



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
& ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

ΕΡΓΑΣΙΑ ΕΞΑΜΗΝΟΥ

ΓΙΑ ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ

ΕΥΡΥΖΩΝΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ

ΕΞΕΛΙΞΗ ΚΙΝΗΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ
ΕΩΣ ΤΟ 6G

ΠΑΡΕΚΚΛΗΣΙΤΗΣ ΟΡΕΣΤΗΣ

A.M 1056646

ΔΙΔΑΣΚΩΝ: ΧΡΗΣΤΟΣ ΜΠΟΥΡΑΣ

ΠΑΤΡΑ 2021

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	Π
ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ	IV
ΕΙΣΑΓΩΓΗ-ΟΡΙΣΜΟΣ	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΓΕΝΙΕΣ ΚΙΝΗΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ	3
1.1 ΠΡΩΤΗ ΓΕΝΙΑ(1G).....	3
1.2 ΔΕΥΤΕΡΗ ΓΕΝΙΑ(2G).....	4
1.2.1 2,5GENERATION.....	5
1.3 ΤΡΙΤΗ ΓΕΝΙΑ(3G).....	6
1.4 ΤΕΤΑΡΤΗ ΓΕΝΙΑ(4G).....	7
1.5 ΠΕΜΠΤΗ ΓΕΝΙΑ(5G).....	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΣΥΚΡΙΣΗ ΓΕΝΙΩΝ ΚΙΝΗΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ(1G-5G).....	12
2.1 ΔΙΑΦΟΡΑ ΜΕΤΑΞΥ 1G ΚΑΙ 2G.....	13
2.2 ΔΙΑΦΟΡΑ ΜΕΤΑΞΥ 2G ΚΑΙ 3G.....	14
2.3 ΔΙΑΦΟΡΑ ΜΕΤΑΞΥ 3G ΚΑΙ 4G.....	15
2.4 ΔΙΑΦΟΡΑ ΜΕΤΑΞΥ 4G ΚΑΙ 5G.....	16
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΜΕΛΕΤΕΣ ΚΑΙ ΣΚΕΨΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΤΗ ΓΕΝΙΑ.....	17
3.1 Η 6G ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΗΣ ΚΙΝΗΤΗΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ-ΟΡΙΣΜΟΣ	17
3.2 ΧΡΟΝΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΓΙΑ 6G.....	17

3.3	ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ 6G.....	18
3.4	ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΓΙΑ 6G.....	18
3.5	ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ.....	21
3.6	ΣΥΓΚΡΙΣΗ 6G ΜΕ ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΕΣ ΓΕΝΙΕΣ	23
3.7	ΑΝΑΠΥΞΙΑΚΑ ΕΡΓΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΈΚΤΗ ΓΕΝΙΑ.....	25
	ΕΠΙΛΟΓΟΣ.....	26
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	27

ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ

G	Generation
NTT	Nippon Telephone and Telegraph
AMPS	Advanced Mobile Phone System
FDMA	Frequency Division Multiple Access Frequency
GSM	Global System for Mobile Communications
IP	Internet Protocol
TDMA	Time Division Multiple Access
CDMA	Code Division Multiple Access
GPRS	General Packet Radio Service
WCDMA	Wideband Code Division Multiple Access
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
SMS	Short Message Service
MMS	Multimedia Messaging Service
KBPS	Kilobits Per Second
KHz	Kilohertz
MHz	Mega-Hertz
MIMO	Multiple Input Multiple Output
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
RAN	Radio Access Network

QoS	Quality of Service
HDTV	High-definition Television
DVB	Digital Video Broadcasting
LTE	Long Term Evolution
WiMAX	World Wide Interoperability for Microwave Access
OFDMA	Orthogonal Frequency Division Multiple Access
MAGIC	Mobile Multimedia Anytime Anywhere Global mobility support, Integrated wireless and Personalized services
bps	bits Per Second
m	meter
OWA	Open Wireless Architecture
IoT	Internet of Things
TV	Television
MIMO	Multiple-Input and Multiple-Output
MTS	Mobile Telephone Service
IMTS	Improved Mobile Telephone Service
AMTS	Advanced Mobile Telephone System
GPS	Global Positioning System
HD	High definition
EDGE	Enhanced Data rates for GSM Evolution
PHY	Physical
GFDM	Generalized Frequency Division Multiplexing
FBMC	Filter Bank Multi-Carrier

UFMC	Universal Filtered Multi-Carrier
PSK	Phase-shift keying
APSK	Amplitude and Phase-Shift Keying
QAM	Quadrature Amplitude Modulation
PAPR	Peak to Average Power Ratio
eMBB	Enhanced mobile broadband
URLLC	Ultra-Reliable Low-Latency Communication
AI	Artificial intelligence
mMTC	massive Machine-Type Communications
E2E	End-to-End
ms	millisecond
FCC	Federal Communications Commission
WIET	Wireless Information and Energy Transfer

ΕΙΣΑΓΩΓΗ-ΟΡΙΣΜΟΣ

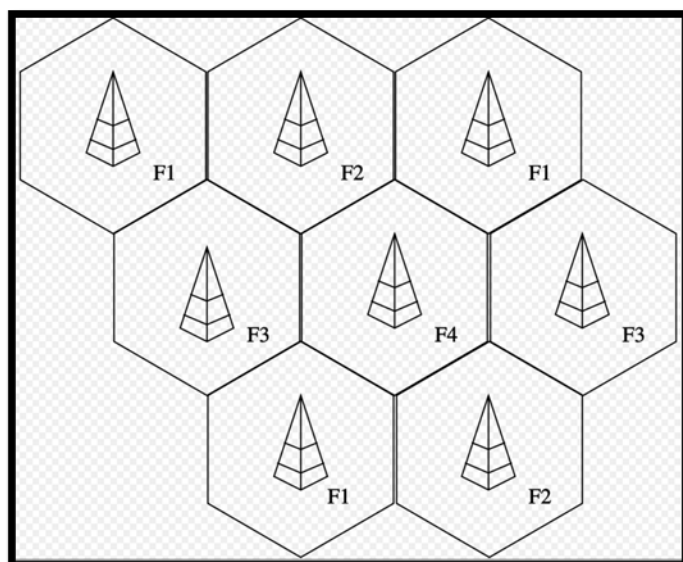
Στην εποχή του σήμερα αλλά και την εποχή του μέλλοντος, οι κινητές συσκευές έχουν γίνει και θα είναι αναπόσπαστο κομμάτι της ζωής μας. Αφού, βάση έρευνας [1], **5.26 δισεκατομμύρια** άτομα στον πλανήτη έχουν την δική τους κινητή συσκευή. Για το λόγο αυτό η **Εξέλιξη των Κινητών Δικτύων** δε θα μπορούσε να μείνει στην "παλαιολιθική" εποχή, αλλά θα έπρεπε να εκσυγχρονιστεί με την ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας και συγκεκριμένα των ανθρώπινων αναγκών. Έτσι με την δημιουργία της πρώτης γενιάς και με την τροποποίηση κάθε καινούργιας γενιάς (κάθε γενιά εισήγαγε τα δικά της χαρακτηριστικά), έχουμε φτάσει στην μελέτη για υλοποίηση της **6^{ης}** γενιάς των **Κινητών Δικτύων**.



Εικόνα-1: Παγκόσμια Χρήση Κινητών Δικτύων [2]

Ορισμός : Τι είναι Κινητό Δίκτυο;

Ένα κινητό δίκτυο είναι ένα δίκτυο επικοινωνίας όπου το τελευταίο του κομμάτι (σύνδεσμος) είναι ασύρματο. Η διανομή ενός δικτύου γίνεται μέσα από κελιά. Αυτή η διανομή-μεταφορά εξυπηρετείται από τουλάχιστον έναν πομποδέκτη σταθερής θέσης(=κυψέλη ή σταθμό βάσης). Η θέση αυτή, παρέχει στο δίκτυο μια κάλυψη έτσι ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μετάδοση φωνής, δεδομένων κ.α. Το κελί έχει την ικανότητα να χρησιμοποιήσει διαφορετικές συχνότητες από γειτονικά κελιά για αποφυγή, και μείωση των παρεμβολών έτσι ώστε να παρέχει εγγυημένη ποιότητα υπηρεσίας σε κάθε κελί [3].

