



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

& ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

ΕΡΓΑΣΙΑ ΕΞΑΜΗΝΟΥ

ΓΙΑ ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ

«ΕΥΡΥΖΩΝΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ»

«6G»

ΜΑΡΙΝΟΣ-ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΣ

A.M 1054402

ΔΙΔΑΣΚΩΝ: ΧΡΗΣΤΟΣ ΜΠΟΥΡΑΣ

ΠΑΤΡΑ 2020

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ.....	3
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1:ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	4
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ.....	7
<i>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΤΟΥ 6G ΜΕ ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΑ ΜΟΝΤΕΛΑ</i>	<i>14</i>
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: 6G ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ	18
4.1: PESTLE	18
4.2 ΧΡΗΣΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΓΜΟΓΕΣ.....	19
4.3: ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ	23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ	28
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	31
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	31

ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ

1. IoE: Internet of Everything
2. eMBB: enhanced Mobile Broadband
3. URLLC: Ultra Reliable Low Latency Communications
4. XR: Extended Reality
5. VR: Virtual Reality
6. AR: Augmented Reality
7. MR: Mixed Reality
8. AI: Artificial Intelligence
9. AMPS: Advanced Mobile Phone System
10. FDMA: Frequency-Division Multiple Access
11. TDMA: Time-Division Multiple Access
12. CDMA: Code-Division Multiple Access
13. GSM: Global System for Mobile
14. GPRS: General Packet Radio Services
15. ISP: Internet Service Provider
16. UMTS: Universal Mobile Telecommunications Service
17. WCDMA: Wideband Code Division Multiple Access
18. LTE: Long-Term Evolution
19. OPA: Open Wireless Architecture
20. OTP: One-Time Password
21. WIET: Workforce Inventory of Education and Training

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

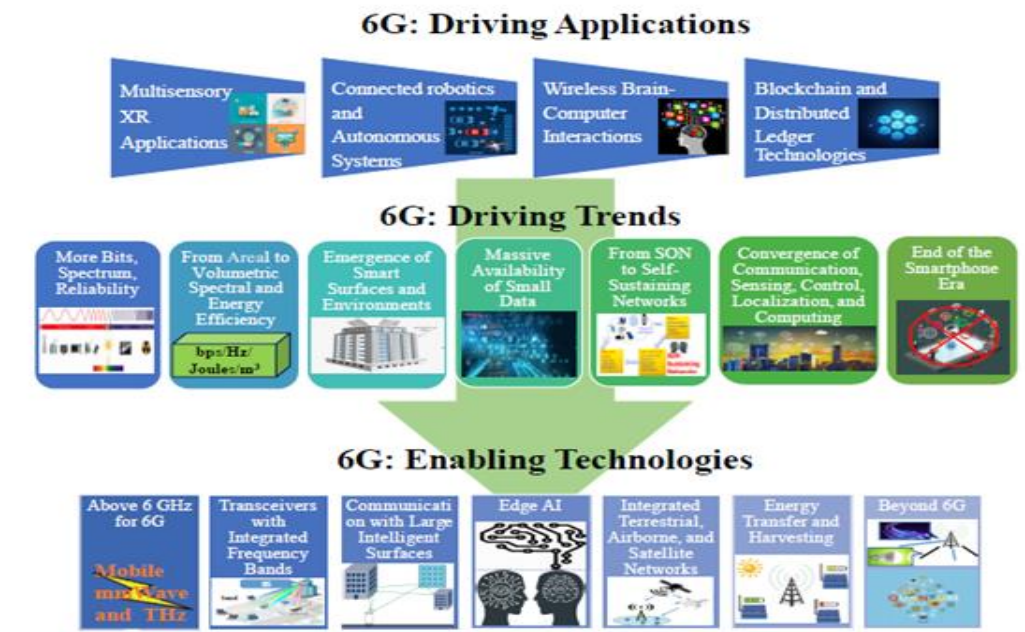
Μέχρι σήμερα, η εξέλιξη του ασύρματου δικτύου οφείλεται κυρίως στην ανάγκη για υψηλότερα ποσοστά, τα οποία έχουν συνεχή αύξηση της χωρητικότητας του δικτύου κατά 1000 [1]. Ενώ αυτή η ζήτηση για ασύρματη χωρητικότητα θα συνεχίσει να αυξάνεται, η εμφάνιση του Διαδικτύου των Πάντων (IoE), που συνδέει εκατομμύρια ανθρώπους και δισεκατομμύρια μηχανές, αποδίδει μια ριζική αλλαγή παραδείγματος από τις ενισχυμένες κινητές ευρυζωνικές (eMBB) υπηρεσίες των προηγούμενων χρόνων προς εξαιρετικά αξιόπιστες, με χαμηλή λανθάνουσα υποστήριξη επικοινωνίες (URLLC).

Αν και το κυψελοειδές σύστημα πέμπτης γενιάς (5G) διατέθηκε στην αγορά ως βασικός παράγοντας ενεργοποίησης του IoE, μέσω συντονισμένων προσπαθειών τυποποίησης 5G που οδήγησαν στο πρώτο 5G νέο ραδιοφωνικό (5G NR) ορόσημο και τις επόμενες εκδόσεις 3GPP, η αρχική παραδοχή του 5G – ως πραγματικού φορέα των υπηρεσιών του IoE – δεν έχει ακόμη υλοποιηθεί. Μπορεί κανείς να ισχυριστεί ότι το εξελικτικό μέρος του 5G (δηλαδή, υποστηρίζοντας τις πεινασμένες για ποσοστό υπηρεσίες eMBB) έχει αποκτήσει σημαντική δυναμική, ωστόσο, η υποσχόμενη επαναστατική προοπτική του 5G – ενός συστήματος που λειτουργεί σχεδόν αποκλειστικά σε συχνότητες κυμάτων χιλιοστών υψηλής συχνότητας (mmWave) και επιτρέποντας ετερογενείς υπηρεσίες IoE – έχει παραμείνει μέχρι στιγμής οφθαλμαπάτη. Αν και τα συστήματα 5G που διατίθενται στην αγορά θα υποστηρίζουν εύκολα τις βασικές υπηρεσίες IoE και URLLC (π.χ. αυτοματοποίηση εργοστασίων), είναι αμφισβητήσιμο εάν μπορούν να παραδώσουν τις αυριανές έξυπνες εφαρμογές IoE πόλεων. Επιπλέον, αν και το 5G θα υποστηρίξει τελικά σταθερή πρόσβαση σε συχνότητες mmWave, είναι πιο πιθανό ότι οι πρόωρες 5G κυκλοφορίες θα εξακολουθούν να χρησιμοποιούν υπο-6 GHz για την υποστήριξη της κινητικότητας.

Εν τω μεταξύ, βρίσκεται σε εξέλιξη η πρωτοφανής διάδοση των νέων υπηρεσιών του IoE. Τα παραδείγματα κυμαίνονται από υπηρεσίες εκτεταμένης πραγματικότητας (XR) (που περιλαμβάνουν επαυξημένη, μικτή και εικονική πραγματικότητα

(AR/MR/VR)) έως τηλεϊατρική, απτική, ιπτάμενα οχήματα, διεπαφές εγκεφάλου-υπολογιστή και συνδεδεμένα αυτόνομα συστήματα. Αυτές οι εφαρμογές θα διαταράξουν τον αρχικό στόχο 5G της υποστήριξης των υπηρεσιών URLLC που βασίζονται σε σύντομο πακέτο, με βάση την ανίχνευση. Για την επιτυχή λειτουργία των υπηρεσιών IoE, όπως XR και συνδεδεμένα αυτόνομα συστήματα, ένα ασύρματο σύστημα πρέπει ταυτόχρονα να παρέχει υψηλή αξιοπιστία, χαμηλό λανθάνοντα χρόνο και υψηλά ποσοστά δεδομένων, για ετερογενείς συσκευές, σε σύνδεση με uplink και downlink. Οι αναδυόμενες υπηρεσίες IoE θα απαιτήσουν επίσης έναν από άκρο σε άκρο συν-σχεδιασμό των λειτουργιών επικοινωνίας, ελέγχου και πληροφορικής, η οποία μέχρι σήμερα έχει παραβλεφθεί σε μεγάλο βαθμό. Για να ληφθεί υπόψη αυτή η νέα φυλή υπηρεσιών, πρέπει να αντιμετωπιστούν μοναδικές προκλήσεις που κυμαίνονται από το χαρακτηρισμό των θεμελιωδών συμβιβασίων ρυθμού-αξιοπιστίας-λανθάνοντος χρόνου που διέπουν την απόδοσή τους μέχρι την εκμετάλλευση συχνοτήτων πέρα από τα υπο-6 GHz και τη μετατροπή των ασύρματων συστημάτων σε ένα αυτοσυντηρούμενο, ευφύες ύφασμα δικτύου που παρέχει ευέλικτα και ενορχηστρώνει πόρους επικοινωνίας-υπολογισμού- εντοπισμού προσαρμοσμένων στο απαιτούμενο σενάριο IoE.

Για να ξεπεραστούν αυτές οι προκλήσεις, απαιτείται ένα διασπαστικό ασύρματο σύστημα έκτης γενιάς (6G), του οποίου ο σχεδιασμός είναι εγγενώς προσαρμοσμένος στις απαιτήσεις απόδοσης των εφαρμογών του IoE και στις συνοδευτικές τεχνολογικές τάσεις τους. Οι οδηγοί του 6G θα είναι μια συμβολή των προηγούμενων τάσεων (π.χ. πυκνοποίηση, υψηλότερα ποσοστά, και μαζικές κεραίες) και των αναδυόμενων τάσεων που περιλαμβάνουν νέες υπηρεσίες και την πρόσφατη επανάσταση στις ασύρματες συσκευές (π.χ. έξυπνα wearables, εμφυτεύματα, συσκευές XR, κ.λπ.), τεχνητή νοημοσύνη (AI) [2], πληροφορική, και ανίχνευση.



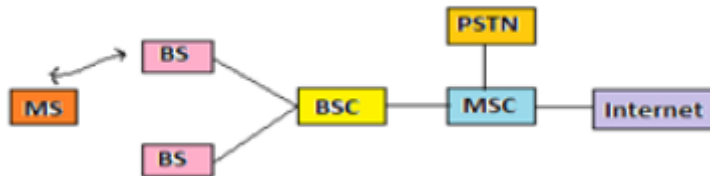
Εικ.1 6G όραμα: Εφαρμογές, τάσεις, και τεχνολογίες.[1]

Κοιτώντας προς το μέλλον, το όραμα των συστημάτων 6G (Εικ. 1) που προσδιορίζει τις εφαρμογές, τις τάσεις, τις μετρήσεις απόδοσης και τις τεχνολογίες διασπαστικής ενέργειας, που θα οδηγήσουν την επανάσταση 6G. Στη συνέχεια, το όραμα αυτό θα οριοθετήσει νέες υπηρεσίες 6G και θα παράσχει έναν συγκεκριμένο ερευνητικό χάρτη πορείας και συστάσεις για τη διευκόλυνση του άλματος από τα ισχύοντα συστήματα 5G προς το 6G.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

1G FIRST GENERATION TECHNOLOGY (ANALOG)

Το ασύρματο σύστημα κινητής επικοινωνίας πρώτης γενιάς (Εικ.2) είναι μια αναλογική τεχνολογία που αναπτύχθηκε στη δεκαετία του 1980. Χρησιμοποιήθηκε για τις υπηρεσίες φωνής και βασίστηκε στην τεχνολογία αποκαλούμενη ως προηγμένο κινητό τηλεφωνικό σύστημα (AMPS). Το σύστημα AMPS διαμορφώθηκε και χρησιμοποιείται με διαίρεση συχνότητας πολλαπλή πρόσβαση (FDMA) με χωρητικότητα καναλιού 30KHz και ζώνη συχνοτήτων 824-894MHz. It υποστηρίζει ταχύτητα έως 2.4kbps. Το 1988, το amps διατέθηκε με το πρόσθετο εύρος ζώνης 10MHz αποκαλούμενο ως επεκταθε'ν φάσμα, το οποίο αναπτύχθηκε αρχικά στο Σικάγο, με μια περιοχή υπηρεσιών 2100 τετραγωνικών μιλίων. Το Amps κυκλοφόρησε για πρώτη φορά από τις ΗΠΑ το 1982.

