



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Απαιτήσεις και τεχνολογικές προκλήσεις για την μετάβαση στην
6η γενιά κινητών επικοινωνιών.**

**Ανδρέας Ρήγας
Α.Μ. 141257**

Εισηγητής: Δρ. Αντώνιος Μπόγρης, Καθηγητής

(Κενό φύλλο)

Απαιτήσεις & τεχνολογικές προκλήσεις για μετάβαση στην 6η γενιά κινητών επικοινωνιών

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Απαιτήσεις και τεχνολογικές προκλήσεις για την μετάβαση στην 6η γενιά κινητών επικοινωνιών

**Ανδρέας Ρήγας
Α.Μ. 141257**

Εισηγητής:

Δρ. Αντώνιος Μπόγρης, Καθηγητής

Εξεταστική Επιτροπή:

**Νικόλαος, Μυριδάκης, Επικ. Καθηγητής
Παναγιώτης, Καρκαζής, Αναπλ. Καθηγητής**

Ημερομηνία εξέτασης 22/03/2024

(Κενό φύλλο)

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Ανδρέας Ρήγας του Θεοδώρου, με αριθμό μητρώου 141257 φοιτητής του Τμήματος Μηχανικών Πληροφορικής και Υπολογιστών της Σχολής Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της Διπλωματικής εργασίας και κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της, είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Ο Δηλών,
Ανδρέας Ρήγας



(Κενό φύλλο)

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία ολοκληρώθηκε μετά από επίμονες προσπάθειες, σε ένα ενδιαφέρον γνωστικό αντικείμενο, όπως αυτό της επεξεργασίας κειμένου. Την προσπάθειά μου αυτή υποστήριξε ο επιβλέπων καθηγητής μου, τον οποίο θα ήθελα να ευχαριστήσω.

Ακόμα θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για τη συμπαράσταση κατά τη διάρκεια των σπουδών μου.

(Κενό φύλλο)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Όταν τον 1966 στις ΗΠΑ άρχισε να προβάλλεται η σειρά Star Trek, ίσως κανείς, τότε, δεν θα μπορούσε να φανταστεί ότι η μικρή ασύρματη συσκευή επικοινωνίας που χρησιμοποιούσαν οι ηθοποιοί, και εμφανιζόταν για πρώτη φορά και προφανώς δεν δούλευε, θα είχε τέτοια αποδοχή από τον κόσμο. Υπάρχουν περίπου 8 δις άνθρωποι στη γη και κυκλοφορεί υπερδιπλάσιος αριθμός συσκευών κινητής επικοινωνίας.

Αυτό που σίγουρα ήταν αδύνατο να προβλεφθεί είναι η τρομερή τεχνολογική εξέλιξη στις ασύρματες επικοινωνίες και κυρίως στις απίστευτες εφαρμογές που έχουν ήδη υλοποιηθεί και στις εξωφρενικές υπηρεσίες που βρίσκονται στο στάδιο της σχεδίασης.

Το αντικείμενο αυτής της εργασίας είναι μια μελέτη για τις τεχνολογίες που απαιτούνται για την μετάβαση στην 6^η γενιά των ασύρματων επικοινωνιών και τις βασικότερες εφαρμογές που θα προκύψουν με την υλοποίηση αυτών των τεχνολογιών.

Αρχικά, θα γίνει μία αναφορά - αναδρομή στις τέσσερις πρώτες γενιές ασύρματων επικοινωνιών. Στη συνέχεια, μία μεγαλύτερη ανάλυση της τεχνολογίας 5G, πολλές πτυχές της οποίας αποτελούν την βάση εκκίνησης για την 6G.

Κατόπιν, ακολουθεί ένας συσχετισμός των τεχνολογιών Industry 4.0 και 6G. Συγκεκριμένα, πρώτα γίνεται αναφορά στην τεχνολογία Industry 4.0 και μετά καταδεικνύεται η σχεδόν παράλληλη πορεία Industry 4.0 και 6G με αναφορά σε σχετιζόμενες τεχνολογίες.

Στη συνέχεια, μία μεγαλύτερη ανάλυση των βασικότερων τεχνολογιών του 6G και μία εκτενή περιγραφή των βασικότερων εφαρμογών που έχουν προταθεί και βρίσκονται σε επεξεργασία στο τραπέζι της σχεδίασης.

Η εργασία ολοκληρώνεται με την εξαγωγή ορισμένων συμπερασμάτων και αποτύπωση μελλοντικών προκλήσεων.

Λέξεις κλειδιά:

5G, 6G, διαδίκτυο των πραγμάτων, τεχνητή νοημοσύνη, ασύρματες επικοινωνίες, εικονική πραγματικότητα, επαυξημένη πραγματικότητα, μηχανική μάθηση, καθυστέρηση, terahertz

ABSTRACT

When Star Trek first aired in the US in 1966, perhaps no one at the time could have imagined that the small wireless communication device 'used' by the actors, appearing for the first time and apparently not working, would be so well received by the people around the world. There are about 8 billion people on earth and over twice as many devices in circulation.

What was certainly impossible to foresee, is the tremendous technological development in wireless communications and especially the incredible applications that have already been implemented followed by the outrageous services that are in the design stage.

The subject of this dissertation is to study the technologies required for the transition to the 6th generation of the wireless communications along with the prominent applications that will emerge following the implementation of those technologies.

First, a reference - review will be presented, on the first four generations of wireless communications technologies. Next, an extensive breakdown of 5G technology, many aspects of which are the launching pad for 6G.

Then, a correlation of Industry 4.0 and 6G technologies follows. Specifically, first the Industry 4.0 technology is mentioned and then, the almost parallel course of Industry 4.0 and 6G is demonstrated, with reference to related technologies.

Following, is a greater analysis of the key technologies of 6G and an extensive description of the key applications that have been proposed and are being processed at the design table.

The dissertation concludes by drawing conclusions and outlining future challenges.

Keywords:

5G, 6G, internet of things, artificial intelligence, wireless communications, virtual reality, augmented reality, machine learning, latency, terahertz

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΚΙΝΗΤΗΣ ΤΗΛΕΦΩΝΙΑΣ	17
1.1 1G – ΤΑ ΠΡΩΤΑ ΒΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΚΙΝΗΤΗΣ ΤΗΛΕΦΩΝΙΑΣ.....	17
1.2 2G – Η ΑΡΧΗ ΤΗΣ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ.....	18
1.3 3G – ΤΑ ΤΡΙΑ ΠΡΟΤΥΠΑ.....	18
1.4 4G – ΜΙΑ ΝΕΑ ΕΠΟΧΗ.....	19
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ 5G	21
2.1 ΤΑ ΠΡΩΤΑ ΒΗΜΑΤΑ.....	21
2.2 ΣΤΟΧΟΙ ΤΟΥ 5G	21
2.3 ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	22
2.4 ΕΜΠΟΡΙΚΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ 5G	28
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: INDUSTRY 4.0	29
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	29
3.2 ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ ΣΤΟ INDUSTRY 4.0.....	31
3.3 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ, ΑΣΦΑΛΕΙΑ, ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΙ , ΚΟΙΝΩΝΙΑ	31
3.4 Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ INDUSTRY 4.0.....	31
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: INDUSTRY 4.0 & 6G	33
4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	33
4.2 ΣΥΝΥΠΑΡΞΗ INDUSTRY 4.0 ΚΑΙ 6G.....	34
4.3 ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ 6G.....	36
4.4 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ 6G	36
4.5 ΣΤΟΝ ΟΡΙΖΟΝΤΑ ΤΟΥ INDUSTRY 5.0 ?.....	38
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ 6G	39
5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	39
5.2 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ	39
5.3 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΠΟΥ ΑΠΑΙΤΟΥΝΤΑΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ 6G	42
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ 6G.....	44
6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	44
6.2 M-HEALTH.....	44
6.2.1 <i>Βασικοί άξονες του m-health</i>	<i>45</i>
6.2.2 <i>6G και Multimedia communications.....</i>	<i>46</i>
6.2.3 <i>Εφαρμογές εξαρτώμενες από το 6G</i>	<i>48</i>
6.3 SMART CITIES - ΕΞΥΠΝΕΣ ΠΟΛΕΙΣ	52
6.4 ΟΧΗΜΑΤΑ.....	54
6.5 INTELLIGENT GRID – ΕΥΦΥΕΣ ΔΙΚΤΥΟ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	55
6.6 WEARABLES - ΦΟΡΕΤΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ.....	55
6.7 UAV UNMANNED ARIAL DEVICES – DRONES.....	56
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7:ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ & ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ	60
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	61

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

ΣΧΗΜΑ 1: ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΖΩΝΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ ΠΟΥ ΜΠΟΡΟΥΝ ΝΑ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΟΥΝ, ΤΗΝ ΑΝΑΛΟΓΗ ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑ ΦΑΣΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ	23
ΣΧΗΜΑ 2: ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΜΟΡΦΟΠΟΙΗΣΗΣ ΔΕΣΜΗΣ.....	24
ΣΧΗΜΑ 3: ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΕΡΑΙΩΝ ΜΕ ΤΑ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΑ SECTOR/CELLS ΠΟΥ ΥΠΟΣΤΗΡΙΖΟΥΝ.	26
ΣΧΗΜΑ 4: ΔΙΑΤΑΞΗ 5G ΓΙΑ ΤΗΝ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ, ΠΙΘΑΝΟΤΑΤΑ 3 SECTORS ΚΑΙ ΜΙΚΡΟΚΥΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ ΓΙΑ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ ΑΠΟΜΑΚΡΥΣΜΕΝΩΝ ΚΥΨΕΛΩΝ.	26
ΣΧΗΜΑ 5: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟΙ ΑΞΟΝΕΣ ΤΟΥ INDUSTRY 4.0.....	30
ΣΧΗΜΑ 6: ΒΑΣΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΤΟΥ 6G.....	38
ΣΧΗΜΑ 7: ΤΑ ΕΠΙΠΕΔΑ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ 6G HEALTHCARE, ΜΕ ΤΙΣ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ.	46
ΣΧΗΜΑ 8: ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΟ ΠΙΘΑΝΕΣ ΧΡΗΣΕΙΣ DRONES	57
ΣΧΗΜΑ 9: ΧΡΗΣΗ DRONE ΜΕ MEC ΚΑΙ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΩΣ ΕΝΑΕΡΙΟΥ ACCESS POINT ΓΙΑ ΤΗΝ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΑΣΥΡΜΑΤΟ ΔΙΚΤΥΟ – ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ	58

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: ΤΥΠΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ 5G ΜΕ ΤΥΠΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.	25
ΠΙΝΑΚΑΣ 2: ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΩΝ ΤΕΛΕΥΤΑΙΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΑΣΥΡΜΑΤΗΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ.....	34
ΠΙΝΑΚΑΣ 3: ΣΥΝΟΨΗ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ 6G ΠΟΥ ΣΥΜΒΑΛΟΥΝ ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΠΟΛΥΜΕΣΩΝ M-HEALTH	47
ΠΙΝΑΚΑΣ 4: ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΤΩΝ 6G M-HEALTH MULTIMEDIA ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ	48

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

1G First Generation of Mobile Communications

2G Second Generation of Mobile Communications

3G Third Generation of Mobile Communications

3GPP Third Generation Partnership Project

4G Fourth Generation of Mobile Communications

5G Fifth Generation of Mobile Communications

6G Sixth Generation of Mobile Communications

ABS Aerial Base Station

AGVN Air-Ground Integrated Vehicular Network

AI Artificial Intelligence

AID Autonomous Intelligent Driving

Απαιτήσεις & τεχνολογικές προκλήσεις για μετάβαση στην 6η γενιά κινητών επικοινωνιών

AP Access Point

AR Augmented Reality

B5G Beyond fifth-generation

BAN Body Area Network

BCI Brain Computer Interface

BS Base Station

CAV Connected and Autonomous Vehicle

CPE Customer premises Equipment

CU Centralized Unit

D&I Data and Information

D2D Device-to-Device

DL Deep Learning

DU Distributed Unit

E2E End to End

EDGE Enhanced Data Rates for GSM Evolution

EHF Extremely High Frequency

eMBB enhanced Mobile Broadband

eMBB-Plus enhanced Mobile Broadband Plus

ENI Experiential Networked Intelligence

ETSI European Telecommunications Standards Institute

FBS Flight Base Station

FL Federated Learning

GEO Geostationary Earth Orbit

GHz Giga Hertz

GPRS General Packet Radio Service

GPS Global Positioning System

GSM Global System for Mobile Communications

H2H Hospital to Home

HAP High Altitude Platform

FCC Federal Communications Commission

HT Holographic Telepresence

HTC Holographic-Type Communication

Απαιτήσεις & τεχνολογικές προκλήσεις για μετάβαση στην 6η γενιά κινητών επικοινωνιών

FIR Far Infra-Red

FCC Federal Communications Commission

ICT Information and Communications Technology

IDS Intrusion Detection System

IEEE Institute of Electrical and Electronic Engineers

IIoMT Intelligent Internet of Medical Things

IIoT Industrial IoT

IoBNT Internet of Bio-Nano-Things

IoE Internet of Everything

IoNT Internet of Nano-Things

IoT Internet of Things

IoV Internet of Vehicles

IR Infra-Red

IR Intelligent Radio

IRS Intelligent Reflective Surface

ITU International Telecommunication Union

IWD Intelligent Wearable Device

LAP Low Altitude Platform

LDHMC Long Distance and High Mobility Communications

LEO Low Earth Orbit

LIS Large Intelligent Surface

LoS Line of Sight

LPWAN Low-Power Wide Area Network

LTE Long Term Evolution

M2M Machine to Machine

MAP Mobile Access Point

MB MultiBand

MBB Mobile Broadband

MBLL Mobile Broad Bandwidth and Low Latency

mBBMT Massive Broad Bandwidth Machine Type

MBRLLC Mobile Broadband Reliable Low Latency Communication

MC Mission Critical

Απαιτήσεις & τεχνολογικές προκλήσεις για μετάβαση στην 6η γενιά κινητών επικοινωνιών

MEC Mobile Edge Computing

MEC Multi-access Edge Computing

MEO Medium Earth Orbit

MHz Mega Hertz

MIMO Multiple Input Multiple Output

ML Machine Learning

mLLMT massive Low Latency Machine Type

MMI Man-Machine Interface

mMIMO massive Multi-Input-Multi-Output

MMS Multimedia Messaging Service

mMTC massive Machine Type Communications

mmWave millimeter Wave

MR Mixed Reality

MSC Mobile Switching Center

mULC massive Ultra -Reliable Low-Latency Communication

mURLLC massive URLLC

NB-IoT NarrowBand IoT

NG Next Generation

NGMN Next-Generation Mobile Network

NGSO Non-Geostationary Satellite Orbit

NI Network Intelligence

NLOS Non Line of Sight

NOMA Non-Orthogonal Multiple Access

NR New Radio

NTN Non Terrestrial Network

OMA Orthogonal Multiple Access

ONU Optical Network Unit

OPEX Operating Expenses

O-RAN Open Radio Access Networks

OWC Optical Wireless Communication

PAPR Peak-to-Average Power Ratio

PON Passive Optical Network

Απαιτήσεις & τεχνολογικές προκλήσεις για μετάβαση στην 6η γενιά κινητών επικοινωνιών

PSTN Public Switched Telephone Network

QC Quantum Communication

QoE Quality of Experience

QoL Quality of Life

QoS Quality of Service

RAT Radio Access Technology

RF Radio Frequency

RF-EH Radio Frequency Energy Harvesting

RIS Reconfigurable Intelligent Surface

RTIE Real-Time Intelligent Edge

Rx Reception

SDN Software Defined Networking

SLA Service-Level Agreement

SLAM Simultaneous Localization and Mapping

SME Small- and Medium-sized Enterprise

SM-MIMO Spatial Modulation Multi-Input-Multi-Output

SR Symbiotic Radio

SURLLC Secure Ultra-Reliable Low-Latency Communications

SWIPT Simultaneous Wireless Information and Power Transfer

TDMA Time Division Multiple Access

THz Tera Hertz

TI Tactile Internet

TSN Time-Sensitive Networking

Tx Transmission

UAV Unmanned Aerial Vehicle

UDN Ultra-Dense Network

UHD Ultra-High Definition

uHDD ultra-High Data Density

uHSLLC ultra-High Speed low Latency Communications

ULBC Ultra-Reliable Low-Latency Broadband Communication

uMBB ubiquitous Mobile Broadband

uMUB ubiquitous Mobile Ultra-Band

Απαιτήσεις & τεχνολογικές προκλήσεις για μετάβαση στην 6η γενιά κινητών επικοινωνιών

URLLC Ultra-Reliable, Low Latency Communications

V2I Vehicle to Infrastructure

V2X Vehicle to Everything

VLC Visible Light Communication

VM-MIMO Virtual Massive MIMO

VNF Virtual Network Function

VR Virtual Reality

WAN Wide Area Network

WBSN Wireless Body Sensor Network

WET Wireless Energy Transfer

WIET Wireless Information and Energy Transfer

WiFi, Wi-Fi Wireless Fidelity

WLAN Wide Local Area Network

WPT Wireless Power Transfer

WSN Wireless Sensor Network

XR Extended Reality

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Αναδρομή συστημάτων κινητής τηλεφωνίας

1.1 1G – Τα πρώτα βήματα της κινητής τηλεφωνίας

Η ασύρματη τεχνολογία κυψέλης ή κινητή τηλεφωνία ξεκίνησε με τα κινητά τηλέφωνα πρώτης γενεάς ή 1G. Κοντά στο τέλος του 1978, η BELL Labs (USA) δημιούργησε το πρώτο ασύρματο δίκτυο κινητής τηλεφωνίας, το AMPS (Advanced Mobile Phone System). Ακολούθησαν και άλλα επικοινωνιακά πρότυπα κινητής τηλεφωνίας από άλλες χώρες όπως το Total Access Communication System (TACS) από Αγγλία, το JTACS από Ιαπωνία, το C-Netz από Δ. Γερμανία, το Radiocom 2000 από Γαλλία και το RTMI από Ιταλία. [1]

Οι προϋπάρχουσες τεχνολογίες ασύρματων επικοινωνιών ήταν ‘push to talk’ συστήματα με χρήση κυρίως σε στρατιωτικές επικοινωνίες. Η διαφορά τους με το 1G ήταν η τεχνολογία κυψέλης. Η γεωγραφική περιοχή κάλυψης χωρίζεται σε μικρότερα τμήματα, τις κυψέλες – cells. Κάθε κυψέλη είχε ένα σταθμό βάσης, ο οποίος χρησιμοποιούσε ραδιοφωνικά σήματα και ένα πομποδέκτη για την επικοινωνία με τα κινητά τηλέφωνα. Οι σταθμοί βάσης ήταν συνδεδεμένοι με το τηλεφωνικό δίκτυο. Τεχνικές διαμόρφωσης συχνότητας (FDMA – Frequency Division Multiple Access) χρησιμοποιούνται για τηλεφωνικές κλήσεις από τους σταθμούς βάσης.

Βασικά μειονεκτήματα του 1G :

- Τα αναλογικά σήματα είναι επιρρεπή σε παρεμβολές. Ως αποτέλεσμα, η επικοινωνία δεν ήταν ‘καθαρή’.
- Τα αναλογικά συστήματα δεν μπορούν επαρκώς να υποστηρίξουν συστήματα κρυπτογράφησης, με αποτέλεσμα το χαμηλό επίπεδο ασφάλειας και πιθανότητα υποκλοπών.
- Κινητές συσκευές χρηστών με σχετικά μεγάλο βάρος (3-4 κιλά) και με πολύ ακριβή τιμή αγοράς.
- Περιορισμοί σε περιοχή κάλυψης του σταθμού βάσης και σε χωρητικότητα καναλιού επικοινωνίας, ασυμβατότητες μεταξύ διαφορετικών συστημάτων 1G, μη υποστήριξη λειτουργίας περιαγωγής μεταξύ προμηθευτών υπηρεσιών κινητής.

1.2 2G – Η αρχή της ψηφιακής επικοινωνίας

Η δεκαετία του 1980 σηματοδοτείται ως η δεκαετία της έντονης ανάπτυξης της μικροηλεκτρονικής τεχνολογίας με επεκτάσεις και στην εφαρμογή των ψηφιακών επικοινωνιών στην κινητή τηλεφωνία. Σε σύγκριση με το 1G, στο οποίο η τεχνολογία είναι αναλογική, το 2G εφαρμόζει ψηφιακή τεχνολογία. Αυτό, γενικά παρέχει υψηλότερη χωρητικότητα δικτύου και βελτιώνει την ποιότητα φωνής και την εμπιστευτικότητα. Το 2G χρησιμοποιεί τεχνολογίες διαμόρφωσης TDMA (Time division multiple access) και CDMA (Code division multiple access).

Ο στόχος για την τεχνολογία ήταν να παρέχει ψηφιακές υπηρεσίες φωνής και χαμηλής ταχύτητας υπηρεσίες δεδομένων. Ξεπερνώντας τα μειονεκτήματα του 1G, βελτιώνεται κατά πολύ η ποιότητα φωνής, το παρεχόμενο επίπεδο ασφάλειας και παρέχεται υπηρεσία roaming.

Σε ευρωπαϊκό επίπεδο, δημιουργήθηκε το ETSI (European Telecommunication Standards Institute) το 1988, με σκοπό την ανάπτυξη G2 τηλεπικοινωνιακών προτύπων. Αποτέλεσμα ήταν η δημιουργία του προτύπου GSM το 1992. Το πρότυπο GSM έτυχε ευρείας παγκόσμιας αποδοχής και έχει παραμείνει το βασικό επικοινωνιακό πρότυπο.[2]

Η εμπορική εκμετάλλευση του 2G με το πρότυπο GSM ξεκίνησε στη Φιλανδία το 1991 από την εταιρεία Radiolinja.

Πλεονεκτήματα του 2G σε σχέση με το 1G:

- Τηλεφωνική επικοινωνία με ψηφιακή κρυπτογράφηση μεταξύ κινητού τηλεφώνου και σταθμού βάσης κυψέλης.
- Αποτελεσματικότερη χρήση του εύρους ραδιοφωνικών συχνοτήτων, επιτρέποντας περισσότερους χρήστες ανά ζώνη.
- Νέες ψηφιακές υπηρεσίες κινητής, με SMS γραπτά μηνύματα και MMS.
- Εμφάνιση του προτύπου GPRS (General Packet Radio Service), με ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων τα 40kbps.