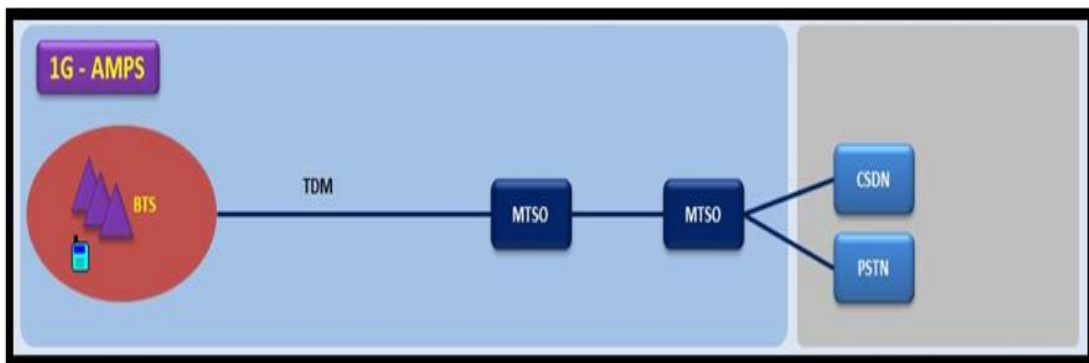


Εικόνα-2: Cellular Networks [4]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΓΕΝΙΕΣ ΚΙΝΗΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ

1.1 Πρώτη Γενιά (1G)

Στις αρχές του 1980 δημιουργήθηκε η **πρώτη γενιά κινητού δικτύου**, ως γνωστή πλέον 1G (το G από το *Generation*) [5]. Μια νέα και πρωτόγνωρη, για την τότε εποχή, τεχνολογία. Το πρώτο κυψελοειδές σύστημα, στον κόσμο, τέθηκε σε ισχύ από την Nippon Telephone and Telegraph (NTT) στο Τόκιο της Ιαπωνίας το 1979. Η αναλογική αυτή τεχνολογία έκανε την αρχή με το να χρησιμοποιήσει υπηρεσίες φωνής, με το όνομα προηγμένο κινητό τηλεφωνικό σύστημα (AMPS). Η δυνατότητα που χρησιμοποιεί το AMPS την διαίρεση πολλαπλής πρόσβασης συχνότητας FDMA με χωρητικότητα καναλιού στα 30KHz, ζώνη συχνοτήτων 824-849MHz και ταχύτητα που φτάνει και τα 2,4kbps [8]. Δέκα χρόνια μετά την δημιουργία του 1G , το AMPS είχε εύρος ζώνης 10MHz που αυτό ονομάστηκε και ο διευρυμένο φάσμα που η αρχή αυτής της πορείας είχε αφετηρία το Σικάγο με περιοχή 2100τ.μ για υπηρεσίες. Στις ΗΠΑ το AMPS κυκλοφόρησε το 1982[7].



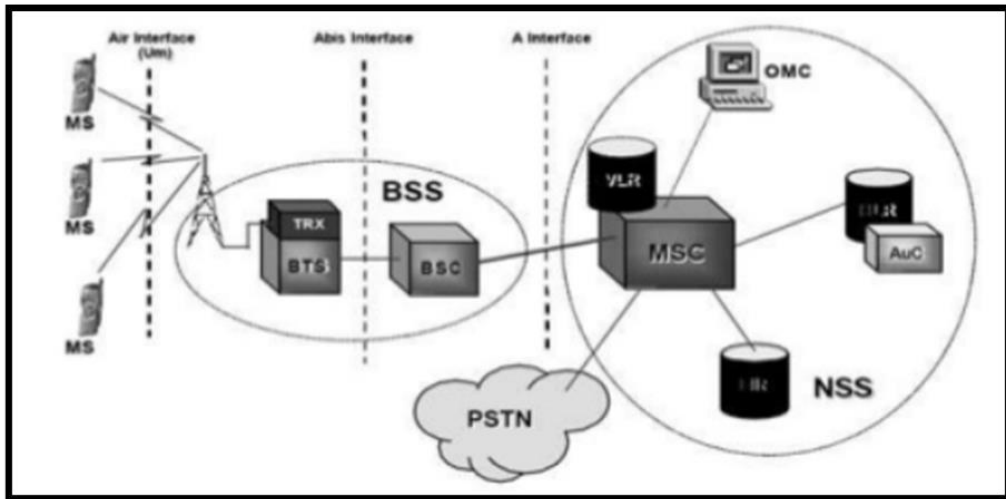
Εικόνα-3: Αρχιτεκτονική της 1^{ης} γενιάς [6]

Κύρια χαρακτηριστικά της 1^{ης} γενιάς (1G):

- Μεταφορά φωνής
- Χρήση αναλογικού σήμα
- Κακή ποιότητα φωνής
- Κακή διάρκεια ζωής της μπαταρίας
- Μεγάλο μέγεθος τηλεφώνου
- Περιορισμένη χωρητικότητα
- Κακή μεταβίβαση
- Ακλόνητη ποιότητα
- Κακή ασφάλεια
- Χαμηλό επίπεδο απόδοσης φάσματος.

1.2 Δεύτερη Γενιά (2G)

Η **2G** είναι η τεχνολογία που μετέτρεψε τα κινητά τηλέφωνα από τις αναλογικές επικοινωνίες σε ψηφιακές. Αυτή η αναβάθμιση έγινε για πρώτη φορά το 1991 στη Φινλανδία. Σε αυτή την δεύτερη γενιά, εφαρμόζεται η τεχνολογία των εννοιών του CDMA και GSM. Σκοπός της ενημέρωσης, της 1G, ήταν για να δημιουργηθεί ένα πιο ασφαλές και αξιόπιστο κανάλι επικοινωνίας. Έτσι με αυτή την ενημέρωση, πολλοί χρήστες μπορούσαν να χρησιμοποιούν ένα μόνο κανάλι μέσω πολυπλεξίας. Επίσης, αυτό που προστέθηκε σε σχέση με την πρώτη γενιά ήταν η εισαγωγή υπηρεσιών δεδομένων όπως SMS, MMS, εικονο-μηνύματα αλλά και η βελτιώσει της κρυπτογράφησης για κλήσεις και κείμενο παρέχοντας καλύτερη ασφάλεια. Όλα τα μηνύματα κειμένου, μ' αυτόν τον τρόπο, που αποστέλλονται πάνω από 2G ψηφιακά κρυπτογραφημένα, επέτρεπαν τη μεταφορά δεδομένων με τέτοιο τρόπο ώστε μόνο ο προβλεπόμενος δέκτης μπορεί να λάβει και να διαβάσει τα συγκεκριμένα μηνύματα. Η 2η γενιά χρησιμοποιεί φωνητική μετάδοση (με ψηφιακά σήματα) και έχει ταχύτητα 64kbps, με βελτιωμένες τιμές δεδομένων για το GSM Evolution. Το εύρος ζώνης της γενιάς αυτής είναι 30-200KHz[8,12].



Εικόνα-4: Αρχιτεκτονική της 2^{ης} γενιάς [9]

Κύρια χαρακτηριστικά της 2^{ης} γενιάς (2G):

- Ψηφιακό σήμα
- Μεγαλύτερη ασφάλεια
- Υπηρεσίες δεδομένων (SMS, MMS, εικονο-μηνύματα)
- Αργός ρυθμός μετάδοσης δεδομένων και το χαμηλό δικτύου περιοχές
- Βελτίωση της κρυπτογράφησης για κλήσεις και κείμενο
- Χρησιμοποιεί σχήματα ψηφιακής διαμόρφωσης (TDMA ,CDMA)

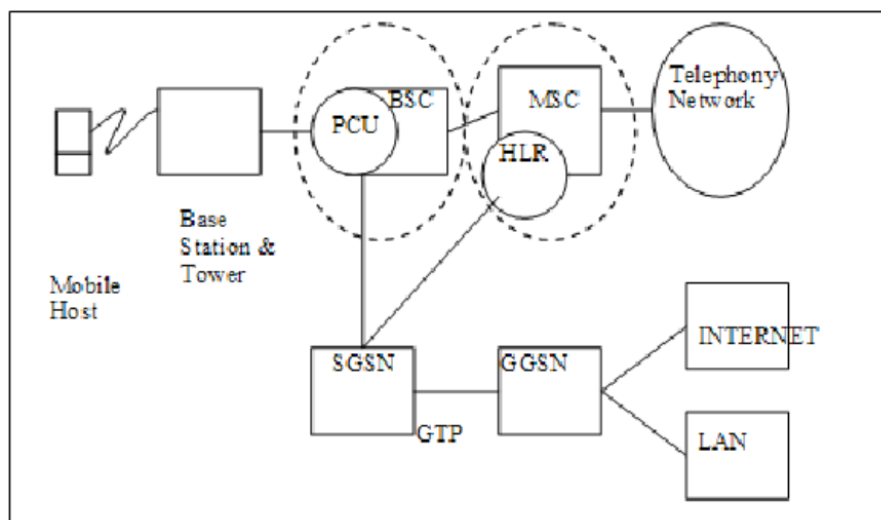
TDMA → επιτρέπει τη διαίρεση των σημάτων σε χρονοθυρίδες

CDMA → παρέχει σε κάθε χρήστη έναν ειδικό κωδικό για να επικοινωνεί μέσω ενός φυσικού καναλιού πολλαπλών καναλιών

1.2.1 2,5 Generation

Η τεχνολογία **GSM** εξελίχθηκε για να κάνει καλύτερες υπηρεσίες που θα οδηγούσαν στην ανάπτυξη προηγμένων συστημάτων που ονομάζονται συστήματα **2.5 Generation (2.5G)**. Βελτιώσεις που θα παρείχαν δυνατότητες πακέτων δεδομένων σε δίκτυα 2G. Η **2.5G βελτίωσε τους διαθέσιμους ρυθμούς δεδομένων** που υποστηρίζονταν από τη διεπαφή αέρα, επιτρέποντας έτσι να εισαχθούν νέες προσανατολισμένες σε δεδομένα υπηρεσίες και εφαρμογές. Η αύξηση των ρυθμών δεδομένων ανέρχονται, σε θεωρητικό **μέγιστο, στα 384 Kbps**, αν και συχνά στο πεδίο οι διαθέσιμοι ρυθμοί δεδομένων έφταναν αρκετά χαμηλά, περίπου στα 20

