς. [11]

Επίσης, εισήγαγαν υπηρεσίες δεδομένων για κινητά, ξεκινώντας από τα μηνύματα SMS. Επέτρεψαν στα διάφορα δίκτυα να παρέχουν υπηρεσίες όπως μηνύματα κειμένου, μηνύματα με εικόνα και μηνύματα πολυμέσων (MMS). Όλα τα μηνύματα που αποστέλλονται μέσω 2G είναι ψηφιακά κρυπτογραφημένα (ενώ τα 1G ήταν αναλογικά) επιτρέποντας την μεταφορά δεδομένων με τέτοιο τρόπο ώστε μόνο ο κατάλληλος δέκτης να μπορεί να τα λάβει και να τα διαβάσει. Ενώ τα ραδιοφωνικά σήματα σε δίκτυα 1G είναι αναλογικά, τα ραδιοφωνικά σήματα σε δίκτυα 2G είναι ψηφιακά. Και τα δύο συστήματα χρησιμοποιούν ψηφιακή σηματοδότηση για να συνδέσουν τους πύργους ραδιοφώνου με το υπόλοιπο κινητό σύστημα.

Έπειτα, με το GPRS (Service General Packet Radio), το 2G χρησιμοποιεί μία θεωρητική μέγιστη ταχύτητα μεταφοράς 50 kbit/s (στην πράξη 40 kbit/s), η οποία ονομάστηκε **2.5G (Δεύτερη και μισή γενιά)**. Χρησιμοποιείται για την περιγραφή 2G συστημάτων που έχουν υλοποιήσει έναν τομέα μεταγωγής πακέτων εκτός από τον τομέα μεταγωγής κυκλώματος. Δεν θεωρείται πιο γρήγορη γενιά διότι η ομαδοποίηση χρονικών μηνυμάτων χρησιμοποιείται και για υπηρεσίες δεδομένων μεταγωγής κυκλωμάτων. [31]

3. 3G , 3.5G

Το 1998 εμφανίστηκε η τρίτη γενιά (**3G**) ασύρματης τεχνολογίας. Πρόκειται για αναβάθμιση των δικτύων GPRS (2.5G) και 2G και το κύριο χαρακτηριστικό αυτής αυτής που δεν είχαν οι προηγούμενες, ήταν η ταχύτητα στο διαδίκτυο. Αυτό βασίζεται σε ένα σύνολο κινητών προτύπων που χρησιμοποιούνται για τις κινητές συσκευές και τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας.



Εικόνα 12: Ασύρματη τεχνολογία τρίτης γενιάς. [12]

Τα δίκτυα τηλεπικοινωνιών 3G υποστηρίζουν υπηρεσίες που παρέχουν ρυθμό μετάδοσης πληροφοριών τουλάχιστον 0.2 Mbit/s. Έπειτα, δημιουργήθηκε η ανάγκη για κινητή ευρυζωνική πρόσβαση αρκετών Mbit/s σε smartphones και κινητά μόντεμ σε φορητούς υπολογιστές, οπότε επεκτάθηκε η ασύρματη τεχνολογία τρίτης γενιάς σε **3.5G (Τρίτη και μισή γενιά)**. Εφαρμόστηκε στην ασύρματη φωνητική τηλεφωνία, την πρόσβαση στο internet μέσω της κινητής συσκευής, την σταθερή ασύρματη πρόσβαση

στο internet, τις βιντεοκλήσεις και τις τεχνολογίες κινητής τηλεόρασης.
[32]

4. 4G

Λίγο μετά την δεκαετία του 2000, το 2008, η τεχνολογία **4G** (τέταρτη γενιά ασύρματης τεχνολογίας) διαδέχθηκε την 3G. Ο Διεθνής Τηλεπικοινωνιακός Σύνδεσμος (ITU-R) καθόρισε ένα σύνολο απαιτήσεων για τα πρότυπα 4G, με την ονομασία International Mobile Telecommunications Advanced (IMT Advanced), που καθορίζει απαιτήσεις αιχμής για υπηρεσίες 4G στα 100 megabits ανά δευτερόλεπτο (Mbit/s) **για επικοινωνία υψηλής κινητικότητας** (όπως από τρένα και αυτοκίνητα) και 1 Gigabit ανά δευτερόλεπτο (Gbit/s) **για επικοινωνία χαμηλής κινητικότητας** (όπως πεζοί).



Εικόνα 13: Ασύρματη τεχνολογία τέταρτης γενιάς. [13]

Σε αντίθεση με προηγούμενες γενιές, ένα σύστημα 4G **δεν** υποστηρίζει την παραδοσιακή υπηρεσία τηλεφωνίας με κυκλώματα μεταγωγής, αλλά επικοινωνία βασισμένη στο πρωτόκολλο Internet IP, όπως η IP τηλεφωνία. Άρχισε να εγκαταλείπεται σε όλα τα υποψήφια συστήματα 4G η ραδιοφωνική τεχνολογία εξάπλωσης φάσματος που χρησιμοποιείται σε συστήματα 3G και να αντικαθίσταται από τη μετάδοση πολλαπλών φορέων OFDMA και από άλλα συστήματα εξισορρόπησης τομέα συχνοτήτων (FDE). Οι πιθανές και τρέχουσες εφαρμογές σε 4G περιλαμβάνουν την τροποποιημένη πρόσβαση στο κινητό ιστό, τις IP, τις υπηρεσίες τυχερών παιχνιδιών, την κινητή τηλεόραση υψηλής ευκρίνειας, την τηλεδιάσκεψη και την τρισδιάστατη τηλεόραση. [33]