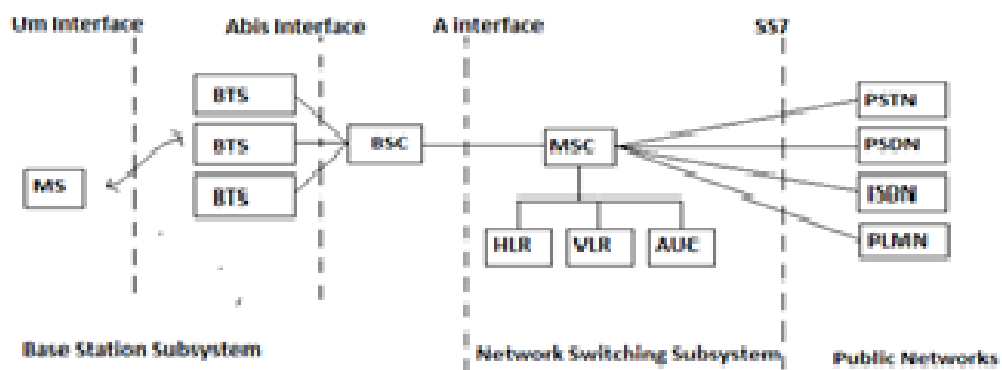


Εικ.2 Αρχιτεκτονική του AMPS [3]

2G SECOND GENERATION TECHNOLOGY (DIGITAL)

Το σύστημα ασύρματης κινητής επικοινωνίας δεύτερης γενιάς (Εικ.3) είναι μια ψηφιακή τεχνολογία που εισήχθη στα τέλη της δεκαετίας του 1980. Χρησιμοποιεί ψηφιακά σήματα για φωνητική μετάδοση και έχει ταχύτητα 64kbps. Το εύρος ζώνης 2G είναι 30-200KHz. 2G παρέχει τις υπηρεσίες όπως οι σύντομες υπηρεσίες μηνυμάτων (SMS), τα μηνύματα εικόνων και οι υπηρεσίες μηνυμάτων πολυμέσων (MMS). Χρησιμοποιεί τα ψηφιακά σχέδια διαμόρφωσης όπως η χρονική διαίρεση

πολλαπλής πρόσβασης (TDMA) και η πολλαπλάσια πρόσβαση τμήματος κώδικα (CDMA). Το TDMA επιτρέπει την διαίρεση των σημάτων σε χρονοθυρίδες. Το CDMA παρέχει σε κάθε χρήστη έναν ειδικό κωδικό για να επικοινωνεί μέσω ενός πολυπλέκτη φυσικού καναλιού. Οι τεχνολογίες TDMA όπως GSM, PDC, iDEN, IS-136 και cdma τεχνολογίες όπως is-95 χρησιμοποιούνται. Το GSM (Παγκόσμιο Σύστημα για την Κινητή Επικοινωνία) είναι το πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο 2G κινητό πρότυπο. Το 2G ξεκίνησε εμπορικά με gsm πρότυπο στη Φινλανδία, το 1991. Η GSM τεχνολογία ήταν η πρώτη για την υποστήριξη της διεθνούς περιαγωγής. Αυτό επέτρεψε στους συνδρομητές κινητής τηλεφωνίας να χρησιμοποιούν τις συνδέσεις κινητής τηλεφωνίας τους σε διάφορες χώρες του κόσμου με καλύτερη ποιότητα και χωρητικότητα.

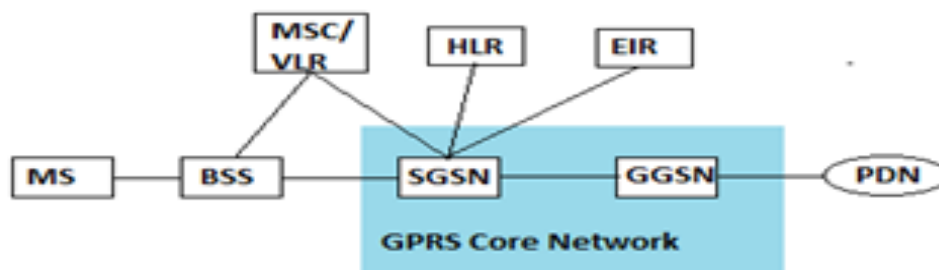


Εικ.3 Αρχιτεκτονική συστήματος GSM [3]

2.5G TECHNOLOGY

Η τεχνολογία GSM βελτιωνόταν συνεχώς για να παρέχει καλύτερες υπηρεσίες που οδήγησαν στην ανάπτυξη προηγμένων συστημάτων που ονομάζονται συστήματα 2.5 Γενιάς (2.5G). Το 2.5G (Εικ.4) βρίσκεται μεταξύ των τεχνολογιών 2G και 3G. Επιπλέον με το μεταλλαγμένο κύκλωμα τομέα του 2G συστήματος, το 2.5G παρέχει ένα ποσοστό στοιχείων των χρησιμοποιημένων τεχνολογιών 144kbps. Το 2G χρησιμοποιεί τεχνολογίες όπως η γενική ραδιο υπηρεσία πακέτων (GPRS) και η EDGE (ενισχυμένα ποσοστά στοιχείων στο περιβάλλον GSM). Το Gprs παρέχει πρωτόκολλα μεταγωγής πακέτων, σύντομο χρόνο εγκατάστασης για τις συνδέσεις ISP και τη δυνατότητα να χρεώνουν το συνδρομητή σύμφωνα με το ποσό των δεδομένων που αποστέλλονται και όχι το χρόνο σύνδεσης. Το GPRS υποστηρίζει

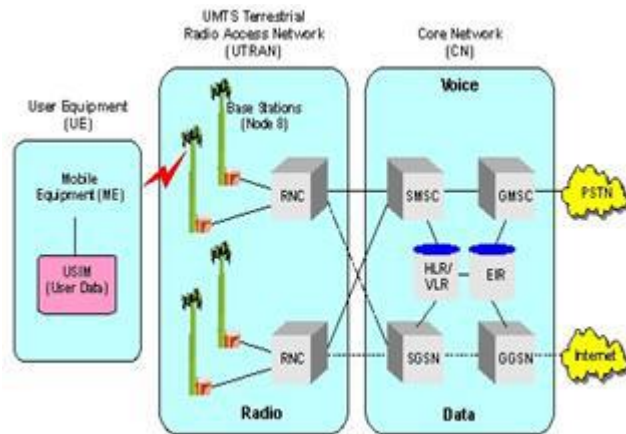
ευέλικτους ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων και παρέχει συνεχή σύνδεση με το δίκτυο. GPRS είναι το σημαντικό βήμα προς 3G.



Εικ.4 Αρχιτεκτονική gprs [3]

3G THIRD GENERATION TECHNOLOGY

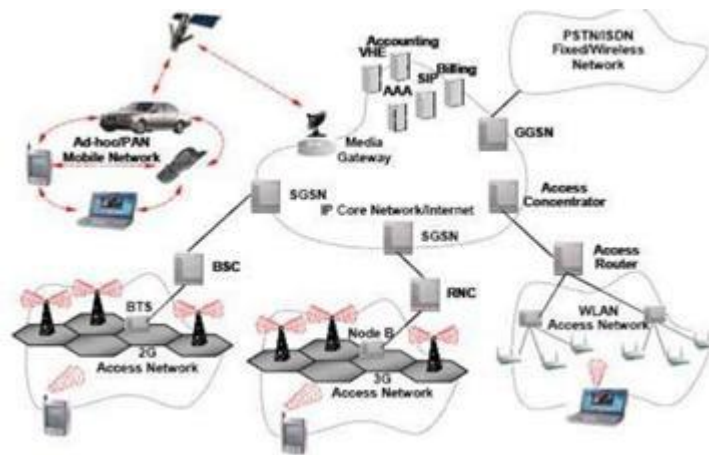
Το ασύρματο κινητό σύστημα επικοινωνίας τρίτης γενεάς εισήχθη το 2000. Ο στόχος των συστημάτων 3G (Εικ.5) ήταν να προσφερθεί τα αυξανόμενα ποσοστά στοιχείων από 144kbps σε 384kbps στις ευρείες περιοχές κάλυψης και 2Mbps στις τοπικές περιοχές κάλυψης. Το 3G προσφέρει τις προηγμένες υπηρεσίες στους χρήστες σε σύγκριση με 1G και 2G. Μαζί με τη φωνητική επικοινωνία περιλαμβάνει υπηρεσίες δεδομένων, πρόσβαση σε τηλεόραση/βίντεο, περιήγηση στο Web, ηλεκτρονικό ταχυδρομείο, τηλεδιασκέψεις, σελιδοποίηση, φαξ και χάρτες πλοήγησης. Έχει ένα εύρος ζώνης 15-20MHz που χρησιμοποιείται για το διαδίκτυο υψηλής ταχύτητας, την τηλεοπτική συνομιλία, κ.λπ. Ένα κινητό σύστημα 3G καθορίστηκε από έναν οργανισμό που ονομάζεται 3ο πρόγραμμα συνεργασίας γενιάς (3GPP) που πληροί τα πρότυπα IMT-2000. Ονομαζόταν UMTS (Παγκόσμιο Σύστημα Κινητών Τηλεπικοινωνιών) στην Ευρώπη, το οποίο καθοδηγείται από την TSI. IMT2000 είναι το όνομα ITU-T για το σύστημα τρίτης γενεάς, ενώ CDMA2000 είναι το όνομα της αμερικανικής τρισδιάστατης παραλλαγής. Επίσης το IMT2000 έχει δεχτεί ένα νέο 3G πρότυπο από την Κίνα, δηλαδή TD-SCDMA. Η WCDMA είναι η τεχνολογία αέρα-διαπαφών για το UMTS. Το πρώτο εμπορικό δίκτυο 3G ξεκίνησε από την NTT Do co mo στην Ιαπωνία, το 2001.



Εικ.5 Διάγραμμα δικτύου WCDMA [3]

4G FOURTH GENERATION TECHNOLOGY

Το κινητό σύστημα τέταρτης γενιάς εισήχθη στα τέλη της δεκαετίας του 2000 και ήταν όλα IP με βάση το σύστημα δικτύου. Ο κύριος στόχος της τεχνολογίας 4G (Εικ.6) είναι να παρέχει υπηρεσίες υψηλής ταχύτητας, υψηλής ποιότητας, υψηλής χωρητικότητας, ασφάλειας και χαμηλού κόστους για υπηρεσίες φωνής και δεδομένων, πολυμέσων και διαδικτύου μέσω IP. Ο λόγος για τη μετάβαση σε όλα τα IP είναι να έχουμε μια κοινή πλατφόρμα για όλες τις τεχνολογίες που έχουν αναπτυχθεί μέχρι στιγμής. Έχει τη δυνατότητα 100Mbps και 1Gbps. Για να χρησιμοποιηθεί το δίκτυο κινητής τηλεφωνίας 4G, τα τερματικά χρήστη πολλαπλών λειτουργιών θα πρέπει να μπορούν να επιλέγουν το ασύρματο σύστημα προορισμού. Για την παροχή ασύρματων υπηρεσιών οποτεδήποτε και οπουδήποτε, η φορητότητα τερματικού αποτελεί βασικό παράγοντα στο 4G. Η φορητότητα τερματικού συνεπάγεται αυτόματη περιαγωγή μεταξύ διαφορετικών ασύρματων δικτύων. Η τεχνολογία 4G ενσωματώνει διαφορετικές υπάρχουσες και μελλοντικές ασύρματες τεχνολογίες (π.χ. OFDM, MC-CDMA, LAS-CDMA και Network-LMDS) για την παροχή ελεύθερης κυκλοφορίας και αδιάλειπτης περιαγωγής από τη μία τεχνολογία στην άλλη. Οι LTE (Μακροπρόθεσμη Εξέλιξη) και WiMAX (ασύρματη διαλειτουργικότητα για πρόσβαση μικροκυμάτων) θεωρούνται τεχνολογίες 4G. Η πρώτη επιτυχής δοκιμή πεδίου για 4G διεξήχθη στην Ιαπωνία, το 2005.