Kbps. Ένα παράδειγμα μιας 2.5 γενιάς ήταν η γενική υπηρεσία ραδιοφωνικών πακέτων (GPRS). Το 2.5G δίκτυο ήταν μεταξύ της 2^{ης} και 3^{ης} γενιάς. Το GPRS παρέχει πρωτόκολλα μεταγωγής πακέτων, σε σύντομο χρόνο εγκατάστασης για τις συνδέσεις ISP, αλλά και τη δυνατότητα χρέωσης του συνδρομητή σύμφωνα με το ποσό των δεδομένων που στέλνονται και όχι το χρόνο σύνδεσης. Το GPRS υποστηρίζει ευέλικτους ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων και παρέχει συνεχή σύνδεση με το δίκτυο. Το GPRS βοήθησε έτσι ώστε να γίνει ένα σημαντικό βήμα προς την δημιουργία της τρίτης γενιάς (3G).[10]

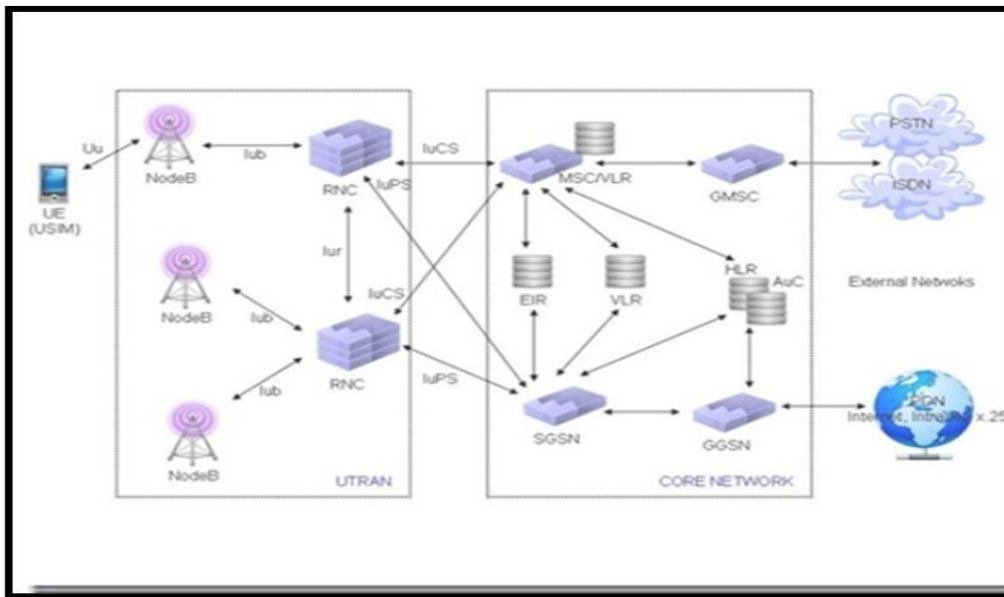


Εικόνα-5:Αρχιτεκτονική GPRS[11]

1.3 Τρίτη Γενιά (3G)

Η 3^η γενιά (3G) είναι μια ακόμη βελτίωση των κινητών δικτύων, και συγκεκριμένα μια αναβάθμιση της 2G, καθώς παρείχε επιπρόσθετες υπηρεσίες δεδομένων όπως βιντεοκλήσεις, ζωντανή ροή, τηλεδιάσκεψη, χάρτη πλοήγησης, τρισδιάστατα παιχνίδια, κινητή τηλεόραση κ.α. [8]. Το πρώτο εμπορικό δίκτυο 3^{ης} γενιάς εισάχθηκε το 2012, και μετά από την εισαγωγή του, **το 3G πρότυπο είναι ίσως το πιο γνωστό στο κόσμο**, λόγω της μαζικής επέκτασης των κινητών επικοινωνιών στην αγορά μετά από την 2G και προόδους του καταναλωτή με το κινητό τηλέφωνο του. Με αυτές τις υπηρεσίες, η τεχνολογία Internet Protocol (IP) έγινε αποδεκτός κανόνας. Η 3G αύξησε επίσης την ταχύτητά της στα **2 Mbps**, το οποίο ήταν σημαντικά ταχύτερο από τη 2G. Η ταχύτητα της 3G ήταν συγκρίσιμη με τις Ευρυζωνικές συνδέσεις. Η 3G λειτουργεί με συχνότητα 1,8-2,5GHz. Η 3G

χρησιμοποίησε τρεις διαφορετικές τεχνολογίες πρόσβασης καναλιών: FDMA, TDMA και CDMA. Στο Code Division Multiple Access (CDMA), όλα τα τερματικά χρησιμοποιούν ολόκληρο το εύρος ζώνης και κάθε ζεύγος μπορεί να επικοινωνεί ταυτόχρονα με διαφορετικό κωδικό. Η 3^η γενιά είχε επίσης πολλά πρότυπα όπως για παράδειγμα το Wideband Code Division Multiple Access (WCDMA) ή το Universal Mobile Telecommunications System (UMTS) [12].



Εικόνα-6: Αρχιτεκτονική της 3^{ης} γενιάς [13]

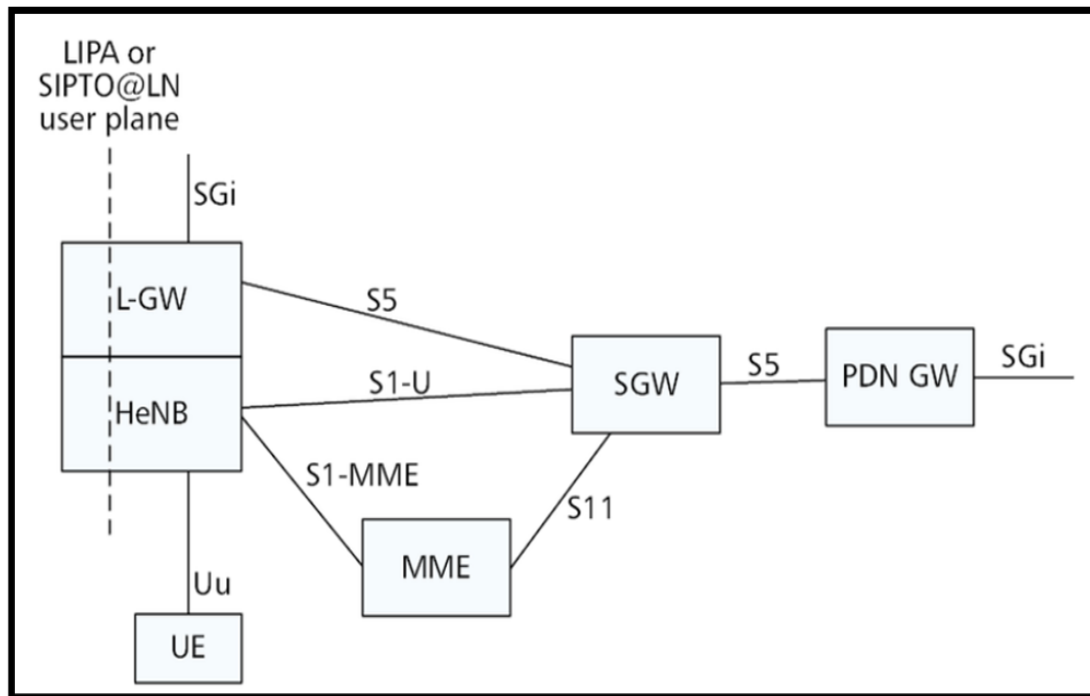
Κύρια χαρακτηριστικά της 3^{ης} γενιάς (3G):

- Αυξημένο εύρος ζώνης και ρυθμούς μεταφοράς δεδομένων
- Αποστολή / λήψη μεγάλων μηνυμάτων email
- Μεγάλες δυνατότητες και Ευρυζωνικές δυνατότητες
- Αύξηση της ταχύτητας
- Μεταγωγή πακέτων για τη μετάδοση δεδομένων
- Διόρθωση σφαλμάτων (turbo-κώδικες)

1.4 Τέταρτη Γενιά (4G)

Η 4^η γενιά (4G) άρχισε το 2010, η οποία, ήταν γνωστή και ως IMT-Advanced. Εφάρμοξε την τεχνική αλλαγής πακέτων που ήταν αυτό που την ξεχώριζε από όλες τις προηγούμενες γενιές. Ένα δίκτυο 4G είναι ενσωματωμένο σε ένα δίκτυο