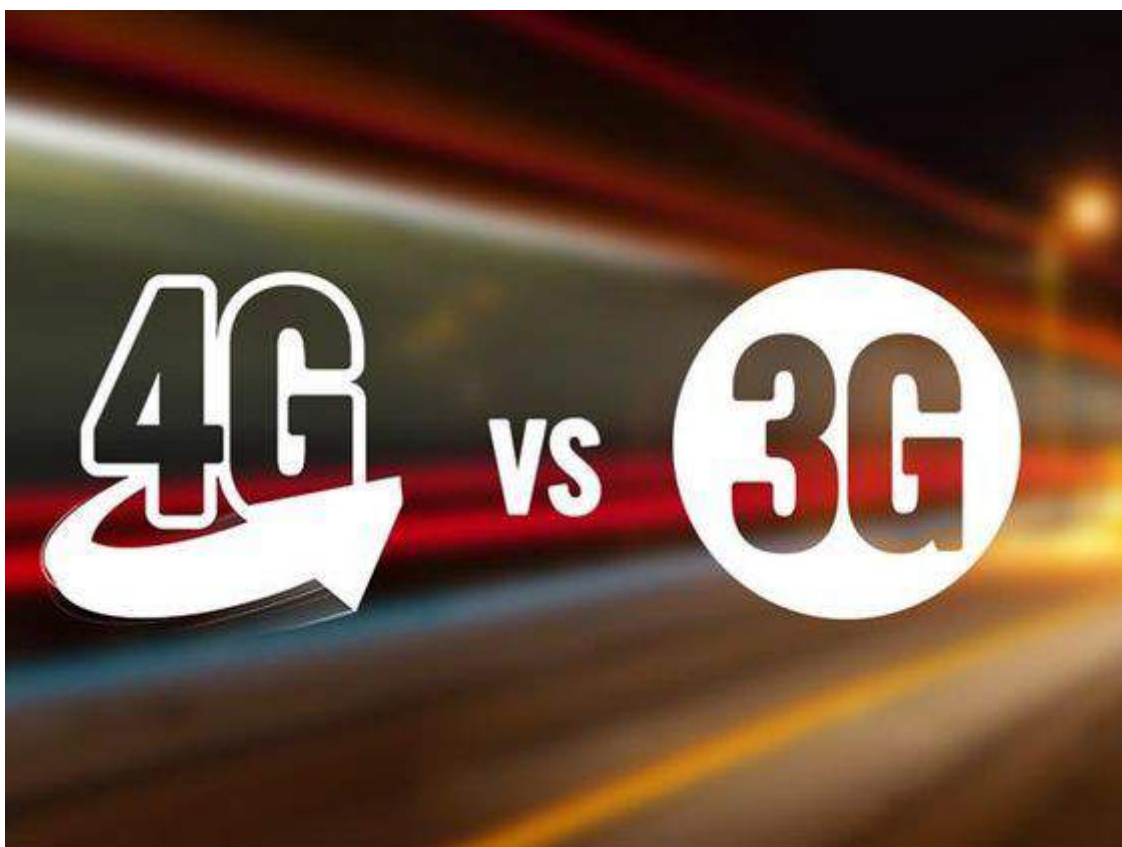
5. Απαιτήσεις του δικτύου 4G

Για το λόγο του ότι το 4G είναι ένα δίκτυο το οποίο έχει καλύτερη απόδοση και παρέχει περισσότερες δυνατότητες σε σχέση με τα δίκτυα προηγούμενης γενιάς από αυτό, συνεπάγεται ότι θα έχει και περισσότερες απαιτήσεις. Κάποιες από αυτές τις απαιτήσεις (οι οποίες αφορούν κυρίως την απόδοση και την επεκτασιμότητα) που έχουμε από τα δίκτυα 4G είναι τα ακόλουθα:

1. **Ομαλό handoff.** Οι λειτουργίες που αφορούν το handoff θέλουμε να είναι όσο το δυνατόν πιο γρήγορες, ώστε να ελαχιστοποιείται η καθυστέρηση και κατ' επέκταση η απώλεια πακέτων κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας.
2. **Αποδοτική Δρομολόγηση.** Τα μονοπάτια δρομολόγησης μεταξύ των κόμβων επικοινωνίας και των κινητών κόμβων βελτιστοποιήθηκαν ώστε να εξαλειφθούν οι περιττές μεταφορές δεδομένων μεταξύ τους.
3. **Σύντομοι και αποδοτικοί έλεγχοι.** Η λογική της κινητικότητας υποστηρίζει διαφορετικά επίπεδα ασφάλειας, όπως η κωδικοποίηση των δεδομένων, τα πιστοποιητικά χρήστη, τα κλειδιά πιστοποίησης, ενώ γίνεται με γρήγορο τρόπο προκειμένου να μην επιβαρύνεται το δίκτυο από αυτούς τους ελέγχους.
4. **Εύρος ζώνης.** Μεγαλύτερο εύρος ζώνης συνεπάγεται μικρότερες πιθανότητες να χαθεί ή να διακοπεί μια κλήση. Ως εκ τούτου, η διαχείριση του εύρους ζώνης είναι συνδεδεμένη με τις τεχνικές που αφορούν το handoff.
5. **Καθυστερήσεις προερχόμενες από το handoff.** Οι καθυστερήσεις λόγω του handoff επηρεάζουν την ποιότητα πολλών εφαρμογών των χρηστών. Στα συστήματα 4G υπάρχει τόσο οριζόντιο όσο και κάθετο handoff. Οριζόντιο handoff πραγματοποιείται όταν το τερματικό μετακινείται από το ένα κελί στο άλλο εκτός του ίδιου δικτύου. Κάθετο handoff πραγματοποιείται όταν το τερματικό μετακινείται μεταξύ διαφορετικών δικτύων.

6. Σύγκριση μεταξύ τους

Τα δίκτυα 4G έχουν μπει για τα καλά στην ελληνική καθημερινότητα κατά τα τελευταία χρόνια και αυτό δεν είναι τυχαίο, διότι όσο περνούν τα χρόνια η τεχνολογία εξελίσσεται και τα δίκτυα 4G “προσπαθούν” να συμβαδίσουν με τις εξελίξεις της τεχνολογίας. Σε αυτό το σημείο λοιπόν, αξιοσημείωτο θα ήταν να δούμε κάποιες βασικές διαφορές που έχει το δίκτυο 4G, σε σχέση με το προηγούμενο από αυτό, το δίκτυο 3G.



Εικόνα 14: Σύγκριση των ασύρματων δικτύων 3G και 4G. [14]

Θεωρώ πως δεν θα είχε νόημα να συγκρίνει κάποιος το ασύρματο δίκτυο 4G με κάποιο δίκτυο πριν από το δίκτυο 3G διότι οι **διαφορές** είναι **αρκετές**, οι **τεχνολογίες** είναι **διαφορετικές**, καθώς και οι **στόχοι** που είχαν στα δίκτυα πριν από 10-15 χρόνια ήταν σίγουρα διαφορετικοί σε σχέση με

τους στόχους τους οποίους έχουν για τα σύγχρονα δίκτυα. Κάποιες από τις βασικές διαφορές που έχουν αυτά τα δύο δίκτυα είναι:

1. Η εναλλαγή από τα δίκτυα GSM στα δίκτυα 3ης γενιάς ήταν μία αρκετά χρονοβόρα διαδικασία με μεγάλα κόστη για τις εταιρείες κινητής τηλεφωνίας, όπου σε κάποιες περιπτώσεις χρειάστηκε η αλλαγή ολόκληρης της υποδομής και των ραδιοσυχνοτήτων εκπομπής για να δουλεύει ξανά σωστά. Πλέον, η μετάβαση από τα δίκτυα GSM στα δίκτυα 4G είναι μία **διαδικασία γρήγορη, άμεση, δεν απαιτείται η αλλαγή ολόκληρης της υποδομής, ούτε των ραδιοσυχνοτήτων εκπομπής για να δουλεύει σωστά.**
2. Μία πολύ βασική διαφορά που έχουν τα δύο αυτά δίκτυα είναι ότι τα δίκτυα 4G **παρέχουν πολύ υψηλές ταχύτητες δεδομένων που προσφέρουν**, ξεπερνώντας κατά πολύ τις αντίστοιχες των δικτύων 3G. Έτσι, επιτρέπει υπηρεσίες οι οποίες ήταν προσβάσιμες στο παρελθόν αλλά τις προσφέρει πιο γρήγορα, με μεγαλύτερη ποιότητα και αξιοπιστία.
3. Επιπλέον, αξίζει να σημειωθεί ότι τα δίκτυα 4G δεν προσφέρουν κάτι πρακτικό που να αλλάζει τις τηλεπικοινωνίες ή τον τρόπο που μιλάμε. Ωστόσο, υποστηρίζονται τα νέα πρωτόκολλα internet, IPv6, ενώ παρέχει μεγαλύτερη πληρότητα κάλυψης σε σύγκριση με τα δίκτυα 3G.
4. Η τεχνολογία που υποστηρίζει το δίκτυο 4G είναι **LTE**, ενώ η τεχνολογία που υποστηρίζει το 3G είναι **HSPA**. Αξίζει να τονιστεί ότι το LTE έχει βελτιστοποιηθεί για μεγέθη κυψελών μέχρι 5 km, λειτουργεί με μειωμένη απόδοση έως και 30 km και υποστηρίζει μεγέθη κυψελών έως 100 χιλιόμετρα.
5. Το δίκτυο 4G έχει δεχθεί ποικίλες βελτιώσεις που του επιτρέπουν να έχει βέλτιστη απόδοση ακόμη και όταν ο κινητός δέκτης (χρήστης) βρίσκεται εν κινήσει.
6. Το 4G **δεν φέρνει κάποια νέα και πρωτοποριακή τεχνολογία μαζί του**, οπότε εφαρμογές που να λειτουργούν αποκλειστικά μέσω των δικτύων τέταρτης γενιάς στην παρούσα φάση δεν υπάρχουν. Ωστόσο, το 4G κατάφερε να αυξήσει σε μεγάλο