Εικ.6 4G Αρχιτεκτονική δικτύου[3]

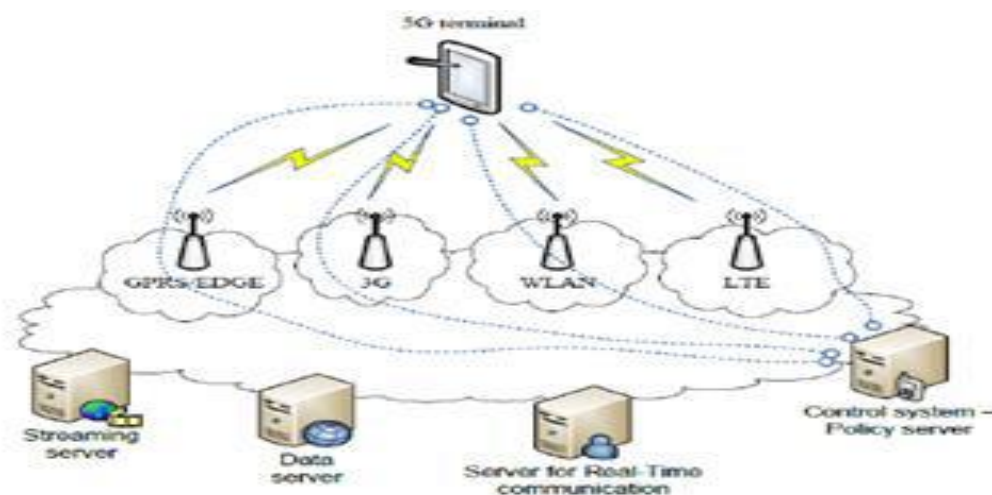
5G FIFTH GENERATION TECHNOLOGY

Το δίκτυο κινητής και ασύρματης επικοινωνίας πέμπτης γενεάς είναι ο πραγματικός ασύρματος κόσμος που θα υποστηριζόταν από 1as-CDMA, OFDM, mc-CDMA, UWB, δίκτυο-LMDS, IPv6. Το 5G (Εικ.7) μπορεί να κληθεί ως τέλειος πραγματικός ασύρματος κόσμος ή παγκόσμιος ασύρματος Ιστός (WWW) δεδομένου ότι δεν έχει κανέναν περιορισμό. Το βασικό πρωτόκολλο για τη λειτουργία και στις δύο 4G και 5G είναι IPv6. Το 5G έχει ως στόχο να παρέχει απεριόριστη πρόσβαση στις πληροφορίες και τη δυνατότητα να μοιράζονται τα δεδομένα οπουδήποτε, οποτεδήποτε από οποιονδήποτε προς όφελος των τεχνολογιών world.5G καλύπτει όλα τα προηγμένα χαρακτηριστικά που καθιστά 5G κινητή τεχνολογία πιο ισχυρή και θα είναι σε τεράστια ζήτηση στο μέλλον. Το 5G κινητό είναι όλο βασισμένο στην IP για την κινητή και ασύρματη διαλειτουργικότητα δικτύων. Οι δραστηριότητες τυποποίησης για το 5G έχουν ήδη ξεκινήσει φέτος, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε εμπορική διαθεσιμότητα γύρω στο 2020.

Στο δίκτυο 5G, το επίπεδο "Φυσική σύνδεση" και "Σύνδεση δεδομένων" ορίζει την ασύρματη τεχνολογία 5G που την δείχνει ως ανοιχτή ασύρματη αρχιτεκτονική (OWA). Η τεχνολογία 5G διατηρεί επίσης εικονικό πολυ-ασύρματο δίκτυο. Για να εκτελεστεί αυτό το επίπεδο δικτύου υποδιαιρείται σε δύο επίπεδα. Το ανώτερο επίπεδο δικτύου για το κινητό τερματικό και το χαμηλότερο στρώμα δικτύου για τη διεπαφή. Εδώ όλη η δρομολόγηση θα βασιστεί στις διευθύνσεις IP που θα ήταν διαφορετικές σε κάθε δίκτυο IP παγκοσμίως. Στην τεχνολογία 5G η υψηλότερη απώλεια ποσοστού ποσοστού μπιτ υπερνικείται με τη χρησιμοποίηση του ανοικτού πρωτοκόλλου μεταφορών (OTP). Το OTP υποστηρίζεται από το επίπεδο μεταφοράς και περιόδου λειτουργίας. Το επίπεδο εφαρμογής είναι για την ποιότητα της διαχείρισης υπηρεσιών σε διάφορους τύπους δικτύων.

Χαρακτηριστικά:

- Το 5G παρέχει μεγάλη μετάδοση των δεδομένων σε Gigabit.
- Τα τερματικά 5G διαθέτουν ραδιόφωνα που ορίζονται από το λογισμικό.
- Το 5G χρησιμοποιεί διαφορετικές τεχνικές διαμόρφωσης και τεχνικές ελέγχου σφαλμάτων.
- Το 5G παρέχει εκατοντάδες κανάλια χωρίς streaming.
- Η 5G τεχνολογία προσφέρει την πύλη κατηγορίας μεταφορέων με την ασύγκριτη συνέπεια.
- Η 5G τεχνολογία υποστηρίζει εικονικό ιδιωτικό δίκτυο.
- Το 5G προσφέρει αμφίδρομο εύρος ζώνης και λιγότερη κυκλοφορία
- Το 5G παρέχει 25Mbps ταχύτητα συνδεσιμότητας με εύρος ζώνης δεδομένων μεγαλύτερο από 1Gb.
- Τα μακρινά διαγνωστικά είναι ένα μεγάλο χαρακτηριστικό γνώρισμα 5G.
- Η ταχύτητα μεταφόρτωσης και λήψης του 5G είναι πολύ υψηλή.



Εικ.7 Αρχιτεκτονική δικτύου κινητής τηλεφωνίας 5G [3]

6G OR SIXTH GENERATION TECHNOLOGY

Το δίκτυο κινητής και ασύρματης επικοινωνίας έκτης γενιάς μπορεί να ενσωματώσει τα δίκτυα δορυφορικών επικοινωνιών και το 5G για να παρέχει παγκόσμια κάλυψη.

Το δίκτυο δορυφορικών επικοινωνιών μπορεί να αποτελείται από δορυφορικά δίκτυα τηλεπικοινωνιών, δορυφορικά δίκτυα απεικόνισης γης και δορυφορικά δίκτυα πλοήγησης. Ο στόχος του 6G είναι η ενσωμάτωση αυτών των ειδών δορυφορικών δικτύων για την παροχή αναγνωριστικού θέσης δικτύου, πολυμέσων και σύνδεσης στο διαδίκτυο, καθώς και υπηρεσιών πληροφοριών καιρού στους χρήστες κινητών συσκευών. Οι τέσσερις χώρες που διαθέτουν αυτά τα δορυφορικά συστήματα είναι: το Παγκόσμιο Σύστημα Θέσης (GPS) των ΗΠΑ, το Galileo στην Ευρώπη, το COMPASS της Κίνας και η GLONASS από τη Ρωσία. Εάν το 6G ενσωματωθεί με το 5G με αυτά τα δορυφορικά δίκτυα, θα έχει τέσσερα διαφορετικά πρότυπα. Έτσι, η παράδοση και η περιαγωγή θα είναι ένα μεγάλο θέμα στο 6G. Το ραδιόφωνο πάνω από το σύστημα ινών είναι ήδη υπό ύπαρξη, αλλά με την έλευση της τεχνολογίας 6G, η ανθρωπότητα θα είναι πιο κοντά σε κάθε εξωγήινο πολιτισμό στο σύμπαν.

Χαρακτηριστικά:

- Εξαιρετικά γρήγορη πρόσβαση στο Διαδίκτυο.
- Τα ποσοστά δεδομένων θα ανοιχθούν έως 10-11 Gbps.
- Έξυπνα σπίτια, πόλεις και χωριά.
- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην παραγωγή ενέργειας από γαλαξιακό κόσμο.
- Οικιακός αυτοματισμός, Διαστημική τεχνολογία, Αμυντικές εφαρμογές θα τροποποιηθούν με δίκτυα 6G.
- Δορυφορική προς δορυφορική επικοινωνία
- Οι φυσικές καταστροφές θα ελέγχονται με δίκτυα 6G.
- Επικοινωνία από θάλασσα σε διάστημα.
- Mind to Mind Επικοινωνία μπορεί να είναι δυνατή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΤΟΥ 6G ΜΕ ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΑ ΜΟΝΤΕΛΑ

Issue	4G	5G	6G
Per device peak data rate	1 Gbps	10 Gbps	1 Tbps
E2E latency	100 ms	10 ms	1 ms
Maximum spectral efficiency	15 bps/Hz	30 bps/Hz	100 bps/Hz
Mobility support	Up to 350 km/hr	Up to 500 km/hr	Up to 1000 km/hr
Satellite integration	No	No	Fully
AI	No	Partial	Fully
Autonomous vehicle	No	Partial	Fully
XR	No	Partial	Fully
Haptic Communication	No	Partial	Fully

Πιν.1 Σύγκριση συστημάτων επικοινωνίας 6G με συστήματα επικοινωνίας 4G και 5G [4]

Οι τεχνολογίες 5G έχουν συσχετιστεί με συμβιβασμούς διαφόρων θεμάτων, όπως η απόδοση, η καθυστέρηση, η ενεργειακή απόδοση, το κόστος ανάπτυξης, η αξιοπιστία και η πολυπλοκότητα του υλικού. Είναι πολύ πιθανό ότι το 5G δεν θα είναι σε θέση να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις της αγοράς μετά το 2030. Στη συνέχεια, το 6G θα καλύψει το κενό μεταξύ 5G και τη ζήτηση της αγοράς. Με βάση τις προηγούμενες τάσεις και προβλέψεις των μελλοντικών αναγκών, οι κύριοι στόχοι για τα συστήματα 6G είναι (i) εξαιρετικά υψηλοί ρυθμοί δεδομένων ανά συσκευή, (ii) ένας πολύ μεγάλος αριθμός συνδεδεμένων συσκευών, (iii) παγκόσμια συνδεσιμότητα, (iv) πολύ χαμηλός λανθάνων χρόνος, (v) μείωση της κατανάλωσης ενέργειας με συσκευές IoT χωρίς μπαταρίες, (vi) εξαιρετικά υψηλή αξιοπίστη συνδεσιμότητα και (vii) συνδεδεμένη νοημοσύνη με δυνατότητα μηχανικής μάθησης. Ο πίνακας 1 παρουσιάζει σύγκριση του 6G με τα συστήματα επικοινωνίας 4G και 5G.