1.3 3G - Τα τρία πρότυπα

Βασικό χαρακτηριστικό της τεχνολογίας 3G ήταν η ταυτόχρονη ύπαρξη 3 προτύπων επικοινωνίας. Το βασικό πρότυπο, που χαρακτηρίζει το 3G είναι το CDMA (Code Division Multiple Access). Σε σχέση με το προηγούμενο πρότυπο (TDMA), το CDMA προσφέρει μεγάλη χωρητικότητα καναλιού, μεγαλύτερη κάλυψη, καλή ποιότητα φωνής και χαμηλή ακτινοβολία. Όμως, για οικονομικούς κυρίως

Απαιτήσεις & τεχνολογικές προκλήσεις για μετάβαση στην 6η γενιά κινητών επικοινωνιών

λόγους, οι ευρωπαϊκές χώρες επέλεξαν να δημιουργήσουν το WCDMA, με ακόμα καλύτερες επιδόσεις από το CDMA, και η Κίνα, για σχεδόν παρόμοιους λόγους, δημιούργησε το TD-SCDMA. Η απάντηση της Αμερικής (δημιουργός του CDMA) ήταν το διευρυμένο CDMA2000. Λίγο αργότερα, επετεύχθη συμφωνία μεταξύ διεθνών κατασκευαστών προϊόντων κινητής, για την δημιουργία του IMT-2000 (International Mobile Telecommunications), διεθνούς προτύπου για την 3G ασύρματη επικοινωνία.[3]

Τα πρώτα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας 3G για εμπορική εκμετάλλευση εμφανίστηκαν το 2001.

Τα κυριότερα χαρακτηριστικά – εφαρμογές που προσφέρει το 3G:

- Ασύρματη κινητή τηλεφωνία καλής ποιότητας φωνής.
- Δυνατότητα πρόσβασης στο Internet από κινητή συσκευή.
- Δυνατότητα βίντεο-κλήσεων.
- Δυνατότητα λήψης τηλεοπτικών σημάτων (TV).
- Ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων από 144 kbps μέχρι και 2Mbps. Αυτό το στοιχείο δίνει την δυνατότητα σε πλήθος εφαρμογών που απαιτούσαν αυξημένη ταχύτητα μεταφοράς, τώρα να μπορούν να εξυπηρετηθούν.
- Ενισχυμένο επίπεδο ασφάλειας, δίνοντας την δυνατότητα στον χρήστη, μέσω της κινητής συσκευής, να επαληθεύει την ταυτότητα του δικτύου που προτίθεται να συνδεθεί, έτσι ώστε να είναι σίγουρος ότι είναι το επιθυμητό δίκτυο και όχι κάποια απομίμηση.

1.4 4G – Μία νέα εποχή

Η τεχνολογία 4G πέρασε την κινητή τηλεφωνία σε μία νέα εποχή. Ο λόγος ήταν το πλήθος των νέων προτύπων που ενσωμάτωσε στην τεχνολογία του και οι καινοτομίες που αυτά περιέχουν, προσβλέποντας σε ένα πλήθος νέων υπηρεσιών για τους χρήστες της.

Η βασική νέα τεχνολογία είναι το LTE (Long Term Evolution). Με αυτό το όνομα ενοποιούνται πολλά από επιμέρους πρότυπα που περιλαμβάνονται στο LTE. Τα σημαντικότερα :

- OFDM – Orthogonal Frequency Division Multiplexing, μια νέα τεχνολογία πολλαπλής πρόσβασης μέσου που μπορεί να πετύχει υψηλότερη χρήση διαθέσιμου φάσματος, αύξηση πλήθους χρηστών, υψηλότερες ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων και ανθεκτικότητα σε διάφορες μορφές θορύβου όπως οι παρεμβολές. Μέση τιμή ταχυτήτων μετάδοσης δεδομένων τα 150 Mbps download – 50 Mbps upload.
- MIMO – Multiple Input Multiple Output, μία τεχνολογία – συστοιχία από έξυπνες κεραιές με τεχνολογία κωδικοποίησης και εντοπισμού σφαλμάτων που αυξάνει τον ρυθμό μετάδοσης.
- Τεχνολογία δικτύου εξ ολοκλήρου IP – μεταγωγής πακέτου. Διευκολύνει την ανάπτυξη και παροχή υπηρεσιών.
- SAE – System Architecture Evolution. Στα πλαίσια βελτίωσης της απόδοσης του συστήματος, ορισμένες από τις λειτουργίες που διεκπεραιώνονταν από το κεντρικό δίκτυο, τώρα μεταφέρονται στη περιφέρεια. Αυτή η επιλογή έχει ως αποτέλεσμα την μείωση της καθυστέρησης επεξεργασίας δεδομένων με βελτίωση της γενικής απόδοσης του συστήματος.[4]

Οι βασικότερες νέες υπηρεσίες:

- Υψηλής ευκρίνειας τηλεοπτικό σήμα στην συσκευή.

Απαιτήσεις & τεχνολογικές προκλήσεις για μετάβαση στην 6η γενιά κινητών επικοινωνιών

- Δυνατότητα για 3D TV.
- Video conferencing.
- IP τηλεφωνία.
- Ανανεωμένη πρόσβαση σε Internet και εφαρμογές.

Η τεχνολογία 4G, ως εμπορική εφαρμογή, ξεκίνησε στο τέλος του 2009, στην Σουηδία και Νορβηγία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ 5G

2.1 Τα πρώτα βήματα

Η νέα τεχνολογία IoT (Internet of Things) ήταν γεγονός. Ένα γεγονός που γρήγορα βρήκε μεγάλη αποδοχή σε επιχειρηματικές εφαρμογές πολλών και διαφορετικών κλάδων δραστηριότητας. Παράλληλα, η χρήση των όλο και εξυπνότερων smartphones οδηγούσε επιχειρήσεις του κλάδου στην επίσης αυξανόμενη παραγωγή εφαρμογών. Η τρίτη παράμετρος της παραπάνω ‘εξίσωσης’ ήταν το κατά πόσο η τρέχουσα τεχνολογία επικοινωνίας (4G LTE) θα μπορούσε να ανταποκριθεί στις νέες και ολοένα αυξανόμενες απαιτήσεις.

Η τεχνολογία LTE είχε ‘δείξει’ τους περιορισμούς της, όμως δεν είχε τερματίσει. Οι εταιρείες δικτύων κινητής, γρήγορα προέβλεψαν της ραγδαία αύξηση των απαιτήσεων των νέων τεχνολογιών και κατανόησαν ότι μόνο μια νέα τεχνολογία, το 5G, ακολουθώντας την σειρά ονοματοδοσίας,, θα μπορούσε να ανταποκριθεί στις νέες συνθήκες.

Το 5G, ως τεχνολογία, δεν ξεκινά από το μηδέν, αλλά αρχικά, βασίζεται στις τεχνολογικές καινοτομίες των προκατόχων του και κυρίως του 4G –LTE. Ως παράδειγμα, μπορούμε να αναφέρουμε για το εύρος συχνοτήτων που χρησιμοποιεί το 4G, το οποίο από την έναρξή του έχει ήδη σταθερή αύξηση, υποστηρίζοντας ζωντανό video και τηλεδιάσκεψη.[5]

Έχει σχεδιαστεί έχοντας κατά νου το IoT και το IPv6. Με ισχυρότερο διαδίκτυο όσο ποτέ, στοχεύει στη δημιουργία περισσότερων προσφερόμενων εφαρμογών, με τις προδιαγραφές του κινητού τηλεφώνου ελαφρότερες. Συνολικά, το 5G προσβλέπει σε έναν πιο έξυπνο κόσμο με πολλαπλούς άξονες που ενεργοποιούν το IoT και την τεχνητή νοημοσύνη, όπως η υγειονομική περίθαλψη, η κυβέρνηση, οι μεταφορές και το πιο σημαντικό, τα χρήματα. Το 5G μπορεί δυνητικά να είναι η πιο προσοδοφόρα τεχνολογία, μέχρι στιγμής, για τους παρόχους υπηρεσιών κινητής.

2.2 Στόχοι του 5G

Έξυπνα σίτια, εφαρμογές wearables και μικτής πραγματικότητας, αυτοδηγούμενα αυτοκίνητα, τεχνητή νοημοσύνη, IoT - διαδίκτυο πραγμάτων πέρα από τον οικιακό αυτοματισμό και χρήστες πολλαπλών εργασιών. Αυτοί είναι, αρχικά, οι στόχοι της τεχνολογίας.

Εμβαθύνοντας περισσότερο σε κάθε ένα από τους παραπάνω στόχους, τα έξυπνα σίτια, είναι ένας άλλος όρος για τον οικιακό αυτοματισμό. Οι συσκευές πύλης IoT μπορούν να χρησιμοποιηθούν για σύνδεση με τις οικιακές συσκευές με πολλαπλά πρωτόκολλα όπως το Bluetooth ή WiFi. Ενώ αυτές οι συσκευές συνδέονται μόνο με τη συσκευή πύλης, η οποία είναι ουσιαστικά ένας εξειδικευμένος δρομολογητής, η πύλη είναι συνδεδεμένη με το παγκόσμιο διαδίκτυο και τις δικές της υπηρεσίες που βασίζονται στο cloud.

Τα mixed realities (μικτές πραγματικότητες) και wearable (φορετά), αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για πολλαπλούς σκοπούς. Εμφανίζονται ουσιαστικά τοποθετημένα σε διάφορα εργαλεία, γεγονός που επιτρέπει στις εφαρμογές να επιβάλλουν ή να αυξάνουν τα γραφικά σε ορισμένα πράγματα για να τα κάνουν πιο ελκυστικά.. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ψυχαγωγία ή προώθηση, όπως πληροφορίες προϊόντων διαφημίσεων με σκοπό να γίνει πιο φιλικό προς τον χρήστη. Επίσης, αλληλεπιδράσεις για να κάνει βαρετά πράγματα πιο διασκεδαστικά και το πιο σημαντικό, ως

Απαιτήσεις & τεχνολογικές προκλήσεις για μετάβαση στην 6η γενιά κινητών επικοινωνιών

εκπαιδευτικό εργαλείο, να εμπλουτίσει την έννοια ‘παράδειγμα’ βοηθώντας τους μαθητές να οπτικοποιήσουν όλες τις έννοιες σε πολύ μεγαλύτερο βάθος.

Μία τυπική λειτουργία: Χρησιμοποιεί την κάμερα των smartphone ή κάποια εξωτερική cam για τη λήψη εικόνων και την αναγνώριση αντικειμένων, αφού εντοπιστούν σχετικά αντικείμενα, τα καρέ τους αποστέλλονται στο cloud και σε αντάλλαγμα λαμβάνουν κινούμενα σχέδια και ηχητικά εφέ με κατάλληλη επεξεργασία εικόνας από το cloud. [6]

Αυτοδηγούμενα αυτοκίνητα. Τα αυτοκίνητα θα πρέπει συνεχώς να στέλνουν την τοποθεσία τους στο cloud και θα τους παρέχεται η κατάλληλη διαδρομή μαζί με οδηγίες εκτελώντας ανάλυση γεωγραφικών καταστάσεων και κίνησης σε πραγματικό χρόνο. Απαιτείται τρομερά μεγάλη ευαισθησία συστήματος. Ένα, οποιοδήποτε σφάλμα, μπορεί να είναι αιτία πρόκλησης ατυχήματος. Επίσης, οποιαδήποτε καθυστέρηση απόκρισης του συστήματος, μπορεί και αυτό να αποτελέσει αιτία ατυχήματος.

AI - Τεχνητή νοημοσύνη. Εξυπνη βοήθεια, η οποία χρησιμοποιείται για αναγνώριση – πρόβλεψη ομιλίας χρήστη και επιστροφή χρήσιμων πληροφοριών ή ενεργειών για λογαριασμό του. Τα μέχρι στιγμής στοιχεία δείχνουν ότι οι υπάρχουσες κινητές συσκευές δεν έχουν ακόμη τέτοιες δυνατότητες. Η έννοια του ‘smart everything’ είναι ακόμα αρκετά μακριά. Θεωρητικά, όλα αυτά θα πρέπει να γίνονται μέσω cloud servers, και με κινητές συσκευές ανάλογες, που να μπορούν να διαχειριστούν το πλήθος της πληροφορίας..

Προγραμματικός στόχος: Να εξυπηρετεί 1 εκατομμύριο συνδέσεις ανά τετραγωνικό μέτρο, αριθμός 250 φορές μεγαλύτερος από την δυνατότητα του 4G. [7]

2.3 Βασικά χαρακτηριστικά

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών, υπήρξε μια αυξανόμενη συναίνεση ότι τα ασύρματα συστήματα 5G θα υποστηρίζουν τρεις γενικές υπηρεσίες, οι οποίες, σύμφωνα με την ITU-R, ταξινομούνται ως βελτιωμένη ευρυζωνική κινητή τηλεφωνία (eMBB), μαζική επικοινωνία τύπου μηχανής (mMTC) - αξιόπιστες και χαμηλής ευκρίνειας επικοινωνίες (URLLC) (επίσης γνωστές ως επικοινωνίες κρίσιμης σημασίας). Ένας συνοπτικός χαρακτηρισμός αυτών των υπηρεσιών μπορεί να προταθεί ως εξής:

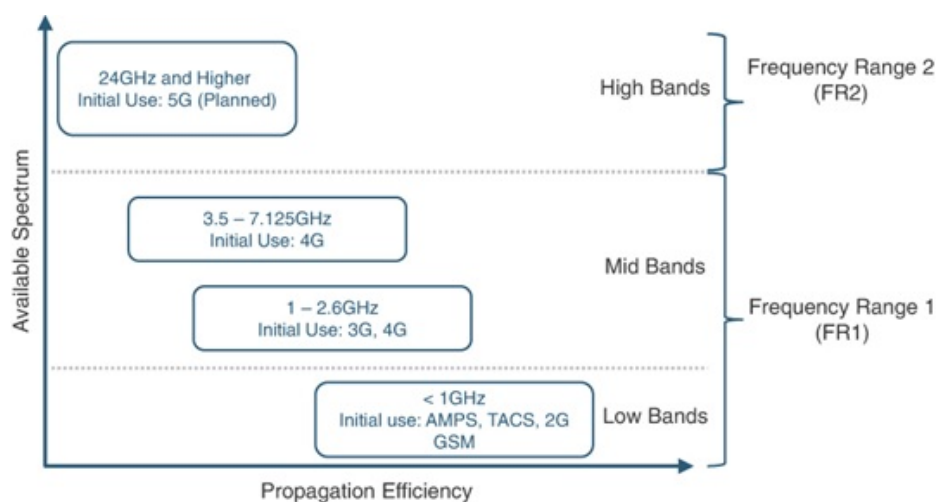
eMBB (Enhanced Mobile broadband) υποστηρίζει σταθερές συνδέσεις με πολύ υψηλούς ρυθμούς δεδομένων αιχμής έως και 10 Gbps, καθώς και μέτριους ρυθμούς για τους χρήστες αιχμής.

mMTC (Massive Machine Type Communications) υποστηρίζει ένα τεράστιο αριθμό συσκευών διαδικτύου των πραγμάτων (IoT) άνω των 100 συσκευών ανά μονάδα επιφάνειας σε σχέση με την προηγούμενη γενιά, εφοδιάζοντας το δίκτυο 5G με τεράστια συνδεσιμότητα, οι οποίες είναι μόνο σποραδικά ενεργές και στέλνουν μικρά φορτία δεδομένων.

URLLC (Ultra Reliable Low Latency Communications) για ελαχιστοποίηση των καθυστερήσεων έως και 1 ms από άκρο σε άκρο με πολύ υψηλή αξιοπιστία από ένα περιορισμένο σύνολο τερματικών, τα οποία είναι ενεργά σύμφωνα με πρότυπα που συνήθως καθορίζονται από εξωτερικά συμβάντα, όπως συναγερμοί.

New Radio

Η τεχνολογία 5G αποκαλείται και ως 5G NR (New Radio). Αυτό είναι το πρότυπο το οποίο έχει ορισθεί από το 3GPP, ένας διεθνής οργανισμός για την ανάπτυξη και κατοχύρωση προτύπων κινητής τηλεφωνίας. Το 5G NR χρησιμοποιεί για τα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα ένα μεγάλο εύρος συχνοτήτων, προερχόμενων κυρίως από συχνότητες που είχαν εγκαταλειφθεί από προγενέστερα ασύρματα δίκτυα επικοινωνιών. Το εύρος συχνοτήτων του 2G, και του 3G GSM είναι μερικά από αυτά που έχουν χρησιμοποιηθεί. Τα πρότυπα του 5G διαχωρίζουν τις συχνότητες σε δύο τύπους: FR1 (450 MHz - 6 GHz) και FR2 (24 GHz - 52 GHz). [8]



Σχήμα 1: διάφορες ζώνες συχνοτήτων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν, την ανάλογη διαθεσιμότητα φάσματος και τα χαρακτηριστικά απόδοσης μετάδοσης

Στις αρχικές αναπτύξεις προτύπων χρησιμοποιήθηκαν συχνότητες του τύπου FR1. Τώρα πλέον χρησιμοποιούνται συχνότητες και του τύπου FR2, οι οποίες είναι επίσης γνωστές και ως EHF (extremely high frequency) ή mmWave (millimeter wave) .

mmWave (millimeter wave)

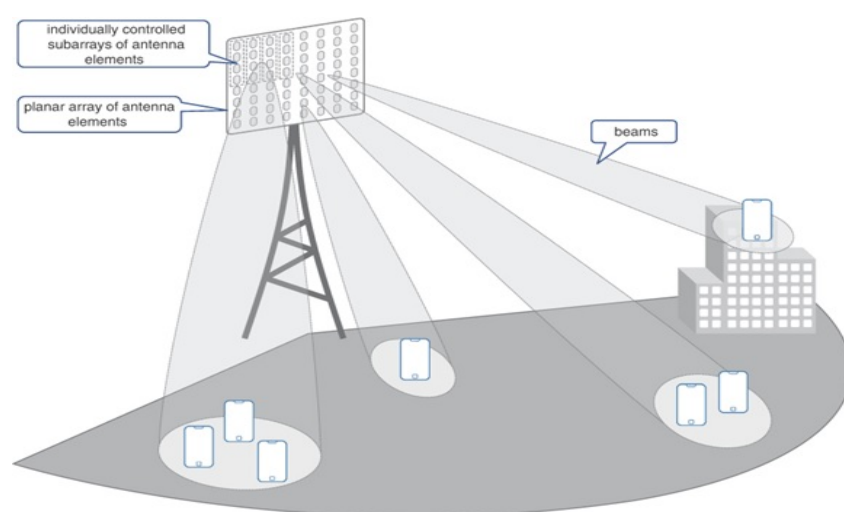
Το "millimeter wave" είναι συχνότητες που βρίσκονται στο εύρος των χιλιοστομέτρων. Οι συχνότητες mmWave κυμαίνονται συνήθως από περίπου 24 GHz έως 100 GHz και πέρα. Αυτό το εύρος συχνοτήτων είναι πολύ υψηλότερο από τις συχνότητες που χρησιμοποιούνται συνήθως στα παλαιότερα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας, που κυμαίνονται στο εύρος των χιλιοστομέτρων ή λίγων GHz. Οι συχνότητες mmWave έχουν τη δυνατότητα να προσφέρουν πολύ υψηλές ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων στα δίκτυα 5G, καθιστώντας τις κατάλληλες για εφαρμογές υψηλής ευκρίνειας βίντεο, virtual reality (εικονική πραγματικότητα), augmented reality (επαυξημένη πραγματικότητα), ομαδικά gaming και άλλες προηγμένες ψηφιακές εφαρμογές που απαιτούν υψηλό ρυθμό μετάδοσης. Μειονέκτημα τους είναι η μικρότερη εμβέλεια. Για περιοχές με μεγάλη οικιστική συχνότητα, απαιτείται μεγαλύτερος αριθμός βάσης. Επίσης είναι ευαίσθητα σε ατμοσφαιρικές συνθήκες.

M-MIMO

Το Massive MIMO (Multiple Input Multiple Output) είναι μια προηγμένη τεχνολογία ασύρματης επικοινωνίας που χρησιμοποιεί ένα μεγάλο αριθμό κεραιών τόσο στην πλευρά του πομπού όσο και στην πλευρά του δέκτη. Σε αντίθεση με τα παραδοσιακά συστήματα MIMO, τα οποία συνήθως περιλαμβάνουν μερικά λίγα κεραιές (π.χ. 2x2 ή 4x4), τα συστήματα Massive MIMO μπορούν να έχουν δεκάδες, εκατοντάδες ή ακόμα και χιλιάδες κεραιές. Σε ένα σύστημα Massive MIMO, πολλαπλές κεραιές χρησιμοποιούνται για να μεταδίδουν και να λαμβάνουν δεδομένα ταυτόχρονα προς και από πολλούς χρήστες ή συσκευές. Κάθε κεραιά μπορεί να δημιουργήσει το δικό της χωρικό ρεύμα, επιτρέποντας την παράλληλη μετάδοση δεδομένων σε πολλούς χρήστες. Αυτός ο χωρικός διπλασιασμός αυξάνει την φασματική απόδοση του συστήματος, επιτρέποντας υψηλότερες ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων και αυξημένη χωρητικότητα.

Μορφοποίηση δέσμης (Beamforming)

Μια δέσμη, αντί για ένα κύμα και μια συστοιχία κεραιών, μπορεί να σχηματίσει ένα μεγάλο αριθμό ακτινών σε διαφορετικές κατευθύνσεις. Σε μια κυψέλη που καλύπτει μεγάλη γεωγραφική περιοχή, μπορούν να τοποθετηθούν πολλαπλές από αυτές τις συστοιχίες κεραιών που σχηματίζουν δέσμη (beamforming). [9]



Σχήμα 2: Παράσταση της μορφοποίησης δέσμης

Small Cells

Μικροί κόμβοι ή κεραιές που χρησιμοποιούνται για τη μετάδοση δεδομένων σε σύγκριση με τις παραδοσιακές μεγάλες κεραιές (macrocells). Αυτοί οι μικροί κόμβοι είναι συνήθως αποτελούμενοι από μικρότερες κεραιές ή μικρούς πομποδέκτες που εγκαθίστανται σε κτίρια, φωταύγειες, πεζοδρόμια ή άλλα μικροαστικά περιβάλλοντα. Προσφέρουν πλεονεκτήματα όπως αύξηση της χωρητικότητας, βελτίωση της κάλυψης και μείωση της καθυστέρησης, καθιστώντας τα ιδανικά για περιοχές με υψηλή πυκνότητα χρηστών, όπως αστικές περιοχές ή επιχειρηματικά κέντρα. Επιπλέον,

Απαιτήσεις & τεχνολογικές προκλήσεις για μετάβαση στην 6η γενιά κινητών επικοινωνιών

μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να ενισχύσουν την εσωτερική κάλυψη σε κτίρια, όπου η κάλυψη από τις μακροκύψελες είναι περιορισμένη.