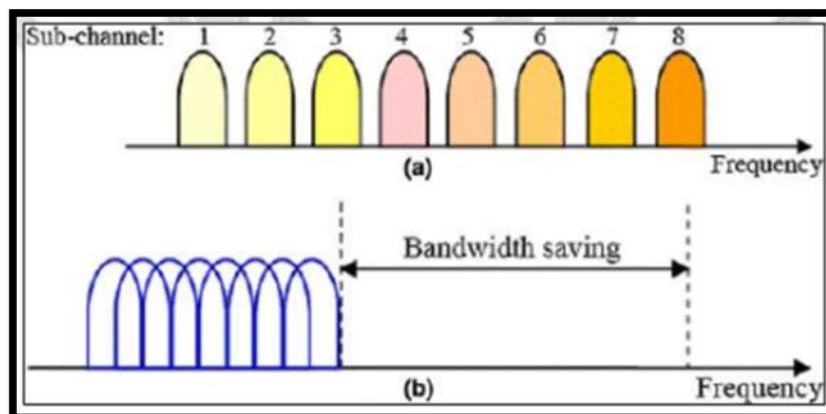
πυρήνα και πολλά δίκτυα ραδιοπρόσβασης (RAN). Το 4G είναι επίσης γνωστό ως **MAGIC** (όπου το *M* σημαίνει *Mobile Multimedia*, *A* για *Anytime Anywhere*, *G* για παγκόσμια υποστήριξη κινητικότητας, *I* για ολοκληρωμένη ασύρματη λύση και *C* για εξατομικευμένη προσωπική υπηρεσία). Παρείχε ένα πλήρες δίκτυο βασισμένο σε IP με ταχύτητα 100 Mbps έως 1 Gbps χρησιμοποιώντας συχνότητα 2 - 8 GHz. Με υψηλότερη ταχύτητα, το εύρος κάλυψης ήταν μικρότερο σε σύγκριση με το 3G. Ως εκ τούτου, για να υποστηρίξει την επικοινωνία μεγάλης εμβέλειας, πολλές έξυπνες κεραιές ενσωματώθηκαν σε δίκτυα 4G. Η 4G εξασφάλισε την **Ποιότητα Υπηρεσιών** (QoS) και τα ποσοστά δεδομένων που θα μπορούσαν να υποστηρίξουν υπηρεσίες με μεγαλύτερη σαφήνεια, όπως το Κινητό-Τηλεόραση, το περιεχόμενο τηλεόρασης Υψηλής Ευκρίνειας (HDTV), ψηφιακή μετάδοση βίντεο (DVB), συνομιλία μέσω βίντεο, εφημερίδες πολυμέσων και ζωντανή ροή υψηλής ποιότητας [14].



Εικόνα-7: Αρχιτεκτονική της 4^{ης} γενιάς[15]

Το 4G προσέφερε εξαιρετικά χαμηλό λανθάνοντα χρόνο σε σύγκριση με το 3G. Το Long Term Evolution (LTE) και το WiMAX (World Wide Interoperability for Microwave Access) είναι από τις τεχνολογίες οι οποίες κυριάρχησαν στην 4^η γενιά. Το LTE παρέχει ρυθμούς δεδομένων κατερχόμενης ζεύξης 100 Mbps και ανερχόμενης ζεύξης 50 Mbps, ενώ το WiMAX προσφέρει ρυθμούς κατερχόμενης

ζεύξης 75 Mbps και ανερχόμενη ζεύξη 25 Mbps. Μια διαφορετική μέθοδος πρόσβασης καναλιού εισήχθη στο LTE του 4G γνωστό ως Orthogonal Frequency Division Multiple Access (OFDMA) για downlink. Το OFDMA εισήχθη για να κάνει χρήση του φάσματος πιο αποτελεσματικά, όπως φαίνεται στην *Εικόνα-8* πιο κάτω. Αυτή η αποδοτικότητα, επιτεύχθηκε από την OFDMA καθώς εξαλείφει την ανάγκη προστατευτικών ζωνών. Ένα αξιοσημείωτο χαρακτηριστικό του OFDMA είναι ότι δεν πάσχει από παρεμβολές, δεδομένου ότι χρησιμοποιεί ορθογώνια υποφορέα. Το σύνολο του διαθέσιμου εύρους ζώνης χύνεται αρχικά σε πολλαπλά υποζύγια, το καθένα σε απόσταση ίσο με 15 KHz. Στη συνέχεια παρέχεται στους χρήστες ένα υποσύνολο αυτών των φορέων για μετάδοση δεδομένων. Σε αντίθεση με το FDMA ή το TDMA, το OFDMA επιτρέπει στους χρήστες να έχουν πρόσβαση σε μεταβλητό εύρος ζώνης ανάλογα με τους διαθέσιμους πόρους. Το 4G έπρεπε να αντιμετωπίσει την απόδοση του φάσματος, διότι με το 4G, εμφανίστηκαν πολλές εφαρμογές που χρησιμοποίησαν την ίδια ζώνη συχνοτήτων και την καθιστούσαν [14].



Εικόνα-8:Χρήση Φάσματος [16]

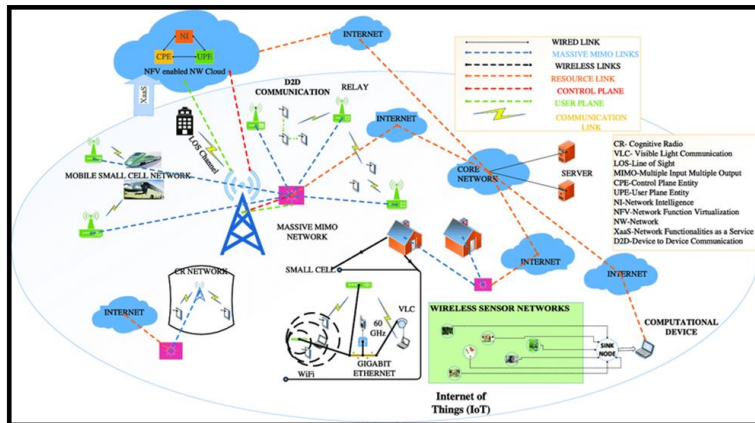
Κύρια χαρακτηριστικά της 4^{ης} γενιάς (4G):

- Υποστήριξη διαδραστικών πολυμέσων, φωνής, βίντεο.
- Υψηλή ταχύτητα, υψηλή χωρητικότητα και χαμηλό κόστος ανά bit (ταχύτητες έως 20 Mbps ή περισσότερο.)
- Παγκόσμια και επεκτάσιμα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας
- Δίκτυα ad hoc και multi-hop
- Διόρθωση σφαλμάτων (turbo-κώδικες)
- Handoff διαχείριση

1.5 Πέμπτη Γενιά (5G)

Τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας **πέμπτης γενιάς (5G)** αναμένεται να είναι το επόμενο μεγάλο άλμα στις κινητές Ευρυζωνικές συνδέσεις. Με τις αναμενόμενες μέγιστες ταχύτητες λήψης έως και **20 gigabits** ανά **δευτερόλεπτο**, οι χρήστες της 5^{ης} γενιάς απέκτησαν το «δικαίωμα» να μπορούν να κατεβάσουν μια ταινία πλήρους μήκους σε μόλις λίγα δευτερόλεπτα αλλά και να έχουν την επιλογή για εξειδικευμένες εργασίες και λειτουργίες, όπως αυτή της ιατρικής (από απόσταση) απομακρυσμένης ακρίβειας, συνδεδεμένα αυτοκίνητα, εμπειρίες εικονικής και επαυξημένης πραγματικότητας, καθώς και μία πρώτη ιδέα στο Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT). Μετά από έρευνα που έκανε η Cisco, περισσότερες από 500 δισεκατομμύρια συσκευές IoT, από αισθητήρες, ενεργοποιητές και ιατρικές συσκευές θα έχουν την δυνατότητα σύνδεσης στο Διαδίκτυο έως το 2030.

Τα δεδομένα που συλλέγονται, συγκεντρώνονται και αναλύονται από συσκευές IoT θα παρέχουν πληροφορίες για μια μεγάλη ποικιλία πλατφορμών και υπηρεσιών, από την υγειονομική περίθαλψη έως τις καινοτομίες τεχνητής νοημοσύνης. Τα δίκτυα 5G θα χρειαστούν για να ικανοποιήσουν τις απαιτήσεις αυτών των συσκευών IoT υψηλής έντασης δεδομένων και σχετικών υπηρεσιών cloud. Στο δίκτυο 5G, το επίπεδο "Φυσική σύνδεση" και "Σύνδεση δεδομένων" ορίζει **ασύρματη τεχνολογία** την τεχνολογία της 5^{ης} γενιάς που την δείχνει ως ανοιχτή ασύρματη αρχιτεκτονική (OWA). Σε εθνικό επίπεδο, ανθεκτικά δίκτυα 5G θα χρειαστούν επίσης για να καλύψουν την αυξανόμενη ζήτηση για υψηλής ταχύτητας Ευρυζωνικές κινητές συσκευές. Ενώ ορισμένοι ερευνητές και αναλυτές πρότειναν ότι η υπάρχουσα τεχνολογία 4G Long-Term Evolution (LTE) είναι αρκετή για την πλειονότητα των περιπτώσεων χρήσης IoT, μία άλλη άποψη υποστηρίζει ότι μόνο τα ευρυζωνικά δίκτυα υψηλής ταχύτητας, υψηλής χωρητικότητας και με χαμηλή καθυστέρηση 5G θα ικανοποιήσουν τις απαιτήσεις εφαρμογών υψηλής έντασης δεδομένων [17] .