A. Απαιτήσεις εξυπηρέτησης

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

- Βελτιωμένη κινητή ευρυζωνική σύνδεση (eMBB)
- Εξαιρετικά αξιόπιστες επικοινωνίες χαμηλού λανθάνοντος χρόνου (URLLC)
- Μαζική επικοινωνία τύπου μηχανής (mMTC)
- Ολοκληρωμένη επικοινωνία (AI)
- Απτικό διαδίκτυο
- Υψηλή μετατιμητή
- Υψηλή χωρητικότητα δικτύου
- Υψηλή ενεργειακή απόδοση
- Χαμηλή οπισθοδρομική ανάσχυση και συμφόρηση του δικτύου πρόσβασης
- Βελτιωμένη ασφάλεια δεδομένων

Εκτιμάται ότι το σύστημα 6G θα έχει 1000 φορές υψηλότερη ταυτόχρονη ασύρματη συνδεσιμότητα από το σύστημα 5G. Το URLLC, το οποίο είναι ένα βασικό χαρακτηριστικό 5G, θα είναι ένα βασικό πρόγραμμα οδήγησης και πάλι στην επικοινωνία 6G, παρέχοντας end-to-end (E2E) καθυστέρηση μικρότερη από 1 ms [5]. Η φασματική αποδοτικότητα όγκου, σε αντιδιαστολή με τη συχνά-χρησιμοποιημένη φασματική αποδοτικότητα περιοχής, θα είναι πολύ καλύτερη σε 6G [5]. Το σύστημα 6G θα παρέχει εξαιρετικά μεγάλη διάρκεια ζωής μπαταρίας και προηγμένη τεχνολογία μπαταρίας για τη συγκομιδή ενέργειας. Στα συστήματα 6G, οι κινητές συσκευές δεν θα χρειάζεται να φορτιστούν ξεχωριστά.

B. Νέα χαρακτηριστικά δικτύου

Δίκτυο δορυφορικών δορυφόρων: Για την παροχή παγκόσμιας κινητής συλλογικότητας, το 6G αναμένεται να ενσωματωθεί με δορυφόρους. Η ενσωμάτωση χερσαίων, δορυφορικών και αερομεταφερόμενων δικτύων σε ένα ενιαίο ασύρματο σύστημα θα είναι ζωτικής σημασίας για το 6G.

Συνδεδεμένη νοημοσύνη: Σε αντίθεση με την προηγούμενη γενιά συστημάτων ασύρματης επικοινωνίας, το 6G θα είναι μετασχηματιστικό και θα ενημερώσει την

ασύρματη πρόοδο από "συνδεδεμένα πράγματα" σε "συνδεδεμένη νοημοσύνη" [6]. Θα εισαχθεί η ΑΙ σε κάθε στάδιο της διαδικασίας επικοινωνίας. Η διάχυτη εισαγωγή της ΑΙ θα δημιουργήσει ένα νέο πρότυπο συστημάτων επικοινωνίας.

Απρόσκοπτη ενσωμάτωση ασύρματων πληροφοριών και μεταφορά ενέργειας: Τα ασύρματα δίκτυα 6G θα μεταφέρουν επίσης ενέργεια για τη φόρτιση συσκευών μπαταρίας, όπως smartphones και αισθητήρες. Ως εκ τούτου, θα ενσωματωθούν οι ασύρματες πληροφορίες και η μεταφορά ενέργειας (WIET).

Πανταχού παρούσα συνδεσιμότητα super 3D: Η πρόσβαση στις λειτουργίες του δικτύου και του κεντρικού δικτύου σε μη επανδρωμένα αεροσκάφη και σε πολύ χαμηλούς δορυφόρους γήινης τροχιάς θα καταστήσει την υπερ-3D συνδεσιμότητα σε 6G πανταχού παρούσα.

Γ. Λίγες γενικές απαιτήσεις στα χαρακτηριστικά δικτύου

Δίκτυα μικρών κυττάρων: Η ιδέα των δικτύων μικρών κυττάρων έχει εισαχθεί για να βελτιώσει την λαμβανόμενη ποιότητα σημάτων ως συνέπεια της διακίνησης, της ενεργειακής αποδοτικότητας, και της φασματικής βελτίωσης αποδοτικότητας στα κυψελοειδή συστήματα [7][8][9]. Ως αποτέλεσμα, τα δίκτυα μικρών κυψελών αποτελούν βασικό χαρακτηριστικό για τα συστήματα επικοινωνίας 5G και πέραν αυτής (5GB). Ως εκ τούτου, τα συστήματα επικοινωνίας 6G υιοθετούν επίσης αυτό το χαρακτηριστικό του δικτύου.

Εξαιρετικά πυκνά ετερογενή δίκτυα: Εξαιρετικά πυκνά ετερογενή δίκτυα [10], [11] θα αποτελέσουν ένα άλλο σημαντικό χαρακτηριστικό των συστημάτων επικοινωνίας 6G. Τα πολυεπίπεδα δίκτυα που αποτελούνται από ετερογενή δίκτυα θα βελτιώσουν το συνολικό QoS και θα μειώσουν το κόστος.

Backhaul υψηλής χωρητικότητας: Η συνδεσιμότητα backhaul πρέπει να χαρακτηρίζεται από δίκτυα backhaul υψηλής χωρητικότητας για την υποστήριξη τεράστιου όγκου κυκλοφορίας. Τα συστήματα οπτικών ινών υψηλής ταχύτητας και ελεύθερου χώρου (FSO) είναι πιθανές λύσεις για αυτό το πρόβλημα.

Τεχνολογία ραντάρ ενσωματωμένη με κινητές τεχνολογίες: Ο εντοπισμός υψηλής ακρίβειας με την επικοινωνία είναι επίσης ένα από τα χαρακτηριστικά του

συστήματος ασύρματης επικοινωνίας 6G. Ως εκ τούτου, τα συστήματα ραντάρ θα ενσωματωθούν με δίκτυα 6G.

Υλική και εικονική διαμόρφωση: είναι δύο σημαντικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα που είναι η βάση της διαδικασίας σχεδίου στα 5G δίκτυα για να εξασφαλίσουν την ευελιξία, τη δυνατότητα αναδιαμόρφωσης, και τη δυνατότητα προγραμματισμού. Επιπλέον, θα επιτρέψουν να μοιραστούν τα δισεκατομμύρια των συσκευών σε μια κοινή φυσική υποδομή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: 6G

ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ

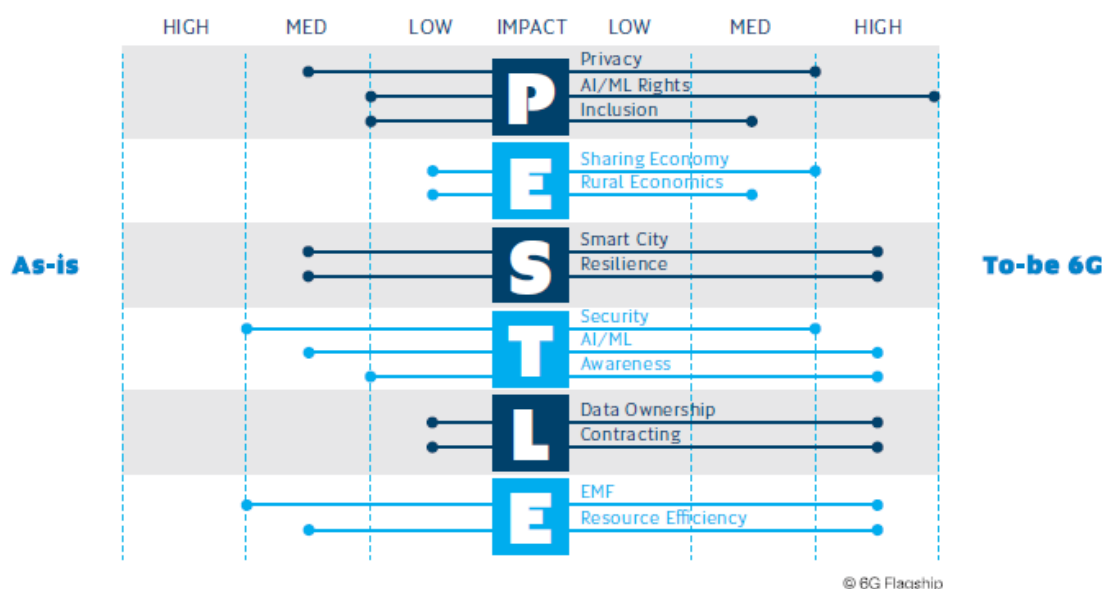
4.1: PESTLE

Οι κοινωνικοί και επιχειρηματικοί παράγοντες θα διαμορφώνουν όλο και περισσότερο την ανάπτυξη 6G, συμπεριλαμβανομένων των πολιτικών, οικονομικών, κοινωνικών, τεχνολογικών, νομικών και περιβαλλοντικών οδηγών (PESTLE) [21], όπως τονίζεται στην Εικ.8. Για να διασφαλιστεί ότι τα οφέλη των έξυπνων υπηρεσιών των πόλεων και της αστικοποίησης είναι πλήρως κοινά και χωρίς αποκλεισμούς, οι πολιτικές για τη διαχείριση της αστικής ανάπτυξης πρέπει να διασφαλίζουν την πρόσβαση σε υποδομές και κοινωνικές υπηρεσίες για όλους, εστιάζοντας στις ανάγκες των φτωχών και άλλων ευάλωτων ομάδων των πόλεων για στέγαση, εκπαίδευση, υγειονομική περίθαλψη, ουσιαστική εργασία και ασφαλές περιβάλλον. Η άνοδος των πάντα συνδεδεμένων παντοδύναμων συστημάτων, συσκευών και αισθητήρων που εξυπηρετούν ψηφιακό αυτοματισμό κρίσιμων διαδικασιών θα θέσει υψηλές απαιτήσεις για αξιοπιστία και ανθεκτικότητα. Η πανταχού παρούσα συνδεσιμότητα και η επίγνωση των δικτύων 6G αναμένεται να προωθήσουν την προσβασιμότητα και τη χρήση των ΤΠΕ για την κοινωνική και οικονομική ανάπτυξη των ατόμων με ειδικές ανάγκες, συμπεριλαμβανομένων των αυτοχθόνων πληθυσμών και των ανθρώπων που ζουν σε αγροτικές περιοχές. Οι μελλοντικές αρχιτεκτονικές 6G θα προωθήσουν την ψηφιακή ένταξη και την προσβασιμότητα, απελευθερώνοντας επίσης την αγροτική οικονομική αξία και ευκαιρίες.

Η υψηλή ενεργειακή απόδοση για τη μείωση της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας του δικτύου αποτελεί κρίσιμη απαίτηση για το 6G. Η επιλογή, η χρήση, η επαναχρησιμοποίηση και η ανακύκλωση υλικών καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής των προϊόντων θα επιτρέψουν τη μείωση του συνολικού κόστους ιδιοκτησίας, θα διευκολύνουν την επέκταση της συνδεσιμότητας δικτύου σε απομακρυσμένες περιοχές και θα παράσχουν πρόσβαση στο δίκτυο με βιώσιμο και αποδοτικότερο από τους πόρους τρόπο. Έχει διεξαχθεί εκτεταμένη έρευνα σχετικά με τις πιθανές

επιπτώσεις της έκθεσης στην υγεία σε πολλά μέρη του φάσματος συχνοτήτων, συμπεριλαμβανομένων των κινητών τηλεφώνων και των σταθμών βάσης. Όλες οι επανεξετάσεις που έχουν διεξαχθεί μέχρι στιγμής έδειξαν ότι τα ανοίγματα κάτω από τα όρια που συνιστώνται στις κατευθυντήριες γραμμές του ICNIRP (1998) για το EMF [22], που καλύπτουν το πλήρες εύρος συχνοτήτων από 0-300 GHz, δεν παράγουν γνωστές δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία (UN WHO) [23]. Η εισαγωγή νέων τεχνολογιών 6G θα δώσει ως στόχο την ανάγκη επανεξέτασης της κατάστασης της επιστήμης και εντοπισμού των κενών στη γνώση που χρήζουν περαιτέρω έρευνας για την καλύτερη αξιολόγηση του κινδύνου για την υγεία.