Proactive content caching

Τα millimeter wave 5G δίκτυα, όπως έχει προαναφερθεί, απαιτούν την ανάπτυξη περισσότερων σταθμών βάσης σε σύγκριση με το LTE και τα προηγούμενα πρότυπα επικοινωνιών. Αυτοί οι σταθμοί βάσης, απαιτούν συνδέσεις σε ενσύρματα δίκτυα για την μετάδοση των δεδομένων. Με την χρήση μιας κρυφής μνήμης, τύπου cache, οι καθυστερήσεις πρόσβασης μπορούν να μειωθούν σημαντικά και να ελαχιστοποιηθεί το φορτίο στο δίκτυο. Αυτό, κατ' επέκταση, μειώνει την καθυστέρηση σε όλο το δίκτυο. Το Proactive content caching αποδεικνύεται αποτελεσματικότερο για 4K και video streaming εφαρμογές. [11]

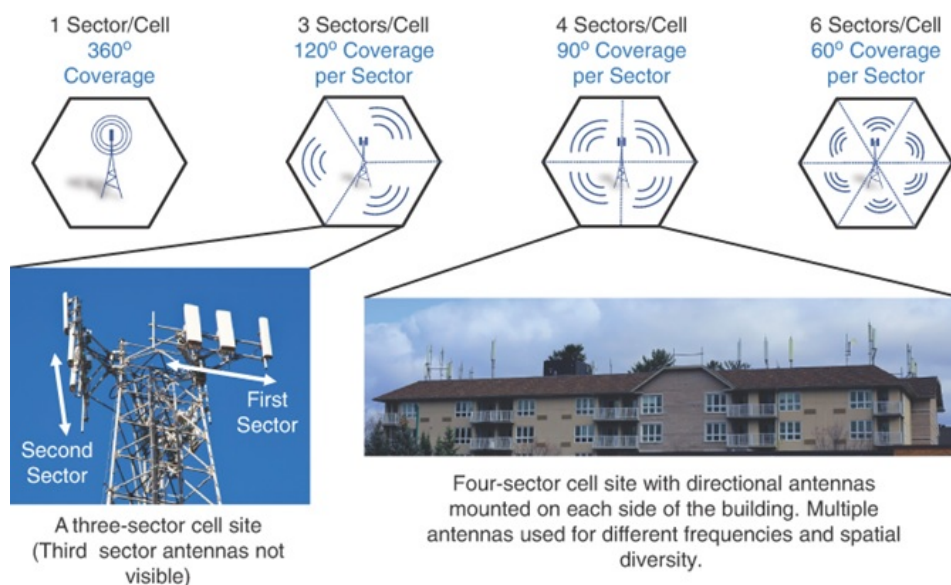
Τύπος κελιού	Τύπος εγκατάστασης	Περιοχή κάλυψης	Συνδρομητές
Macrocell	Εξωτερικός	5+ χιλ/τρα (3+ miles)	Μερικές χιλιάδες
Microcell	Εξωτερικός	~3 χιλ/τρα (2 miles)	Περίπου χίλιοι
Metrocell	Εξωτερικός	~1 χιλ/τρα (<1 mile)	Περίπου 100
Picocell	Εσω / εξωτερικός	~ 500 μέτρα (0.3 miles)	Περίπου 25
Femtocell	Εσωτερικός	~ 50 μέτρα (0.03 miles)	Περίπου 10

Πίνακας 1: τυπικές εγκαταστάσεις 5G με τυπικά χαρακτηριστικά εγκατάστασης.

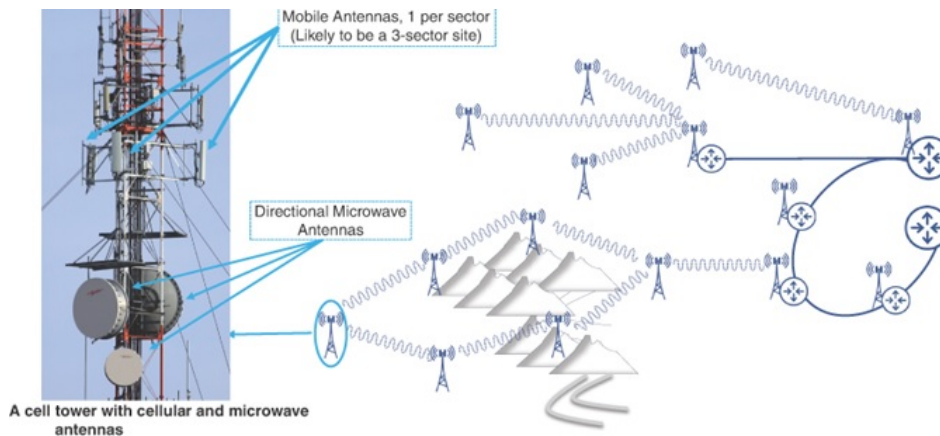
Multiple-hop networks and device-to-device communication - Δίκτυα πολλαπλής μετάβασης και επικοινωνία από συσκευή σε συσκευή. Στα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας οι κυψελοειδείς επαναλήπτες και τα femtocells (οικιακή συσκευή πρόσβασης σε δίκτυο κινητής – εν είδη router) γεφυρώνουν τα κενά σε περιοχές όπου η ισχύς του σήματος από τους σταθμούς βάσης είναι ανεπαρκής για να εξυπηρετήσει τις ανάγκες των πελατών.

Αυτά μπορεί να είναι σε ημι-αγροτικές περιοχές όπου η πυκνότητα πληθυσμού περιπλέκει την εξυπηρέτηση πελατών από έναν σταθμό βάσης, καθώς και σε αστικές περιοχές όπου ο αρχιτεκτονικός σχεδιασμός εμποδίζει την ισχύ του σήματος.

Απαιτήσεις & τεχνολογικές προκλήσεις για μετάβαση στην 6η γενιά κινητών επικοινωνιών



Σχήμα 3: φυσικές εγκαταστάσεις κεραιών με τα αντίστοιχα sector/cells που υποστηρίζουν.



Σχήμα 4: Διάταξη 5G για την υποστήριξη, πιθανότατα 3 sectors και μικροκυματική διάταξη για υποστήριξη απομακρυσμένων κυψελών.

Η χρήση δικτύων πολλαπλής μετάβασης στο 5G επεκτείνει την ιδέα του 'αναμεταδότη' αξιοποιώντας την επικοινωνία συσκευής με συσκευή για να αυξήσει την ισχύ και τη διαθεσιμότητα του σήματος.

Αδιάλειπτη κάθετη μεταπομπή (Seamless vertical Handover)

Αναφέρεται στην διαχείριση της κινητής τηλεφωνικής συσκευής να αλλάζει την σύνδεση δεδομένων από κινητή σε Wifi και το αντίστροφο.

Software Defined Networking (SDN)

Το καταναλωτικό κοινό του 5G έχει ορισμένες ιδιαιτερότητες σε σχέση με το κοινό των προηγούμενων τεχνολογιών κινητής, όπου απλώς χρησιμοποιούν τον εαυτό τους, μαζί με τα κινητά τους τηλέφωνα. Στην περίπτωση του 5G, ο πελάτης – χρήστης μπορεί να είναι ένα άτομο με ένα smartphone, ένα αυτόνομο όχημα ή αυτόνομες οικιακές συσκευές με ανάγκη σύνδεσης στο διαδίκτυο. Το IoT δεν ‘είπε’ ποτέ ότι χρειάζεται αυστηρά να συνδεθεί σε δίκτυα κινητής τηλεφωνίας, απλά σύνδεση στο διαδίκτυο. Τηλέφωνα, υπολογιστές, καλώδια LAN, οπτικές ίνες, δρομολογητές WiFi, Bluetooth, είναι τρόποι σύνδεσης με το διαδίκτυο, όπου δεν χρειάζεται απαραίτητα η τήρηση μιας συγκεκριμένης πολιτικής δικτύου. Το 5G δεν χρειάζεται να κάνει κατάληψη στο διαδίκτυο, το 5G θέλει να επεκταθεί συνυπάρχοντας με το διαδίκτυο με εποικοδομητικό τρόπο. Ένας από αυτούς τους εποικοδομητικούς τρόπους είναι το SDN - Software Defined Networking. [12]

Εξ ορισμού, είναι μια αρχιτεκτονική δικτύου, με διαχωρισμένα επίπεδα δικτύου και ελέγχου, κάνοντας το δίκτυο κεντρικά προγραμματιζόμενο και κεντρικά διαχειριζόμενο, χρησιμοποιώντας εφαρμογές λογισμικού. Το λογισμικό χρησιμοποιείται ευρέως από cloud computing, αλλά έχει δυνατότητες να επεκταθεί και στην τεχνολογία 5G, επιτρέποντας την απρόσκοπτη λειτουργία της και ενσωμάτωσή της με άλλες μορφές δικτύων. Το λογισμικό έχει δοκιμαστεί και μπορεί να προσφέρει λύσεις και σε μεγάλης κλίμακας βιομηχανικό IoT.

Βασικό λειτουργικό χαρακτηριστικό του SDN είναι το λογισμικό **IAC – Infrastructure as Code Tools**. Δίνει την δυνατότητα σε ένα χειριστή, εξ αποστάσεως, να ρυθμίσει πολλαπλά δίκτυα, παρέχοντας απλώς διαμορφώσεις, μέσω ειδικού λογισμικού που βρίσκεται σε ένα server διαχειριστή. Στις δυνατότητες του IAC είναι και η διαχείριση του network slicing – εικονικός διαχωρισμός του δικτύου σε κομμάτια. Ένας cloud server έχει την δυνατότητα να φιλοξενήσει τουλάχιστον δεκάδες VM – virtual machines – εικονικές υπολογιστικές μηχανές.. Κάθε VM έχει την δυνατότητα, μέσω του ICT, της διαχείρισης μεγάλου αριθμού slices, αυτόνομων ‘κομματιών’ του δικτύου. Αυτό καθιστά τα αυτόνομα δίκτυα 5G πιο αποτελεσματικά, οικονομικά, επεκτάσιμα και το κυριότερο, όλα αυτά να γίνονται στο cloud. [13]

2.4 Εμπορική αξιοποίηση του 5G

Στα πρώτα στάδια της εμπορευματοποίησης του 5G, οι προσφορές εμφανίστηκαν από 3 κυρίως επαγγελματικούς άξονες, τους κατασκευαστές ηλεκτρονικών κυκλωμάτων – chips από εταιρείες όπως Intel και Qualcomm, από κατασκευαστές κινητών – smartphones, από εταιρείες όπως Samsung, Huawei κ.α. και από εταιρείες παροχής υπηρεσιών κινητής όπως Verizon, AT&T, Vodafone κ.α.

Το δεύτερο εξάμηνο του 2019, καταμετρήθηκαν 56 πάροχοι από όλο τον κόσμο που είχαν κατασκευάσει δίκτυα 5G και 40 παρόχους να έχουν ξεκινήσει υπηρεσίες 5G. Το 5G υποσχόταν να φέρει μεγαλύτερη αξία στους παρόχους σε αρκετούς τομείς.

Στην αγορά B2C, το 5G προσφέρει ένα σύνολο από μοναδικά νέα χαρακτηριστικά, προτρέποντας χρήστες να αποκτήσουν την νέα τεχνολογία. Από τα βασικές ομάδες στόχος του B2C αποτελούν οι σχετικά μικρές ηλικίες ή και όχι και τόσο ηλικιακά μικροί gamers. Η αιχμή του δόρατος είναι το video και το gaming. Με το μεγάλο εύρος ζώνης του 5G, ένας χρήστης που παρακολουθεί βίντεο 4K στο διαδίκτυο δεν χρειάζεται πλέον να περιμένει το buffering. Η χαμηλή καθυστέρηση του 5G κάνει πιο ομαλά τα παιχνίδια για κινητά. Με το 5G, ένα διαδικτυακό παιχνίδι μπορεί να αναγνωρίσει 200 έως 300 κλικ ανά λεπτό. Τα επιπλέον κλικ θα μπορούσαν να σημαίνουν τη διαφορά μεταξύ νίκης και ήττας!

Το 5G θα παρέχει μια ευκολότερη επιλογή για οικιακή ευρυζωνική πρόσβαση. Υπάρχουν αρκετοί άξονες υπηρεσιών από όπου οι πάροχοι μπορούν να αντλήσουν έσοδα. Ενδεικτικά, η πληθώρα των καταναλωτών διαθέτουν ηλεκτρονικές συσκευές με διαφορετικές απαιτήσεις σε ρυθμούς δεδομένων. Πακέτα σύνδεσης με διαφορετικές χρεώσεις ανάλογα με τους ζητούμενους ρυθμούς μετάδοσης, θα προκαλούσε το ενδιαφέρον των χρηστών. Επίσης, οι πάροχοι, εκμεταλλευόμενοι την χαμηλή καθυστέρηση του δικτύου, θα μπορούσαν να δημιουργήσουν έσοδα από διαδικτυακά παιχνίδια.

Στην αγορά B2B, οι άξονες υπηρεσιών είναι πολλοί περισσότεροι και με πολλές προεκτάσεις. Ενδεικτικοί άξονες δραστηριότητας:

- Fixed wireless access (FWA)
- Video surveillance and analytics
- Immersive experiences (augmented and virtual reality)
- Smart stadiums
- Cloud robotics and automation
- Machine remote control (drones, cranes, robotic arms and heavy machinery)
- Connected vehicles
- eHealth
- Industry

Ιδιαίτερο οικονομικό ενδιαφέρον παρουσιάζουν άξονες όπως η βιομηχανία, το e-health, τα συνδεδεμένα οχήματα και τα cloud augmented reality (cloud AR). Η επαυξημένη πραγματικότητα (AR) είναι η ενοποίηση ψηφιακών πληροφοριών με το περιβάλλον του χρήστη σε πραγματικό χρόνο. Οι κορυφαίοι πάροχοι σχεδιάζουν ελκυστικές προσφορές σε άμεσο στοχευμένο direct marketing, που συνδυάζει διαφορετικές μετρήσεις και προσφέρει τοπικό περιεχόμενο προστιθέμενης αξίας. [14]

Για τα Ελληνικά δεδομένα, οι πάροχοι προσφέρουν πακέτο σύνδεσης κινητής 5G, χωρίς περισσότερα στοιχεία για τυχόν προσφερόμενες άλλες υπηρεσίες. Η Cosmote αναφέρει παρουσία σε 60 πόλεις, πληθυσμιακή κάλυψη 97% στην Αθήνα και 90% πανελλαδική κάλυψη για το τέλος του 2023.

Αντίστοιχα, η NOVA δεν δίνει ποσοστά κάλυψης δικτύου, αναφέρει μόνο περιοχές που προσφέρεται το δίκτυο. Το ίδιο και η Vodafone, αναφέρει περιοχές κάλυψης. (ref: site εταιρειών)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: INDUSTRY 4.0

3.1 Εισαγωγή

Ο όρος Industry 4.0 ("Industrie 4.0") εμφανίστηκε για πρώτη φορά σε γερμανικό κυβερνητικό έγγραφο. Στην παλαιότερη χρήση του, το Industry 4.0 αναφερόταν στη Γερμανία ως η προσπάθεια ενσωμάτωσης των ψηφιακών τεχνολογιών στην εθνική της παραγωγή στρατηγική. Ο όρος, σύντομα εξαπλώθηκε, και αποτελεί κοινότυπο για την βιομηχανική κοινότητα από τις αρχές της δεκαετίας το 2010.

Το Industry 4.0 είναι ο ψηφιακός μετασχηματισμός των κατασκευαστικών, παραγωγικών και συναφών βιομηχανιών και της διαδικασίας δημιουργίας αξίας. Με τον όρο 'ψηφιακό μετασχηματισμό' εννοούμε τον πολύπλευρη λειτουργική αλλαγή μιας παραγωγικής οντότητας, εισάγοντας την χρήση ψηφιακών τεχνολογιών και διαδικασιών σε όλα τα επίπεδα λειτουργίας της.

Τα φυσικά κυβερνοσυστήματα αποτελούν τη βάση του Industry 4.0 (π.χ. «έξυπνες μηχανές»). Χρησιμοποιούν σύγχρονα συστήματα ελέγχου, έχουν ενσωματωμένα συστήματα λογισμικού και διαθέτουν μια διεύθυνση διαδικτύου για σύνδεση προς και διευθυνσιοδότηση από σύστημα IoT. Με αυτό τον τρόπο, προϊόντα και διαδικασίες παραγωγής δικτυώνονται και μπορούν να επικοινωνήσουν, επιτρέποντας νέους τρόπους παραγωγικής διαδικασίας, δημιουργία αξίας και βελτιστοποίηση σε πραγματικό χρόνο. [15]

Τα φυσικά κυβερνοσυστήματα παρέχουν τις δυνατότητες που χρειάζονται τα έξυπνα εργοστάσια. Είναι οι ίδιες δυνατότητες, γνωστές και από τα Industrial internet of Things. Το Industry 4.0 αναφέρεται στην ευφυή δικτύωση μηχανών και βιομηχανικών διαδικασιών, με την βοήθεια της τεχνολογίας πληροφοριών και επικοινωνίας.

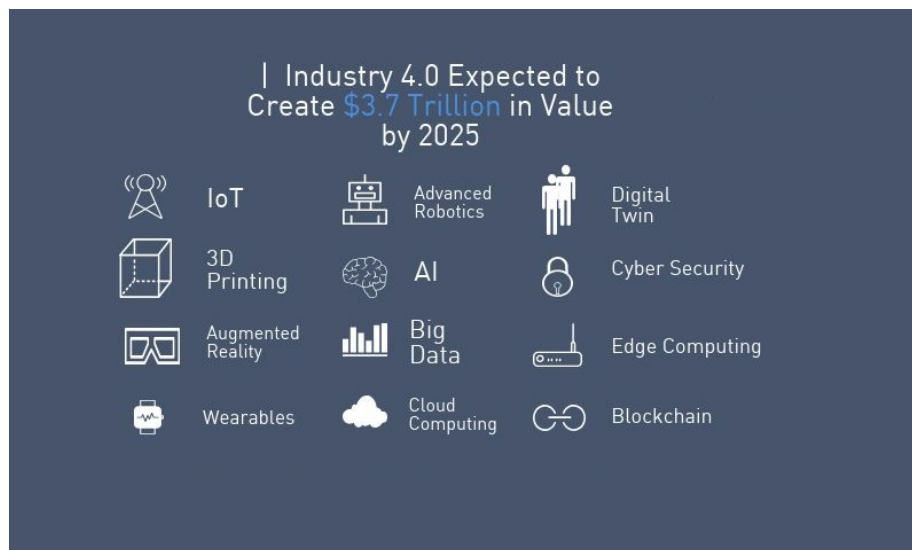
Η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση και ο αντίκτυπος των τεχνολογιών πίσω από το Industry 4.0 εξετάστηκαν από την πλευρά και άλλων παραγωγικών τομέων μετά την κυκλοφορία της ιδέας. Αυτό οδήγησε σε περισσότερους όρους «4.0», που συχνά βασίζονται σε ακαδημαϊκές εργασίες. Παραδείγματα περιλαμβάνουν Logistics 4.0 (logistics και μεταφορές), Construction 4.0 (βιομηχανία κατασκευών), Energy 4.0 (βιομηχανία ενέργειας και υπηρεσιών κοινής ωφέλειας) και άλλα.

Έχοντας κατανοήσει τα μέχρι στιγμής εισαγωγικά θέματα, είμαστε σε θέση να δώσουμε ένα πιο εμπειριστωμένο ορισμό για το Industry 4.0. Το Industry 4.0 είναι Το Industry 4.0 είναι ο μετασχηματισμός της παραγωγής (και των συναφών βιομηχανιών) με ένταση πληροφορίας, σε ένα συνδεδεμένο περιβάλλον μεγάλων δεδομένων, ανθρώπων, διαδικασιών, υπηρεσιών, συστημάτων και βιομηχανικών περιουσιακών στοιχείων, με δυνατότητα IoT, με τη δημιουργία, μόχλευση και τη χρήση ενεργών δεδομένων και πληροφοριών ως τρόπο και μέσα για την υλοποίηση της έξυπνης βιομηχανίας και οικοσυστημάτων βιομηχανικής καινοτομίας και συνεργασίας.[16]

Δεν είναι μόνο το IoT που έχει βασικό ρόλο στο industry 4.0. Cloud computing, big data with artificial intelligence, data analysis, edge computing, mobile, data communication/network technologies, HMI και SCADA, manufacturing execution systems (MES), enterprise resource planning (ERP, becoming

Απαιτήσεις & τεχνολογικές προκλήσεις για μετάβαση στην 4η γενιά κινητών επικοινωνιών

i-ERP), programmable logic controllers (PLC), sensors and actuators, MEMS και transducers και innovative data exchange models, όλα έχουν το ρόλο τους.



Σχήμα 5: Τεχνολογικοί άξονες του Industry 4.0

Μια μελέτη από την Boston consulting group, οριοθετεί το Industry 4.0 ως τη σύγκλιση 9 ψηφιακών βιομηχανικών τεχνολογιών :

- Advanced robotics
- Additive manufacturing,
- Augmented reality,
- Simulation,
- Horizontal/vertical integration,
- Industrial Internet,
- The cloud,
- Cybersecurity
- Big Data and Analytics.

Σε αναφορές για το industry 4.0 από το World Economic Forum, αναφέρθηκε ως 'η συγχώνευση των τεχνολογιών AI (artificial intelligence), big data, IoT και Bioinformatics, και η αλληλεπίδρασή τους στους φυσικούς, ψηφιακούς και βιολογικούς τομείς'. Μερικοί άλλοι ορισμοί έχουν εμφανισθεί κατά καιρούς, αλλά η απλότητα και ακρίβεια περιγραφής του όρου, του αποδίδει το άξιο της αναφοράς. 'Μια

σειρά ψηφιακών τεχνολογιών που επιτυγχάνουν επεκτασιμότητα και απόδοση επένδυσης (ROI) στη βιομηχανία'. 'Μια μεταβαλλόμενη σχέση μεταξύ ανθρώπων, μηχανών και εργασίας' [17]

3.2 Ολοκλήρωση στο Industry 4.0

Εχουν ορισθεί δύο σχήματα ολοκλήρωσης του μοντέλου Industry 4.0. Το πρώτο είναι η κάθετη ολοκλήρωση όπου επηρεάζονται όλα τα συστήματα της παραδοσιακής πυραμίδας αυτοματισμού, από το επίπεδο πεδίου και το επίπεδο ελέγχου έως το επίπεδο παραγωγής, το επίπεδο λειτουργίας και το επίπεδο επιχειρηματικού σχεδιασμού. Η κάθετη ολοκλήρωση θα εξαφανίσει την παραδοσιακή λειτουργία του αυτοματισμού. Άλλα συστήματα όπως το ERP θα αλλάξουν δραματικά, ενώ άλλα θα αντικατασταθούν από ταχέως αναδυόμενες εφαρμογές στο πεδίο των βιομηχανικών πλατφορμών IoT, ειδικά πλατφόρμες κατασκευής και κάθετες πλατφόρμες για διάφορες εργασίες.

Το δεύτερο είναι η οριζόντια ολοκλήρωση, που δεν ακολουθεί την ιεραρχική άποψη πολλών συστημάτων όπως στην κάθετη ολοκλήρωση, αλλά την αναφερόμενη από άκρο σε άκρο αλυσίδα αξίας: από τον προμηθευτή και τις διαδικασίες, τις ροές πληροφοριών και τα συστήματα πληροφορικής στο στάδιο ανάπτυξης και παραγωγής προϊόντος έως logistics, διανομή και τελικά τον πελάτη.

3.3 Τεχνολογίες, ασφάλεια, εργαζόμενοι , κοινωνία

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι το Industry 4.0 δεν αφορά μόνο αυτές τις τεχνολογίες. Εξετάζει επίσης τον αντίκτυπο και το ρόλο της κοινωνίας, των εργαζομένων - συνεργασία μεταξύ ανθρώπου και μηχανής, νέες απαιτούμενες δεξιότητες των εργαζομένων, και αναπόφευκτα, την απώλεια θέσεων εργασίας λόγω συνεχούς αυτοματισμού.