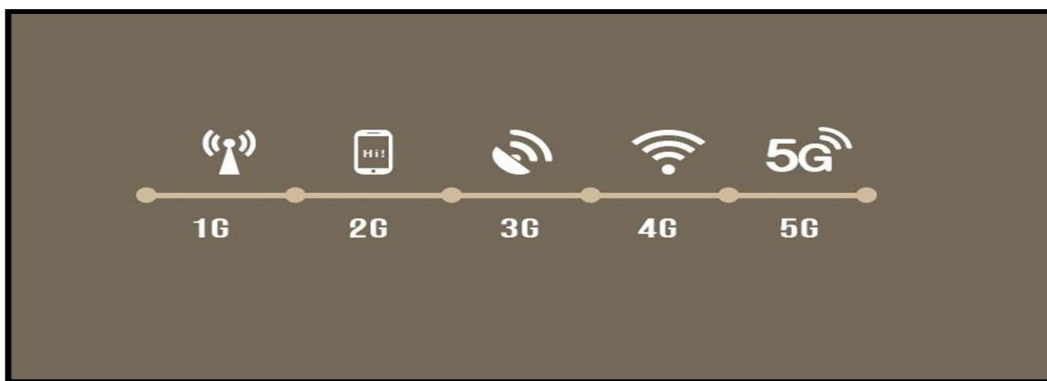


Εικόνα-9: Αρχιτεκτονική της 5^{ης} γενιάς [18]

Κύρια χαρακτηριστικά της 5^{ης} γενιάς (5G):

- Μεγάλα ποσοστά δεδομένων έως και 10bps
- Οι συσκευές που ταξιδεύουν έως και 500ph να παραμένουν συνδεδεμένες στο δίκτυο.
- Ο αριθμός των συνδεδεμένων συσκευών θα είναι τριπλάσιος όπως 1m σε ένα τετραγωνικό χιλιόμετρο (γρήγορες ταχύτητες και τη χαμηλή καθυστέρηση των 5G)
- Επέκταση στις Ευρυζωνικές ασύρματες υπηρεσίες πέρα από το κινητό διαδίκτυο IoT και κρίσιμα τμήματα επικοινωνιών

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΓΕΝΙΩΝ ΚΙΝΗΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ (1G- 5G)



Εικόνα-10: Πορεία Κινητών Δικτύων [19]

Για να επιτευχθεί μια εξέλιξη σε μια είδη υλοποιημένη ιδέα, όπως ήταν η **πρώτη γενιά** κινητών δικτύων (1G), πρέπει πρώτα να δούμε τι θα προσφέρει η καινούργια γενιά στην προκειμένη κατάσταση. Αφετέρου, πρέπει να υπάρξει μια **σύγκριση** για να φανεί τυχόν **πρόοδος**, αλλά και τυχόν **προβλήματα** που ήσουν προέκυψαν. Έτσι ώστε, να έχουμε μια πιο ξεκάθαρη εικόνα στο τι πρέπει να προσέξουμε στην ανάπτυξη για υλοποίηση μια επιπλέον γενιάς, για μια όσο καλύτερη και πιο ομαλή εξέλιξη στο πεδίο των **Κινητών Δικτύων**.

2.1 Διαφορά μεταξύ 1G και 2G

ΒΑΣΗ ΣΥΓΚΡΙΣΗΣ	1G	2G
Τύπος του Σήματος	Αναλογικά σήματα για επικοινωνία	Ψηφιακό σήμα για επικοινωνία
Πρωτόκολλα	FDMA για πρόσβαση	TDMA και CDMA για πρόσβαση
Πρότυπα	Χτίστηκε κατά τα πρότυπα της MTS, AMTS και IMTS	Χτίστηκε κατά πρότυπο του GSM
Το είδος της μετατροπής που χρησιμοποιείται	Μετατροπής τύπων που χρησιμοποιούνται σε 1G είναι μεταγωγή κυκλώματος	Μετατροπής τύπων που χρησιμοποιούνται σε 1G είναι μεταγωγή κυκλώματος
Υπηρεσίες	Μπορεί να παρέχει την υπηρεσία Internet	Μπορεί να παρέχει ένα στενό εύρος υπηρεσιών Internet.
Επικοινωνία και Δεδομένα	Φωνητική επικοινωνία, αλλά δεν υπάρχουν στοιχεία επικοινωνίας.	Επικοινωνία φωνής και δεδομένων αλλά δεν επιτρέπει τα πολύπλοκα στοιχεία επικοινωνίας (π.χ video)
Μειονεκτήματα/Αστοχίες	Περιορισμένη χωρητικότητα καναλιού Το μεγάλο μέγεθος των τηλεφώνων Χαμηλή ποιότητα της φωνής και χαμηλή διάρκεια ζωής στη μπαταρία	Αργός ρυθμός μετάδοσης δεδομένων χαμηλού δικτύου [20]

2.2 Διαφορά μεταξύ 2G και 3G

ΒΑΣΗ ΣΥΓΚΡΙΣΗΣ	2G	3G
Κύρια λειτουργία	Η μετάδοση πληροφορίας με σήματα φωνής	Η μεταφορά δεδομένων με την βοήθεια τηλεδιάσκεψης, MMS κλπ.
Χαρακτηριστικά	mobile TV Μεταφορές βίντεο	mobile TV Μεταφορές βίντεο GPS
Ασφάλεια	Χαμηλό επίπεδο ασφάλειας	Υψηλό επίπεδο ασφάλειας
Turbo-Κώδικες/Διόρθωση Λάθους	Δεν έχει	Υπάρχουν turbo-κώδικες: Ο ρόλος του είναι διόρθωση των σφαλμάτων
Μετάδοση Δεδομένων	Γίνεται μεταγωγή κυκλώματος & πακέτου.	Γίνεται μεταγωγή πακέτων όπου μεταφέρουν τα δεδομένα
Downloading & Uploading(Ταχύτητες)	Το κατέβασμα και ανέβασμα κυμαίνονται μέχρι και 236kbps	Το κατέβασμα έχει ταχύτητα 21 Mbps & το ανέβασμα 5.7 Mbps
Ταχύτητα μετάδοσης	Πολύ χαμηλή μετάδοση	Αρκετά γρήγορη μετάδοση
Μειονέκτημα/Αστοχίες	Αργός ρυθμός μετάδοσης δεδομένων Χαμηλό δίκτυο περιοχής	Δεν είναι διαθέσιμη σε μερικές περιοχές [20]

2.3 Διαφορά μεταξύ 3G και 4G

ΒΑΣΗ ΣΥΓΚΡΙΣΗΣ	3G	4G
Ανέβασμα Ταχύτητας	Η μέγιστη φόρτωση ταχύτητας έως και 5,7 Mbps.	Το μέγιστο ποσοστό upload της 4G τεχνολογίας είναι 500 Mbps.
Πρωτόκολλα	Δεν έχει	OFDMA και FDE
Λήψη	Ταχύτητα στα 21 Mbps.	Ταχύτητα στο 1Gbps.
Turbo-Κώδικες/Διόρθωση Λάθους	Υπάρχουν turbo-κώδικες: Ο ρόλος του είναι διόρθωση των σφαλμάτων	Υπάρχουν turbo-κώδικες: Ο ρόλος του είναι διόρθωση των σφαλμάτων
Εύρος Φάσματος Συχνότητας	Κυμαίνεται από 1.8 GHz-2.5 GHz	Κυμαίνεται από 2GHz - 8GHz.
Handoff	Κάθετη διαχείριση	Κάθετη και οριζόντια διαχείριση
Μετάδοση δεδομένων	Γίνεται μεταγωγή πακέτων όπου μεταφέρουν τα δεδομένα	Γίνεται τεχνική μεταγωγή πακέτων όπου μεταφέρουν τα δεδομένα
Εύρος Δεδομένων	Μέγιστο εύρος ζώνης δεδομένων 500Mbps	Μέγιστο εύρος ζώνης δεδομένων 1Gbps
Ταχύτητες Μετάδοσης	Πολύ χαμηλές	Πολύ γρήγορες

2.4 Διαφορά μεταξύ 4G και 5G

ΒΑΣΗ ΣΥΓΚΡΙΣΗΣ	4G	5G
Πυκνότητα Σύνδεσης	Υποστηρίζει λιγότερες συσκευές ανά μονάδα επιφάνειας .	Υποστηρίζει 1 εκατομμύριο συνδεδεμένες συσκευές ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο.
Ταχύτητές	Πιο χαμηλές	Πολύ υψηλές ταχύτητες
Εφαρμογή	Περιορισμένη πρόσβαση στο διαδίκτυο	Ευρέως εφαρμογών : smart logistics, driverless & άλλες τέτοιες έξυπνες εφαρμογές που απαιτούν υψηλή ταχύτητα στο διαδίκτυο.
Περιοχή κάλυψης	Περιορισμένη	Καλύτερη κάλυψη & μεγάλο ποσοστό στοιχείων στις άκρες των κελιών
Μεταφοράς Δεδομένων	Δεν έχει μεγάλο-πολλαπλές ποσοστό για την μεταφορά δεδομένων	Διαθεσιμότητα πολλαπλών ποσοστό μεταφοράς δεδομένων.[20]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΜΕΛΕΤΕΣ ΚΑΙ ΣΚΕΨΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΈΚΤΗ ΓΕΝΙΑ