PESTLE – Inclusion, Sustainability & Transparency



Εικ.8 6G PESTLE (Πολιτικά, Οικονομικά, Κοινωνικά, Τεχνολογικά, Νομικά και Περιβαλλοντικά) αποτελέσματα ανάλυσης τονίζουν την ένταξη, τη βιωσιμότητα και τη διαφάνεια. [21]

4.2 ΧΡΗΣΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΓΜΟΓΕΣ

Η ΑΙ θα ενσωματωθεί στα συστήματα επικοινωνίας 6G. Όλα τα όργανα του δικτύου, η διαχείριση, η επεξεργασία σήματος φυσικής στρώσης, η διαχείριση πόρων, οι επικοινωνίες που βασίζονται σε υπηρεσίες, και ούτω καθεξής, θα ενσωματωθούν με τη χρήση αϊ [12]. Θα προωθήσει την επανάσταση της βιομηχανίας 4.0, η οποία είναι ο ψηφιακός μετασχηματισμός της βιομηχανικής παραγωγής [13]. Μερικές

βασικές προοπτικές και εφαρμογές της ασύρματης επικοινωνίας 6G περιγράφονται εν συντομία παρακάτω.

Εξαιρετικά έξυπνη κοινωνία: Τα ανώτερα χαρακτηριστικά του 6G θα επιταχύνουν την οικοδόμηση έξυπνων κοινωνιών που οδηγούν σε βελτιώσεις της ποιότητας ζωής, περιβαλλοντική παρακολούθηση και αυτοματοποίηση με τη χρήση επικοινωνίας M2M με βάση το AI και της συγκομιδής ενέργειας [13]. Η ασύρματη συνδεσιμότητα 6G θα κάνει την κοινωνία μας εξαιρετικά έξυπνη μέσω της χρήσης έξυπνων κινητών συσκευών, αυτόνομων οχημάτων και ούτω καθεξής. Επιπλέον, πολλές πόλεις στον κόσμο θα αναπτύξουν ιπτάμενα ταξί με βάση την ασύρματη τεχνολογία 6G. Τα έξυπνα σπίτια θα γίνουν πραγματικότητα, επειδή οποιαδήποτε συσκευή σε μια απομακρυσμένη τοποθεσία θα ελέγχεται χρησιμοποιώντας μια εντολή που δίνεται από μια έξυπνη συσκευή.

Εκτεταμένη πραγματικότητα: Οι υπηρεσίες εκτεταμένης πραγματικότητας (εφεξής XR) συμπεριλαμβανομένης της επαυξημένης πραγματικότητας (AR), της μεικτής πραγματικότητας (MR) και του VR είναι πολύ σημαντικά χαρακτηριστικά των συστημάτων επικοινωνίας 6G. Όλα αυτά τα χαρακτηριστικά χρησιμοποιούν αντικείμενα 3D και AI ως βασικά στοιχεία οδήγησης. Εκτός από την παροχή αντιληπτικών απαιτήσεων πληροφορικής, γνωστικής λειτουργίας, αποθήκευσης, ανθρώπινων αισθήσεων και φυσιολογίας, το 6G θα προσφέρει μια πραγματικά καθηλωτική εμπειρία AR/MR/VR με ενσωμάτωση κοινού σχεδιασμού και ασύρματη συνδεσιμότητα υψηλής ποιότητας 6G [14]. Το VR είναι μια εμπειρία 3D που προσομοιώνεται με υπολογιστή, στην οποία οι τεχνολογίες υπολογιστών χρησιμοποιούν ακουστικά πραγματικότητας για να δημιουργήσουν ρεαλιστικές αισθήσεις και να αναπαράγουν ένα πραγματικό περιβάλλον ή να δημιουργούν έναν φανταστικό κόσμο. Ένα πραγματικό περιβάλλον VR ενεργοποιεί και τις πέντε αισθήσεις. Αρ είναι μια ζωντανή προβολή ενός φυσικού πραγματικού κόσμου των οποίων τα στοιχεία αυξάνονται από διάφορες εισόδους αισθητήρα που δημιουργούνται από υπολογιστή, όπως ήχος, βίντεο, γραφικά, και παγκόσμια δεδομένα του συστήματος εντοπισμού θέσης (GPS). Χρησιμοποιεί την υπάρχουσα πραγματικότητα και προσθέτει σε αυτήν χρησιμοποιώντας μια συσκευή κάποιου είδους. Το MR συγχωνεύει τον πραγματικό και τον εικονικό κόσμο για τη δημιουργία νέων ατμόσφαιρες και απεικονίσεις να αλληλεπιδρούν σε πραγματικό χρόνο. Μερικές φορές ονομάζεται ως υβριδική πραγματικότητα. Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό του

MR είναι ότι το τεχνητό και πραγματικό περιεχόμενο του κόσμου μπορεί να ανταποκριθεί το ένα στο άλλο σε πραγματικό χρόνο. Το XR αναφέρεται σε όλα τα συνδυασμένα πραγματικά και εικονικά περιβάλλοντα και τις αλληλεπιδράσεις ανθρώπου-μηχανής που παράγονται από την τεχνολογία υπολογιστών και τα wearables. Περιλαμβάνει όλες τις περιγραφικές μορφές του, όπως AR, VR, και mr. Συγκεντρώνει AR, VR, και MR κάτω από έναν όρο. Ο υψηλός ρυθμός δεδομένων, ο χαμηλός λανθάνων χρόνος και η εξαιρετικά αξιόπιστη ασύρματη συνδεσιμότητα που παρέχονται στο σύστημα 6G είναι πολύ σημαντικά για μια πραγματική εμπειρία XR (π.χ., AR, VR και MR).

Συνδεδεμένη ρομποτική και αυτόνομα συστήματα: Επί του παρόντος, ένας αριθμός ερευνητών της τεχνολογίας αυτοκινήτων έχουν ερευνήσει αυτοματοποιημένα και συνδεδεμένα οχήματα. Τα συστήματα 6G βοηθούν στην ανάπτυξη συνδεδεμένων ρομπότ και αυτόνομων συστημάτων. Το σύστημα UAV παράδοσης μη επανδρωμένου αεροσκάφους είναι ένα παράδειγμα ενός τέτοιου συστήματος. Το αυτοματοποιημένο όχημα που βασίζεται στην ασύρματη επικοινωνία 6G μπορεί να αλλάξει δραματικά τον καθημερινό τρόπο ζωής μας. Το σύστημα 6G θα προωθήσει την πραγματική ανάπτυξη αυτοκινούμενων αυτοκινήτων (αυτόνομα αυτοκίνητα ή αυτοκίνητα χωρίς οδηγό). Ένα αυτοκινούμενο αυτοκίνητο αντιλαμβάνεται το περιβάλλον του συνδυάζοντας μια ποικιλία αισθητήρων, όπως ανίχνευση φωτός και περιοχή (LiDAR), ραντάρ, GPS, σόναρ, οδομετρία και μονάδες μέτρησης αδρανειακής. Το σύστημα 6G θα υποστηρίζει αξιόπιστη συνδεσιμότητα από όχημα σε όλα και συνδεσιμότητα από όχημα σε διακομιστή. Ένα UAV είναι ένας τύπος μη επανδρωμένου αεροσκάφους. Ο επίγειος ελεγκτής και οι επικοινωνίες του συστήματος μεταξύ του UAV και του εδάφους θα υποστηρίζονται από δίκτυα 6G. Το UAV θα βοηθήσει σε πολλούς τομείς, όπως η στρατιωτική, το εμπόριο, την επιστήμη, τη γεωργία, την αναψυχή, το νόμο και την τάξη, την παράδοση των προϊόντων, την επιτήρηση, αεροφωτογράφιση, τη διαχείριση καταστροφών, και κηφήνας αγωνιστικά. Επιπλέον, το UAV θα χρησιμοποιηθεί για την υποστήριξη ασύρματων μεταδόσεων και μεταδόσεων υψηλού ποσοστού όταν ο σταθμός βάσης κινητής τηλεφωνίας (BS) απουσιάζει ή δεν λειτουργεί [15].

Ασύρματες αλληλεπιδράσεις εγκεφάλου-υπολογιστή: Η διεπαφή εγκεφάλου-υπολογιστή (BCI) είναι μια προσέγγιση για τον έλεγχο των συσκευών που χρησιμοποιούνται καθημερινά σε έξυπνες κοινωνίες, ειδικά στις συσκευές που

χρησιμοποιούνται στο σπίτι και στα ιατρικά συστήματα [16][17]. Είναι μια άμεση διαδρομή επικοινωνίας μεταξύ του εγκεφάλου και των εξωτερικών συσκευών. Το Bci αποκτά τα σήματα του εγκεφάλου που μεταδίδουν σε μια ψηφιακή συσκευή και να αναλύσει και να ερμηνεύσει τα σήματα σε περαιτέρω εντολές ή δράσεις. Τα χαρακτηριστικά της ασύρματης επικοινωνίας 6G θα υποστηρίξουν την πραγματική εφαρμογή των συστημάτων BCI για να ζήσουν μια έξυπνη ζωή.

Απτική Επικοινωνία: Η απτική επικοινωνία είναι ένας κλάδος της μη λεκτικής επικοινωνίας που χρησιμοποιεί την αίσθηση της αφής. Η προτεινόμενη ασύρματη επικοινωνία 6G θα υποστηρίξει την απτική επικοινωνία. οι απομακρυσμένοι χρήστες θα μπορούν να απολαμβάνουν απτικές εμπειρίες μέσω διαδραστικών συστημάτων σε πραγματικό χρόνο [18]. Η εφαρμογή απτικών συστημάτων και εφαρμογών θα διευκολυνθεί από τα ανώτερα χαρακτηριστικά των δικτύων επικοινωνίας 6G.

Έξυπνη υγειονομική περίθαλψη: Τα ιατρικά συστήματα υγείας θα επωφεληθούν επίσης από τα ασύρματα συστήματα 6G, επειδή καινοτομίες, όπως AR/VR, ολογραφική τηλεπαρουσία, κινητός υπολογισμός ακρών, και AI, θα βοηθήσουν να χτίσουν τα έξυπνα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης [13]. Ένα αξιόπιστο σύστημα απομακρυσμένης παρακολούθησης στο σύστημα υγειονομικής περίθαλψης θα διευκολυνθεί από τα συστήματα 6G. Ακόμη και η μακρινή χειρουργική επέμβαση θα γίνει δυνατή με τη χρησιμοποίηση της επικοινωνίας 6G. Ένα υψηλό ποσοστό δεδομένων, χαμηλός λανθάνων χρόνος και εξαιρετικά αξιόπιστο δίκτυο 6G θα βοηθήσει στην ταχεία και αξιόπιστη μεταφορά τεράστιων όγκων ιατρικών δεδομένων, γεγονός που μπορεί να βελτιώσει τόσο την πρόσβαση στην περίθαλψη όσο και την ποιότητα της περίθαλψης.