βαθμό τις ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων, διευκολύνοντας πολλούς τομείς της καθημερινότητας.

7. Με το 4G, η μετάδοση δεδομένων δεν γίνεται μόνο πολύ γρήγορα, αλλά και **με μικρές καθυστερήσεις**. Με αυτόν τον τρόπο, και λόγω της ασύρματης φύσης τους, έχει βελτιώσει σε μεγάλο βαθμό την λειτουργικότητα της **τηλεϊατρικής**. Έτσι, κάτοικοι σε απομακρυσμένες περιοχές όπως οι κάτοικοι σε νησιά, μπορούν να αποκτήσουν πρόσβαση σε ποιοτικές υπηρεσίες υγείας ακόμη κι αν η περιοχή δεν έχει επαρκή ιατροφαρμακευτική περίθαλψη. Μάλιστα, δεν είναι πρωτόγνωρο το φαινόμενο της τηλεχειρουργικής, η δυνατότητα δηλαδή που έχει ένας γιατρός να εκτελεί μια εγχείρηση σε έναν ασθενή ακόμα και αν δε βρίσκονται σωματικά στο ίδιο μέρος. Αποτελεί μία από τις πιο υποσχόμενες τεχνολογίες του άμεσου μέλλοντος, η οποία **δεν θα μπορούσε να εφαρμοστεί σε μεγάλο μέρος του πληθυσμού της γης χωρίς την ύπαρξη συνδέσεων δεδομένων υψηλής ταχύτητας όπως τα δίκτυα 4ης γενιάς**. Όλα αυτά εννοείται πως δεν είχαν υλοποιηθεί στα δίκτυα 3ης γενιάς.
8. Συνεχίζοντας με τις γρήγορες ταχύτητες δεδομένων, με τα δίκτυα 4ης γενιάς, **δίνεται η δυνατότητα εκπαίδευσης εξ αποστάσεως, ακόμα και εν κινήσει**. Αν για οποιοδήποτε λόγο κάποιος που παρακολουθεί ένα πρόγραμμα σπουδών ή ένα σεμινάριο δεν μπορεί να παρευρεθεί στον χώρο της εκδήλωσης, με το 4G μπορεί να αποκτήσει πρόσβαση σε οπτικοακουστικό υλικό αλλά και σε διαδραστικές εφαρμογές όπου κι αν βρίσκεται, ακόμη και στις περιπτώσεις που ο εκπαιδευόμενος δεν βρίσκεται στον χώρο της κατοικίας του. Αντίστοιχα, η αποστολή και παραλαβή εργασιών, υλικού και παρατηρήσεων μεταξύ διδάσκοντα και διδασκόμενου μπορεί να γίνει άμεσα χωρίς την ανάγκη προσωπικής επαφής ή ανάγκη ύπαρξης οικιακού δικτύου. Παρόμοια εφαρμογή των 4G δικτύων μπορεί να υπάρξει και στον εργασιακό τομέα, όπου ο εργαζόμενος μπορεί να αποστέλλει χωρίς καθυστερήσεις σε πραγματικό χρόνο αναφορές, παρουσιάσεις και ανταποκρίσεις

από διάφορες εργασίες που του έχουν ανατεθεί εκτός του χώρου εργασίας του. Για παράδειγμα, η ζωντανή κάλυψη ενός event απαιτούσε στο παρελθόν δορυφορικές συνδέσεις, ενώ πλέον επιτυγχάνεται μέσω των δικτύων κινητής 4ης γενιάς.

9. Τα δίκτυα 4G **προσφέρουν** επιπλέον **διευκολύνσεις και στην ζωή μας**. Παραδείγματα τέτοιων εφαρμογών είναι η Voice over IP (VoIP) και η IPTV, για τις οποίες η ποιότητα της σύνδεσης είναι κύριο χαρακτηριστικό, και καθορίζει, το ποσοστό των δεδομένων που μεταφέρονται και το αν η μεταφορά θα είναι επιτυχής και συνεχής. Ιδιαίτερα οι τεχνολογίες IPTV που γίνονται ολοένα και πιο δημοφιλείς (κυρίως στο εξωτερικό), είναι ρητά συνδυασμένες με την ποιότητα εικόνας και ήχου, άρα και με τον ρυθμό μετάδοσης δεδομένων. Αυτές τις διευκολύνσεις δεν μας τις έδινε το δίκτυο 3G στην ζωή μας.
10. Μία ακόμη, ολοένα και αναπτυσσόμενη βιομηχανία, που επωφελείται άμεσα από την εξέλιξη των ασύρματων δικτύων, είναι αυτή των ηλεκτρονικών παιχνιδιών. Μέχρι σήμερα, κάθε προσπάθεια κάποιας εταιρείας για διαδικτυακό gaming ήταν αναγκαστικά προσκολλημένη στα πλαίσια του σπιτιού ή κάποιου ασύρματου WiFi hotspot, ακόμη κι αν μιλάμε για φορητές πλατφόρμες παιχνιδιού. Η κατάσταση ωστόσο με την επόμενη γενιά φορητών παιχνιδιokonσώλων αναμένεται να αλλάξει σημαντικά. Η αρχή έχει γίνει ήδη με τα κινητά και τα 4G tablets που επιτρέπουν συνεχή σύνδεση στο διαδίκτυο μέσω των δικτύων κινητής, και αυτό το ρεύμα σίγουρα αναμένεται να επηρεάσει την gaming βιομηχανία. Η συνεχή σύνδεση μιας φορητής συσκευής στο διαδίκτυο μπορεί να απελευθερώσει τα χέρια των δημιουργών περιεχομένου και να αναπτύξουν εμπειρίες που δεν θα απαιτούν την διακοπή της ροής του παιχνιδιού όταν ο χρήστης βρίσκεται εκτός σπιτιού ή εν κινήσει.
11. Ακόμη, τα δίκτυα 4G έχουν αναπτύξει υπηρεσίες που **βασίζονται στη γεωγραφική θέση** (Location-based services), δηλαδή την ικανότητα του δικτύου να εντοπίζει τους συνδρομητές, κάτι το οποίο δεν μπορούσε να κάνει ένα δίκτυο

3G. Μάλιστα η ικανότητα αυτή των 4G δικτύων είναι ιδιαίτερα εξελιγμένη με αποτέλεσμα να επιτρέπει τον “εντοπισμό” του χρήστη ακόμη και αν βρίσκεται σε εξωτερικούς χώρους. Με δεδομένη αυτή την υπηρεσία, μέσω των δικτύων 4ης γενιάς γίνεται άμεση η πλοήγηση σε χάρτες, η αναζήτηση κοντινών τοποθεσιών.