3.1 Η 6G της Τεχνολογίας της Κινητής επικοινωνίας-Ορισμός

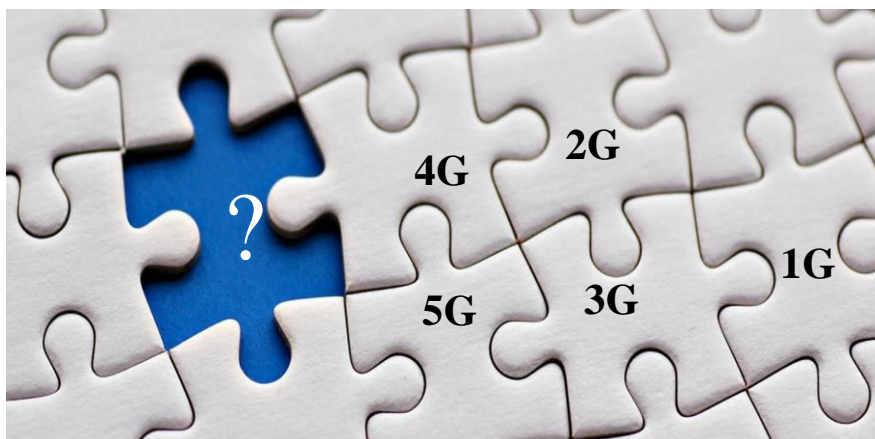
Όσον αφορά τον ορισμό του τι είναι η **έκτη γενιά (6G)** τεχνολογίας, είναι ίσως λίγο νωρίς για να δοθεί με ακρίβεια ο ορισμό. Πώς μπορούμε να χαρακτηρίσουμε ή να πούμε ότι είναι η 6G, μήπως η έκτη γενιά ασύρματου συστήματος επικοινωνιών είναι ο διάδοχος της 5G κυτταρικής τεχνολογίας; Αναμένεται ότι τα 6G δίκτυα θα είναι σε θέση να χρησιμοποιούν **υψηλότερες συχνότητες** από δίκτυα με 5G. Αυτό θα επιτρέψει **μεγαλύτερες ταχύτητες δεδομένων** που πρέπει να επιτευχθεί έτσι ώστε το 6G δίκτυο να έχει **πολύ μεγαλύτερο εύρος συνολικής χωρητικότητας**. Ένα **πολύ χαμηλότερο latency επίπεδο** που σχεδόν σίγουρα θα είναι μια από τις απαιτήσεις που θα πρέπει να ανταπεξέρχεται η έκτη γενιά. Συνολικά αναμένεται ότι η τεχνολογία κινητής τηλεφωνίας 6G θα υποστηρίζει επικοινωνίες καθυστέρησης μικρο-δευτερολέπτου ή ακόμη και δευτερολέπτου δευτερολέπτου, καθιστώντας τις επικοινωνίες σχεδόν στιγμιαίες.[22]

3.2 Χρονοδιαγράμματα για 6G

Η **5G** ξεκίνησε την ανάπτυξή της το 2019, και αναμένεται ότι θα είναι η κύρια τεχνολογία της κινητής επικοινωνίας, μέχρι τουλάχιστον και το 2030. Οι αρχικές αναπτύξεις της 6G ενδέχεται να αρχίσουν να εμφανίζονται στα χρονικά κλιμάκια **2030 έως 2035**. Αν και αυτό είναι κατά πολύ μια πρόχειρη εκτίμηση. Ωστόσο, αυτά τα χρονικά περιθώρια-διαστήματα για την 6G αντιστοιχούν περίπου σε εκείνα για τις προηγούμενες γενιές: η **Πρώτη Γενιά** ήταν διαθέσιμη περίπου στη δεκαετία του **1980**, η **Δεύτερη** στη δεκαετία του '90, **Τρίτη** ξεκίνησε την ανάπτυξη της γύρω στο **2003** και οι αρχικές αναπτύξεις της **Τέταρτης** ξεκίνησαν το **2008** & το **2009** και τελικά η **Πέμπτη Γενιά** το **2019**. Προκειμένου, να είναι διαθέσιμη η τεχνολογία 6G εγκαίρως, οι **αρχικές ιδέες πρέπει να αρχίσουν να ενώνονται τώρα**.[19,22]

3.3 Εξελίξεις της τεχνολογίας 6G

Υπάρχουν ήδη μια σειρά από ερευνητικά έργα για την τεχνολογία αυτή (6^η γενιά) που εξετάζουν το τι θα μπορούσε να είναι δυνατό και τι μπορεί να χρειαστεί. Η πραγματική μορφή για η 6^η γενιά εξαρτάται από την ανάπτυξη που θα έχει η 5G αλλά και από τα μειονεκτήματά της 5^{ης} γενιάς, τα οποία θα έχουν σημαντικό ρόλο σε αυτή την διαμόρφωση της 6^{ης} γενιάς. Μέχρι τώρα, υπάρχουν πάρα πολλές διαφορετικές περιπτώσεις χρήσης που έχουν προωθηθεί και μόνο ο χρόνος θα δείξει ποια είναι η τελικά η εφαρμογή τους και πως θα χρησιμοποιηθούν στη 5G. Περιμένουμε ότι θα χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο για το Διαδίκτυο των πραγμάτων, το IoT, καθώς και για επικοινωνίες μεταξύ οχημάτων για αυτόνομα οχήματα. Ο τρόπος με τον οποίο διαδραματίζονται όλα αυτά τα τηγάνια παραμένει ορατός. Εάν υπάρχουν **ελλείψεις στη 5G**, τότε αυτές μπορούν να λειτουργήσουν θετικά έτσι ώστε να **συμπεριληφθούν στις προτάσεις της 6G**. Επιπρόσθετα, ένας από τους τομείς που αναμένεται να είναι βασικό στοιχείο της 6G είναι οι επικοινωνίες Tera-Hertz. Χρησιμοποιώντας αυτές τις εξαιρετικά **υψηλές συχνότητες, τεράστια εύρος ζώνης** θα καταστούν διαθέσιμα, αν και ακόμη η τεχνολογία δεν είναι έτοιμη για να μπορεί να ανταπεξέλθει σε ένα τέτοιο συμβάν-γεγονός.[22]



Εικόνα-11: Εξέλιξη γενιών κινητού δικτύου[21]

3.4 Τεχνολογίες για 6G

Η τεχνολογία κινητών επικοινωνιών 6G θα βασιστεί σε αυτήν που έχει ήδη δημιουργηθεί για 5G. Μερικές από τις υπάρχουσες νέες τεχνολογίες θα αναπτυχθούν περαιτέρω για το 6G είναι:

- **Τεχνολογίες Millimeter-Wave**: Η χρήση συχνοτήτων πολύ υψηλότερων στο φάσμα συχνοτήτων έχει ως αποτέλεσμα να ανοίγει περισσότερο το φάσμα και να παρέχει επίσης τη δυνατότητα ύπαρξης πολύ μεγάλου εύρους ζώνης καναλιού. Με τεράστιες ταχύτητες δεδομένων και εύρος ζώνης που απαιτούνται για 6G, οι τεχνολογίες κύματος χιλιοστών θα αναπτυχθούν περαιτέρω, πιθανόν να επεκταθούν στην περιοχή Tera-Hertz του φάσματος.
- **Massive MIMO**: Παρόλο που το **MIMO** χρησιμοποιείται σε πολλές εφαρμογές από LTE σε Wi-Fi, κ.λπ., ο αριθμός των κεραιών είναι αρκετά περιορισμένος. Η χρήση **συχνοτήτων μικροκυμάτων** ανοίγει τη δυνατότητα χρήσης πολλών δεκάδων κεραιών σε έναν μόνο εξοπλισμό γίνεται πραγματική πιθανότητα, λόγω των μεγεθών και των αποστάσεων της κεραίας όσον αφορά το μήκος κύματος.
- **Πυκνά δίκτυα(Dense networks)**: Η μείωση του μεγέθους των κελιών παρέχει μια πολύ πιο, γενικά, αποτελεσματική χρήση του διαθέσιμου φάσματος. Για να διασφαλιστεί ότι τα μικρά κελιά στο μακρο-δίκτυο (macro-networks) μπορούν αναπτυχθούν ως **femtocells** που και θα μπορούν επίσης να λειτουργήσουν ικανοποιητικά πρέπει να υλοποιηθούν κάποιες τεχνικές.