Αυτοματοποίηση και κατασκευή: Η πλήρης αυτοματοποίηση με βάση την AI θα παρέχεται από το 6G. Ο όρος "αυτοματοποίηση" αναφέρεται στον αυτόματο έλεγχο των διαδικασιών, των συσκευών και των συστημάτων. Τα συστήματα αυτοματισμού 6G θα παρέχουν εξαιρετικά αξιόπιστες, επεκτάσιμες και ασφαλείς επικοινωνίες χρησιμοποιώντας δίκτυα υψηλής χωρητικότητας δεδομένων και χαμηλού λανθάνοντος χρόνου. Το σύστημα 6G θα παρέχει επίσης ακεραιότητα δικτύου, διότι διασφαλίζει τη μεταφορά δεδομένων χωρίς σφάλματα χωρίς απώλεια δεδομένων μεταξύ μετάδοσης και λήψης.

Μεταφορά πληροφοριών πέντε αισθήσεων: Για να βιώσουν τον κόσμο γύρω τους, οι άνθρωποι χρησιμοποιούν πέντε αισθήσεις τους της ακοής, όραση, γεύση, μυρωδιά, και αφή. Τα συστήματα επικοινωνίας 6G θα μεταφέρουν εξ αποστάσεως τα δεδομένα που λαμβάνονται από τις πέντε αισθήσεις. Αυτή η τεχνολογία χρησιμοποιεί τη νευρολογική διαδικασία μέσω της αισθητηριακής ολοκλήρωσης. Ανιχνεύει τις αισθήσεις από το ανθρώπινο σώμα και το περιβάλλον και χρησιμοποιεί το σώμα αποτελεσματικά μέσα στο περιβάλλον και τις τοπικές συνθήκες. Η τεχνολογία BCI θα ενισχύσει αποτελεσματικά αυτήν την εφαρμογή.

Διαδίκτυο των πάντων: Το IoE είναι η απρόσκοπτη ολοκλήρωση και ο αυτόνομος συντονισμός μεταξύ ενός πολύ μεγάλου αριθμού υπολογιστικών στοιχείων και αισθητήρων, αντικειμένων ή συσκευών, ανθρώπων, διαδικασιών και δεδομένων που χρησιμοποιούν την υποδομή του διαδικτύου [19]. Το σύστημα 6G θα παρέχει πλήρη υποστήριξη IoE. Είναι βασικά ένα είδος Διαδικτύου των πραγμάτων (IoT), αλλά είναι ένας όρος ομπρελών που ενσωματώνει τις τέσσερις ιδιότητες, όπως τα στοιχεία, οι άνθρωποι, οι διαδικασίες, και οι φυσικές συσκευές, σε ένα πλαίσιο [20]. Το IoT είναι γενικά για τις φυσικές συσκευές ή αντικείμενα και την επικοινωνία μεταξύ τους, αλλά το IoE εισάγει την ευφυΐα δικτύου για να συνδέσει όλους τους ανθρώπους, τα δεδομένα, τις διαδικασίες και τα φυσικά αντικείμενα σε ένα σύστημα. Το IoE θα χρησιμοποιηθεί για έξυπνες κοινωνίες, όπως έξυπνα αυτοκίνητα, έξυπνη υγεία και έξυπνες βιομηχανίες.

4.3: Αρχιτεκτονική του Συστήματος Τεχνολογίας

Οραματιζόμαστε ότι 6G θα πάει το softwarization των δικτύων σε ένα νέο επίπεδο, δηλαδή προς την ευφυοποίηση του δικτύου [24]. Στο 5G, η "μη-ραδιόφωνο" πτυχή έχει γίνει όλο και πιο σημαντική, και έχει το βασικό παράγοντα πίσω από τις πρόσφατες προσπάθειες για το "softwarization". Πιο συγκεκριμένα, δύο βασικές τεχνολογίες 5G είναι η Software-Defined Networking (SDN) και η Network Functions Virtualization (NFV) , οι οποίες έχουν μετακινήσει σύγχρονα δίκτυα

επικοινωνιών προς εικονικά δίκτυα που βασίζονται σε λογισμικό. Επιτρέπουν επίσης τον τεμαχισμό δικτύων, ο οποίος μπορεί να παρέχει μια ισχυρή δυνατότητα εικονικής διαμόρφωσης για να επιτρέψει τη δημιουργία πολλών εικονικών δικτύων στην κορυφή μιας κοινόχρηστης φυσικής υποδομής.

Ωστόσο, καθώς το δίκτυο γίνεται όλο και πιο περίπλοκο και ετερογενές, το softwarization δεν θα είναι επαρκής για το 6G. Ειδικότερα, για την υποστήριξη εφαρμογών που βασίζονται στην AI, οι οντότητες δικτύου πρέπει να υποστηρίζουν ποικίλες δυνατότητες, συμπεριλαμβανομένων των επικοινωνιών, της προσωρινής αποθήκευσης περιεχομένου, της πληροφορικής, ακόμη και της ασύρματης μεταφοράς ενέργειας. Επιπλέον, το 6G θα αγκαλιάσει τις νέες ραδιο διεπαφές πρόσβασης όπως οι επικοινωνίες THz και οι επιφάνειες intel ligent. Θα πρέπει επίσης να υποστηρίξει πιο προηγμένες λειτουργίες του IoT, όπως η ανίχνευση, η συλλογή δεδομένων, η ανάλυση και η αποθήκευση. Όλες οι προαναφερθείσες προκλήσεις απαιτούν μια αρχιτεκτονική που είναι ευέλικτη, προσαρμοστική και το πιο σημαντικό, έξυπνη. Οι υπάρχουσες τεχνολογίες, όπως το SDN, το NFV και ο τεμαχισμός δικτύου, θα πρέπει να βελτιωθούν περαιτέρω για την αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων. Επιτρέποντας τη γρήγορη μάθηση και προσαρμογή, οι μέθοδοι που βασίζονται στην AI θα καταστήσουν το δίκτυο πολύ πιο ευέλικτο σε 6G.

Ο σχεδιασμός της αρχιτεκτονικής 6G ακολουθεί μια προσέγγιση "μητρικής AI", όπου η ευφυοποίηση θα επιτρέψει στο δίκτυο να είναι έξυπνο, ευκίνητο και ικανό να μάθει και να προσαρμοστεί σύμφωνα με την μεταβαλλόμενη δυναμική του δικτύου. Θα εξελιχθεί σε ένα «δίκτυο υποδικτύων», επιτρέποντας πιο αποτελεσματικές και ευέλικτες αναβαθμίσεις, και ένα νέο πλαίσιο που βασίζεται σε ευφυή διαχωρισμό ραδιοφώνου και αλγορίθμου-υλικού για την αντιμετώπιση των ετερογενών και αναβαθμίσιμων δυνατοτήτων υλικού. Και τα δύο αυτά χαρακτηριστικά θα εκμεταλλευτούν τις τεχνικές ai.

Δεδομένης της αναμενόμενης εξαιρετικά υψηλής ετερογένειάς του, ένα βασικό χαρακτηριστικό του 6G θα είναι η ικανότητά του να εκμεταλλεύεται μια ευέλικτη εξέλιξη σε επίπεδο υποδικτύου για να προσαρμόζεται αποτελεσματικά στα τοπικά περιβάλλοντα και τις απαιτήσεις των χρηστών, με αποτέλεσμα ένα "δίκτυο υποδικτύων". Ειδικότερα, τα τοπικά υποδίκτυα στο 6G μπορούν να εξελιχθούν μεμονωμένα για να αναβαθμιστούν. Η τοπική εξέλιξη μπορεί να συμβεί σε μερικά γειτονικά κύτταρα, προκειμένου να εφαρμοστούν ευέλικτα πρωτοποριακές εξελίξεις

σε νέες κυματομορφές, κωδικοποίηση και πρωτόκολλα πολλαπλής πρόσβασης σε υποδίκτυα χωρίς εκτεταμένες χρονοβόρες δοκιμές. Σε αντίθεση με την παγκόσμια εξέλιξη από 1G έως 5G, στην οποία τόσο το υλικό όσο και το λογισμικό όλων των κυττάρων αναβαθμίζονται ταυτόχρονα, δεν υπάρχει ανάγκη να βρεθεί μια λύση onesize-fit-all για όλα τα κύτταρα και να ανοικοδομηθεί ολόκληρο το σύστημα όταν αξιοποιείται η τοπική εξέλιξη. Για την επίτευξη αυτού του στόχου, πρέπει να αντιμετωπίσουμε τις ακόλουθες τρεις προκλήσεις:

- Κάθε υποδίκτυο θα πρέπει να συλλέγει και να αναλύει τα τοπικά δεδομένα του, τα οποία μπορεί να περιλαμβάνουν τα ασύρματα περιβάλλοντα, τα αιτήματα των χρηστών, τα μοτίβα κινητικότητας και ούτω καθεξής, και στη συνέχεια να εκμεταλλεύεται μεθόδους ΑΙ για να αναβαθμιστεί τοπικά και δυναμικά.
- Όταν αλλάξουν τα τοπικά πρωτόκολλα PHY ή MAC, η αλληλεπίδραση μεταξύ υποδικτύου αναμένεται να διατηρήσει νέο συντονισμό μεταξύ υποδικτύων. Μια πιθανή λύση είναι να υιοθετήσουμε προσεγγίσεις παιχνιδιών και μάθησης, οι οποίες μπορούν να διασφαλίσουν τη σύγκλιση των αναβαθμίσεων των υποδικτύων.
- Η τοπική εξέλιξη του 6G απαιτεί ένα σχετικά σταθερό επίπεδο ελέγχου για την υποστήριξη της εξέλιξης στο επίπεδο του «δικτύου υποδικτύων». Μια πιθανή λύση βασίζεται στη μέθοδο της «μάθησης από το μηδέν» που αναπτύχθηκε στο Alpha Zero [25].

Οι αναδύομενες επαναστάσεις υλικού, παραδείγματος χάριν, στα συστήματα RF και κυκλωμάτων, θα οδηγήσουν 6G για να ακολουθήσουν και να εκμεταλλευτούν πλήρως τη γρήγορη βελτίωση του υλικού device-level and base-station. Οραματιζόμαστε ότι μια αρχιτεκτονική διαχωρισμού αλγορίθμου-υλικού θα καταστεί απαραίτητη στο 6G. Ειδικότερα, ένας αλγόριθμος πομποδέκτη θα είναι σε θέση να υπολογίσει αυτόματα την ικανότητα του υλικού πομποδέκτη πάνω από το οποίο εκτελείται το πρωτόκολλο και, στη συνέχεια, να ρυθμίσει τον εαυτό του με βάση τη δυνατότητα υλικού.

Αυτό έρχεται σε αντίθεση με τα συστήματα από 1G έως 5G, όπου οι συσκευές και οι αλγόριθμοι πομποδέκτη σχεδιάζονται από κοινού. Συμβατικά, οι δυνατότητες υλικού,

για παράδειγμα, ο αριθμός των κεραιών, των αλυσίδων RF, των ποσοστών ανάλυσης και δειγματοληψίας των ADC, και ούτω καθεξής, παρέμειναν οιονεί στατικές. Ωστόσο, οι πρόσφατες προόδους των κυκλωμάτων και των κεραιών κατάστασης τεχνολογίας επιταχύνουν και βελτιώνουν σημαντικά τις δυνατότητες υλικού, οι οποίες καθιστούν δυνατή τη διαφοροποίηση και την αναβάθμιση του σταθμού βάσης 6G (BS) και της συσκευής. Με άλλα λόγια, το 6G δεν θα λειτουργεί υπό τον συμβατικό κοινό σχεδιασμό, ο οποίος αποτυγχάνει να επιτρέψει την ευέλικτη προσαρμογή σε ένα διαφοροποιημένο και αναβαθμίσιμο υλικό.