12. Τέλος, τα δίκτυα 4G **εξελίχθηκαν σημαντικά στις εφαρμογές έκτακτης ανάγκης**. Παράδειγμα μιας τέτοιας εφαρμογής, είναι να βρίσκεται σε κίνδυνο ένα άτομο αλλά για κάποιο λόγο να μην μπορεί να επικοινωνήσει και να αναφέρει τη θέση του, με το δίκτυο 4G θα μπορεί να λάβει βοήθεια αν χρησιμοποιήσει τη συσκευή του έτσι ώστε να στείλει αυτή την πληροφορία αυτόματα στις αντίστοιχες υπηρεσίες βοήθειας και άμεσης δράσης. [34] [35]
-

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΚΙΝΗΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΕΠΙΟΜΕΝΩΝ ΓΕΝΙΩΝ

1. 5G

Όπως είναι αναμενόμενο, τα δίκτυα ασύρματης τεχνολογίας δεν θα σταματήσουν στα δίκτυα 4ης γενιάς. Συνέχεια άρα και εξέλιξη αυτών, είναι τα ψηφιακά κυψελοειδή δίκτυα **5G**, τα οποία (όπως και κάθε νέας γενιάς δίκτυο) **θα προσφέρει καλύτερη απόδοση και περισσότερες δυνατότητες** σε σχέση με το δίκτυο προηγούμενης γενιάς από αυτό, το δίκτυο 4G. Αυτή η γενιά θεωρητικά έχει εφαρμοστεί, πρακτικά όχι ακόμα.



Εικόνα 15: Ασύρματη τεχνολογία πέμπτης γενιάς. [15]

Η περιοχή υπηρεσιών που θα καλύπτεται αυτής της γενιάς δίκτυο από τους παρόχους θα είναι σε μικρές γεωγραφικές περιοχές οι οποίες ονομάζονται **κελιά**. Οι νέες ασύρματες συσκευές 5G διαθέτουν την δυνατότητα 4G LTE, καθώς τα νέα δίκτυα χρησιμοποιούν 4G για την αρχική

σύνδεση με το κελί καθώς και σε θέσεις όπου δεν υπάρχει σύνδεση 5G. Η ασύρματη τεχνολογία 5G μπορεί να υποστηρίξει έως και **ένα εκατομμύριο συσκευές ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο**, ενώ το 4G υποστηρίζει *μέχρι 4.000 συσκευές ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο*. Όπως προανέφερα, θεωρητικά έχει εφαρμοστεί το δίκτυο 5G, πρακτικά δεν έχει εφαρμοστεί ακόμα. Ήδη κάποιες εταιρείες πωλούν ραδιόφωνο 5G και συστήματα 5G για μεταφορείς αλλά δεν έχει κυκλοφορήσει τόσο όσο ήταν προορισμένο αρχικά.

Εκτός από τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας, η 5G αναμένεται να χρησιμοποιηθεί ευρέως για ιδιωτικά δίκτυα με εφαρμογές στη βιομηχανική διαδικτυακή πύλη, τη δικτύωση επιχειρήσεων και τις κρίσιμες επικοινωνίες. Δημιουργείται μία νέα διεπαφή αέρα που δημιουργήθηκε για το δίκτυο 5G, το 5G NR(New Radio). Αυτό αναφέρεται πως είναι το παγκόσμιο πρότυπο για τη διεπαφή αέρα των δικτύων 3GPP 5G. Οι αρχικές εκτοξεύσεις του 5G NR θα εξαρτηθούν από την υπάρχουσα υποδομή του 4G, την τεχνολογία LTE σε **μη αυτόνομη λειτουργία** πριν την ωρίμανση της **αυτόνομης λειτουργίας** με το κεντρικό δίκτυο 5G.

Προκειμένου να υποστηριχθούν αυξημένες απαιτήσεις απόδοσης 5G, μεγάλες ποσότητες νέου φάσματος (ζώνες συχνότητας 5G NR) έχουν διατεθεί σε 5G. Από τον Μάρτιο του 2019, αναφέρθηκαν 52 χώρες, εδάφη, ειδικές διοικητικές περιφέρειες, αμφισβητούμενα εδάφη και εξαρτήσεις που εξετάζουν επισήμως την εισαγωγή ορισμένων ζωνών ραδιοφάσματος για υπηρεσίες 5G, διεξάγουν διαβουλεύσεις σχετικά με κατάλληλες κατανομές φάσματος για 5G ή έχουν ήδη διαθέσει φάσμα σε 5G. [36]

Η νέα διεπαφή αέρα που προανέφερα, λεγόμενη και ως 5G NR υποδιαιρείται σε 2 ζώνες συχνοτήτων: FR1(κάτω από 6 GHz) και FR2(mmWave) όπου κάθε μία από αυτές προσφέρει διαφορετικές δυνατότητες.

1. **FR1 (Frequency Range 1 - Εύρος Συχνότητας 1)**

Το μέγιστο εύρος ζώνης καναλιού που ορίζεται για το FR1 είναι 100 MHz, λόγω της ανεπάρκειας του συνεχούς φάσματος σε αυτό το φάσμα συχνοτήτων. Η ζώνη που χρησιμοποιείται ευρύτερα για 5G σε αυτό το εύρος είναι περίπου 3,5 GHz.

2. **FR2 (Frequency Range 2 - Εύρος Συχνότητας 2)**

Το ελάχιστο εύρος ζώνης καναλιού που ορίστηκε για το FR2 είναι το 50MHz και το μέγιστο είναι 400MHz, ενώ η δέσμευση 2 καναλιών υποστηρίζεται στο 3GPP Release 15.