Σημαντικότερο θέμα για το Industry 4.0 είναι η ασφάλεια. Δεν αναφερόμαστε μόνο στην ασφάλεια των δεδομένων, δικτύων αλλά και στην ασφάλεια των συστημάτων βιομηχανικού ελέγχου, των βιομηχανικών περιουσιακών στοιχείων και κυρίως στην ασφάλεια των εργαζομένων.

3.4 Η τεχνολογία του Industry 4.0

Οι τεχνολογίες που βρίσκονται στις πρώτες επιλογές βιομηχανιών που εφαρμόζουν μετάβαση σύμφωνα με το Industry 4.0, είναι το artificial intelligence, big data, internet of things integration, ubiquitous internet connectivity (ολοκληρωτικό διαδίκτυο), 3D printing και cyber-physical systems (κυβερνοφυσικά συστήματα). Πολλές από αυτές τις τεχνολογίες δεν είναι καινούργιες. Το κόστος τους όμως έχει μειωθεί δραματικά την τελευταία δεκαετία και οι δυνατότητές τους έχουν αυξηθεί αναλογικά. Για παράδειγμα, η πρόοδος στην αρχιτεκτονική του cloud επιτρέπει την συλλογή και αποθήκευση δεδομένων σε ασύλληπτες ποσότητες, ενώ το προσιτό κόστος των λύσεων cloud το καθιστά πλέον προσβάσιμο σε μικρότερες επιχειρήσεις που θέλουν να χρησιμοποιήσουν την τεχνολογία.

Το Industry 4.0 αλλάζει και την σχέση μεταξύ τεχνολογίας και εργασίας. Οι προηγμένες τεχνολογίες που υιοθετούνται, οριοθετούν μια νέα εποχή, αλλάζοντας ριζικά και την σχέση μηχανής και εργαζόμενου στον εργοστασιακό χώρο. Ιστορικά, από την αρχή των κατασκευών, την δουλειά την

Απαιτήσεις & τεχνολογικές προκλήσεις για μετάβαση στην 6η γενιά κινητών επικοινωνιών

έκανε ή ο άνθρωπος ή η μηχανή. Το σύγχρονο εργοστάσιο βασίζεται με όλο και πιο σύνθετη σχέση μεταξύ των δύο, με θέματα όπως γνώση, επίλυση προβλημάτων, συναρμολόγηση, επεξεργασία, να κατανέμεται μεταξύ των δύο. [18]

Θα ήταν προτιμότερο να αναφερθούν μερικά παραδείγματα- περιπτώσεις, πραγματικών εφαρμογών της τεχνολογίας, αντί για την θεωρητική αναφορά της.

Digital performance management: Η εταιρεία συμβούλων συνιστά διαχείριση ψηφιακής απόδοσης (Digital performance management) επειδή χρησιμεύει ως ένα κρίσιμο πρώτο βήμα για την ανάπτυξη του Industry 4.0 σε δυνατότητες και υποδομές. Τα εργαλεία Digital performance management βασίζονται σε σύνδεση και cloud αποθήκευση μέσω Industrial IoT, για συνεχή επεξεργασία δεδομένων σε πραγματικό χρόνο από εργάτες και μηχανές. Ψηφιακοί πίνακες και κατασκευαστικές εφαρμογές επιτρέπουν στους χειριστές να ανταποκρίνονται στην απόδοση των διαδικασιών σε πραγματικό χρόνο. Οι ευέλικτες λύσεις διαχείρισης απόδοσης επιτρέπουν στους μηχανικούς να προσαρμόζουν τα KPI (Key performance indicators – Βασικοί δείκτες απόδοσης) στις λειτουργίες τους.

Predictive maintenance - Προγνωστική συντήρηση: Καθώς το MES, το λογισμικό εκτέλεσης παραγωγής και τα αναλυτικά συστήματα έχουν βελτιωθεί, έτσι και η προγνωστική συντήρηση. Με την πρόοδο στα Big data, στην παρακολούθηση της ανθρώπινης απόδοσης και το machine learning, τα εργαλεία πρόβλεψης συντήρησης γίνονται όλο και πιο ευαίσθητα. Για εργοστάσια με βασικό επίπεδο συνδεσιμότητα, οι deep learning algorithms - αλγόριθμοι βαθιάς μάθησης, μπορούν να δημιουργήσουν χρονοδιαγράμματα συντήρησης που γίνονται ακριβέστερα με την πάροδο του χρόνου. Έχουν ήδη προσφέρει τεράστιες βελτιώσεις στον OEE – Overall Equipment Effectiveness - συνολική αποτελεσματικότητα του εξοπλισμού (πρότυπο για τη μέτρηση της παραγωγικότητας της παραγωγής) παρέχοντας μεγάλες μειώσεις στο χρόνο διακοπής λειτουργίας του μηχανήματος. Περισσότερη πρόοδος σε αυτόν τον τομέα θα έρθει όταν φορητοί αισθητήρες μετατρέπουν ανθρώπινες κινήσεις σε ενεργά δεδομένα. [19]

Advanced automation - Προηγμένος αυτοματισμός: Οι περισσότερες από τις κορυφαίες εταιρείες έρευνας προβλέπουν ότι η χρήση της ρομποτικής θα επεκτείνεται στον τομέα της μεταποίησης τα επόμενα δέκα χρόνια. Αλλά η αυτοματοποίηση δεν τελειώνει με τη ρομποτική. Μερικοί προβλέπουν ότι, ευφυείς εργαζόμενοι, θα αντιπαρατεθούν με τους αυτοματισμούς, καθώς οι αλγόριθμοι γίνονται εξυπνότεροι και ικανότεροι.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: INDUSTRY 4.0 & 6G

4.1 Εισαγωγή

Η ενσωμάτωση του 5G και του Beyond 5G (B5G) / 6G στο Machine-to-Machine (M2M) επικοινωνιών, στο AI, στο IoT και σε όλους σχεδόν τους άξονες, κάνει το Industry 4.0 πιο έξυπνο. Οι εξελίξεις στις τεχνολογίες 5G and Beyond 5G (B5G) / 6G και η έναρξη της ανάπτυξης τους οδηγούν σε τεράστιες προόδους στο Internet of Things (IoT) και στις Machine-to-Machine (M2M) επικοινωνίες. Αυτό ωφελεί τον βιομηχανικό αυτοματισμό και την αύξηση της παραγωγικότητας ενώ μειώνει το κόστος παραγωγής δημιουργώντας νέα βιομηχανικά οικοσυστήματα (Industry 4.0).

Η Τέταρτη Βιομηχανική Επανάσταση (Industry 4.0) είναι μια έννοια μείζονος ενδιαφέροντος για τις επιχειρήσεις, τις βιομηχανίες και ακαδημαϊκές - ερευνητικές κοινότητες από το 2014. Οι ερευνητές αναπτύσσουν νέες τεχνολογίες για να κάνουν αυτή τη νέα βιομηχανία έξυπνη, αυτόνομη και βιώσιμη. [20]

Ο σκοπός του κεφαλαίου αυτού είναι να αποτυπωθεί μία προσπάθεια παρουσίασης της σημασίας και θετικών επιπτώσεων της επικοινωνίας 6G στο Industry 4.0. Για την δημιουργία ανθεκτικών υποδομών με τεχνολογίες industry 4.0, χρειάζονται προηγμένες τεχνολογίες ασύρματης επικοινωνίας. Τα τελευταία χρόνια είδαμε ότι η ασύρματη επικοινωνία έπαιξε ένα σημαντικό ρόλο, με την παροχή εφαρμογών και υπηρεσιών 5G. Εφαρμογές όπως ψηφιακή εκπαίδευση, ιατρική, εργασία από απόσταση, robots, drones κ.α. [21]

Η ψηφιακή επανάσταση είναι ουσιαστικά η αλλαγή του τρόπου ζωής και εργασίας των ανθρώπων. Η και το κοινό παραμένει αισιόδοξο σχετικά με τις ευκαιρίες βιωσιμότητας που μπορεί να προσφέρει το Industry 4.0. Η αγοραστική εμπειρία των καταναλωτών επίσης βελτιώνεται, καθ' ότι το Industry 4.0 περιλαμβάνει εξατομικευμένα και πιο έξυπνα προϊόντα.

Ακολουθώντας τα βήματα του 5G, το 6G αναμένεται να γίνει η βασική υποδομή της μελλοντικής έξυπνης βιομηχανίας. Μία καλά σχεδιασμένη συνύπαρξη του 6G και αξόνων του Industry 4.0, όπως AI, ML (machine learning), Blockchain κ.α., θα επιταχύνει την επόμενη εξέλιξη των συστημάτων, μετά το industry 4.0. Τα δίκτυα 6G, θα μπορούν να χρησιμοποιούν συχνότητες πολύ υψηλότερες από τα 5G, με αποτελέσματα την υψηλότερη χωρητικότητα και την ακόμα πιο μειωμένη καθυστέρηση.

Η βιωσιμότητα μπορεί να επιτευχθεί με την ενσωμάτωση καινοτόμων υποδομών, με προηγμένες τεχνολογίες, που ελαχιστοποιούν τους απαιτούμενους πόρους.

4.2 Συνόπαρξη Industry 4.0 και 6G

Οι πρόσφατες εξελίξεις στον τομέα των κατασκευών έχουν οδηγήσει στη συστηματική ανάπτυξη των Cyber-Physical Systems (CPS) - κυβερνοφυσικών συστημάτων. Αυτή η τεχνολογική πρόοδος στη μεταποιητική βιομηχανία ονομάζεται βιομηχανική επανάσταση. Τώρα, ως γνωστόν, βρισκόμαστε στη 4^η βιομηχανική επανάσταση – στο Industry 4.0, το οποίο είναι μια ψηφιοποίηση της βιομηχανίας παραγωγής ή μεταποίησης με τη βοήθεια του IoT και του CPS. (22)

Στο Industry 4.0, τα συνδεδεμένα συστήματα υπολογιστών, οι έξυπνες μηχανές και τα έξυπνα υλικά αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και το περιβάλλον με τελικό αποτέλεσμα να παίρνουν αποφάσεις με αμελητέα ανθρώπινη παρέμβαση. Ο αυτοματισμός έχει το δικό του καθορισμένο σύνολο απαιτήσεων επικοινωνίας όσον αφορά την αξιοπιστία και την ασύγχρονη επικοινωνία, τις οποίες το 6G είναι έτοιμο να διαπραγματευθεί μέσα από ένα σύνολο τεχνολογιών [23]. Επόμενο είναι, το Industry 4.0 να δημιουργήσει εντελώς αυτόνομα, ευφυή συστήματα.

Το 6G θα ολοκληρωθεί με την επανάσταση του industry 4.0 που ξεκίνησε με το 5G. Το 6G θα παρέχει λειτουργία σε πραγματικό χρόνο με καθυστέρηση της τάξεως του μικροδευτερόλεπτου και μέγιστο ρυθμό μετάδοσης δεδομένων έως και gigabit / δευτερόλεπτο για βιομηχανικές εφαρμογές.

Το 6G θα υποστηρίζει τρεις νέες υπηρεσίες, οι οποίες είναι η Υπολογιστική Επικοινωνία (COC), οι Contextually Agile eMBB Communications (CaeC) και το event defined uRLLC (EDuRLLC) [24]. Λόγω των τεράστιων τμημάτων του αχρησιμοποίητου και μη εξερευνηθέντος φάσματος, η ζώνη συχνοτήτων THz που κυμαίνεται μεταξύ 100 GHz και 3 THz είναι η κατάλληλη ζώνη συχνοτήτων για την επερχόμενη γενιά ασύρματης επικοινωνίας. (25)

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	4G	5G	6G
Ανάπτυξη έως	2010	2020	2030
Ρυθμός μετάδοσης δεδομένων	0,07 - 1 Gbps	20 Gbps	> 1Tbps
Μέγιστη συχνότητα	6 Ghz	90 GHz	10 THz
Εύρος συχνοτήτων	1,25 - 20 MHz	0,25 - 1 GHz	> 3THz
Διαμόρφωση σήματος	QPSK - QAM - 64QAM	OFDM	STBC-assisted OFDM
Πολύπλεξη	OFDM	OFDM	Smart OFDM + IM
Service level	VIDEO	AR/VR	TACTILE
Καθυστέρηση	50ms	5ms	1ms
Αρχιτεκτονική	MIMO	Masive MIMO	Intelligent surface
AI assistance	NO	PARTIAL	FULLY
Τύπος εφαρμογής	LTE	eMMB, URLLC, mMTC	MBRLLC, mURLLC, HCS, MPS
Haptic communication	NO	PARTIAL	FULL
ER - Extreme Reality	NO	PARTIAL	FULL
Δορυφορική υποστήριξη	No	NO	FULL

Πίνακας 2: Συγκριτικά στοιχεία των τελευταίων τεχνολογιών ασύρματης επικοινωνίας

Απαιτήσεις & τεχνολογικές προκλήσεις για μετάβαση στην 6η γενιά κινητών επικοινωνιών

Ο κύριος στόχος της τεχνολογίας 6G είναι να δημιουργήσει την υποδομή για μία κοινωνία βασισμένη στα δεδομένα, εξαρτώμενη σε μεγάλο βαθμό από το διαδίκτυο των πάντων. Η επανάσταση του Industry 4.0, που ξεκίνησε με το 5G, θα πραγματοποιηθεί πλήρως με το 6G, την ψηφιακή επανάσταση της μαζικής παραγωγής μέσω κυβερνοφυσικών συστημάτων [26]. Το 6G, με τους βασικούς του άξονες όπως το AI & ML και το Internet of Everything (IoE), θα επιταχύνει την επανάσταση του κλάδου από το Industry 4.0 στο Industry 5.0.

Το όραμα του 6G είναι ήδη σαφές ότι θα παρέχει απεριόριστη ασύρματη συνδεσιμότητα με πλήρως υποστηριζόμενη τεχνητή νοημοσύνη. Τα χαρακτηριστικά του 6G θα είναι μια ενοποίηση προηγούμενων γενεών κινητής τηλεφωνίας, χαρακτηριστικά του 5G και αναδυόμενες τάσεις, όπως το διαδίκτυο των πάντων, οι έξυπνες συσκευές και η τεχνητή νοημοσύνη. Στο όραμα του 6G είναι η παροχή ευφυούς συνδεσιμότητας. Η ευφυής συνδεσιμότητα είναι μια θεωρία, η οποία οραματίζεται τη χρήση 6G, το Διαδίκτυο των πραγμάτων και η τεχνητή νοημοσύνη.

4.3 Βασικές απαιτήσεις τεχνολογίας 6G

Το 6G θα ικανοποιήσει την ζήτηση για μελλοντική ασύρματη επικοινωνία παρέχοντας υψηλούς ρυθμούς δεδομένων, απανταχού κάλυψη και συνδεσιμότητα διαδικτύου. Υπηρεσίες όπως uRLLC, eMBB και mMTC θα επεκταθούν σε άλλες τρεις διαστάσεις, που είναι οι uMUB, uHDD και uHSLLC. Στα συστήματα 6G, το uMUB επιτρέπει τη μετάδοση, σε όλο τον τομέα χερσαίων-εναέριωνθαλάσσιων-διαστημικών επικοινωνιών, οποιασδήποτε επιθυμητής απόδοσης. Το uHDD πληροί όλα τα κριτήρια για εξαιρετική αξιοπιστία και πυκνότητα δεδομένων. Από την άλλη μεριά, το uHSLLC παρέχει εξαιρετικά υψηλές ταχύτητες και πολύ χαμηλή καθυστέρηση. Επίσης οι παραπάνω νέες υπηρεσίες θέτουν απαιτήσεις από άκρο σε άκρο σχετικά με κοινό σχεδιασμό επαίσθησης και με επικοινωνιακές και/ή υπολογιστικές δυνατότητες.

4.4 Εφαρμογές του 6G

Καινοτόμες εφαρμογές βρίσκουν μέσα από το 6G την πλατφόρμα εξυπηρέτησης που χρειάζονται για την ύπαρξη και επέκτασή τους. Οι αναφερόμενες εφαρμογές είναι οι βασικότερες που έχουν προγραμματισθεί να συμπεριληφθούν στην 6G τεχνολογία, αλλά δεν είναι οι μόνες. Όπως έχουμε αναφέρει παραπάνω, η εμπορική έναρξη της τεχνολογίας 6G οριοθετείται για το 2030. Είναι παραπάνω από βέβαιο ότι πολλές εφαρμογές που βρίσκονται στα πρώτα στάδια της έρευνας ή και βρίσκονται στο στάδιο της σύλληψης ως ιδέα, να συμπεριληφθούν στο σύνολο των εν δυνάμει εφαρμογών της τεχνολογίας 6G.

IoT – Internet of Things

Το IoT έχει δημιουργήσει μια ευκαιρία για την ανάπτυξη τεχνολογικά προηγμένων βιομηχανικών δικτύων και λογισμικού, αξιοποιώντας την αυξανόμενη χρήση ραδιοσυχνοτήτων (RFID), ασύρματες, φορητές, κινητές συσκευές και συσκευές αισθητήρων [32]. Το IoT παρέχει σύνδεση σε δισεκατομμύρια συσκευές. Λόγω της αυξανόμενης ζήτησης για ασύρματα δίκτυα, οι έξυπνες υπηρεσίες που βασίζονται στο IoT κερδίζουν συνεχώς το ενδιαφέρον. Η 6G ασύρματη δικτύωση θα παρέχει ένα αυτόνομο και ευφυές σύστημα με την βοήθεια του IoT.

Η χρήση της επικοινωνίας 6G με δυνατότητα IoT, θα φανεί σε πολυάριθμες εφαρμογές όπως έξυπνες πόλεις, έξυπνη γεωργία, έξυπνες μεταφορές, ηλεκτρονική φροντίδα υγείας και φορητές συσκευές.

Big Data

Τα **Big Data** αναφέρονται σε τεράστιες ποσότητες πληροφοριών με πολύπλοκες δομές που είναι δύσκολο να αποθηκευτούν, να αξιολογηθούν και να απεικονιστούν για περαιτέρω διαδικασίες [33]. Η ανάλυση των Big Data (analytics) σημαίνει την ανακάλυψη ενός τεράστιου όγκου δεδομένων για δημιουργία υποκείμενων μοτίβων και συνδέσμων.

Καθώς το 6G θα υποστηρίζει δισεκατομμύρια χρήστες και συσκευές, το Big data και το πολύ μειωμένο latency (καθυστέρηση δικτύου), αποτελούν βασικά χαρακτηριστικά της τεχνολογίας. Επίσης, υπάρχουν θέματα ασφαλείας και θέματα απορρήτου δεδομένων που χρησιμοποιούνται σε ένα ασύρματο δίκτυο, θέματα που θα αποτελέσουν αντικείμενα έρευνας, αν και υποστηρίζεται ότι αυτά τα θέματα μπορεί να αντιμετωπισθούν από το Big Data analytics [34].

Edge AI στο 6G

Ο κύριος στόχος του 6G είναι η έξυπνη συνδεσιμότητα. Το Artificial Intelligence (AI) – τεχνητή νοημοσύνη, πρωτοεμφανίστηκε στο 5G, ως τεχνολογία αυτοματισμού. Το AI υποστηρίζει και υποστηρίζεται πλήρως από το 6G. Το Edge Computing είναι μια ιδέα που κέρδισε γρήγορα δημοτικότητα στον ερευνητικό και ακαδημαϊκό τομέα. Είναι ένας ζωτικός παράγοντας για τεχνολογίες όπως το IoT, το AR/VR, η επικοινωνία οχημάτων με όχημα κ.α., που σχετίζονται με τη βιομηχανία 4.0. Το Intelligent edge computing (IEC), είναι η εξελιγμένη έκδοση του cloud computing, που παρέχει εύκολη πρόσβαση σε τελικούς χρήστες. [35] Η εφαρμογή του IEC θα εξελίξει εφαρμογές όπως το IoT, industry 4.0, Smart cities και AI / ML εφαρμογές.

UAV (Unmanned Aerial Vehicle) - Μη επανδρωμένο αεροσκάφος ή DRONE

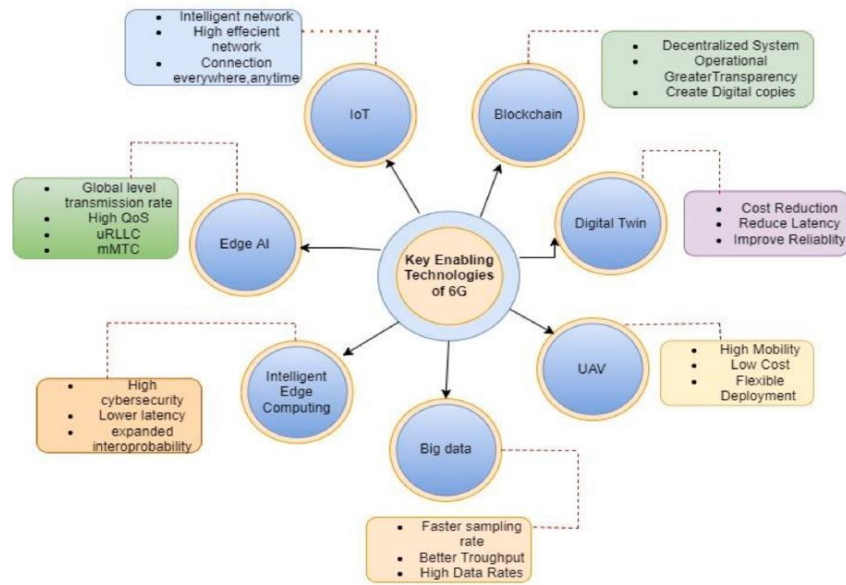
Τα UAV ή drones είναι αεροσκάφη που λειτουργούν είτε από ανθρώπους είτε από ένα αυτόνομο σύστημα και πετούν κάτω από τον κανονικό εναέριο χώρο. Η έννοια του μη επανδρωμένου αεροσκάφους είχε ήδη σχηματιστεί κατά την πρώιμη ανάπτυξη της πτήσης και η ιδέα αυτή έχει υλοποιηθεί – εξελιχθεί τα τελευταία χρόνια. Τα UAV έχουν τεράστιες δυνατότητες στον στρατιωτικό, δημόσιο και ιδιωτικό τομέα.

Ο ρόλος των drones μπορεί να επεκταθεί και στα ασύρματα δίκτυα. Τα Aerial access networks (δίκτυα εναέριας πρόσβασης) μπορεί να αποτελέσουν πεδίο εφαρμογής. Τα UAV μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως ιπτάμενοι σταθμοί βάσης σε ασύρματα δίκτυα 5G/6G για την παροχή ασύρματης σύνδεσης, για επικοινωνία και βελτίωση της κάλυψης. Για την παροχή κυψελοειδούς συνδεσιμότητας, οι σταθμοί βάσης είναι εγκατεστημένοι σε UAV [37].