	SDR	CR	IR
Frequency band	Fixed	Adapt to environment	Adapt to environment and hardware
Spectrum sharing	Fixed	Opportunistic	AI-enabled
Hardware capability	Pre-claimed	Pre-claimed	Online estimated
Hardware upgradability	No	No	Yes
PHY Tx/Rx module	Modulation/coding/detection/estimation	Modulation/coding/detection/estimation	Deep neural networks
Multiple access	Predetermined	Sensing based	Distributed ML based
Protocols over Layer 3	Fixed	Fixed	Self-upgradable
Main steam apps	Voice, data	Multimedia, data	AI, in-network computation

Πίν 2. Σύγκριση SDR, CR και IR. [24]

Για να ξεπεράσουμε την έλλειψη σχεδιασμού αλγορίθμων κοινής χρήσης και να αποκομίσουμε το όφελος της αρχιτεκτονικής διαχωρισμού αλγορίθμου-υλικού, παρουσιάζουμε ένα λειτουργικό σύστημα (OS) μεταξύ του υλικού της συσκευής και των αλγορίθμων πομποδέκτη, όπου μπορούμε να θεωρήσουμε έναν αλγόριθμο πομποδέκτη ως λογισμικό που εκτελείται πάνω από το λειτουργικό σύστημα. Το λειτουργικό σύστημα είναι ικανό όχι μόνο να υπολογίζει τις δυνατότητες των τοπικών αλυσίδων RF, των μετατοπιστών φάσης, των ADC, των κεραιών, και ούτω καθεξής, αλλά και της μέτρησης των αναλογικών παραμέτρων τους αυτόματα. Με βάση τις πληροφορίες υλικού και τις μεθόδους Τεχνητής Βίας, το λειτουργικό σύστημα θα είναι σε θέση στη συνέχεια να ρυθμίσει τους δικούς του αλγορίθμους πομποδέκτη μέσω μιας γλώσσας διεπαφής. Θα αναφέρουμε αυτό το πλαίσιο ως ευφύς ραδιόφωνο (IR). Σε αντίθεση με το βασισμένο στη μάθηση ευφύς στρώμα PHY που

συζητήθηκε αργότερα, η υπερύθρηνση είναι μια πολύ ευρύτερη έννοια που βασίζεται στην αρχιτεκτονική διαχωρισμού αλγορίθμου-υλικού. Στον Πίνακα 2, συγκρίνουμε βασικά χαρακτηριστικά της υπερύθρων, του ραδιοφώνου που ορίζεται από το λογισμικό (SDR) και του γνωστικού ραδιοφώνου (CR) [9]. Η υπερύθρων μπορεί να θεωρηθεί ως περαιτέρω επέκταση αυτών των υφιστάμενων προσεγγίσεων, στις οποίες εμπλέκονται βαθιά οι τεχνικές αι αιχμής. Οι συμβατικές ενότητες διαμόρφωσης/κωδικοποίησης σε SDR/CR θα αντικατασταθούν από βαθιά νευρωνικά δίκτυα (DNNs) στην υπερφλέβια ραδιοπροστασία, τα οποία μπορούν με έξυπνο τρόπο να προσαρμοστούν στο περιβάλλον και το υλικό. Πιο συγκεκριμένα, *ir* θα εκπαιδεύσει πρώτα DNNs του τόσο στον πομπό και την πλευρά δέκτη με την αποστολή χαρακτηρισμένων δεδομένων κατάρτισης, και στη συνέχεια να μεταδώσει bits πληροφορίες μόλις πληροί τις απαιτήσεις απόδοσης στόχου. Στην πράξη, το *ir* παρέχει μια χαμηλού κόστους και ευέλικτη λύση για 6G, επειδή AI-chips έχουν υποστεί δραματική βελτίωση πιο πρόσφατα. Ένα τσιπ AI είναι σε θέση να εφαρμόσει DNNs σε χαμηλή ισχύ, προς όφελος έτσι το DNN με βάση IR και οδηγεί σε ένα παράδειγμα-μετατόπιση αρχιτεκτονική υλικού του 6G πομποδέκτες. Η υπερύθρων λαμβάνει επίσης υπόψη τα πρωτόκολλα σε επίπεδο 3, τα οποία είναι αυτοδιασπώμενα για την υποστήριξη διαφόρων εφαρμογών AI.

Με την αξιοποίηση του IR, το 6G αναμένεται να αξιολογήσει τις συνεισφορές των διαφόρων στοιχείων του υλικού και να εντοπίσει τα σημεία συμφόρησης, γεγονός που με τη σειρά του βοηθά τους κατασκευαστές συσκευών στη βελτιστοποίηση της κατανομής του προϋπολογισμού του κόστους υλικού. Ως αποτέλεσμα, η εφαρμογή της υπερύθρηνς θα βοηθήσει 6G να απολαύσετε ένα πολύ μειωμένο χρόνο εφαρμογής και μια σημαντική μείωση του κόστους των νέων αλγορίθμων και υλικού, επιταχύνοντας έτσι τη δική της εξέλιξη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5:

ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

Πρέπει να επιλυθούν διάφορα τεχνικά προβλήματα για την επιτυχή ανάπτυξη συστημάτων επικοινωνίας 6G [4]. Μερικές από τις πιθανές ανησυχίες αναλύονται εν συντομία κατωτέρω. Υψηλή διάδοση και ατμοσφαιρική απορρόφηση thz: Οι υψηλές συχνότητες THz παρέχουν τους υψηλούς ρυθμούς στοιχείων. Ωστόσο, οι ζώνες THz πρέπει να ξεπεράσουν μια σημαντική πρόκληση για τη μεταφορά δεδομένων σε σχετικά μεγάλες αποστάσεις λόγω της υψηλής απώλειας πολλαπλασιασμού και των χαρακτηριστικών ατμοσφαιρικής απορρόφησης [26]. Χρειαζόμαστε ένα νέο σχέδιο για την αρχιτεκτονική πομποδέκτη για τα συστήματα επικοινωνίας THz. Ο πομποδέκτης πρέπει να είναι σε θέση να λειτουργεί σε υψηλές συχνότητες, και πρέπει να διασφαλίσουμε την πλήρη χρήση πολύ ευρέως διαθέσιμων εύρους ζώνης. Ένα πολύ μικρό κέρδος και μια αποτελεσματική περιοχή των διακριτών κεραιών ζώνης THz είναι μια άλλη πρόκληση της επικοινωνίας THz. Πρέπει επίσης να αντιμετωπιστούν οι ανησυχίες για την υγεία και την ασφάλεια που σχετίζονται με τις επικοινωνίες ζώνης THz.

Πολυπλοκότητα στη διαχείριση πόρων για δικτύωση 3D: Η δικτύωση 3D επεκτάθηκε προς την κατακόρυφη κατεύθυνση. Ως εκ τούτου, προστέθηκε μια νέα διάσταση. Επιπλέον, πολλοί αντίπαλοι ενδέχεται να υποκλέψουν νόμιμες πληροφορίες, οι οποίες ενδέχεται να υποβαθμίσουν σημαντικά τις συνολικές επιδόσεις του συστήματος. Επομένως, είναι απαραίτητες νέες τεχνικές για τη διαχείριση πόρων και τη βελτιστοποίηση για υποστήριξη φορητότητας, πρωτόκολλο δρομολόγησης και πολλαπλή πρόσβαση. Ο προγραμματισμός χρειάζεται μια νέα σχεδίαση δικτύου. Ετερογενείς περιορισμοί υλικού: Στο 6G, θα συμμετέχει ένας πολύ μεγάλος αριθμός ετερογενών τύπων συστημάτων επικοινωνίας, όπως ζώνες συχνοτήτων, τοπολογίες

επικοινωνίας, παροχή υπηρεσιών και ούτω καθεξής. Επιπλέον, τα σημεία πρόσβασης και τα κινητά τερματικά θα διαφέρουν σημαντικά στις ρυθμίσεις υλικού. Η μαζική τεχνική MIMO θα αναβαθμιστεί περαιτέρω από 5G σε 6G, και αυτό μπορεί να απαιτήσει μια πιο σύνθετη αρχιτεκτονική. Θα περιπλέξει επίσης το πρωτόκολλο επικοινωνίας και το σχεδιασμό αλγορίθμων. Ωστόσο, η μηχανική μάθηση και η AI θα συμπεριληφθούν στην επικοινωνία. Επιπλέον, ο σχεδιασμός υλικού για διαφορετικά συστήματα επικοινωνίας είναι διαφορετικός. Η μη επιτηρούμενη και η ενίσχυση της μάθησης μπορεί να δημιουργήσουν περιπλοκές και στην εφαρμογή του υλικού. Κατά συνέπεια, θα είναι δύσκολο να ενσωματωθούν όλα τα συστήματα επικοινωνίας σε μια ενιαία πλατφόρμα. Αυτόνομα ασύρματα συστήματα: Το σύστημα 6G θα παρέχει πλήρη υποστήριξη σε συστήματα αυτοματισμού, όπως αυτόνομο αυτοκίνητο, UAV και Βιομηχανία 4.0 με βάση την AI. Για να γίνουν αυτόνομα ασύρματα συστήματα, πρέπει να έχουμε τη σύγκλιση πολλών ετερογενών υποσυστημάτων, όπως η αυτόνομη πληροφορική, οι διαλειτουργικές διεργασίες, το σύστημα συστημάτων, η μηχανική μάθηση, το αυτόνομο cloud, οι μηχανές συστημάτων και τα ετερογενή ασύρματα συστήματα [27]. Έτσι, η συνολική ανάπτυξη του συστήματος γίνεται πολύπλοκη και προκλητική. Για παράδειγμα, η ανάπτυξη ενός πλήρως αυτόνομου συστήματος για το όχημα χωρίς οδηγό θα είναι πολύ πιο δύσκολη, διότι οι ερευνητές του 6G πρέπει να σχεδιάσουν πλήρως αυτοματοποιημένα αυτοκινούμενα οχήματα που αποδίδουν καλύτερα από τα οχήματα που ελέγχονται από τον άνθρωπο.

Μοντελοποίηση συχνοτήτων υπο-mmWave (THz): Τα χαρακτηριστικά μετάδοσης του mmWave και του υπο-mmWave (THz) υπόκεινται σε ατμοσφαιρικές συνθήκες. ως εκ τούτου, εμφανίζονται απορροφητικές και διασκορπιστικές επιδράσεις [28]. Η ατμοσφαιρική κατάσταση είναι συχνά ευμετάβλητη και έτσι αρκετά απρόβλεπτη. Ως εκ τούτου, η μοντελοποίηση κανάλι αυτής της μπάντας είναι σχετικά περίπλοκη, και αυτή η μπάντα δεν έχει κανένα τέλειο μοντέλο κανάλι.

Δυνατότητα συσκευής: Το σύστημα 6G θα παρέχει μια σειρά από νέα χαρακτηριστικά. Οι συσκευές, όπως τα smartphones, θα πρέπει να έχουν τη δυνατότητα να αντεπεξέλθουν στα νέα χαρακτηριστικά. Ειδικότερα, είναι δύσκολο να υποστηρίξει 1 Tbps ταχύτητας, AI, XR, και ολοκληρωμένη ανίχνευση με χαρακτηριστικά επικοινωνίας χρησιμοποιώντας μεμονωμένες συσκευές. Οι συσκευές 5G ενδέχεται να μην υποστηρίζουν λίγες από τις δυνατότητες 6G και η βελτίωση της δυνατότητας σε συσκευές 6G μπορεί επίσης να αυξήσει το κόστος. Θα υπάρχουν

δισεκατομμύρια συσκευές συνδεδεμένες με την τεχνολογία 5G. Ως εκ τούτου, πρέπει να διασφαλίσουμε ότι αυτές οι συσκευές είναι συμβατές και με την τεχνολογία 6G.