Η ασύρματη τεχνολογία 5G μπορεί να χρησιμοποιήσει υψηλότερες συχνότητες από την τεχνολογία 4G και αυτό έχει ως αποτέλεσμα κάποια σήματα 5G να μην είναι ικανά να ταξιδεύουν μεγάλες αποστάσεις (πάνω από μερικές εκατοντάδες μέτρα), σε αντίθεση με σήματα 4G ή σήματα 5G χαμηλότερης συχνότητας. Για να μπορούν να χρησιμοποιηθούν υψηλότερες συχνότητες της τεχνολογίας 5G απαιτείται να τοποθετηθούν σταθμοί βάσης 5G κάθε μερικές εκατοντάδες μέτρα. Ένα ακόμα πρόβλημα που μπορεί να προκύψει όταν στα δίκτυα 5G χρησιμοποιούνται υψηλότερες συχνότητες είναι ότι δεν απορροφούνται σε στερεά αντικείμενα όπως τα δέντρα, τα αυτοκίνητα, οι τοίχοι κλπ λόγω της φύσης αυτών των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων υψηλότερης συχνότητας. [37]

Η 5G γενιά **θα προσφέρει αρχιτεκτονικές λύσεις, τεχνολογίες και πρότυπα** για την επόμενη γενιά υποδομών επικοινωνίας (της επόμενης δεκαετίας) και **θα παρέχει τέτοιου είδους επιτεύγματα**. Επίσης, **τετραπλασιάζεται η χωρητικότητα** των ασύρματων δικτύων, τα οποία εξυπηρετούν πάνω από 7 δισεκατομμύρια συσκευές, υπό την προϋπόθεση να δημιουργηθεί ένα ασφαλές, αξιόπιστο δίκτυο με ελάχιστη αναμονή.

Επιπρόσθετα, όσον αφορά την τεχνολογία 5G **αναμένεται να αλλάξει και τον τρόπο ύπαρξης των σύγχρονων δικτύων**. Σε αντιδιαστολή με τα δίκτυα ραδιοεπικοινωνιών, τα οποία αποτελούνται από «κυψέλες», οι οποίες βρίσκονται σε σταθμούς βάσης, εικάζεται ότι τα 5G δίκτυα θα βρίσκονται σε μία σειρά διαφορετικών ζωνών συχνοτήτων, που θα μεταφέρουν πληροφορίες με διαφορετικές ταχύτητες και θα έχουν εντελώς διαφορετικά χαρακτηριστικά μετάδοσης. Σήμερα ένα τηλέφωνο συνδέεται με το δίκτυο μέσω μιας ανοδικής και μία καθοδικής ζεύξης, με τον τοπικό σταθμό βάσης. Δηλαδή, το δίκτυο αναμένεται να αλλάζει σύμφωνα με τις απαιτήσεις δεδομένων της εκάστοτε συσκευής.

Επίσης, ενισχύεται η άποψη πως θα προκύψουν νέες κλάσεις συσκευών, οι οποίες θα επικοινωνούν με άλλες συσκευές. Τέτοιο

παράδειγμα είναι οι **αισθητήρες**, οι οποίοι αναμένεται να στέλνουν δεδομένα σε κάποιον εξυπηρετητή (server), με τη διαφορά ότι αυτό θα πραγματοποιείται με «κεντρικό προς την συσκευή τρόπο» και όχι με «κυψελοκεντρικό», που γίνεται σήμερα. Αυτό θα συμβεί, εφόσον, οι νέες συσκευές θα είναι ικανές να “αποφασίζουν” πότε και πως είναι αποτελεσματικότερο να αποσταλούν τα δεδομένα στον εξυπηρετητή.

Επιπρόσθετα, **θα υπάρξουν αλλαγές στη μετάδοση της πληροφορίας**. Η μετάδοση μικροκυμάτων, που χρησιμοποιείται σήμερα θα συμπληρωθεί από τη μετάδοση κυμάτων χιλιοστού. Τα μικροκύματα εκτείνονται σε φάσμα 600 MHz, το οποίο έχει απελευθερωθεί μετά την επικράτηση της ψηφιακής τηλεόρασης (η οποία στην Ελλάδα υπάρχει μέσω της DIGEA) όχι όμως σε μεγάλο βαθμό, και όπως είναι ευρέως γνωστό, έχει αρκετά υψηλό κόστος. Έτσι, φυσικό επόμενο αυτού, είναι η αναζήτηση λύσεων για τα μεγαλύτερα μήκη κύματος και για τις υψηλότερες συχνότητες μετάδοσης, οι οποίες κυμαίνονται στις τάξεις των 3-300 GHz. Κάτι τέτοιο εμφανίζει εξίσου διάφορα προβλήματα, εφόσον τα σήματα αυτά είναι δυνατό να δεχτούν μεγάλες παρεμβολές από τα κτίρια, την κακοκαιρία, αλλά και την ανθρώπινη δραστηριότητα μεταξύ πομπού και δέκτη. Τέτοια προβλήματα, αναμένεται να επιλυθούν με τη χρήση κατευθυντικών κεραιών, οι οποίες στρέφονται σε πραγματικό χρόνο την ώρα ,που μπλοκάρονται τα σήματα. [38]

Επόμενο επίτευγμα του 5G θα αποτελέσει η τεχνολογία MIMO (Multiple in-Multiple-out). Πρακτικά, κάτι τέτοιο σημαίνει πως οι σταθμοί βάσης θα εξοπλιστούν με πολλαπλές κεραιές, που θα μεταδίδουν πολλά σήματα ταυτόχρονα, ενώ τέτοια κεραία θα μπορεί να έχει και μία συσκευή. Η τεχνολογία αυτή μπορεί να βελτιώσει σημαντικά την αποτελεσματικότητα, με την οποία ένα δίκτυο μπορεί να διαχειριστεί τις συχνότητές του. Σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση των δικτύων του μέλλοντος θα παίξουν και οι ολοένα εξυπνότερες συσκευές. Επομένως, **αντί τα σήματα να δρομολογούνται από τους σταθμούς βάσης, θα είναι εφικτό να δρομολογούνται και από τις ίδιες τις συσκευές**.

Με το δίκτυο 5G **θα δίνεται η δυνατότητα σε πλήθος συσκευών να επικοινωνούν μεταξύ τους, χωρίς να είναι απαραίτητο να χρησιμοποιούν**

το δίκτυο. Για παράδειγμα, ένα δίκτυο αισθητήρων μπορεί να έχει δεκάδες χιλιάδες συσκευές μετάδοσης δεδομένων θερμοκρασίας. Η μετάδοσή τους καθίσταται ευκολότερη αν τα δεδομένα αποσταλούν χωρίς να παρεμβάλλεται ο σταθμός βάσης, κάτι το οποίο θα συμβεί με χρήση της νέας αυτής τεχνολογίας.

Αξίζει κάπου εδώ να επισημάνω την **σημασία που θα έχουν για το δίκτυο αυτό και οι ίδιοι οι πολίτες.** Ο τρόπος με τον οποίο αρχίζουν να χρησιμοποιούν οι πολίτες, οι κρατικοί φορείς και οι επιχειρήσεις, τα ασύρματα δίκτυα και τις ψηφιακές τεχνολογίες δημιουργεί νέα μοντέλα χρήσης και ανάγκες, που πολύ δύσκολα θα είναι εφικτό να καλυφθούν από τα 4G δίκτυα ή ακόμη και από τα δίκτυα οπτικών ινών, που υλοποιούνται σε διάφορα σημεία του πλανήτη. Ένα κλασικό παράδειγμα αυτού είναι η όλο και αυξανόμενη απαίτηση για υψηλές ταχύτητες σύνδεσης λόγω της χρήσης του video πολύ υψηλής ευκρίνειας. Τα 100 Mbps, που θα προσφέρει σε 1-2 χρόνια το 4G δεν θα είναι αρκετά, ούτε καν τα 200 Mbps των δικτύων οπτικών ινών. Το 1 Gbps είναι το ελάχιστο όριο, που θα απαιτείται και δεν είναι τυχαίο ότι σε εταιρικά περιβάλλοντα γίνεται λόγος για συνδέσεις 10 Gbps με το 5G.