Digital Twin (DT)

Το DT είναι κυρίως ένα πρόγραμμα που δημιουργεί μοντέλα προσομοίωσης για την απόδοση ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας χρησιμοποιώντας πραγματικά δεδομένα. Οι χρήστες σε περιβάλλον 6G θα είναι ελεύθεροι να ανακαλύψουν και να παρατηρήσουν την πραγματικότητα σε έναν πρακτικό κόσμο χρησιμοποιώντας πραγματικά δεδομένα.

Στο Industry 4.0, συνδυάζοντας τον κυβερνοφυσικό (cyber – physical) κόσμο με τις τεχνολογίες DT, πολλαπλές εργασίες μπορούν να γίνουν όπως η επιτήρηση, η ενίσχυση του δικτύου και πρόβλεψη βιομηχανικών διεργασιών. [38]



Σχήμα 6: Βασικές τεχνολογίες του 6G.

4.5 Στον ορίζοντα του Industry 5.0 ?

Ως επικρατέστερη απάντηση είναι το ναι ! Τα τελευταία 20 χρόνια, με πολύ μεγαλύτερη ένταση τα τελευταία 10, πλήθος νέων μηχανών, οι περισσότερες 'έξυπνες', έχουν περάσει τις εισόδους των εργοστασίων, αποδίδοντάς τους και τον χαρακτηρισμό 'έξυπνα'. Η συνδεσιμότητα μεταξύ τους και η συνεργεία με άλλες υπολογιστικές μηχανές είναι ένα ζήτημα που απασχολεί.

Η τεχνολογία του 5G συνοδοιπορεί με το Industry 4.0 σε ένα μεγάλο φάσμα ενεργειών αποδίδοντας ένα σύνολο νέων τεχνολογιών. Ο συνδυασμός αυτός ήδη αποδίδει καρπούς με χαμηλότερο κόστος παραγωγής, και ποιοτικότερο προϊόν.

Νέες, μεγάλες προκλήσεις αναμένονται για την βιομηχανία με τη έλευση του 6G. Σχεδόν όλες από τις βασικές εφαρμογές της τεχνολογίας του, όπως AI, ML, IoT, κ.α. είναι δεδομένο ότι επηρεάζουν θετικότερα την εξέλιξη του Industry 4. Είναι και θα γίνει ακόμα περισσότερο πιθανή, καθώς το 6G βρίσκεται σε πρώιμα στάδια, η μετονομασία σε Industry 5.0 .

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ 6G

5.1 Εισαγωγή

Η φιλοσοφία σχεδίασης – ανάπτυξης του 6G είναι σαφής. Μπορεί να υπάρξει η δυνατότητα για απίστευτα υψηλές ταχύτητες ασύρματης επικοινωνίας, είναι θέμα χρόνου η υλοποίηση τέτοιων δικτύων, να τελειοποιηθεί αυτή η τεχνολογία έτσι ώστε να μπορεί να ικανοποιήσει το πλήθος των απαιτητικότητας για ταχύτητα εφαρμογών που ήδη σχεδιάζονται.

Η τεχνολογία του 6G δεν είναι 100% νέα. Μερικές από τις βασικές τεχνολογίες προέρχονται από το 5G, οι οποίες τελειοποιούνται ή εξελίσσονται, αλλά επίσης, ένα μεγάλο πλήθος νέων αρχιτεκτονικών βρίσκονται στο επίπεδο της σχεδίασης.

Ένα πλήθος από αυτές τις τεχνολογίες έχουν αναφερθεί σε προηγούμενα κεφάλαια (3 & 4). Συγκεκριμένα, στο κεφάλαιο 3 έχουν αναφερθεί οι τεχνολογίες Network slicing, Beamforming, eMBB, URLLC, MMTC, AI, ML, Proactive content caching, Multiple hop networking και SDM. Στο κεφάλαιο 4 έχουν αναφερθεί οι τεχνολογίες Terahertz communication, Wireless optical communication, mmWave communication, mMimo & UmMimo. Η αναφορά στα προηγούμενα κεφάλαια έγινε λόγω της συσχέτισης της τεχνολογίας με το Industry 4.0 .

Για προφανείς λόγους, σε αυτό το κεφάλαιο, η αναφορά σε τεχνολογίες δεν θα περιλαμβάνει τις προαναφερθείσες στα 2 προηγούμενα κεφάλαια.

5.2 Τεχνολογίες

Επικοινωνίες Terahertz (THz)

Η μετάδοση Terahertz είναι μια ασύρματη τεχνική που διευρύνει τα επικοινωνιακά συστήματα, επιτρέποντας ασύρματες επεκτάσεις υψηλής ταχύτητας οπτικών ινών πέραν του 5G. Τα κύματα THz είναι ελκυστικά για την ασύρματη τεχνολογία, καθώς μπορούν να παρέχουν τεράστιο εύρος ζώνης, το οποίο απαιτείται για την αύξηση της χωρητικότητας των δεδομένων [27]. Οι συχνότητες THz θα προσφέρουν ρυθμό μετάδοσης δεδομένων άνω των 100 Gigabit/sec και καθυστέρηση κάτω από 1 ms.

Οπτική ασύρματη επικοινωνία

Η οπτική ασύρματη επικοινωνία (Optical Wireless Communication-OWC) θα καταστεί μία από τις βασικές τεχνολογίες των δικτύων 6G καθώς επιτρέπει ευριζωνική συνδεσιμότητα. Μερικά από τα χαρακτηριστικά της είναι οι υψηλές ταχύτητες δεδομένων, μικρός αριθμός συχνοτήτων, χαμηλή κατανάλωση ενέργειας, μικρός κίνδυνος παρεμβολών καθώς και υψηλό εύρος ζώνης.

Millimeter-wave (mmWave) communication

Οι επικοινωνίες κυμάτων mm είναι ικανές να υποστηρίξουν σχεδόν όλες τις εφαρμογές ασύρματων επικοινωνιών. Η ζώνη συχνοτήτων mmWave στο ηλεκτρομαγνητικό (EM) φάσμα κυμαίνεται από 30 έως 300 GHz [29] που εκτείνεται στα τμήματα των μικροκυμάτων (1 GHz έως 30 GHz) και υπέρυθρων (IR). Το mmWave ήδη χρησιμοποιείται για την υψηλής ταχύτητας μετάδοση video, υψηλής ποιότητας. [30]

Massive MIMO & Ultra massive MIMO

Το MIMO είναι η τεχνολογία που σχετίζεται με ραδιοφωνικές κεραίες, ενσωματώνοντας ένα πλήθος κεραιών στον δέκτη και στον πομπό για τη βελτίωση της ισχύος, της απόδοσης και της χωρητικότητας του ραδιοφωνικού σήματος [31]. Στην τεχνολογία 4G, όπου πρωτοεμφανίστηκε η τεχνολογία MIMO, χρησιμοποιήθηκε αρχικά μια διάταξη με 4 MIMO. Για την τεχνολογία 5G, χρησιμοποιούνται διατάξεις με 32X32 MIMO. Για την τεχνολογία 6G, ULTRA MASSIVE MIMO διατάξεις πρόκειται να χρησιμοποιηθούν, με ακαθόριστο ακόμα πλήθος διατάξεων.

Έξυπνες Ανακλαστικές Επιφάνειες

Οι έξυπνες ανακλαστικές επιφάνειες (IRS) είναι επιφάνειες που μπορούν να ρυθμίσουν δυναμικά την αντανάκλαση των ασύρματων κυμάτων. Αυτό επιτρέπει την προσαρμογή της κατεύθυνσης, της απορρόφησης ή της διάχυσης των ασύρματων σημάτων, βελτιώνοντας έτσι την απόδοση, την κάλυψη και την αποτελεσματικότητα των επικοινωνιών. Οι IRS μπορούν να τοποθετηθούν σε διάφορα σημεία, όπως σε κτίρια, οχήματα ή ακόμη και σε ατομικά αντικείμενα, και να αλλάζουν δυναμικά τη συμπεριφορά των ασύρματων κυμάτων ανάλογα με τις ανάγκες του δικτύου ή των χρηστών. Η τεχνολογία IRS αναμένεται να προσφέρει σημαντικά οφέλη στο πλαίσιο του 6G, όπως βελτιωμένη απόδοση, αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας, μείωση της παρεμβολής και επέκταση της κάλυψης των δικτύων.

V-RAN or F-RAN

Με τη γρήγορη εξέλιξη της εικονικότητας στις τηλεπικοινωνιακές εφαρμογές, πολλά έργα εισήγαγαν ένα δίκτυο εικονικότητας που ονομάζεται δίκτυο εικονικής πρόσβασης ραδιοφώνου (ραδιοφωνικών συχνοτήτων) (V-RAN) ή Fog-RAN.(F-RAN) στην αρχιτεκτονική των δικτύων πρόσβασης ραδιοφώνου cloud - cloud-radio access networks (C-RAN). Το C-RAN είναι μια κεντρική επεξεργασία, συνεργατικό ραδιόφωνο και ένα RAN σε πραγματικό χρόνο που βασίζεται σε σύννεφο. Επιτρέπει σε πολλούς RRH να συνδεθούν με την κεντρική 'πίσινα' BBU και κάθε BBU μπορεί να μιλήσει με οποιοδήποτε άλλο χωρίς το BBU pool με πολύ υψηλό εύρος ζώνης (>10 Gbit/s) και χαμηλό λανθάνοντα χρόνο (<10 μm).[39] Μια απομακρυσμένη μονάδα ραδιοφώνου (RRU), Remote radio unit ή αναφέρεται και ως Remote Radio Head (RRH), είναι ένας πομποδέκτης που βρίσκεται σε ασύρματους σταθμούς βάσης. Αυτοί οι πομποδέκτες συνδέουν ασύρματες συσκευές με ασύρματα δίκτυα, καθιστώντας δυνατή την αποστολή και λήψη μηνυμάτων. Ένα BBU (Baseband Unit) είναι ένα εξάρτημα του σταθμού βάσης. Εξοπλισμός που χειρίζεται ραδιοεπικοινωνίες και λειτουργίες επεξεργασίας ραδιο-ελέγχου. Η μονάδα βασικής ζώνης (baseband unit) μετατρέπει τα δεδομένα σε ψηφιακό σήμα και τα στέλνει στην κεφαλή απομακρυσμένου ραδιοφώνου (RRH), η οποία στη συνέχεια τα μετατρέπει σε αναλογικό σήμα. Το V-RAN διευκολύνει τις συσκευές να μεταφέρουν σημαντικό όγκο δεδομένων.

Κβαντικές επικοινωνίες

Η κβαντική επικοινωνία στο πλαίσιο του 6G αναφέρεται στη χρήση των αρχών της κβαντικής μηχανικής για τη μετάδοση και την επεξεργασία πληροφοριών σε ασύρματα δίκτυα επικοινωνιών. Η κβαντική επικοινωνία αποτελεί μια προηγμένη τεχνολογία που μπορεί να παρέχει ασφαλείς, γρήγορες και αποδοτικές επικοινωνίες, χρησιμοποιώντας τις ποσοτικές ιδιότητες της φυσικής των κβαντών. Οι βασικές έννοιες της κβαντικής επικοινωνίας περιλαμβάνουν:

Απαιτήσεις & τεχνολογικές προκλήσεις για μετάβαση στην 6η γενιά κινητών επικοινωνιών

Κβαντική κρυπτογραφία: Η κβαντική κρυπτογραφία χρησιμοποιείται για τη δημιουργία ασφαλών και μη-εκτεταμένων κρυπτογραφημένων επικοινωνιών, εκμεταλλευόμενη τις ιδιότητες της κβαντικής μηχανικής όπως η αμφιωτικότητα και η ακαθόριστη αρχή των κβαντικών στοιχείων.

Κβαντική επικοινωνία μέσω δορυφόρων: Η κβαντική επικοινωνία μέσω δορυφόρων επιτρέπει τη μετάδοση κβαντικής πληροφορίας μεταξύ γης και δορυφόρου με μεγάλη ασφάλεια και ακεραιότητα, χρησιμοποιώντας τα φυσικά φαινόμενα όπως η κβαντική συνένωση.

Κβαντική επικοινωνία μέσω οπτικών ινών: Η χρήση κβαντικών φωτονίων για την ασφαλή και γρήγορη μετάδοση δεδομένων μέσω οπτικών ινών, χρησιμοποιώντας την κβαντική κωδικοποίηση για την προστασία της επικοινωνίας. Η κβαντική επικοινωνία αναμένεται να προσφέρει προηγμένες λύσεις στο πλαίσιο του 6G, επιτρέποντας την ανάπτυξη ασφαλών, γρήγορων και αξιόπιστων ασύρματων δικτύων επικοινωνιών.

Mobile edge computing (MEC)

Το Edge computing είναι μια ανοιχτή πλατφόρμα που συνδυάζει δίκτυο, επεξεργαστική δυνατότητα, δυνατότητα αποθήκευσης, κινητικότητα και δυνατότητες εκτέλεσης εφαρμογών, σε κάποια άκρη ενός δικτύου που βρίσκεται είναι φυσικά κοντά στις πηγές δεδομένων. Το MEC προσδίδει προστιθέμενη αξία στους παρόχους κινητής επικοινωνίας, με την δυνατότητα να ‘ανοίξουν’ τα RAN – radio access networks, για προσφορά υπηρεσιών.

Αυτό τους επιτρέπει να αναπτύσσουν ευέλικτα και γρήγορα καινοτόμες λύσεις, εφαρμογές και υπηρεσίες που παρέχονται στους τελικούς χρήστες και τους εταιρικούς πελάτες, όπως ανάλυση βίντεο, βελτιστοποίηση βίντεο, τοπικές υπηρεσίες, IoT, augmented reality και προσωρινή αποθήκευση δεδομένων.

Το IoT αντιπροσωπεύει μια από τις πιο σημαντικές τεχνολογίες που μπορούν να προκαλέσουν υπερφόρτωση επικοινωνιών σε διάφορους τομείς, όπως έξυπνες πόλεις, απομακρυσμένη υγειονομική περίθαλψη, έξυπνες μεταφορές, βιομηχανικοί αυτοματισμοί, αυτόνομη οδήγηση και αντιμετώπιση καταστροφών. Δισεκατομμύρια αισθητήρες και συσκευές παράγουν δεδομένα και ανταλλάσσουν πληροφορίες μέσω δικτύων IoT.

Το MEC έχει 3 μειονεκτήματα σε σχέση με το IoT. Ζήτηση σε πραγματικό χρόνο για όλα τα συνδεδεμένα πράγματα, ασφάλεια δεδομένων και απόρρητο και μεγάλη κατανάλωση ενέργειας. Η αντιμετώπιση λύσης είναι αντικείμενο έρευνας.

Blockchain

Η τεχνολογία Blockchain θα είναι σημαντική για τη διαχείριση τεράστιων ποσοτήτων δεδομένων σε μελλοντικά δίκτυα επικοινωνιών. Το blockchain είναι ένα κατακευματισμένο βάση δεδομένων που εκτείνεται σε υπολογιστικές συσκευές ή πολλούς κόμβους [36]. Οι τεχνολογίες blockchain έχουν πλεονεκτήματα όπως, η αποκέντρωση, η διαφάνεια, η ασφάλεια και το απόρρητο.

Για την παροχή ασφάλειας και αποκέντρωσης σε ένα ασύρματο δίκτυο, η ικανότητα του blockchain στο 5G έχει αποδειχθεί. Η εξέλιξη του στο 6G αναμένεται εξίσου ικανοποιητική.

Στο δίκτυο 6G, το blockchain χρησιμοποιείται για βελτίωση τεχνικών σε εφαρμογές όπως cloud, εικονικότητα, τεχνολογίες δικτύωσης και επικοινωνίες M2M, για την επιβολή χαρακτηριστικών όπως οι πόροι κοινής χρήσης φάσματος και ραδιοφώνου, η κοινή χρήση και αποθήκευση δεδομένων, το network virtualization, και το απόρρητο και η ασφάλεια σε τομείς όπως η έξυπνη πόλη, η έξυπνη μεταφορά, το έξυπνο δίκτυο, το e-health και τα μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα (UAV). Υπάρχουν

Απαιτήσεις & τεχνολογικές προκλήσεις για μετάβαση στην 6η γενιά κινητών επικοινωνιών

αναφορές από ερευνητές, ότι το Blockchain έχει επιλύσει θέματα τελικών χρηστών που σχετίζονται με κοινή χρήση πόρων και υποδομών και προστασίας και απορρήτου.

5.3 Τεχνικές απαιτήσεις που απαιτούνται για την ενεργοποίηση εφαρμογών 6G

Οι περισσότερες, εάν όχι όλες, από τις προτεινόμενες εφαρμογές της νέας τεχνολογίας 6G, έχουν ένα κοινό σημείο. Τεράστια ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων. Για την επίτευξη αυτού του στόχου, θα χρειασθεί πολύ περισσότερο φάσμα συχνοτήτων, με χρήση συχνοτήτων μεταξύ 100 GHz - 1 THz. Για ορισμένες μελέτες, με μεγαλύτερη οικολογική ευαισθησία, το φάσμα αυτό ανεβαίνει από 6 GHz – 1 THz.

Data Rates – Ρυθμός μετάδοσης δεδομένων

Οι ρυθμοί δεδομένων εξαρτώνται από τις απαιτήσεις της εφαρμογής: Για παράδειγμα, ένα βίντεο υψηλής ευκρίνειας 1080p χρειάζεται μόνο 1-5 Mbps, το βίντεο 4K 360° χρειάζεται 15-25 Mbps, ενώ ένα ολόγραμμα μέσω τεχνικών cloud απαιτεί 0,5-2 Gbps, με ολογράμματα μεγάλου μεγέθους που χρειάζονται έως και μερικά Tbps. Για μια άλλη εφαρμογή, όπως η αυτόνομη οδήγηση, πολλαπλοί αισθητήρες σε αυτοκίνητα επόμενης γενιάς, θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε συνολικό ρυθμό δεδομένων 1 Gbps που θα χρησιμοποιηθεί για σενάρια V2V (vehicle to vehicle) και όχημα σε όλα (V2X) [41].

Latency – καθυστέρηση δικτύου

Με τον όρο latency, νοείται ο χρόνος που απαιτείται σε ένα πακέτο δεδομένων του δικτύου να περάσει από ένα σημείο του σε ένα άλλο.

Ο ανθρώπινος εγκέφαλος έχει διαφορετικούς χρόνους αντίδρασης σε διάφορες αισθητηριακές εισόδους που κυμαίνονται από 1 έως 100 ms [42]. Ενώ χρειάζονται 10 ms για την κατανόηση οπτικών πληροφοριών και έως 100 ms για την αποκωδικοποίηση των σημάτων ήχου, απαιτείται μόνο 1 ms για τη λήψη ενός απτικού σήματος (σήμα που περιλαμβάνει ακουστικό ή οσφρητικό ερέθισμα). Επομένως, το απτικό διαδίκτυο απαιτεί latency της τάξης του 1 ms, και κάτω του 1 ms για απτική ανάδραση, διαφορετικά οι συγκρούσεις μεταξύ οπτικών και άλλων αισθητηριακών συστημάτων θα μπορούσαν να προκαλέσουν ασθένεια στον κυβερνοχώρο χρήστες αφής [43]. Η ρομποτική και άλλα βιομηχανικά μηχανήματα θα χρειαστούν επίσης latency κάτω του 1 ms.

Συγχρονισμός

Λόγω των γρήγορων χρόνων αντίδρασης του ανθρώπινου μυαλού σε απτικές εισόδους, διαφορετικές τέτοιες εισοδοί σε πραγματικό χρόνο που προέρχονται από διαφορετικές τοποθεσίες πρέπει να έχουν απόλυτο συγχρονισμό.

Παρομοίως, καθώς ο έλεγχος της μηχανής μπορεί να έχει γρήγορους χρόνους αντίδρασης, οι εισοδοί τους πρέπει επίσης να έχουν απόλυτο συγχρονισμό, σε επίπεδο κάτω του 1ms.

Ασφάλεια

Απαιτήσεις & τεχνολογικές προκλήσεις για μετάβαση στην 6η γενιά κινητών επικοινωνιών

Για πολλές από τις εφαρμογές, από τη ρομποτική έως τα αυτόνομα αυτοκίνητα, η ασφάλεια θα πρέπει να βρίσκεται στην πρώτη γραμμή των ζητημάτων για επίλυση. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι μία επίθεση – αστοχία κάποιου συστήματος, θα μπορούσε να οδηγήσει σε απειλητικές για την ζωή καταστάσεις.

Αξιοπιστία

Ορισμένες εφαρμογές, όπως η cooperative autonomous driving - συνεργατική αυτόνομη οδήγηση και ο βιομηχανικός αυτοματισμός απαιτούν ένα επίπεδο αξιοπιστίας που δεν μπορούν να εγγυηθούν τα σημερινά ασύρματα συστήματα. Οι εξαιρετικά αξιόπιστες μεταδόσεις θεωρείται ότι έχουν ποσοστό επιτυχίας "πέντε εννιά", δηλαδή 99,999% [44]. Τα βιομηχανικά συστήματα IOT θα μπορούσαν να απαιτούν ακόμη υψηλότερη αξιοπιστία, όπως 99,99999% [45], καθώς η απώλεια πληροφοριών θα μπορούσε να είναι καταστροφική σε ορισμένες περιπτώσεις.

Προτεραιότητα

Το δίκτυο θα πρέπει να μπορεί να ιεραρχεί τις ροές με βάση την κρισιμότητα τους. Οι οπτικές ροές μπορεί να έχουν πολλές προβολές με διαφορετικές προτεραιότητες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ 6G

6.1 Εισαγωγή

Το ασύρματο δίκτυο επικοινωνίας έκτης γενιάς (6G) αναμένεται να ενσωματώσει τις επίγειες, εναέριες και θαλάσσιες επικοινωνίες σε ένα ισχυρό δίκτυο που θα ήταν πιο αξιόπιστο, γρήγορο και μπορεί να υποστηρίξει έναν τεράστιο αριθμό συσκευών με εξαιρετικά χαμηλές απαιτήσεις καθυστέρησης. Οι ερευνητές σε όλο τον κόσμο προτείνουν τεχνολογίες αιχμής όπως τεχνητή νοημοσύνη (AI)/μηχανική μάθηση (ML), κβαντική επικοινωνία/ κβαντική μηχανική μάθηση (QML), blockchain, επικοινωνία κυμάτων tera-Hertz και mmWave, οπτικό διαδίκτυο, επικοινωνία μικρο-κυψελών, edge computing κ.α., ως βασικές τεχνολογίες για υλοποίηση πέραν των επικοινωνιών 5G.

Τα ασύρματα συστήματα επικοινωνίας επόμενης γενιάς στοχεύουν στην επίτευξη υψηλής φασματικής και ενεργειακής απόδοσης, χαμηλή καθυστέρηση και μαζική συνδεσιμότητα λόγω της εκτεταμένης αύξησης του αριθμού των συσκευών Internet-of-Things (IoT). Αυτές οι συσκευές IoT θα πραγματοποιούν προηγμένες υπηρεσίες όπως έξυπνη κυκλοφορία, παρακολούθηση και έλεγχος περιβάλλοντος, εικονική πραγματικότητα (VR) /εικονική πλοήγηση, τηλεϊατρική, ψηφιακή ανίχνευση, μετάδοση βίντεο υψηλής ευκρίνειας (HD) και μετάδοση βίντεο Full HD σε συνδεδεμένα drones και robots.