Συνδεσιμότητα backhaul υψηλής χωρητικότητας: Τα δίκτυα πρόσβασης σε 6G θα έχουν πολύ υψηλή πυκνότητα. Επιπλέον, αυτά τα δίκτυα πρόσβασης έχουν διαφορετική φύση και είναι ευρέως διαδεδομένα εντός γεωγραφικής θέσης. Κάθε ένα από αυτά τα δίκτυα πρόσβασης θα υποστηρίζει συνδεσιμότητα πολύ υψηλού ρυθμού δεδομένων για διάφορους τύπους χρηστών. Τα δίκτυα backhaul στο 6G πρέπει να χειρίζονται τον τεράστιο όγκο δεδομένων για τη σύνδεση μεταξύ των δικτύων πρόσβασης και του κεντρικού δικτύου για την υποστήριξη υπηρεσιών υψηλού συντελεστή δεδομένων σε επίπεδο χρηστών. Διαφορετικά, θα δημιουργηθεί συμφόρηση. Τα δίκτυα οπτικών ινών και FSO είναι πιθανές λύσεις για συνδεσιμότητα backhaul υψηλής χωρητικότητας, ως εκ τούτου, οποιαδήποτε βελτίωση της χωρητικότητας αυτών των δικτύων αποτελεί πρόκληση για τις εκθετικά αυξανόμενες απαιτήσεις δεδομένων του 6G.

Διαχείριση φάσματος και παρεμβολών: Λόγω της σπανιότητας των πόρων του ραδιοφάσματος και των ζητημάτων παρεμβολών, είναι πολύ σημαντικό να διαχειριστούμε αποτελεσματικά τα φάσματα 6G, συμπεριλαμβανομένων των στρατηγικών επιμερισμού του φάσματος και των καινοτόμων τεχνικών διαχείρισης του ραδιοφάσματος. Η αποτελεσματική διαχείριση του φάσματος είναι σημαντική για την επίτευξη της μέγιστης χρήσης πόρων με μεγιστοποίηση QoS. Στο 6G, οι ερευνητές πρέπει να αντιμετωπίσουν τις ανησυχίες, όπως πώς να μοιραστούν το φάσμα, και πώς να διαχειριστούν το μηχανισμό φάσματος στα ετερογενή δίκτυα που συγχρονίζουν τη μετάδοση στην ίδια συχνότητα. Οι ερευνητές πρέπει επίσης να διερευνήσουν τον τρόπο με τον οποίο οι παρεμβολές μπορούν να ακυρωθούν χρησιμοποιώντας τις τυπικές μεθόδους ακύρωσης παρεμβολών, όπως η παράλληλη ακύρωση παρεμβολών και η διαδοχική ακύρωση παρεμβολών.

Διαχείριση δέσμης στις επικοινωνίες THz: Beamforming μέσω μαζικών συστημάτων MIMO είναι πολλά υποσχόμενη τεχνολογία για την υποστήριξη επικοινωνιών υψηλού ρυθμού δεδομένων. Ωστόσο, η διαχείριση δέσμης στο υπο-mmWave, δηλαδή, η ζώνη THz είναι προκλητική λόγω των χαρακτηριστικών μετάδοσης του υπο-mmWave. Ως εκ τούτου, η αποτελεσματική διαχείριση δέσμης έναντι δυσμενών χαρακτηριστικών πολλαπλασιασμού θα είναι πρόκληση για μαζικά συστήματα MIMO [29].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο κόσμος της κινητής ασύρματης επικοινωνίας αναπτύσσεται με ταχείς ρυθμούς. Τα τελευταία χρόνια έχουν βιώσει μια αξιοσημείωτη ανάπτυξη στην ασύρματη βιομηχανία. Γίνονται προσπάθειες για τη μείωση του αριθμού των τεχνολογιών σε ένα ενιαίο παγκόσμιο πρότυπο με αποτέλεσμα τα 5G, 6G και 7G. Το 5G στοχεύει σε έναν πραγματικό ασύρματο κόσμο χωρίς περιορισμούς, ενώ το 6G ενσωματώνει το 5G με δορυφορικά δίκτυα. Λόγω μεταβλητών τεχνολογιών και προτύπων, με το 6G handoff/περιαγωγής θα είναι ένα ζήτημα. Αυτό οδηγεί το 7G των κινητών ασύρματων δικτύων που στοχεύει στην απόκτηση περιαγωγής χώρου. Οι δοκιμές έχουν ήδη ξεκινήσει στο 5G μέσα στο 2020. Ο κόσμος προσπαθεί να γίνει εντελώς ασύρματος, απαιτώντας αδιάλειπτη πρόσβαση σε πληροφορίες οποτεδήποτε και οπουδήποτε με καλύτερη ποιότητα, υψηλή ταχύτητα, αυξημένο εύρος ζώνης και μείωση του κόστους.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Δημοσιεύσεις:

- [1] A Vision of 6G Wireless Systems: Applications, Trends, Technologies, and Open Research Problems Walid Saad ^x, Mehdi Bennis^y, and Mingzhe Chen^z; ^xWireless@VT, Bradley Department of Electrical and Computer Engineering, Virginia Tech, Blacksburg, VA, USA, Email: walids@vt.edu. ^yCWC - Centre for Wireless Communications, University of Oulu, Finland, Email: mehdi.bennis@oulu.fi. ^zThe Future Network of Intelligence Institute, The Chinese University of Hong Kong, Shenzhen, China, Email: chenmingzhe@cuhk.edu.cn.
^xDepartment of Electrical Engineering, Princeton University, Princeton, NJ, USA.

- [2] M. Chen, U. Challita, W. Saad, C. Yin, and M. Debbah, “Artificial neural networks-based machine learning for wireless networks: A tutorial,” *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, to appear, 2019.
- [3] An Overview on Evolution of Mobile Wireless Communication Networks: 1G-6G Ms. Anju Uttam Gawas Lecturer, Dept. of Electronics and Telecommunications, Maratha Mandir's Babasaheb Gawde Institute of Technology, Mumbai, India
- [4] 6G Wireless Communication Systems: Applications, Requirements, Technologies, Challenges, and Research Directions Mostafa Zaman Chowdhury^{1,2}, Md. Shahjalal¹, Shakil Ahmed³, and Yeong Min Jang¹ ¹Dept. of Electronics Engineering, Kookmin University, Seoul, Republic of Korea ²Dept. of Electrical and Electronic Engineering, Khulna University of Engineering & Technology, Khulna, Bangladesh ³Dept. of Electrical and Computer Engineering, The University of Arizona, USA E-mail: mzaman@kookmin.ac.kr, {mdshahjalal26, shakilahmed}@ieee.org, yjang@kookmin.ac.kr
- [5] F. Tariq et al., “A Speculative Study on 6G,” arXiv:1902.06700.
- [6] K. B. Letaief *et al*, “The roadmap to 6G - AI empowered wireless networks,” *arXiv:1904.11686*
- [7] M. Z. Chowdhury, M. T. Hossan, and Y. M. Jang, “Interference management based on RT/nRT traffic classification for FFR-aided small cell/macrocell heterogeneous networks,” *IEEE Access*, vol. 6, pp. 31340-31358, Jun. 2018.
- [8] A.S.M. Zadid Shifat, M. Z. Chowdhury, and Y. M. Jang, “Game-based approach for QoS provisioning and interference management in heterogeneous networks,” *IEEE Access*, vol. 6, pp. 10208–10220, Jan. 2018.
- [9] A. J. Mahbas, H. Zhu, and J. Wang, “Impact of small cells overlapping on mobility management,” *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol. 18, no. 2, pp. 1054-1068, Feb. 2019.
- [10] T. Zhou, N. Jiang, Z. Liu, and C. Li, “Joint cell activation and selection for green communications in ultra-dense heterogeneous networks,” *IEEE Access*, vol. 6, pp. 1894-1904, 2018.

- [11] S. Andreev, V. Petrov, M. Dohler, and H. Yanikomeroglu, “Future of ultra-dense networks beyond 5G: harnessing heterogeneous moving cells,” *IEEE Communications Magazine*, vol. 57, no. 6, pp. 86-92, Jun. 2019.
- [12] F. Tariq et al., “A Speculative Study on 6G,” arXiv:1902.06700.
- [14] W. Saad, M. Bennis, and M. Chen, “A vision of 6G wireless systems: applications, trends, technologies, and open research problems,” arXiv:1902.10265
- [15] B. Li, Z. Fei, and Y. Zhang, “UAV communications for 5G and beyond: recent advances and future trends,” *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 6, no. 2, pp. 2241-2263, April 2019
- [16] A. K. Tripathy, S. Chinara, and M. Sarkar, “An application of wireless brain–computer interface for drowsiness detection,” *Biocybernetics and Biomedical Engineering*, vol. 36, no. 1, pp. 276-284, 2016.
- [17] S. R. A. Jafri, et al, “Wireless brain computer interface for smart home and medical system,” *Wireless Personal Communications*, vol. 106, no. 4, pp. 2163-2177, Jun. 2019.
- [24] The Roadmap to 6G: AI, Empowered Wireless Networks Khaled B. Letaief, Wei Chen, Yuanming Shi, Jun Zhang, and Ying-Jun Angela Zhang
- [25] D. Silver et al., “Mastering the Game of Go Without Human Knowledge,” *Nature*, vol. 550, no. 7676, 2017, p. 354.
- [26] S. Mumtaz et al., “Terahertz communication for vehicular networks,” *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 66, no. 7, pp. 5617-5625, July 2017.
- [27] D. Elliott, W. Keen, and L. Miao, “Recent advances in connected and automated vehicles,” *Journal of Traffic and Transportation Engineering*, vol. 6, no. 2, pp. 109-131, Apr. 2019.
- [28] Y. Golovachev, A. Etinger, G. A. Pinhasi, and Y. Pinhasi, “Propagation properties of sub-millimeter waves in foggy conditions,” *Journal of Applied Physics*, Apr. 2019.
- [29] Z. Gu, J. Zhang, Y. Ji, L. Bai, and X. Sun, “Network topology reconfiguration for FSO-based fronthaul/backhaul in 5G+ wireless networks,” *IEEE Access*, vol. 6, pp. 69426-69437, 2018.

URLs:

- [13] (2019). 6G. [Online]. Available: <http://mmwave.dei.unipd.it/research/6g/>

- [18] PR Newswire. (2019). 5G and the haptic internet: emerging technologies, solutions and market opportunities. [Online]. Available: <https://www.prnewswire.com/news-releases/5g-and-the-haptic-internet-emerging-technologies-solutions-and-market-opportunities-300184874.html>
- [19] Internet of Everything. (2019). Internet of everything (IoE). [Online]. Available: <https://ioe.org/>
- [20] CISCO. (2019). The internet of everything. [Online]. Available: https://www.cisco.com/c/dam/en_us/about/business-insights/docs/ioe-value-at-stake-public-sector-analysis-faq.pdf
- [21] KEY DRIVERS AND RESEARCH CHALLENGES FOR 6G UBIQUITOUS WIRELESS INTELLIGENCE <https://www.researchgate.net/publication/336000008>
- [22] ICNIRP guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz) published in: Health Physics 74 (4):494-522; 1998. <https://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPemfgdl.pdf>.
- [23] WHO - World Health Organization. Extremely low frequency fields. Environmental Health Criteria, Vol. 238. Geneva, World Health Organization, 2007. <https://www.who.int/peh-emf/en/>