2. Υπηρεσίες και απαιτήσεις του 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 του 5G 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 υπερυψηλής ποιότητας βίντεο και σε σημαντικές εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας.
- Η μηδενική καθυστέρηση και οι χρόνοι απόκρισης λιγότερο από ένα χιλιοστό του δευτερολέπτου σε λανθάνουσα κατάσταση.
- Τεράστια χωρητικότητα, αφού τα υπάρχοντα συστήματα κινητής τηλεφωνίας, ήδη υποστηρίζουν 5 δισεκατομμύρια χρήστες, και αυτό θα πρέπει να επεκταθεί για να υποστηρίξει 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.
- Τα 10 Gbps ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων για την υποστήριξη κινητής cloud υπηρεσίας, που από πολλούς θεωρείται το μέλλον της κινητής επικοινωνίας. [39] [40]

3. 6G

Αμέσως μετά την ασύρματη τεχνολογία 5G είναι αναμενόμενο να ακολουθήσει η επόμενη τεχνολογία, όπου σε αυτήν την περίπτωση είναι η **6G**. Αυτή η τεχνολογία είναι αρκετά μελλοντική, με την έννοια ότι για να χρησιμοποιηθεί πρακτικά αυτή η τεχνολογία πρέπει πρώτα να χρησιμοποιηθεί η τεχνολογία 5G η οποία ακόμα δεν έχει υλοποιηθεί, είναι

σε ένα πολύ αρχικό στάδιο, όπως ανέφερα στο προηγούμενο κεφάλαιο. Η υλοποίηση της ασύρματης τεχνολογίας 5ης γενιάς αναμένεται να αρχίζει να χρησιμοποιείται στις αρχές του 2020, οπότε η ασύρματη τεχνολογία **6ης** γενιάς θα χρησιμοποιηθεί μετά το **2023**. Ωστόσο, υπάρχουν κάποιες οι οποίες ενώ το 5G δεν έχει ακόμα εφαρμοστεί, εργάζονται πάνω στο 6G, τι βελτιώσεις θα μπορούσε να έχει σε σχέση με το 5G, τι απόδοση θα μπορούσε να έχει και τι διαφορές σε σχέση με το 5G.



Εικόνα 16: Ασύρματη τεχνολογία έκτης γενιάς. [16]

Όπως αναφέρει το MIT Technology Review, κάποιες απαντήσεις πάνω σε αυτά τα ερωτήματα δίνουν οι: Ραζβάν Αντρέι Στόικα και Τζιουζέπε Αμπρό στο Jacobs University Bremen στη Γερμανία. Ήδη αυτοί οι δύο έχουν βρει κάποιους περιορισμούς που σου δίνει το 5G, οι οποίες θα μπορούσαν να οδηγήσουν στην ανάπτυξη της επόμενης γενιάς ασύρματη τεχνολογία, το 6G. Μέχρι στιγμής, η βασική διαφορά που έχουν αναφέρει ότι θα έχει σε σχέση με το 5G είναι η **χρήση της τεχνητής νοημοσύνης**, η οποία ήδη από το 2019 έχει ξεκινήσει να ακμάζει, χωρίς όμως να έχει εφαρμοστεί ακόμα μέσω ασύρματου δικτύου.

Βασικό ερώτημα το οποίο γεννάται όμως είναι το εξής: Ήδη το 5G έχει τρομερές δυνατότητες, πολύ υψηλή απόδοση, πολύ γρήγορη μεταφορά δεδομένων, ειδικά σε σύγκριση με τα ασύρματα δίκτυα προηγούμενης γενιάς από αυτό (π.χ. το 4G). **Πως θα μπορούσε το 6G να γίνει ακόμα καλύτερο από αυτό;** Σε αυτό το ερώτημα έχουν δοθεί ήδη κάποιες προσεγγίσεις, όπως π.χ. ότι οι ταχύτητες download θα μπορούσαν να πλησιάσουν το 1 terabit/sec, θα επιλύουν πολύπλοκα προβλήματα σε πραγματικό χρόνο (όπως ο συντονισμός αυτόνομων οχημάτων που κινούνται σε μια μεγάλη πόλη). Κάτι τέτοιο θα απαιτούσε να δημιουργηθούν δίκτυα μεταξύ οχημάτων επί τόπου. Επίσης, θα έχουν την δυνατότητα να ανήκουν σε ευρύτερα δίκτυα, να υπολογίζουν διαδρομές καλύτερα σε σύγκριση με το 5G.

Αυτά όμως είναι μόνο μερικά από αυτά που θεωρούν ότι θα βοηθήσει το 6G. Το 5G όμως, όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, **βοήθησε τους ανθρώπους και στην καθημερινή τους ζωή.** Άρα πρέπει το 6G να δώσει περισσότερες δυνατότητες και διευκολύνσεις στους ανθρώπους στην καθημερινότητά τους. Και έτσι πιστεύουν ότι θα γίνει. Πιο συγκεκριμένα, θεωρούν πως θα βοηθήσει ακόμα περισσότερο την υγεία, τα χειρουργεία και η διάγνωση (τα οποία ήδη μπορούν να εφαρμοστούν εξ αποστάσεως) με το 6G θα γίνει σε μεγαλύτερο βαθμό, ότι προβλήματα διαπίστωσαν στο 4G και στο 5G στο θέμα της υγείας εξ αποστάσεως με το 6G θα πάψει να υπάρχει, οι τηλεδιασκέψεις πλέον θα γίνουν πιο αληθινές μέσω AR/VR, οι χρηματαγορές, το network optimization και η δυνατότητα πρόβλεψης και αντίδρασης σε γεγονότα τα οποία ακόμα βρίσκονται σε εξέλιξη, είναι μόνο **κάποια** από τα χαρακτηριστικά τα οποία θεωρείται ότι θα έχει το 6G.

Θα είναι απαραίτητες οι αλληλεπιδράσεις σε τεράστιες κλίμακες για την ομαλή λειτουργία τεράστιων και πολύπλοκων συστημάτων, οι οποίες είναι πέρα από τις δυνατότητες του 5G, αυτά δηλαδή είναι δυνατότητες που, σύμφωνα με τα τωρινά δεδομένα, δεν μπορούν να εφαρμοστούν στο 5G, άρα είναι μία πρόκληση για το 6G. Όπως τονίζουν οι δύο ερευνητές, «για να αξιοποιηθεί η πραγματική δύναμη τέτοιων συστημάτων, η συνεργατική τεχνητή νοημοσύνη είναι κλειδί. Και εκ της φύσεως της

κοινωνίας του 21ου αιώνα, είναι ξεκάθαρο πως αυτή η συνεργασία μπορεί να επιτευχθεί **μόνο** μέσω ασύρματων επικοινωνιών».