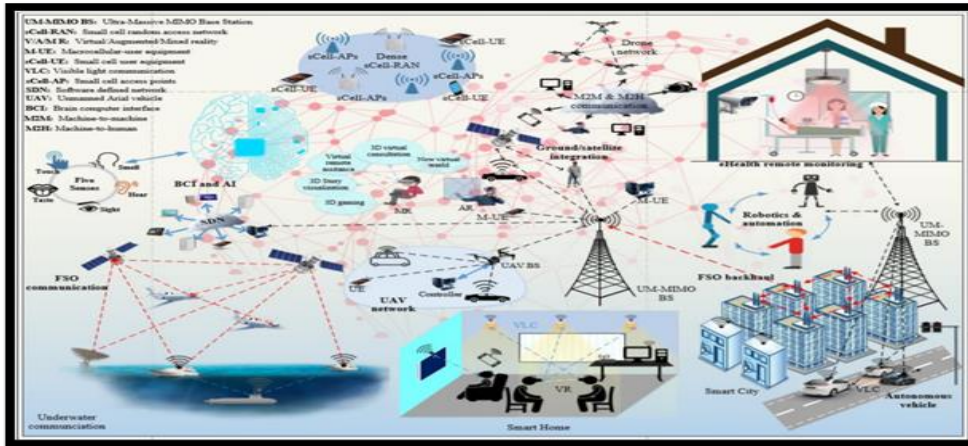
Θα εισαχθούν ακόμη πολλές καινοτόμες τεχνολογίες. Μερικές εισηγήσεις είναι οι ακόλουθες:

- **Future PHY / MAC**: Το νέο φυσικό στρώμα & το MAC παρουσιάζουν πολλές νέες ενδιαφέρουσες δυνατότητες σε διάφορους τομείς:
 - **Κυματομορφές (Waveforms)**: Ένας από τους βασικούς τομείς ενδιαφέροντος είναι αυτός των νέων κυματομορφών που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν και να συνυπάρξουν με τις ασύρματες επικοινωνίες. Το **OFDM** έχει χρησιμοποιηθεί με μεγάλη επιτυχία σε κινητές επικοινωνίες 4^{ης} γενιάς και 5^{ης} γενιάς, καθώς και σε πολλά άλλα συστήματα ασύρματων επικοινωνιών υψηλής ταχύτητας δεδομένων. Επίσης είχε και μερικούς περιορισμούς σε ορισμένες περιπτώσεις. Κάποιες άλλες κυματομορφές θα μπορούσαν να περιλαμβάνουν: το **GFDM**, Generalized Frequency Division Multiplexing, καθώς και το **FBMC**, Filter Bank Multi-Carrier, **UFMC**, Universal Filtered Multi-Carrier. Ο καθένας έχει τα δικά του πλεονεκτήματα και περιορισμούς έτσι είναι πιθανό να χρησιμοποιηθούν

προσαρμοστικά σχήματα, χρησιμοποιώντας **διαφορετικές κυματομορφές** προσαρμοστικά για τα συστήματα κινητής τηλεφωνίας 6G, όπως υπαγορεύουν οι απαιτήσεις. Αυτό, παρέχει **πολύ μεγαλύτερη ευελιξία στις κινητές επικοινωνίες της 6^{ης} γενιάς**.

- **Σχήματα πρόσβασης (Multiple Access Schemes)**: Γίνονται έρευνες για καινοτόμα συστήματα πρόσβασης.
- **Διαμόρφωση (Modulation)**: Το **PSK** και το **QAM** έχουν προσφέρει εξαιρετική απόδοση σε όρους φασματικής απόδοσης, ανθεκτικότητας και χωρητικότητας. Το πιο σημαντικό μειονέκτημα είναι αυτό του λόγου υψηλής απόδοσης προς μέση ισχύ. Το **APSK** έχει πολύ χαμηλότερη αναλογία κορυφής προς μέση ισχύ, PAPR, προσφέρεται καλύτερα για συστήματα κινητών επικοινωνιών καλύτερα καθώς ο τελικός ενισχυτής μπορεί να λειτουργεί πιο αποτελεσματικά όσο χαμηλότερο είναι το PAPR.
- **Μέθοδοι διπλής όψης (Duplex methods)**: Υπάρχουν πολλές υποψήφιες μορφές διπλής όψης που θα μπορούσαν να ληφθούν υπόψη για το νέο σύστημα ασύρματων επικοινωνιών 6G. Μέχρι τώρα, τα συστήματα χρησιμοποιούν αμφίδρομη διαίρεση για την συχνότητα, FDD ή duplex διαίρεσης χρόνου, TDD. Νέες δυνατότητες ανοίγουν για 6G, συμπεριλαμβανομένου του εύκαμπτου duplex, όπου ο χρόνος ή οι συχνότητες που κατανέμονται είναι μεταβλητές ανάλογα με το φορτίο σε οποιαδήποτε κατεύθυνση ή ένα νέο σχήμα που ονομάζεται διμερές χωρίς διαίρεση ή πλήρες διπλό μονό κανάλι. Αυτό το σχήμα για 6G θα επέτρεπε την ταυτόχρονη μετάδοση και λήψη στο ίδιο κανάλι.

Παρόλο που οι κινητές επικοινωνίες 6G είναι πολύ μακριά, η έρευνα και η ανάπτυξη καθώς και κάποιες σκέψεις για το πώς φαίνεται η 6G ξεκινά ήδη και ο ρυθμός θα συνεχίσει να αυξάνεται σταδιακά.



Εικόνα-12: Πιθανό σενάριο αρχιτεκτονικής επικοινωνίας 6G [21]

3.5 Παράγοντες και χαρακτηριστικά

Το ασύρματο σύστημα 6G θα έχει τους ακόλουθους βασικούς παράγοντες:

- Βελτιωμένη Ευρυζωνική κινητή (eMBB)
- Εξαιρετικά αξιόπιστες επικοινωνίες χαμηλού λανθάνοντος χρόνου (URLLC)
- Μαζική επικοινωνία τύπου μηχανής (mMTC)
- Ενσωματωμένη επικοινωνία τεχνητής νοημοσύνης (AI)
- Αφή στο διαδίκτυο
- Υψηλή απόδοση
- Υψηλή χωρητικότητα δικτύου
- Υψηλή ενεργειακή απόδοση
- Χαμηλή κίνηση και συμφόρηση δικτύου πρόσβασης
- Βελτιωμένη ασφάλεια δεδομένων

➔ Εκτιμάται ότι το σύστημα της 6^{ης} γενιάς θα έχει **1000 φορές** υψηλότερη ταυτόχρονη ασύρματη συνδεσιμότητα από το σύστημα της 5G. Το URLLC, το οποίο είναι το κύριο χαρακτηριστικό της 5G, θα είναι το χαρακτηριστικό «κλειδί» για να οδηγήσεις στην επικοινωνία την 6G παρέχοντας καθυστέρηση end-to-end (E2E) του λιγότερο από 1 ms. Η φασματική απόδοση του όγκου, σε αντίθεση με τη συχνά χρησιμοποιούμενη φασματική απόδοση περιοχής, θα είναι πολύ καλύτερη σε 6G. Το σύστημα 6^{ης} γενιάς θα παρέχει **πολύ μεγάλη**

διάρκεια ζωής για την μπαταρία και προηγμένη τεχνολογία μπαταρίας για τη συλλογή ενέργειας.

Νέα χαρακτηριστικά δικτύου 6G:

- **Ολοκληρωμένο δίκτυο δορυφόρων (Satellites integrated network):**

Στη παροχή παγκόσμιου κινητού συλλογικότητας, το 6G αναμένεται να ενσωματωθεί στους δορυφόρους. Ενσωμάτωση δορυφορικών και αερομεταφερόμενων δικτύων σε ασύρματο σύστημα παίζουν σημαντικό ρόλο.

- **Συνδεδεμένη νοημοσύνη (Connected intelligence):**

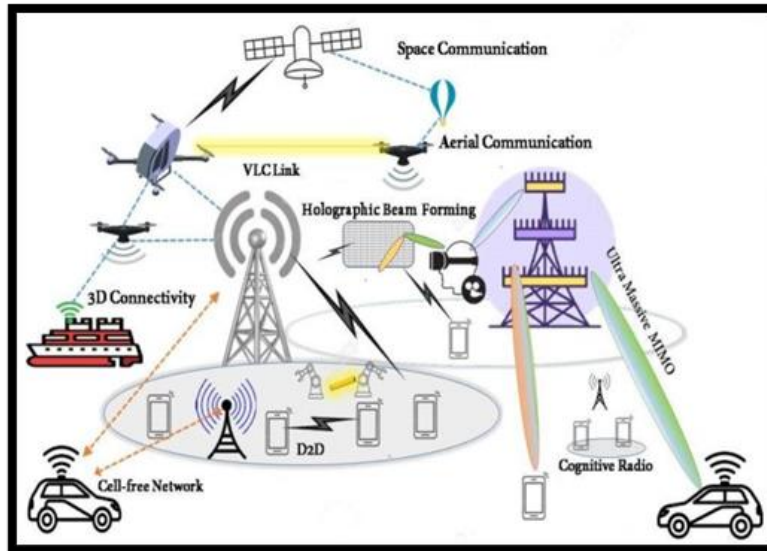
Σε αντίθεση με 5^η γενιά ασύρματων συστημάτων επικοινωνίας, η 6G θα είναι μετασχηματιστική και θα ενημερώνει, επικοινωνεί, την ασύρματη πρόοδο από τα «συνδεδεμένα πράγματα» στη «συνδεδεμένη νοημοσύνη». Η διάχυτη εισαγωγή του AI (τεχνητή νοημοσύνη), θα παράγει ένα νέο σύστημα επικοινωνίας.

- **Ενσωμάτωση ασύρματων πληροφοριών και μεταφορά ενέργειας (Seamless integration of wireless information and energy transfer):**

Τα ασύρματα δίκτυα 6G θα μεταφέρουν ενέργεια, δηλαδή ισχύ, σε φόρτιση συσκευών μπαταρίας. Οι ασύρματες πληροφορίες και η μεταφορά ενέργειας (WIET) θα είναι ενσωματωμένη.