Οι συσκευές IoT προβλέπεται να φτάσουν τα 25 δισεκατομμύρια μέχρι το έτος 2025, και ως εκ τούτου, είναι πολύ δύσκολο για τις υπάρχουσες τεχνικές πολλαπλής πρόσβασης να φιλοξενήσουν έναν τόσο τεράστιο αριθμό συσκευών. Ακόμη και η τεχνολογία επικοινωνίας πέμπτης γενιάς (5G), συστήματα, τα οποία κυκλοφορούν στον κόσμο αυτή τη στιγμή, δεν μπορούν να υποστηρίξουν τόσο μεγάλο αριθμό συσκευών IoT. Ένα τυπικό σύστημα επικοινωνίας 5G έχει τη δυνατότητα να υποστηρίξει το πολύ 50.000 IoT συσκευές ανά κυψέλη.

Το σχεδιαζόμενο δίκτυο 6G, με το σύνολο των καινοτόμων τεχνολογιών που περιλαμβάνει, υπερκαλύπτει όλους τους περιορισμούς της προηγούμενης τεχνολογίας και εγγυάται την ομαλή λειτουργία όλων των υπό ανάπτυξη εφαρμογών.

Αντικείμενο αυτού του κεφαλαίου είναι η αναφορά των προτεινόμενων εφαρμογών της τεχνολογίας 6G, σε σχέση και με την αντίστοιχη τεχνολογία υποστήριξης των.

6.2 M-health

Mobile-health ή m-health αναφέρεται ως η εφαρμογή ιατρικών αισθητήρων και φορητών υπολογιστών στην παροχή υγειονομικής περίθαλψης. Τα δίκτυα 5G μπορούν να υποστηρίξουν ένα πλήθος m-health υπηρεσιών υγείας, εφαρμογές όπως η τηλεχειρουργική, holographic - ολογραφικές επικοινωνίες ή και augmented / virtual reality - επαυξημένη/εικονική πραγματικότητα, έχουν ήδη αρχίσει να εμφανίζουν αρκετούς περιορισμούς. Προβλέπεται – αναμένεται τα δίκτυα ασύρματης επικοινωνίας 6G να αντιμετωπίσουν αυτούς τους περιορισμούς.

Η αναμενόμενη εκθετική ανάπτυξη της κυκλοφορίας πολυμέσων m-health (όπως ήχος, βίντεο και εικόνες) , θα δημιουργήσει πρόσθετες προκλήσεις για τους παρόχους υπηρεσιών δικτύων ασύρματης επικοινωνίας, για την παροχή ποιοτικών εφαρμογών.

Ο κλάδος υγείας γενικά, υιοθετεί συνεχώς τις πιο πρόσφατες τεχνολογίες με στόχο για τη βελτίωση της συνολικής υγειονομικής περίθαλψης του παγκόσμιου πληθυσμού. Η χρήση της τεχνολογίας έχει αλλάξει σημαντικά τον τρόπο με τον οποίο παρέχεται η υγειονομική περίθαλψη [46] και έχει

εκτεταμένες επιπτώσεις στην παροχή εγκαταστάσεων υγειονομικής περίθαλψης στον γενικό πληθυσμό, συμπεριλαμβανομένων και εκείνων που ζουν σε απομακρυσμένες τοποθεσίες και σε υπανάπτυκτες χώρες [47]. Οι εξελίξεις στην τεχνολογία έχουν επιτρέψει τη διάγνωση περίπλοκων ασθενειών, και επί του παρόντος, εξελιγμένες ιατρικές θεραπείες πραγματοποιούνται εύκολα.

Οι ασθενείς πρέπει να επισκέπτονται μονάδες υγείας. Γενικά αυτό είναι μια χρονοβόρα και κυρίως ψυχολογικά, αλλά και σωματικά επίπονη διαδικασία. Αυτό επίσης περιλαμβάνει και την συμμετοχή υγειονομικού και συναφών, προσωπικού, εργαζομένων στον τομέα της υγείας. Συχνά απαιτεί και την διαχείριση πολλών διαφορετικών πτυχών της υγειονομικής περίθαλψης, εξετάσεις κ.α., καθιστώντας αυτή τη διαδικασία ακόμη πιο συγκεχυμένη και αγχωτική. Οι ερευνητές, κατανοώντας τα προαναφερόμενα, στράφηκαν προς την έξυπνη υγειονομική περίθαλψη, χρησιμοποιώντας τεχνολογίες όπως φορητών αισθητήρων, τεχνητή νοημοσύνη (AI) και Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT) [48]

Το e-health – ηλεκτρονική υγεία, είναι ένας όρος υπερσύνολο του m-health, που αναφέρεται σε μια σειρά τεχνολογιών που χρησιμοποιούν το διαδίκτυο για να βελτιώσουν την παροχή υπηρεσιών υγείας και γενικά τη βελτίωση της συνολικής ποιότητας ζωής.

Στο κεφάλαιο αυτό, γίνεται αναφορά σε πολλαπλές εφαρμογές πολυμέσων με δυνατότητα 6G και παρουσιάζονται διάφορες περιπτώσεις χρήσης τους.

6.2.1 Βασικοί άξονες του m-health

Οι τρεις τεχνολογικοί άξονες του m-health, είναι οι τηλεπικοινωνίες, οι υπολογιστές και η ιατρική ανίχνευση. Ένας τεράστιος αριθμός smartphone και συσκευών που συνδέονται με μεγάλο αριθμό εφαρμογών υγείας για κινητά χρησιμοποιούνται παγκοσμίως τόσο από ασθενείς όσο και από επαγγελματίες υγείας. Αυτές οι υπηρεσίες δημιουργούν συνεχώς δομημένα και μη δομημένα σύνολα δεδομένων, αποκαλύπτοντας νέες ιδέες για την υγειονομική περίθαλψη, αλλά δημιουργώντας και νέες προκλήσεις.

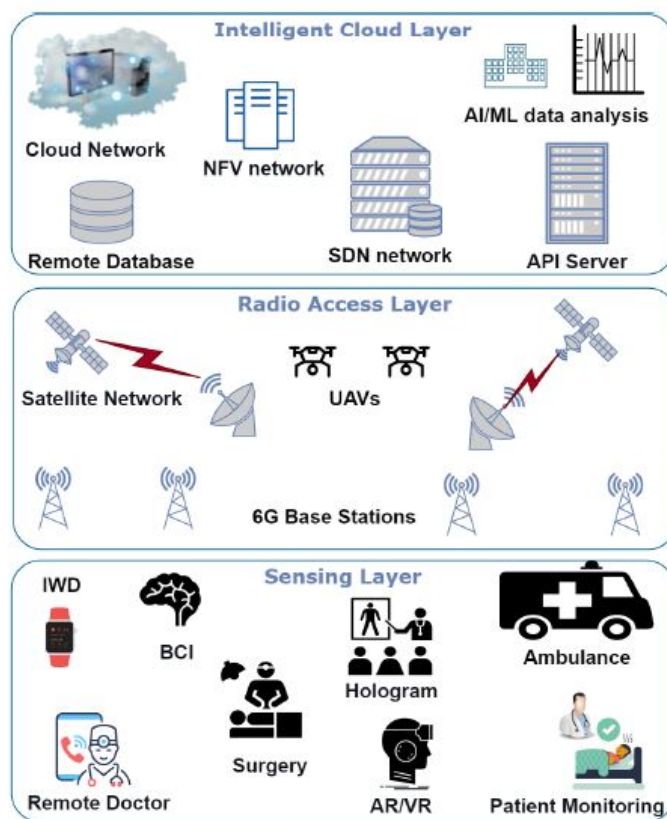
Οι σημερινές εφαρμογές m-health συνδέονται όλο και περισσότερο με φορητούς αισθητήρες και συσκευές Internet of Things (IoT) [49]. Αυτές οι εφαρμογές βρίσκουν αποδοχή σε πολλούς χρήστες, καθημερινές εφαρμογές υγείας, ευεξίας και κλινικών εφαρμογών, συμπεριλαμβανομένης της παρακολούθησης και διαχείρισης χρόνιων ασθενειών, της απομακρυσμένης συλλογής και παρακολούθησης δεδομένων ασθενών, της διάγνωσης και θεραπείας, της διαχείρισης πόρων υγειονομικής περίθαλψης, της εκπαίδευσης και ευαισθητοποίησης των ασθενών καθώς και των επαγγελματιών υγείας[50].

Οι διαφορετικοί τύποι δεδομένων που μεταδίδονται μέσω εφαρμογών m-health συνήθως περιλαμβάνουν κείμενο, δεδομένα εικόνας και βίντεο. Συστήματα και υπηρεσίες έχουν αναπτυχθεί για τη χρήση των πλεονεκτημάτων της τεχνολογίας πολυμέσων, π.χ., ιατρικές εικόνες και βίντεο μπορούν να παρέχονται σε απομακρυσμένους κλινικούς γιατρούς για συμβουλευτική, και μπορούν επίσης να διαδοθούν για εκπαιδευτικούς σκοπούς και σκοπούς ευαισθητοποίησης. Σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης, τα ασθενοφόρα μπορεί να είναι εξοπλισμένα με φορητούς σαρωτές που καταγράφουν και μεταδίδουν διαγνωστικές πληροφορίες στα νοσοκομεία. Η τηλε-διαβούλευση μέσω τηλεδιάσκεψης και η απομακρυσμένη παρακολούθηση ασθενών και η κοινή χρήση ιατρικών δεδομένων μπορεί να κάνει τα άτομα με χρόνιες παθήσεις να επικοινωνούν τακτικά με τους γιατρούς τους και να μειώσει την απαίτηση για φυσική παρουσία του ασθενούς στον γιατρό.

6.2.2 6G και Multimedia communications

Η έξυπνη υγειονομική περίθαλψη πρέπει να μπορεί να παρακολουθεί την υγεία, να διαγνώσει ασθένειες και να θεραπεύει τους ασθενείς εξ αποστάσεως, με υπηρεσίες όπως Hospital-to-Home (H2H), υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης, υπηρεσίες ασθενοφόρων, ευφυείς φορητές συσκευές - Intelligent Wearable Devices (IWD) κ.λπ. Αυτές οι υπηρεσίες στέλνουν τα δεδομένα του ασθενούς εξ αποστάσεως μέσω του διαδικτύου και στη συνέχεια τα αναλύουν σε κέντρα δεδομένων. Τα δίκτυα υγειονομικής περίθαλψης πρέπει να παρέχουν κινητικότητα, υψηλή χωρητικότητα, χαμηλή καθυστέρηση (1 μs), πράσινη επικοινωνία για την ασφάλεια των ασθενών και συνεχή συνδεσιμότητα με υψηλή αξιοπιστία.

Για αυτές τις απαιτήσεις, η έκτη γενιά ασύρματης επικοινωνίας (6G) θεωρείται ως η ιδανική λύση για τη φιλοξενία δικτύων υγειονομικής περίθαλψης [51].



Σχήμα 7: Τα επίπεδα του δικτύου 6G Healthcare, με τις αντίστοιχες εφαρμογές.

Απαιτήσεις & τεχνολογικές προκλήσεις για μετάβαση στην 6η γενιά κινητών επικοινωνιών

Χαρακτηριστικό 6G	Περιγραφή
Tiny Cells	Λειτουργούν καλά με υψηλότερες συχνότητες mmWave και THz. Είναι απλοί για εγκατάσταση και διαμόρφωση, με δυνατότητα περιορισμού της πρόσβασης σε ένα συγκεκριμένο σύνολο χρηστών που βρίσκονται στο σπίτι ή σε περιβάλλον γραφείου.
Υψηλότερη συχνότητα	Η έρευνα για το φάσμα υψηλών συχνοτήτων (THz) συνεχίζεται με στόχο την επίτευξη ρυθμών δεδομένων ενός terabyte ανά δευτερόλεπτο (TB/s).
3CLS	Συμπληρωματικά με την ασύρματη επικοινωνία που πρόσφεραν οι προηγούμενες γενιές, αυτή η γενιά προσθέτει υπολογιστές, έλεγχο, εντοπισμό και ανίχνευση. Υποστηρίζει διάφορες νέες εφαρμογές.
eMBMS	Οι μέθοδοι συμπίεσης βίντεο και οι νέες τεχνολογίες που στοχεύουν σε εφαρμογές βίντεο επωφελούνται από τον φορέα eMBMS. Η τεχνολογία MIMO χρησιμοποιείται από το eMBMS για να παρέχει στους καταναλωτές περιεχόμενο πολυμέσων Multicast/Broadcast που υποστηρίζει ποιότητα υπηρεσίας, όπως video streaming υψηλής ευκρίνειας.
Network Slicing	Επιτρέπει εξαιρετική ευελιξία, επεκτασιμότητα και ικανότητα εξειδίκευσης στην παροχή νέων και εξειδικευμένων υπηρεσιών. Απλοποιεί τη διαδικασία ενημέρωσης και επιδιόρθωσης του προγράμματος.
Artificial Intelligence	Προτείνεται η χρήση τεχνητής νοημοσύνης (AI) για να επιτρέψει στα αυτοσυντηρούμενα ασύρματα δίκτυα την παροχή μια κατανεμημένης (AI) αρχιτεκτονικής για εκπαίδευση μοντέλων στην οποία κάθε συμμετέχουσα συσκευή μαθαίνει το μοντέλο τοπικά και στη συνέχεια επικοινωνεί το ενημερωμένο μοντέλο αντί για τα δεδομένα. Αυτό αντιμετωπίζει ζητήματα όπως διαρροή απορρήτου, τεράστια γενικά έξοδα κ.λπ.
Blockchain	Η τεχνολογία Blockchain παρέχει πολυάριθμα οφέλη επιτρέποντας την αποκεντρωμένη και κατανεμημένη διαχείριση ενός κρυπτογραφικά ασφαλούς ψηφιακού καθολικού (σύστημα καταχώρησης συναλλαγών οικονομικού περιεχομένου)
RIS	Έξυπνες ανακλαστικές επιφάνειες που μπορούν να λειτουργήσουν ως τοίχοι, δρόμοι, πόρτες και ολόκληρα κτίρια. Το RIS βοηθά στη διατήρηση της οπτικής γωνίας και στη λήψη σήματος υψηλής ποιότητας με λιγότερο θόρυβο και παρεμβολές από άλλους χρήστες.
Extended Radio	Το 6G προορίζεται να ενσωματώσει τη λειτουργία διάστημα-αέρας-έδαφος-θάλασσα, επιτρέποντας την ασύρματη σύνδεση επικοινωνία σε αεροπλάνα, UAV και άλλες εφαρμογές.
mURLLC	Παρέχει εξαιρετικά χαμηλή καθυστέρηση, εξαιρετικά υψηλή αξιοπιστία, υψηλή διαθεσιμότητα και επεκτασιμότητα

Πίνακας 3: Σύνοψη χαρακτηριστικών 6G που συμβάλουν στην ποιότητα των εφαρμογών πολυμέσων m-Health

6.2.3 Εφαρμογές εξαρτώμενες από το 6G

Ο πίνακας που ακολουθεί περιέχει μία περίληψη των εφαρμογών με μεγάλο βαθμό εξάρτησης από το 6G. Ο πίνακας συνοψίζει τις βασικές εφαρμογές m-health οι οποίες προορίζονται να υλοποιηθούν μετά την ανάπτυξη της τεχνολογίας 6G. Ο πίνακας μπορεί να χρησιμεύσει και ως οδηγός για τις εφαρμογές που θα αναλυθούν περισσότερο της επόμενες ενότητες του κεφαλαίου.

Εφαρμογή	Περιγραφή
AR/VR και Holograph επικοινωνίες	Ανθρώπινη επικοινωνία μέσω ολογραμμάτων (3D εικόνες στον αέρα) για βελτίωση της επικοινωνίας από απόσταση. Το AR/VR, το URLLC και το eMBB στο 6G είναι οι βασικές υποστηρικτικές τεχνολογίες. Εξαιρετική βασική εφαρμογή για απομακρυσμένη υγειονομική περίθαλψη.
5 Sense επικοινωνίες και Tactile Internet	Επιτρέπει της αλληλεπιδράσεις ανθρώπου-μηχανής και μηχανής -μηχανής
Ασύρματες Brain – Computer αλληλεπιδράσεις	Η διασύνδεση εγκεφάλου-υπολογιστή (BCI) διευκολύνει την επικοινωνία μεταξύ του εγκεφάλου και του ηλεκτρονικού εξοπλισμού
Ευφυές ασθενοφόρο	Τηλεχειρισμός αυτοκινήτων. Μια μέθοδος που χρησιμοποιεί URLLC για τη διευκόλυνση των συνδεδεμένων ασθενοφόρων στη μελλοντική υγειονομική περίθαλψη, επιτρέποντας τη ροή βίντεο σε πραγματικό χρόνο με υψηλή ανάλυση χρώματος για αξιόπιστη διάγνωση.
Απομακρυσμένη παρακολούθηση υγείας	Ο συνδυασμός των επικοινωνιών mURLLC και THz παρέχει μια λύση για απομακρυσμένη παρακολούθηση της υγείας που επιτρέπει τη μετάδοση δεδομένων εξαιρετικά χαμηλής καθυστέρησης και συνδέσεις δικτύου μεταξύ φορητών συσκευών και απομακρυσμένων κλινικών γιατρών.
Telesurgery	Μια πιο ολοκληρωμένη προσέγγιση που ενσωματώνει μη επανδρωμένα οχήματα (UAV) και ενσωμάτωση blockchain, που μπορεί να παρέχει τόσο γρήγορη όσο και ασφαλή χαρακτηριστικά για χειρουργικές επεμβάσεις.
WBAN/IoBNT και μοριακές επικοινωνίες	Ένα δίκτυο βιολογικών νανοσωματιδίων (νανομηχανές). Χρησιμοποιείται κυρίως στην υγειονομική περίθαλψη. Χρησιμοποιεί το mURLLC για τη σύνδεση νανοσυσκευών, εμφυτευμάτων και αισθητήρων στο σώμα με διακομιστές edge / cloud – άκρων/νέφους.

Πίνακας 4: Περίληψη των 6G m-health multimedia εφαρμογών

Holographic επικοινωνίες, augmented και virtual reality

Το 6G θα δημιουργήσει νέες ευκαιρίες για πολλές εφαρμογές m-health, όπως η παροχή τρισδιάστατων υπηρεσιών χρησιμοποιώντας ολογραφική επικοινωνία, η οποία θα φέρει επανάσταση στα έξυπνα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης, ιδιαίτερα στην τηλεχειρουργική. Οι γιατροί θα μπορούν να κάνουν διάγνωση ασθενών εξ αποστάσεως χρησιμοποιώντας ολογραφική επικοινωνία. Για μία πιο βελτιωμένη διάγνωση, η επαυξημένη πραγματικότητα (VR) και η ολογραφική επικοινωνία μπορούν να ενσωματωθούν. Ο πρωταρχικός στόχος του VR/AR στη υγειονομική περίθαλψη είναι να επιτρέπει τη μετάδοση πολυμέσων υψηλής ανάλυσης (βίντεο, ήχο και φωνή) [52]. Το AR επιτρέπει την προβολή του εσωτερικού του σώματος ενός ασθενούς, όπου οι γιατροί μπορούν να προσαρμόσουν το βάθος μιας συγκεκριμένης περιοχής του σώματος και μπορούν να επεκταθούν για να βελτιώσουν την ορατότητα. Θα είναι εξαιρετικά ωφέλιμο για δύσκολες χειρουργικές επεμβάσεις που ενέχουν σημαντικό κινδύνου.

Five Sense Επικοινωνίες και Απτικό διαδίκτυο

Αναμένεται ότι το 6G θα μπορεί να υποστηρίξει ένα σύστημα επικοινωνίας με πέντε αισθήσεις, δηλαδή, όραση, ακοή, όσφρηση, αφή και γεύση [53]. Επιπλέον, οι αισθητήρες πρέπει να είναι ικανοί να αναπαράγουν τις πέντε αισθήσεις από μακρινές τοποθεσίες για να προσφέρουν στους χρήστες μια ρεαλιστική εμπειρία.

Ένα άλλο χαρακτηριστικό που προβλέπεται να είναι διαθέσιμο είναι το απτικό διαδίκτυο, το οποίο θα βελτιώσει την εμπειρία του χρήστη συμπεριλαμβάνοντας παράγοντες όπως βάρος, θερμοκρασία και ταχύτητα [54]. Η απτική διαδίκτυωση θα συνδυάσει επίσης την αίσθηση της αφής ή της γεύσης με ήχο, βίντεο ή άλλες αποκρίσεις. Τέτοιες εκτιμήσεις είναι κρίσιμες σε διάφορες καταστάσεις όταν απαιτείται η ανάγκη για άμεσο τηλεχειρισμό. Η απομακρυσμένη χειρουργική, η κατασκευές και η πλοήγηση είναι παραδείγματα τέτοιων εφαρμογών.

Σε ένα έξυπνο σύστημα υγειονομικής περίθαλψης όπου ένας τραυματισμένος ασθενής μπορεί να μεταφέρει συναισθήματα μόνο μέσω οπτικοποίησης - visualization, ένα smart sensor μπορεί να ανακατασκευάσει τα εγκεφαλικά κύματα και να εμφανισθούν ως τρισδιάστατο βίντεο της φαντασίας του ασθενούς, όπου ο χειριστής του συστήματος - ιατρός, μπορεί να δει σε πραγματικό χρόνο χρησιμοποιώντας δίκτυα κινητής τηλεφωνίας. Επιπλέον, μια ομάδα ανθρώπων που δεν μιλούν την ίδια γλώσσα μπορούν να επικοινωνήσουν χρησιμοποιώντας τη φαντασία τους. Άτομα με αναπηρία μπορούν να χρησιμοποιήσουν την απτική επικοινωνία για να ανοίξουν τις πόρτες ή να ελέγξουν gadgets . Αυτές οι απτικές μέθοδοι επικοινωνίας θα επιτρέψουν την έκφραση πληροφοριών μέσω αφής.

Ασύρματες αλληλεπιδράσεις εγκεφάλου-υπολογιστή (BCI) – Wireless brain computer interactions

Οι αλληλεπιδράσεις εγκεφάλου-υπολογιστή είναι μια άλλη μορφή απτικής επικοινωνίας στην οποία οι άνθρωποι αλληλεπιδρούν με το περιβάλλον τους μέσω απτικών και το ελέγχουν χρησιμοποιώντας ψηφιακά gadgets, όπως ασύρματα τσιπ ενσωματωμένα στον εγκέφαλο που ανταποκρίνονται στα ανθρώπινα συναισθήματα [55].