Συνοψίζοντας, το 6G είναι μία ασύρματη τεχνολογία η οποία **δεν είναι ούτε πολύ μακρινή αλλά ούτε και πολύ κοντινή**. Ποιες θα είναι ακριβώς οι δυνατότητές της, οι αποδόσεις της και τι ακριβώς θα κάνει είναι ακόμα σε αρχικό στάδιο για να τα γνωρίζουμε πλήρως. Το μόνο που μπορούμε με σιγουριά να γνωρίζουμε είναι πως για το λόγο του ότι η τεχνολογία συνεχώς εξελίσσεται, οι ανάγκες πολλαπλασιάζονται, πληθαίνουν, έτσι και η ασύρματη τεχνολογία θα εξελίσσεται και αυτή. Οπότε, σε αυτή τη φάση, γνωρίζουμε ότι θα υπάρχει, γνωρίζουμε περίπου το λόγο που μας είναι απαραίτητη, γνωρίζουμε προσεγγιστικά πότε θα εφαρμοστεί, αλλά για τίποτα από αυτά δεν μπορούμε να είμαστε σίγουροι. [41]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΕΠΙΛΟΓΟΣ

ΑΛΛΑΓΕΣ ΣΤΑ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΔΙΚΤΥΑ

Όσον αφορά την τεχνολογία 5G αναμένεται να αλλάξει τον τρόπο ύπαρξης των σύγχρονων δικτύων, όπως αναπτύχθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, αφού φαίνεται να παρουσιάζει σημαντικά οφέλη σε σύγκριση με τις ήδη υπάρχουσες τεχνολογίες. Και οι δύο νέες τεχνολογίες (5G και 6G) θα είναι μεγαλύτερου εύρους ζώνης, θα επιτρέπουν τη σύνδεση πολύ μεγαλύτερου αριθμού συσκευών κινητής επικοινωνίας, θα έχουν χαμηλό κόστος κλπ. Οι περισσότερες εταιρείες κινητών τηλεπικοινωνιών και κινητών δικτύων κινούνται στην κατεύθυνση της μελέτης και της χρηματοδότησης των μελετών για την τεχνολογία 5G αρχικά, και έπειτα για την τεχνολογία 6G, έτσι ώστε να εντάξουν στο πρόγραμμά τους, στο δίκτυο τους και στις νέες συσκευές τους την πλεονεκτικές αυτές τεχνολογίες. Οι πολίτες από τη μεριά τους, αναμένεται να δεχτούν αυτές τις τεχνολογίες, αφού η εξέλιξη των συσκευών και η αύξησή τους ανά άτομο, συμβάλει στο να δημιουργούνται από τους πολίτες μεγάλες απαιτήσεις για την ανάπτυξη ισχυρότερων και ταχύτερων δικτύων.

Το χρονικό διάστημα της εμφάνισης του 5G και του 6G αντίστοιχα, δεν είναι προκαθορισμένο, εφόσον, λέγεται εν γένει, ότι θα εμφανιστεί το 2020 το 5G και το 6G το 2023, παρόλα αυτά, όμως, επειδή υπάρχει οικονομική κρίση και είναι λογικό ότι τέτοια έργα είναι πολυδάπανα, ενδέχεται να καθυστερήσουν, ακόμα περισσότερο. Επίσης, οι νέες συσκευές, που θα ενσωματώσουν τις τεχνολογίες αυτές, είναι πολύ πιθανό να έχουν αυξημένο κόστος και να είναι δύσκολη η αγορά τους από τους χρήστες. Τέλος, γίνεται αντιληπτό ότι στα επόμενα χρόνια οι τεχνολογίες 5G και 6G θα απασχολήσουν τα κινητά δίκτυα επικοινωνιών, τους πολίτες, τις εταιρείες ανάπτυξης και θα ευνοήσουν νέες υπηρεσίες που σύντομα θα μπορούν να υλοποιηθούν.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

[1]: https://www.google.com/search?q=%CE%84%CE%B5%CF%87%CE%BD%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%AF%CE%B5%CF%82+%CE%BA%CE%B9%CE%BD%CE%B7%CF%84%CF%8E%CE%BD+%CE%B5%CF%80%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CE%B9%CE%BD%CF%89%CE%BD%CE%B9%CF%8E%CE%BD&safe=active&client=firefox-b-ab&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjsqYPLqMDhAhXPIIsKHWsiB6gQ_AUIDygC&biw=1280&bih=823#imgrc=UMy5QGNgcAz74M: (Εικόνα 1)

[2]: https://www.google.com/search?q=%CE%84%CE%B5%CF%87%CE%BD%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%AF%CE%B5%CF%82+%CE%BA%CE%B9%CE%BD%CE%B7%CF%84%CF%8E%CE%BD+%CE%B5%CF%80%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CE%B9%CE%BD%CF%89%CE%BD%CE%B9%CF%8E%CE%BD&safe=active&client=firefox-b-ab&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjsqYPLqMDhAhXPIIsKHWsiB6gQ_AUIDygC&biw=1280&bih=823#imgrc=qO-oxdoMJhT9MM: (Εικόνα 2)

[3]: https://www.google.com/search?q=%CE%80%CF%81%CF%89%CF%84%CF%8C%CE%BA%CE%BF%CE%BB%CE%BB%CE%B1+%CE%B5%CF%80%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CE%B9%CE%BD%CF%89%CE%BD%CE%AF%CE%B1%CF%82&safe=active&client=firefox-b-ab&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjZkv_Bs8DhAhVRx4sKHVutA9kQ_AUIDygC&biw=1280&bih=823#imgrc=qGM04BDLkkYfDM: (Εικόνα 3)

[4]: https://www.google.com/search?safe=active&client=firefox-b-ab&biw=1280&bih=823&tbm=isch&sa=1&ei=iVerXLPhH4rqrG2obPAAw&q=%CE%A4%CE%B5%CF%87%CE%BD%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%AF%CE%B1+wimax&oq=%CE%A4%CE%B5%CF%87%CE%BD%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%AF%CE%B1+wimax&gs_l=img.3...5189.9916..10588...3.0..0.107.1005.6j4.....1....1..gws-wiz-img.....0j0i5i30j0i24.yvxy5Cxw0w0#imgrc=C9GkEG6X6MgonM: (Εικόνα 4)

[5]: https://www.google.com/search?q=%CE%A4%CE%B5%CF%87%CE%BD%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%AF%CE%B1+SDN&safe=active&client=firefox-b-ab&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiquvDo1sDhAhUoI4sKHQuEBawQ_AUIDygC&biw=1280&bih=823#imgrc=Lf2GzZbkoeidPM: (Εικόνα 5)

[6]: https://www.google.com/search?q=cellular+networks&safe=active&client=firefox-b-ab&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiM3J6x3MDhAhWCposKHUfVBCcQ_AUIDigB&biw=1280&bih=823#imgrc=HKIKDp7vTgSHTM: (Εικόνα 6)

[7]: https://www.google.com/search?q=p2p+%CE%B4%CE%AF%CE%BA%CF%84%CF%85%CE%B1&safe=active&client=firefox-b-ab&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiT0YnwiCPhAhUlyKQKHaHbAbcQ_AUIDygC&biw=1280&bih=825#imgrc=avub0EOmL5icFM: (Εικόνα 7)