- **Παντοδύναμη super-3D συνδεσιμότητα (Ubiquitous Super 3D connectivity):**

Η πρόσβαση στο δίκτυο και οι βασικές λειτουργίες δικτύου σε drone και δορυφόρους τροχιάς με χαμηλό ύψος (κοντά στη γη) που θα κάνουν την super-3D συνδεσιμότητα σε 6G διάχυτα.[23,24]



Εικόνα-13: 3D σενάριο επικοινωνίας σε 6G, Διαστημική επικοινωνία[24]

3.6 Σύγκριση 6G με προηγούμενες γενιές

	1G	2G	3G	4G	5G	6G
Έτος	1970-1980	1980-1990	1990-2000	2000-2010	2015 και μετά	Μετά το 5G
Ταχύτητα	2.4 Kbps	64 Kbps	2 Mbps	200 Mbps- 1Gbps	1Gbps και παραπάνω	10-11 Gbps
Τεχνολογίες	Analog	Digital	CMDA & IP	Unified IP & seamless combination of broadband LAN, WAN, WLAN, PAN	WWW	satellite
Πρότυπο	AMPS	GSM, PDC, GPRS	CDMA, UMTS, TD-SCD MA, WCDMA	LTE, WiMAXs	Las-CDMA, OFDM MC-CDMA, UWB	GPS, COMPAS S, GLONASS, Galileo systems

Multiplexing	FDMA	TDMA CDMA	CDMA	CDMA	CDMA	CDMA
Switching	Circuit	Circuit and Packet	Packet & circuit for air interface	Packet	Packet	Packet
Πυρήνας Δικτύου	PSTN	PSTN & Packet network	Packet network	Internet	Internet	Internet
Handoff	Horizontal	Horizontal	Horizontal & Vertical	Horizontal & Vertical	Horizontal & Vertical	Horizontal & Vertical
Υπηρεσίες	Μόνο φωνή	Ψηφιακή φωνή & μικρά μηνύματα, πακέτα δεδομένων	Υψηλή ποιότητα ήχου, βίντεο και δεδομένα	Δυναμική πρόσβαση σε πληροφορίες, φορητές συσκευές	Δυναμική πρόσβαση σε πληροφορίες, φορητές συσκευές με δυνατότητες AI	Εξαιρετικά γρήγορη πρόσβαση στο Διαδίκτυο[25]

3.7 Αναπτυξιακά έργα για την Έκτη γενιά

Υπάρχουν ήδη μια σειρά από έργα 6G τεχνολογίας που βρίσκονται σε εξέλιξη αυτή τη στιγμή και κάποιες οργανώσεις που αρχίζουν τώρα την πρόωρη ανάπτυξη αυτής της νέας γενιάς. Μερικές από αυτές είναι οι ακόλουθες[20]:

- **Νότιος Κορέα-Ινστιτούτο Ηλεκτρονικής και Τηλεπικοινωνιών Ερευνών:**

Η Νότιος Κορέα είναι πολύ μπροστά και το ινστιτούτο αυτό, όπου η διεξαγωγή της έρευνας γίνεται σε Τεραχέρτζ Tera-hertz band τεχνολογία για 6G. Η 6^η γενιά πιθανά να είναι **100 φορές πιο γρήγορα** από τη **4G LTE** και **5 φορές** πιο γρήγορα από τα **5G** δίκτυα.

- **Κίνα-Το Υπουργείο Βιομηχανίας και Τεχνολογίας Πληροφοριών, ΜΠΤ:**

Η Κίνα επενδύει μεγάλα ποσά στην τεχνολογία, και είναι πρόθυμη να αποκτήσει ένα προβάδισμα στην 6G. Σύμφωνα με το ΜΠΤ έχουν γίνει άμεσα επενδύσεις και παρακολούθηση της διαδικασίας έρευνας και ανάπτυξης αυτής της γενιάς.

○ **Φινλανδία-Το Πανεπιστήμιο του Oulu:**

Το πανεπιστήμιο του Oulu έχει ξεκινήσει μια 6G ερευνητική πρωτοβουλία που είναι γνωστή ως **6Genesis**. Το πρόγραμμα αναμένεται να λειτουργήσει για *τουλάχιστον οκτώ χρόνια* και θα αναπτύξουν τις ιδέες που θα είναι οι κατάλληλες για την υλοποίηση της 6G τεχνολογίας σχεδόν μέχρι το 2040.

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Εν κατακλείδι, το Κινητό Δίκτυο παγκοσμίως, είναι κάτι που οι άνθρωποι μπορούν να περιμένουν πολλά από αυτό καθώς η τεχνολογία εξελίσσεται. Αναμένεται ότι η αρχική ιδέα του Internet θα διατηρήσει το δίκτυο όσο το δυνατόν πιο απλό και να δώσει περισσότερες λειτουργίες στους τελικούς κόμβους. Οι ασύρματες επικοινωνίες έχουν πολλά οφέλη και μπορούν να κάνουν τον κόσμο πολύ πιο αποτελεσματικό. Υπάρχουν όμως και ανησυχίες, όπως και με κάθε άλλη νέα πρόοδο που γίνεται στο σημερινό κόσμο. Τα ζητήματα ασφάλειας με την πρόσβαση σε προσωπικές πληροφορίες ενός ατόμου ή τον αρνητικό αντίκτυπο που φαίνεται να έχει στην κοινωνία είναι μερικά πράγματα που εμποδίζουν την πρόοδο που θα μπορούσε να σημειώνει η ασύρματη τεχνολογία. Με τη διεξαγωγή περισσότερων ερευνών και πειραμάτων, τα προβλήματα που σχετίζονται με τις ασύρματες επικοινωνίες μπορούν να μειωθούν και να το κάνουν ένα από το πιο σημαντικό κομμάτι του κόσμου. Η ασύρματη τεχνολογία θα είναι πολύ σημαντική στο σύντομο μέλλον, όπου η ανάγκη για καλώδια που συνδέουν μεμονωμένες συσκευές φαίνεται να τελειώνει. Έτσι, με τις γενιές που ήδη έχουν υλοποιηθεί αλλά και με τις γενιές που θα ακολουθήσουν, ένα παζλ από ασύρματες επικοινωνίες, η ζωή μας θα «λειτουργά» ασύρματα. Κλείνοντας, μπορούμε να καταλήξουμε σε ένα γενικό συμπέρασμα, ότι η προηγμένη τεχνολογία πάντα θα κάνει τα πράγματα καλύτερα αλλά ίσως και χειρότερα. Αυτό εξαρτάται λοιπόν από τους χρήστες που αναλαμβάνουν την χρήση αυτών των τεχνολογιών Κινητού Δικτύου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1]<https://www.bankmycell.com/blog/how-many-phones-are-in-the-world>
- [2]<https://www.broadbandchoices.co.uk/guides/mobile-broadband/mobile-broadband-abroad>
- [3]https://www.youtube.com/watch?v=usyNcAhAKR8&ab_channel=TheAudiopedia
- [4]https://en.wikipedia.org/wiki/Cellular_network#/media/File:Frequency_reuse.svg
- [5]https://www.researchgate.net/publication/318673817_A_Comparative_Study_of_Mobile_Wireless_Communication_Network_1G_to_5G
- [6]<https://sunilmobiletelecom.blogspot.com/2013/02/network-architecture-evolution-1g-to-4g.html>
- [7]<https://www.router-reset.com/the-difference-of-1g-2g-3g-4g-and-5g-connection>
- [8]<https://ijcsmc.com/docs/papers/May2018/V7I5201815.pdf>
- [9]<https://www.slideshare.net/KamalBhagat5/gsm-network-architecture-gsm-overview-what-is-2g>
- [10]<https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/2-5g>
- [11]https://www.researchgate.net/figure/GPRS-Network-Architecture_fig8_249879771
- [12]<https://rantcell.com/comparison-of-2g-3g-4g-5g.html>
- [13]<https://www.3glteinfo.com/3g-tutorials-introduction-to-3g/>
- [14]Polynia V.Kharbuli, Amina Sultana ‘ A Comparative Study on the Generations of Mobile Wireless Telephony: 1G-5G’, J ETIR September 2018, Volume5, Issue 9
- [15]https://www.researchgate.net/figure/4G-LTE-SAE-network-architecture_fig1_301791939
- [16]https://www.researchgate.net/publication/332269008_A_Comparative_Study_on_the_Generations_of_Mobile_Wireless_Telephony_1G_-5G

- [17]<https://www.brookings.edu/research/enabling-opportunities-5g-the-internet-of-things-and-communities-of-color/>
- [18]https://www.researchgate.net/figure/A-general-5G-cellular-network-architecture_fig19_280873356
- [19]<https://www.router-reset.com/the-difference-of-1g-2g-3g-4g-and-5g-connection>
- [20]<https://vivadifferences.com/difference-between-1g-2g-3g-4g-5g/?fbclid=IwAR2xj5VwfP3k1IOCjAP2JXm4qKZQSS72SJSvdVbqaqZuHNHLT1spEWM-I6w>
- [21]<https://integratedbiometrics.com/news/id-networks-receives-fbi-certification-for-mobile-id-solution>
- [22]<https://www.electronics-notes.com/articles/connectivity/6g-mobile-wireless-cellular/technology-basics.php>
- [23]Mostafa Zaman Chowdhury, Md. Shahjalal, Shakil Ahmed, and Yeong Min Jang ‘6G Wireless Communication Systems: Applications, Requirements, Technologies, Challenges, and Research Directions’
- [24]https://www.researchgate.net/figure/3D-Communication-Scenario-in-6G-Space-communication-The-three-main-patterns-of-space_fig2_348799624
- [25]Ms. Anju Uttam, Maratha Mandir ‘An Overview on Evolution of Mobile Wireless Communication Networks: 1G-6G’