Οι πρόσφατες εφαρμογές του ασύρματου BCI και των εμφυτευμάτων θα φέρουν επανάσταση σε αυτόν τον κλάδο και θα παρέχουν νέα σενάρια χρήσης που απαιτούν συνδεσιμότητα 6G. Τα άτομα θα αλληλεπιδρούν με το περιβάλλον τους και άλλα άτομα χρησιμοποιώντας διακριτές συσκευές, άλλες

Απαιτήσεις & τεχνολογικές προκλήσεις για μετάβαση στην 6η γενιά κινητών επικοινωνιών

φορετές, άλλες εμφυτευμένες και άλλες ενσωματωμένες στον κόσμο γύρω τους, χρησιμοποιώντας ασύρματες τεχνολογίες BCI αντί κινητών τηλεφώνων.

Το νευρικό σύστημα επεξεργάζεται τα δεδομένα από το σύστημα αισθητήρων, το οποίο περιλαμβάνει υποδοχείς, νευρώνες, κ.λπ. Η μορφή για την κατανόηση βασίζεται στην ασύρματη τεχνολογία 6G με μια μορφή ασύρματου επεξεργαστή βιοσημάτων που λαμβάνει εγκεφαλικά σήματα από εξοπλισμό υπολογιστή [56]. Μετά από αυτό, αναλύει, ελέγχει και μετατρέπει αυτά τα σήματα σε ηλεκτρονικές οδηγίες που θα υποβληθούν σε επεξεργασία για τον προσδιορισμό του επιπέδου προσοχής, τον εντοπισμό της προσοχής και τον υπολογισμό του χρόνου που απαιτείται για την ολοκλήρωση της επιθυμητής εργασίας, μεταξύ άλλων. [57].

Το BCI είναι μια διαδικασία για τον έλεγχο των αντικειμένων που χρησιμοποιούνται καθημερινά στο έξυπνο σπίτι και για την μεταμόρφωση σε μια έξυπνη κοινωνία. [58].

Ευφυείς Υπηρεσίες Ασθενοφόρων

Το 6G προορίζεται για την παραγωγή αυτοκινούμενων αυτοκινήτων, χωρίς τιμόνι, πλήρως με τεχνητή νοημοσύνη [59]. Ως αποτέλεσμα της ικανότητας του 6G να επικοινωνεί σε πραγματικό χρόνο, τα αυτοκίνητα θα παρακολουθούν την υγεία των επιβατών, όπως αρτηριακή πίεση, καρδιακό ρυθμό και θερμοκρασία. Σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης, τα έξυπνα αυτοκίνητα θα μεταμορφώνονται σε έξυπνα ασθενοφόρα. Απομακρυσμένοι γιατροί, χρησιμοποιούν mix-virtual reality / holograph - επικοινωνία μικτής εικονικής πραγματικότητας για την παροχή άμεσης βοήθειας.

Η URLLC τεχνολογία του 6G μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ενεργοποίηση συνδεδεμένων ασθενοφόρων στη μελλοντική υγειονομική περίθαλψη, επιτρέποντας στους γιατρούς και το παραϊατρικό προσωπικό από το νοσοκομείο να μεταδίδουν βίντεο σε πραγματικό χρόνο με υψηλή έγχρωμη ανάλυση για αξιόπιστη διάγνωση σε λογικά γρήγορες ταχύτητες (έως 100 km/h) [60].

Απομακρυσμένη παρακολούθηση υγείας

Η μετάδοση των ζωτικών σημείων του ασθενούς είναι ένα σημαντικό μέρος των εφαρμογών m-health, και η ποσότητα και η συχνότητα των πληροφοριών που μεταδίδονται εξαρτώνται από τις ανάγκες του ασθενούς. Η γήρανση του πληθυσμού οδηγεί στην ανάπτυξη νέων διατάξεων υγειονομικής περίθαλψης που απομακρύνονται από το παραδοσιακό σύστημα που βασίζεται στα νοσοκομεία. Για αυτούς τους ασθενείς θα μπορεί να υπάρχει σύστημα παρατήρησης στα σπίτια τους χρησιμοποιώντας εξ αποστάσεως τεχνολογία 6G εντοπίζοντας κρίσιμα γεγονότα.

Με την χρήση της τεχνολογίας IW – Intelligent Wall – Ευφυής τοίχος, δέσμες σημάτων θα μπορούν να κατευθύνονται προς τον εξοπλισμό παρακολούθησης ασθενών. Οι συσκευές παρακολούθησης συνήθως αναμεταδίδουν τα δεδομένα ασθενών σε έναν διακομιστή δικτύου νοσοκομείων με τη βοήθεια του IW. Το σύστημα IW, φυσικά μπορεί να τοποθετηθεί και σε χώρους υγειονομικής περίθαλψης, νοσοκομεία, μονάδες υγείας, γηροκομεία κ.α.

Η συνεχής παρακολούθηση της υγείας είναι κρίσιμης σημασίας στην υγειονομική περίθαλψη, ειδικά για ασθενείς με ξαφνικές ασθένειες. Αισθητήρες μεταδίδουν τις μετρήσεις (με συχνότητα χρόνου που μπορεί να οριστεί από ένας πάροχος υγειονομικής περίθαλψης) μέσω μιας μονάδας επεξεργασίας σήματος, που μεταδίδει περαιτέρω σε διαφορετικούς προορισμούς δικτύου, όπως διακομιστές νοσοκομείων, σταθμούς έκτακτης ανάγκης, απομακρυσμένους κλινικούς ιατρούς και άλλους. Τα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης που βασίζονται στο 6G θα ανεβάσουν εκ των προτέρων μοντέλα που βασίζονται σε δεδομένα που μπορούν ανιχνεύσουν μη φυσιολογικές καταστάσεις υγείας. Οι αισθητήρες μπορούν να συλλέγουν συνεχώς φυσιολογικά δεδομένα του ασθενούς και να τα στέλνουν στο cloud. Τα μοντέλα cloud θα αναλύσουν τα δεδομένα και θα στείλουν μια ειδοποίηση εάν εμφανιστούν ξαφνικές ασθένειες.

Απαιτήσεις & τεχνολογικές προκλήσεις για μετάβαση στην 6η γενιά κινητών επικοινωνιών

Η τεχνολογία παρακολούθησης της υγείας έχει τη δυνατότητα να μειώσει την ανάγκη ώστε οι ασθενείς να δουν αυτοπροσώπως τους γιατρούς τους. Αντίθετα, ο ιατρός θα μπορούσε να πραγματοποιήσει μια τηλεδιάσκεψη, έχοντας τα απαραίτητα ιατρικά δεδομένα του ασθενούς μέσω συστήματος παρακολούθησης.

Telesurgery – Τηλεχειρουργική

Οι κρίσιμες εφαρμογές όπως οι χειρουργικές επεμβάσεις εξ αποστάσεως είναι εξαιρετικά ευαίσθητες, απαιτώντας latency – καθυστέρηση δικτύου μικρότερη από ένα χιλιοστό του δευτερολέπτου (σχεδόν 0,1 ms) [61]. Οι απομακρυσμένες ρομποτικές χειρουργικές επεμβάσεις θα απαιτήσουν εξαιρετικά υψηλή ακρίβεια και αξιοπιστία δεδομένων και υψηλό ρυθμό μετάδοσης μεταξύ δύο απομακρυσμένων εγκαταστάσεων υγειονομικής περίθαλψης μέσω του δικτύου κινητής τηλεφωνίας.

Το σύστημα πρέπει να χαρακτηρίζεται ως ‘0 tolerance’ – ανοχής, κάτι που είναι εξαιρετικά δύσκολο να επιτευχθεί εφ’ όσον εμπλέκονται και ηλεκτρομηχανολογικά εξαρτήματα (robots).

Η τεχνολογία mURLLC είναι ιδιαίτερα σημαντική στην τηλεϊατρική από νοσοκομειακό χώρο, όπου οι γιατροί μπορούν να παρακολουθούν και να διαχειρίζονται εξ αποστάσεως τις χειρουργικές διαδικασίες χρησιμοποιώντας ροή βίντεο σε πραγματικό χρόνο από ιατρική ρομποτική και βοηθητικές συσκευές που συνδέονται με πυρήνα 6G δίκτυα. Επίσης, οι προσομοιώσεις χειρουργείου με τη βοήθεια υπολογιστή σε VR είναι εξαιρετικά ωφέλιμες τόσο για εκπαιδευτικό όσο και για κλινικό περιβάλλον. Χρήση στοιχείων πολυμέσων για δημιουργία προσομοιώσεων χειρουργικής επέμβασης σε πραγματικό χρόνο σε ένα ελεγχόμενο και ρεαλιστικό περιβάλλον (ως εικονικό θέατρο) επιτρέπουν στον χειρουργό να πραγματοποιήσει προεγχειρητικό σχεδιασμό και πρακτική - χειρουργική εκπαίδευση.

Wireless Body Area Networks and Molecular Communication – Ασύρματα δίκτυα σώματος και μοριακές επικοινωνίες.

Η Επικοινωνία Ανθρώπινου Δεσμού (HBC) είναι η ικανότητα ενσωμάτωσης και των πέντε αισθητηριακών χαρακτηριστικών του ανθρώπου. Στους ανθρώπους, οι πληροφορίες ανταλλάσσονται μέσω βιοχημικών και φυσικών διεργασιών που περιλαμβάνουν τη σύνθεση, τον μετασχηματισμό, την εκπομπή, τη διάδοση και τη λήψη των μορίων. Αυτή η ανταλλαγή πληροφοριών αναφέρεται ως μοριακή επικοινωνία στην τηλεπικοινωνιακή μηχανική [62]. Με την έλευση του NanoThings, η μοριακή επικοινωνία έχει αναδειχθεί ως ένας από τους σημαντικότερους ερευνητικούς τομείς για επανάσταση του Medical-IoT.[63]

Η προηγμένη νανοτεχνολογία έχει τη δυνατότητα να επιτρέψει την κατασκευή νανοσυσκευών όπως νανορομπότ, εμφυτεύσιμα τσιπ και βιοαισθητήρες με κρίσιμες εφαρμογές σε τομείς όπως η ανίχνευση νανοκλίμακας και η βιοϊατρική [64]. Η εφαρμογή της νανοτεχνολογίας στην βιοϊατρική, έχει προκαλέσει ενδιαφέρον λόγω της δυνατότητάς της να εκτελεί εργασίες όπως η έξυπνη διανομή φαρμάκων μέσω των αιμοφόρων αγγείων και η παρακολούθηση των οργάνων του σώματος, και τα δύο εκ των οποίων μπορεί να βελτιώσει σημαντικά τα αποτελέσματα της ανθρώπινης υγειονομικής περίθαλψης.

Η σύνδεση νανοσυσκευών στο διαδίκτυο ή η δημιουργία δικτύων (το Διαδίκτυο των Νανο-Πραγμάτων) επιτρέπει την αποτελεσματική επικοινωνία και τη μετάδοση πληροφοριών. Στη βιοϊατρική, το Internet of Bio-Nano-Things (IoBNT) επιτρέπει τη σύνδεση νανοσυσκευών και βιολογικών οντοτήτων. Στο IoT, η μοριακή επικοινωνία ενεργοποιεί το IoBNT επιτρέποντας στα βιολογικά μόρια να επικοινωνούν και να μεταφέρουν πληροφορίες μεταξύ νανοσυσκευών [65]. Επιπλέον, όταν το IoBNT συνδυάζεται με δίκτυα σώματος, τα οποία θεωρούνται ασύρματα δίκτυα μικρής εμβέλειας που αποτελούνται από φορητές συσκευές/αισθητήρες παρακολούθησης και συσκευές

ανίχνευσης ενσωματωμένες μέσα ή πάνω στο σώμα, μπορούν να παρέχουν ολοκληρωμένες λύσεις για βελτιώσεις στην υγειονομική περίθαλψη.

6.3 Smart cities - Έξυπνες πόλεις

Η έξυπνη πόλη είναι η πόλη που διαθέτει μια έξυπνη, ολοκληρωμένη και οικονομικά αποδοτική τεχνολογία που συνδέει διάφορες πτυχές των πόλεων, όπως οι μεταφορές, η χρήση πόρων, η διαχείριση απορριμμάτων και η ανθρώπινη υγεία. Αυτές οι πτυχές είναι κρίσιμες για την ομαλή λειτουργία μίας πόλης που αντιμετωπίζει μια σειρά από προκλήσεις που προέρχονται από τη μαζική αστικοποίηση των πόλεων έχοντας οδηγήσει σε αύξηση του πληθυσμού μαζί με αύξηση προβλημάτων όπως η κυκλοφοριακή συμφόρηση, η κακή διαχείριση της υγείας και η μη περιβαλλοντική βιωσιμότητα.

Οι έξυπνες πόλεις μπορούν να διαδραματίσουν τεράστιο ρόλο στη βελτίωση της ζωής και της υγείας των πολιτών μέσω της προηγμένης διαχείρισης. Στα πλαίσια της αρχιτεκτονικής έξυπνης πόλης, οι πληροφορίες και οι τεχνολογίες επικοινωνίας χρησιμοποιούνται για τη βελτίωση του βιοτικού επιπέδου και τη διαχείρισή τους από πολίτες και κυβέρνηση. Η έννοια της «έξυπνης πόλης» έχει αναπτυχθεί ως μια φυσική απάντηση στο φαινόμενο της αστικοποίησης, στην οικονομική σημασία των πόλεων και αυξανόμενη ζήτηση για πιο βιώσιμη διαβίωση. Ίσως, ένας απλούστερος αλλά πιο ακριβής ορισμός της έξυπνης πόλης θα ήταν ότι αναφέρεται στην αναζήτηση για και προσδιορισμό έξυπνων λύσεων που επιτρέπουν στις σύγχρονες πόλεις να βελτιώσουν την ποιότητα των υπηρεσιών που παρέχονται στους πολίτες τους.

Οι ερευνητές έχουν ορίσει τους 6 άξονες που απαρτίζουν μία έξυπνη πόλη:

- Έξυπνοι άνθρωποι
- Έξυπνη ζωή
- Έξυπνο περιβάλλον
- Έξυπνη μετακίνηση
- Έξυπνη οικονομία
- Έξυπνη διακυβέρνηση

Κάθε άξονας περιέχει στοιχεία που επιτρέπουν στις έξυπνες πόλεις να επικοινωνούν, αλληλεπιδρούν και ενεργοποιούν την έξυπνη υπηρεσία.[66]

Συνοπτικά, οι έξυπνοι άνθρωποι μπορούν να θεωρηθούν ως μία από τις πιο σημαντικές διαστάσεις μιας έξυπνης πόλης, αυτοί που έχουν τεχνολογικές δεξιότητες, ζουν σε ένα τεχνολογικό περιβάλλον, έχουν πρόσβαση στην εικονική μάθηση και μάθηση χώρο όπως η έξυπνη εκπαίδευση, και η διαχείριση των δυνατοτήτων τους με στόχο μεγαλύτερη πρωτοβουλία και δημιουργικότητα.

Ένα από τα οφέλη της ζωής σε έξυπνες πόλεις είναι η εύκολη χρήση διαφόρων πολιτιστικών και κοινωνικών υπηρεσιών. Αυτές οι υπηρεσίες περιλαμβάνουν τη χρήση πολιτιστικών κέντρων, βιβλιοθηκών, θρησκευτικών χώρων, αρχαίων χώρων και χώρων αναψυχής με έξυπνο τρόπο.

Το έξυπνο περιβάλλον επιδιώκει να βελτιώσει την ποιότητα ζωής των πολιτών δημιουργώντας υγιεινές και ασφαλείς συνθήκες διαβίωσης. Το έξυπνο περιβάλλον περιλαμβάνει σημαντικούς παράγοντες όπως η έξυπνη ενέργεια, το έξυπνο δίκτυο διανομής ενέργειας, η έξυπνη παρακολούθηση και έλεγχος της ρύπανσης, τα έξυπνα κτίρια, η αύξηση της ποιότητας φυσικούς πόρους, έξυπνη υγεία και έξυπνη διαφήμιση.

Η έξυπνη μετακίνηση με τη δημιουργία μιας ολοκληρωμένης υποδομής ΤΠΕ για την παροχή υπηρεσιών μεταφορών και υλικοτεχνικής υποστήριξης σε ιδρύματα και ανθρώπους, θεωρεί ένα

Απαιτήσεις & τεχνολογικές προκλήσεις για μετάβαση στην 6η γενιά κινητών επικοινωνιών

ασφαλές, καθαρό, σταθερό, ολοκληρωμένο και διαφοροποιημένο σύστημα μεταφορών, μειώνοντας το κόστος και το χρόνο μεταφοράς και μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Έξυπνες μεταφορές σημαίνει υποστήριξη για ολοκληρωμένες υποδομές ΤΠΕ, ολοκληρωμένες μεταφορές, συστήματα logistics, καθαρές και ασφαλείς μεταφορές, έξυπνες αστικές και οδικές μεταφορές.[67]

Η έξυπνη οικονομία αναφέρεται στην ανταγωνιστικότητα μιας πόλης που βασίζεται στην καινοτόμο προσέγγισή της στις νέες επιχειρήσεις μοντέλα, ηλεκτρονικό εμπόριο, δημιουργία καινοτόμων και δημιουργικών προϊόντων, επιχειρηματικότητα, καινοτόμες υπηρεσίες βασισμένες στις ΤΠΕ, έξυπνες πωλήσεις, έξυπνη βιομηχανία, έξυπνη γεωργία και τον έξυπνο τουρισμό.

Η έξυπνη διακυβέρνηση αναφέρεται στην τοπική αυτοδιοίκηση, μέσω της οποίας οι υπηρεσίες και οι αλληλεπιδράσεις ιδιωτικού, δημόσιου και οι οργανώσεις των πολιτών μπορούν να συνεργαστούν με τέτοιο τρόπο ώστε η πόλη να μπορεί να λειτουργεί ως αποτελεσματικός οργανισμός.

Μια έξυπνη πόλη χρησιμοποιεί όλες τις νέες τεχνολογίες δικτύου, όπως 6G, cloud, mobile Internet, IoT, edge, fog computing (*) κ.α, για να δημιουργήσει μια οικονομικά αποδοτική αλληλεπίδραση με όλες τις συσκευές IoT στην πόλη.

Η εφαρμογή συσκευών IoT για 6G σε έξυπνες πόλεις παρέχει ρυθμό δεδομένων 100 Gbps, ρυθμό καθυστέρησης <0,1 ms, και συχνότητα 1000 GHz. Η εφαρμογή του 6G σε συσκευές IoT διευκολύνει την ηλεκτρονική υγεία, το έξυπνο σύστημα μεταφορών, τη διαχείριση ενεργειακών πόρων και τη μοντελοποίηση δικτύων.

Η επικοινωνία Machine-to-Machine (M2M) που βασίζεται σε AI χρησιμοποιείται για την παρακολούθηση περιβαλλοντικών δραστηριοτήτων, τη διασφάλιση της αυτοματοποίησης σε έξυπνες κοινωνίες και τη βελτίωση της ποιότητας ζωής.

Μια άλλη εφαρμογή των έξυπνων πόλεων είναι η χρήση εκτεταμένης πραγματικότητας και επαυξημένης πραγματικότητας (AR), εικονικής πραγματικότητας (VR) και μικτής πραγματικότητας (MR) για τη διαμόρφωση χαρακτηριστικών, χρησιμοποιώντας τρισδιάστατα αντικείμενα για αποτελεσματική επικοινωνία. Το AR επιτρέπει στα άτομα να αλληλεπιδρούν με τον φυσικό κόσμο με βάση το τρισδιάστατο τοπίο. Από την άλλη πλευρά, το MR σχηματίζει μια πραγματική και εικονική ατμόσφαιρα, όπου η αλληλεπίδραση λαμβάνει χώρα σε πραγματικό χρόνο.

Οι έξυπνες ανακλαστικές επιφάνειες, χρησιμεύουν ως τοίχοι, σε αυτοκινητόδρομους, εισόδους και ολοκληρωμένες κατασκευές. Κατά την οδήγηση, αυτό βοηθά στη διατήρηση μιας καθαρής οπτικής γωνίας και στη λήψη σημάτων υψηλής ποιότητας. Κατά συνέπεια, με τη χρήση δικτύου επικοινωνίας 6G στο σύστημα, θα υπάρχει ελάχιστος έως καθόλου κίνδυνος απώλειας ή ατυχήματος στους δρόμους.

Ένα άλλο κρίσιμο χαρακτηριστικό της τεχνολογίας 6G είναι η computer vision (**), που βασίζεται σε AI χρησιμοποιώντας deep learning (***), η οποία χρησιμοποιήθηκε πρόσφατα σε πολλές εφαρμογές [68].

Σε έξυπνες πόλεις, η ασύρματη συνδεσιμότητα 6G μπορεί να είναι μια νέα τάση στην ασύρματη μεταφορά και συλλογή ενέργειας. Η μεταφορά ενέργειας για τη συγκομιδή μπορεί να επιτευχθεί σε έξυπνες πόλεις που χρησιμοποιούν κυψελωτά δίκτυα 6G. Μια εξαιρετικά θετική επίδραση στο περιβάλλον μπορεί να σημειωθεί μέσω της ανάπτυξης τέτοιων τάσεων, καθώς θα μειώσουν τον μεγάλο αριθμό αποτυπωμάτων άνθρακα. Ως εκ τούτου, αυτά τα οφέλη της τεχνολογίας 6G και του IoT στις έξυπνες πόλεις παρακινούν τους ερευνητές να βρουν βολικές, οικονομικά αποδοτικές και αποδεκτές λύσεις που μπορούν εύκολα να χρησιμοποιηθούν για τη βελτίωση της υποδομής των έξυπνων πόλεων.

(*) Fog computing είναι μια αποκεντρωμένη υπολογιστική υποδομή στην οποία τα δεδομένα, η επεξεργασία, η αποθήκευση και οι εφαρμογές βρίσκονται κάπου μεταξύ της πηγής δεδομένων και του cloud.

(**) Το computer vision, ένας τύπος τεχνητής νοημοσύνης, επιτρέπει στους υπολογιστές να ερμηνεύουν και να αναλύουν τον οπτικό κόσμο, προσομοιώνοντας τον τρόπο με τον οποίο οι άνθρωποι βλέπουν και κατανοούν το περιβάλλον τους. Εφαρμόζει μοντέλα μηχανικής μάθησης για τον εντοπισμό και την ταξινόμηση αντικειμένων σε ψηφιακές εικόνες και βίντεο και, στη συνέχεια, επιτρέπει στους υπολογιστές να αντιδρούν σε αυτό που βλέπουν.

(***) Το Deep learning είναι μια μέθοδος στην τεχνητή νοημοσύνη (AI) που διδάσκει στους υπολογιστές να επεξεργάζονται δεδομένα με τρόπο που εμπνέεται από τον ανθρώπινο εγκέφαλο. Τα μοντέλα deep learning μπορούν να αναγνωρίσουν πολύπλοκα μοτίβα σε εικόνες, κείμενο, ήχους και άλλα δεδομένα για να παράγουν ακριβείς ιδέες και προβλέψεις.