[8]: https://www.google.com/search?q=%CE%B4%CE%BF%CF%81%CF%85%CF%86%CE%BF%CF%81%CE%B9%CE%BA%CE%AC+%CE%B4%CE%AF%CE%BA%CF%84%CF%85%CE%B1&safe=active&client=firefox-b-d&tbm=isch&tbs=rimg:CdUGOuSexMcljITtC2Wrtrs1p9_1_1qPbXFN6eMw5_1Z02_1fS2IYyoJlCymg1NnfNhq5jp6tI0qeYynslb1k3PpjrI-yoSCdNNzZau2uzWEbwpb_1lpQWn_1KhIjn3_1-A9tcU3oRYxxqjPzLocEqEgl4zDn9nTb99BG0WG-_1kJRUXSoSCbaVjKgmVzKaEVwyUtD1CNgrKhIJDUD2d82GrmOkRUGjv43lsH6wqEgnq0g6p5jKewhGZSuf1KdpSBCoSCRvWTc

[_mOsj7Ec3c2HE_1n_18c&tbo=u&sa=X&ved=2ahUKEwiGxICUr47iAhWpwqYKHaaOCwMQ9C96B AgBEBs&biw=1280&bih=825&dpr=1#imgrc=1QY65J7ExyO3BM](#): (Εικόνα 8)

[9]:https://www.google.com/search?safe=active&client=firefox-b-d&biw=1280&bih=825&tbm=isch&sa=1&ei=BRbUXPyiJ6OXmwXXx6v4Bw&q=network+security&oq=network+security&gs_l=img.3..0j0i30l9.128266.135489..135632...2.0..1.119.2131.1j19.....1....1..gws-wiz-img.8B_968e0nOs#imgrc=ikFt-LZE7mS-mM: (Εικόνα 9)

[10]:https://www.google.com/search?q=1G&safe=active&client=ubuntu&hs=R5n&channel=fs&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiK1pjtZHiAhVtw8QBHYAtAUkQ_AUIDigB&biw=1533&bih=748#imgrc=4C64PagXp-VW4M: (Εικόνα 10)

[11]:https://www.google.com/search?q=2g&safe=active&client=ubuntu&hs=waT&channel=fs&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiR9NisjJHiAhXkwsQBHYoHBGIQ_AUIDigB&biw=1533&bih=748#imgrc=LNTmSUQMqjOSM: (Εικόνα 11)

[12]:https://www.google.com/search?q=3G&safe=active&client=ubuntu&hs=L3T&channel=fs&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiYiZr0kpHiAhUuNOwKHQSjAFMQ_AUIDigB&biw=1533&bih=748#imgrc=Z_gUuIB2UpmgrM: (Εικόνα 12)

[13]:https://www.google.com/search?q=4G&safe=active&client=ubuntu&hs=WMU&channel=fs&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwil9curl5HiAhUQH5oKHSzuCQMQ_AUIDigB&biw=1533&bih=748#imgdij=YytaB6LR--dhGM:&imgrc=3cQ-1KXRp8_gDM: (Εικόνα 13)

[14]:https://www.google.com/search?q=3g+vs+4g&safe=active&client=firefox-b-d&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwi9zfDRj3iAhWEDuwKHdM1BBUQ_AUIDigB&biw=1280&bih=825#imgrc=bDBOCWVTOBd-fM: (Εικόνα 14)

[15]:https://www.google.com/search?q=5g&safe=active&client=firefox-b-d&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjX6JXem53iAhVKbVAKHcbPCzMQ_AUIDigB&biw=1280&bih=825#imgrc=mj37LHwApD-4LM: (Εικόνα 15)

[16]:https://www.google.com/search?q=6G&safe=active&client=firefox-b-d&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiL5-fn2Z3iAhVP66QKHQ3jD0QQ_AUIDigB&biw=1280&bih=825#imgrc=wjxY-VNL9ks-xM: (Εικόνα 16)

[17]:<https://www.ceid.upatras.gr/webpages/faculty/papaioan/dchmnt/2018-19/wn-lectures/lec1-stmwn.pdf>

[18]:<https://eclass.upatras.gr/modules/document/file.php/CULTURE160/stmwn-section-3.pdf>

[19]:https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A0%CF%81%CF%89%CF%84%CF%8C%CE%BA%CE%BF%CE%BB%CE%BB%CE%BF_%CE%B5%CF%80%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CE%B9%CE%BD%CF%89%CE%BD%CE%AF%CE%B1%CF%82

[20]:<https://el.wikipedia.org/wiki/HTTPS>

[21]:https://en.wikipedia.org/wiki/LTE_Advanced

[22]:https://en.wikipedia.org/wiki/NTT_Docomo

[23]:<https://el.wikipedia.org/wiki/WiMAX>

[24]:https://en.wikipedia.org/wiki/Software-defined_networking

[25]:<https://eclass.upatras.gr/modules/document/file.php/CULTURE160/stmwn-section-4.pdf>

[26]:<https://el.wikipedia.org/wiki/Peer-to-peer>

[27]:http://conta.uom.gr/conta/ekpaideysh/metaptyxiaka/technologies_diktywn/ergasies/2008/Peer%20to%20Peer%20Networking.pdf

[28]:http://ebackspace.blogspot.com/2013/05/blog-post_7291.html

[29]:http://apothetirio.teiep.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/136/tp_000409.pdf?sequence=1

[30]:<https://en.wikipedia.org/wiki/1G>

[31]:<https://en.wikipedia.org/wiki/2G>

- [32]:<https://en.wikipedia.org/wiki/3G>
- [33]:<https://el.wikipedia.org/wiki/4G>
- [34]:http://okeanis.lib.puas.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/1106/aut_00578.pdf?sequence=1&isAllowed=y (σύγκριση 3g-4g)
- [35]:https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=5&ved=2ahUKEwiZ4-Sci p3iAhWqM-wKHarHCv0QFjAEegQIBhAC&url=http%3A%2F%2Fru6.cti.gr%2Fru6%2Fsystem%2Ffiles%2Fbouras_site%2Fergasies_foithwn%2F243_5G_Kollia.docx&usq=AOvVaw3la3mtUea7e_8PbVqH3ccg (σύγκριση 3g-4g)
- [36]:<https://el.wikipedia.org/wiki/5G>
- [37]:<https://en.wikipedia.org/wiki/5G>
- [38]: Ευρυζωνικές Τεχνολογίες, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις, Χρήστος Ι. Μπούρας
- [39]: Δίκτυα Δημόσιας Χρήσης και Διασύνδεση Δικτύων, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις, Χρήστος Ι. Μπούρας
- [40]:http://www.ict-ras.eu/index.php?option=com_content&view=article&id=4&Itemid=106&smallfib=1&dir=JSROOT%5CDocuments/RAS+White+Papers&download_file=JSROOT%5CDocuments/RAS+White+Papers/White+Paper+on+5G+Radio+Network+Architecture.pdf
- [41]:<https://www.ypodomes.com/index.php/alles-ypodomes/endiaferouses-eidiseis/item/52833-oi-tr eis-xores-me-tous-perissoterous-ypostiriktes-tis-technologias-5g>