6.4 ΟΧΗΜΑΤΑ

Η τεχνολογία 6G αναμένεται να είναι ένας εξέχον παράγων στην τεχνολογία οχημάτων. Πολλά οχήματα μπορεί να είναι χωρίς οδηγό και έξυπνα. Τα έξυπνα οχήματα θα βελτιστοποιήσουν την κατανάλωση καυσίμου, τη διαδρομή και αποδοτικότητα εργασίας, με την δυνατότητα της τεχνολογίας 6G να παρέχει υπηρεσίες σε πραγματικό χρόνο. Τα μελλοντικά οχήματα θα παρουσιάζονται με πραγματικές ασύρματες επικοινωνίες υψηλής ταχύτητας και τεχνητή νοημοσύνη. Θα ενσωματώνουν ένα πλήθος αισθητήρων και συσκευών επικοινωνίας.

Ευφυή αυτοκίνητα

Αναμένεται ότι η 6G θα είναι σε θέση να παρέχει αυτο-οδηγούμενα οχήματα, οχήματα χωρίς τιμόνι. Τα οχήματα θα διδάσκονται πραγματικά από πρακτικές εμπειρίες με γνώμονα την τεχνητή νοημοσύνη. Τα αυτοκίνητα θα παρακολουθούν την υγεία των επιβατών, π.χ. την αρτηριακή πίεση, τον καρδιακό ρυθμό, τη θερμοκρασία του σώματος, τη λήψη εγκεφαλικών κυμάτων και την αντίχρεση συναισθημάτων, χάρη στην ικανότητα επικοινωνίας σε πραγματικό χρόνο των 6G. Επίσης, τα έξυπνα αυτοκίνητα θα μετατραπούν σε ένα έξυπνο ασθενοφόρο σε περίπτωση που ο επιβάτης χρειαστεί θεραπεία κατά τη διάρκεια της διαδρομής. Τα αυτοκίνητα θα αποφεύγουν τα ατυχήματα ανταλλάσσοντας πληροφορίες με κοντινά οχήματα. Οι μπαταρίες θα φορτίζονται χωρίς καλώδια και εν κινήσει από UAV.

Ευφυείς μεταφορές

Οχήματα μεταφοράς προσωπικού και εμπορευμάτων εσωτερικού θα παραμένουν συνδεδεμένα στο διαδίκτυο 6G καθ' όλη τη διάρκεια του ταξιδιού. Θα παρέχονται πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο. Πληροφορίες χρήσιμες για τον επιβάτη αλλά και τον οδηγό, αρχικά, που σχετίζονται με το ταξίδι, την διαδρομή, την κυκλοφορία κ.α.

Για διεθνείς μεταφορές, Το 6G θα δώσει την δυνατότητα παρακολούθησης της διέλευσης οχημάτων που διασχίζουν τα σύνορα μιας χώρας με προσωπικό ασφαλείας. Αυτό θα βοηθήσει στη μείωση των εγκλημάτων όπως η εμπορία ανθρώπων και το λαθρεμπόριο. Το 6G θα παρέχει υπηρεσίες διαδικτύου καθ' όλη τη διάρκεια του ταξιδιού με οποιοδήποτε μέσο μεταφοράς. Ειδικά για αεροπλάνα και πλοία θα υπάρχει συνεχής σύνδεση με 6G IoT, θα γίνουν πλήρως αυτοματοποιημένα. Θα υπάρχει δυνατότητα παγκόσμιας παρακολούθησης όλων των πτήσεων με δυνατότητα παροχής και ιατρικών υπηρεσιών.

Η πλατφόρμα όλων των εφαρμογών που σχετίζονται με τα οχήματα έχει την ονομασία CAV Connected Autonomous Vehicles (Αυτόνομα συνδεδεμένα οχήματα). Είναι κάθετη βιομηχανία στο 6G καθώς προσφέρει υπηρεσίες υψηλής ζήτησης στους χρήστες. Τα αυτόνομα οχήματα (AV) είναι αυτά που μπορούν να λειτουργήσουν χωρίς ανθρώπινη συμβολή. Μεταξύ των πιο εξελιγμένων μορφών CAV

είναι εκείνα που μπορούν να επικοινωνούν και να υποστηρίζουν υποδομές για την ενίσχυση της οδικής ασφάλειας. Το βασικό σύστημα δικτύου CAV αποτελείται από υπηρεσίες επικοινωνίας, έξυπνους δρόμους, οδικές μονάδες (RSU) και οχήματα. Αποτελείται από έξυπνους δρόμους, οχήματα και δίκτυα κινητής υποδομής, όλα συνδεδεμένα στο διαδίκτυο. Τα δίκτυα CAV προσφέρουν επιπρόσθετες λειτουργίες, συμπεριλαμβανομένης της αίσθησης του περιβάλλοντος και των οδικών καταστάσεων. Ο εντοπισμός θέσης και η επικοινωνία με άλλα οχήματα ή υποδομές είναι βασικές λειτουργίες του CAV και της επεξεργασίας δεδομένων που θα γίνεται στα οχήματα.[69]

Υποσυστήματα του CAD με το γενικό όνομα V2X – vehicle to everything, αποτελούν οι τεχνολογίες V2V – vehicle to vehicle communications, V2I – vehicle to infrastructure communications and V2P – vehicle to pedestrians communications.

6.5 Intelligent grid – Ευφυές δίκτυο μεταφοράς ενέργειας

Το ευφυές δίκτυο είναι σημαντικό επειδή οι κόμβοι 6G εκτελώντας σύνθετη επεξεργασία, απαιτούν παροχή ενέργειας. Βασικό σημείο είναι και η παροχή παγκόσμιας κάλυψης. Το ευφυές δίκτυο βασίζεται σε AI, πλήρως αυτοματοποιημένο, τηλεχειριζόμενο και διαθέτει δυνατότητα αυτοελέγχου και επιδιόρθωσης. Το ευφυές δίκτυο θα βασίζεται πλήρως σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Οι κόμβοι 6G θα εξαρτώνται και θα βοηθούν ενεργειακά το ηλεκτρικό δίκτυο.

Οι έξυπνοι κόμβοι 6G που θα τοποθετούνται σε διαφορετικές τοποθεσίες μπορούν να καθορίσουν την κατανάλωση ενέργειας κατά τη διάρκεια διαφορετικών εποχών του έτους ή εποχής. Αυτά τα δεδομένα θα χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό της απαίτησης παραγωγής ενέργειας για μια έξυπνη πόλη. Μετά τη δύση του ηλίου, οι κόμβοι 6G θα ανάβουν αυτόματα το φως του δρόμου. Ένα σημαντικό σημείο είναι ότι ένα έξυπνο σπίτι θα προσπαθήσει να μειώσει την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, βελτιστοποιώντας έτσι την παροχή ρεύματος. Το ευφυές δίκτυο θα αποθηκεύει επίσης ενέργεια σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης. Οι κόμβοι 6G θα αλλάζουν έξυπνα σε εφεδρική ενέργεια σε περίπτωση διακοπής ρεύματος.

Μια άλλη παράμετρος είναι το microgrid. Χρησιμοποιώντας ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, οι καταναλωτές θα παράγουν και ηλεκτρική ενέργεια. Αυτοί οι καταναλωτές ονομάζονται prosumers. Οι καταναλωτές θα πουλήσουν την πλεονάζουσα ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο. Ένα τόσο μικρό grid ονομάζεται microgrid [70]. Επιπλέον, σε περίπτωση διακοπής ρεύματος, οι έξυπνοι κόμβοι θα πάρουν την ηλεκτρική ενέργεια από το microgrid.

Με τη συνδεσιμότητα 6G, η παρακολούθηση και η συντήρηση του microgrid είναι εύκολη. Απόθεμα ηλεκτρικής ενέργειας σε πραγματικό χρόνο στο microgrid καταγράφεται και αποθηκεύεται. Οποιαδήποτε παράνομη πώληση ηλεκτρικής ενέργειας, από βιομηχανίες ή άλλες πηγές που κάνουν παράνομη δραστηριότητα είναι εύκολο να εντοπισθεί.

Η χρέωση ηλεκτρικής ενέργειας θα είναι επίσης έξυπνη. Το έξυπνο σπίτι θα στείλει τις λεπτομέρειες κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στα κέντρα δεδομένων του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας και ένας λογαριασμός θα προωθηθεί αυτόματα στον καταναλωτή.

6.6 Wearables - Φορετές συσκευές.

Η τεχνολογία, την τελευταία δεκαετία, αναπτύσσεται με πολύ ταχύτερους ρυθμούς από ότι παλαιότερα. Μία από τις ευέλικτες τεχνολογίες είναι τα wearables. Μικρές, προσιτές, με πολύ διαφορετικό σε

σχήμα, σκοπό και εφαρμογή, οι συσκευές IoT είχαν τεράστια αντίκτυπο στην ανάπτυξη του τομέα των τηλεπικοινωνιών.

Το Internet of Wearable Things (IoWT) εμφανίστηκε ως άξονας του ευρύτερου IoT. Οι όροι wearables, wearable συσκευές ή επίσης wearable technology αναφέρονται σε μικρές ηλεκτρονικές και κινητές συσκευές ή υπολογιστές με δυνατότητα ασύρματης επικοινωνίας που ενσωματώνονται σε gadget, αξεσουάρ ή ρούχα, που μπορούν να φορεθούν στο ανθρώπινο σώμα, ή ακόμα και σε επεμβατικές εκδόσεις όπως μικρο-τσιπ ή έξυπνα τατουάζ [71]. Σε σύγκριση με τα σημερινά smartphones και tablet, η κύρια προστιθέμενη αξία είναι ότι τα wearables μπορούν να παρέχουν διάφορες λειτουργίες παρακολούθησης και σάρωσης, όπως βιοανάδραση ή άλλες λειτουργίες που σχετίζονται με την βιομετρία [72]

Οι φορετές συσκευές που χρησιμοποιούνται από τον καταναλωτή σήμερα είναι σε σχετικά πρώιμο στάδιο. Όμως, με την πλατφόρμα IoT ως βασική σε πολλές εφαρμογές 6G, πολλές επιχειρήσεις, παγκοσμίως, ασχολούνται με έρευνα και παραγωγή τύπων wearables. Επίσης, η στροφή προς προηγμένες συσκευές, όπως το Augmented Πραγματικότητα (AR) / Εικονική πραγματικότητα (VR) / Μικτή πραγματικότητα (MR) / Εκτεταμένη πραγματικότητα συσκευές (XR), low end wearables και άλλες συσκευές παρακολούθησης, μαζί και με μετάβαση σε 6G δίκτυα, το σύνολο, αποτελεί πρόκληση και πρόκληση σε προμηθευτές συσκευών, χειριστές δικτύου και τελικούς χρήστες.

6.7 UAV Unmanned Aerial Devices – Drones

Μια σημαντική πτυχή των ασύρματων δικτύων πέρα από τα 5G και 6G, την επόμενη δεκαετία, θα είναι η ευρεία και αυξανόμενη χρήση των μη επανδρωμένων εναέριων οχήματα (UAV). Η ασύρματη επικοινωνία πρέπει να είναι αξιόπιστη, ασφαλής και οικονομικά αποδοτική για να καταστεί δυνατή μια τόσο μεγάλη ανάπτυξη των drones. Τα κυψελωτά δίκτυα είναι ζωτικής σημασίας για τα drones που λειτουργούν ως ιπτάμενες συσκευές. Τα κυψελωτά δίκτυα παρέχουν ενδιαφέρουσες εναλλακτικές συνδέσεις για τα drones. Ωστόσο, η διασφάλιση ασφαλούς και αποδοτικής λειτουργίας των drones αντιμετωπίζει ακόμα αρκετές δυσκολίες.

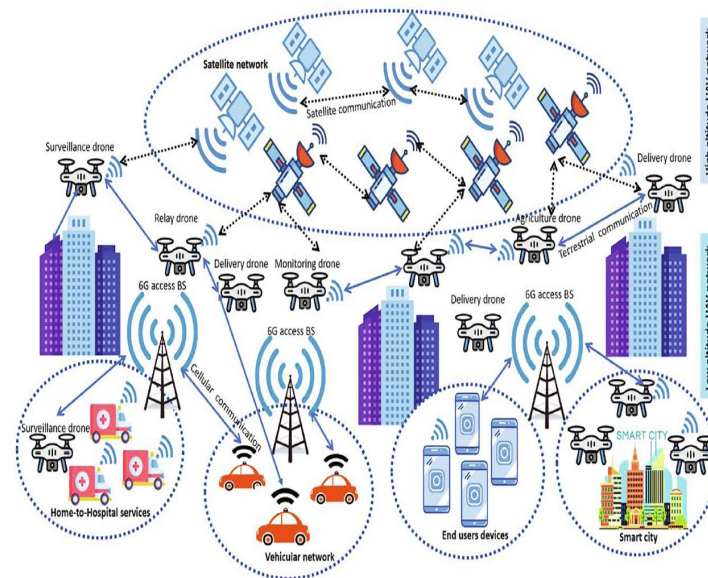
Τα δίκτυα εναέριας πρόσβασης είναι κρίσιμοι παράγοντες για τα μελλοντικά ασύρματα συστήματα . [73,74]. Τα δίκτυα εναέριας πρόσβασης περιλαμβάνουν διάφορες πλατφόρμες με ποικίλο εύρος κάλυψης, συμπεριλαμβανομένων του χαμηλού υψομέτρου, πλατφορμών μεγάλου υψομέτρου και δορυφορικών επικοινωνιών.

Τα drones μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως σημεία πρόσβασης (AP) και ραδιοπύργοι στη πλατφόρμα χαμηλού υψομέτρου, παρέχοντας ασύρματες και υπολογιστικές υπηρεσίες σε χρήστες εδάφους, από αέρος, όταν το επίγειο δίκτυο επικοινωνίας δεν είναι διαθέσιμο [75]. Τα drones μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως κινητοί σταθμοί βάσης (BS) , δημιουργώντας ασύρματα δίκτυα σε σύντομο χρονικό διάστημα. Επιπλέον, τα drones μπορούν να πετάξουν, προσαρμόζοντας τις θέσεις τους, για να παρέχουν συνδεσιμότητα Line-of-Sight (LoS) στους κόμβους εδάφους, οι οποίοι μπορούν να βελτιώσουν σημαντικά την απόδοση του δικτύου σε σύγκριση με τις επίγειες επικοινωνίες. Επίσης, τα drones μπορούν να αναπτυχθούν γρήγορα για να παρέχουν ασύρματες επικοινωνίες σε απομακρυσμένα μέρη με περίπλοκες συνθήκες, όπως περιοχές καταστροφών και επείγοντα γεγονότα [76-77], λόγω της ευελιξίας και της κινητικότητάς τους.

Τα drones μπορούν να εξοπλισθούν με servers MEC – Mobile Edge Computing, που τους δίνει την δυνατότητα να μπορούν να ανταποκριθούν γρήγορα σε αιτήματα επικοινωνίας και επεξεργασίας δεδομένων. Η τεχνολογία MEC μπορεί να παρέχει δυνατότητες cloud computing σε ένα δίκτυο κινητής τηλεφωνίας, διασφαλίζοντας εξαιρετικά χαμηλή καθυστέρηση και υψηλό εύρος ζώνης για τους χρήστες [78]. Τα drones με δυνατότητες επικοινωνίας, επεξεργασίας και αποθήκευσης μπορούν να

Απαιτήσεις & τεχνολογικές προκλήσεις για μετάβαση στην 6η γενιά κινητών επικοινωνιών

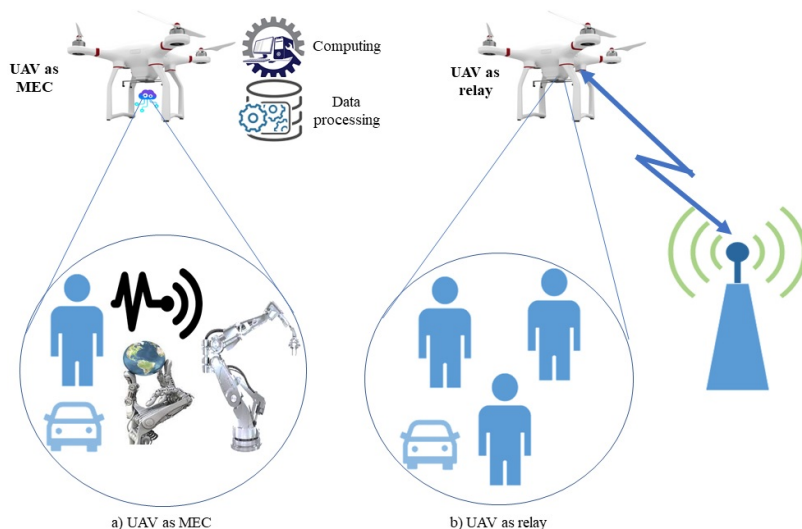
λειτουργήσουν ως ιπτάμενα MEC περιφερειακά των συστημάτων IoT. Σε αυτό το σενάριο, είτε εν μέρει είτε πλήρως, οι συσκευές IoT, λόγω περιορισμένων πόρων, μπορούν να μεταφέρουν τις υπολογιστικές τους εργασίες σε drones που είναι τοποθετημένα σε MEC μέσω επικοινωνίας LoS.



Σχήμα 8: Σύνολο από πιθανές χρήσεις drones

Ένα drone με υπολογιστική δυνατότητα, έχοντας κινητικότητα κατ' απαίτηση, μπορεί να παρέχει υπηρεσίες υπολογιστών για χρήστες κινητών τηλεφώνων καλύτερες σε ορισμένες περιπτώσεις από τις υποδομές σταθερής επικοινωνίας. Τα πλεονεκτήματα ενός drone με υπολογιστική δυνατότητα διαφαίνονται σε καταστάσεις όπου οι υποδομές σταθερής επικοινωνίας δεν μπορούν να ανταποκριθούν στις υπολογιστικές απαιτήσεις των χρηστών εδάφους, όπως τοποθεσίες μακριά από εγκαταστάσεις επικοινωνίας και μέρη όπου έχουν καταστρέψει φυσικές καταστροφές επικοινωνιακή υποδομή. Ένα drone μπορεί να πετάξει σε συγκεκριμένες τοποθεσίες κατόπιν αιτήματος για να βοηθήσει τους χρήστες με υπολογιστικές ανάγκες, όπως εξοπλισμό παρακολούθησης, για την ολοκλήρωση κάποιων εργασιών.

Απαιτήσεις & τεχνολογικές προκλήσεις για μετάβαση στην 6η γενιά κινητών επικοινωνιών



Σχήμα 9: Χρήση drone με MEC και την χρήση ως εναέριου Access Point για την διασύνδεση με το ασύρματο δίκτυο – διαδίκτυο

Τα intelligent surfaces (έξυπνες επιφάνειες) αντανακλούν αυτόματα ηλεκτρομαγνητικά σήματα προς την επιθυμητή κατεύθυνση για τη βελτίωση των συνθηκών διάδοσης και ποιότητας σύνδεσης της επικοινωνίας. Τα drones για χρήση από κινητή τηλεφωνία, μπορούν να χρησιμοποιούν intelligent surfaces για να χειριστούν το πρόβλημα των κεραιών BS με κλίση προς τα κάτω, αντανακλώντας βέλτιστα τα σήματα προς drones στον αέρα, μετριάζοντας παρεμβολές.

Οι περισσότερες συσκευές που εφαρμόζουν 6G τεχνολογίες, χρησιμοποιούν περισσότερη ενέργεια από τις προηγούμενες γενιές, λόγω της τεράστιας χωρητικότητας καναλιού σε ζώνες υψηλότερων συχνοτήτων. Η τεχνολογία της ασύρματης συλλογής ενέργειας θα χρειασθεί να χρησιμοποιήσει πολλά σενάρια σε σχέση με την κατανάλωση ενέργειας από αυτές τις συσκευές. Τα drones έχουν μπαταρίες με περιορισμένη διάρκεια ζωής. Είναι βέβαιο ότι τα drones αναμένουν ωφέλει από τις τεχνολογίες συλλογής και ασύρματης μεταφοράς ενέργειας από επίγειους σταθμούς.

Εφαρμογές του UAV computing

Τα drones και ειδικά αυτά με mobile edge computing δυνατότητες, έχουν κινήσει το ενδιαφέρον πολλών ερευνητών. Αποτελούν την βέλτιστη επιλογή για αρκετές εφαρμογές IoT σε κλάδους όπως υπηρεσίες επικοινωνιών, καταστάσεων έκτακτης ανάγκης, γεωργίας, παραδόσεων, επιτήρησης κ.α. Στην συνέχεια της ενότητας αυτής, αναφέρονται μερικές από τις βασικές εφαρμογές.

Γεωργία

Τα drones έχουν χρησιμοποιηθεί για τη σάρωση μεγάλων γεωργικών εκτάσεων για να ανακαλύψουν νωρίς ασθένειες που θέτουν σε κίνδυνο την ποιότητα των φυτών. Χρησιμοποιώντας την επεξεργασία εικόνων και την ταξινόμηση AI με βάση την αρχιτεκτονική του IoT και τη λήψη δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, το αναπτυσσόμενο σύστημα μπορεί να προβλέψει γεωργικές ασθένειες σε πραγματικό χρόνο [79].

Υγεία

Τα drones μπορούν να βοηθήσουν στη διαχείριση διαφόρων ζητημάτων δημόσιας υγείας, συμπεριλαμβανομένων επιδημιών και επικίνδυνων ασθενειών όπως το πρόσφατο COVID-19, όπου μερικές χώρες χρησιμοποίησαν drones για να ανιχνεύσουν τη εξάπλωση του ιού, να εντοπίσουν ασθενείς και να εκτιμήσουν τους παράγοντες κινδύνου, θνησιμότητας, χρησιμοποιώντας αλγόριθμους τεχνητής νοημοσύνης στα δεδομένα που αποκτήθηκαν.

Τα drones έχουν χρησιμοποιηθεί για την παρακολούθηση πλήθους, τη μετάδοση δημόσιων ανακοινώσεων και πληροφοριών, τον ψεκάσμο απολυμαντικών, και πραγματοποίηση μετρήσεων θερμοκρασίας σε διάφορα οικιστικά περιβάλλοντα [80].

Φυσικές καταστροφές

Τα πλεονεκτήματα των MEC drones αναδεικνύονται σε περιπτώσεις όπου οι σταθερές υποδομές επικοινωνιών δεν μπορούν να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις των χρηστών, όπως τοποθεσίες μακριά από εγκαταστάσεις επικοινωνίας και μέρη όπου οι φυσικές καταστροφές έχουν καταστρέψει τις υποδομές. Το drone μπορεί να πετάξει σε συγκεκριμένες τοποθεσίες για να συμβάλει με υπολογιστικές δυνατότητες. Τα MEC drones μπορούν να μειώσουν σημαντικά την καταπόνηση των υπολογιστών σε συγκεκριμένες τοποθεσίες λόγω της κινητικότητάς τους κατ' απαίτηση. Μια έγκαιρη και αποτελεσματική αντίδραση είναι απαραίτητη κατά τη διάρκεια φυσικών καταστροφών για να βοηθηθούν άνθρωποι, να αποφευχθεί η αύξηση του αριθμού των θυμάτων και να μειωθεί η οικονομική ζημιά [81,82].

Πιο συγκεκριμένα, τα drones μπορούν να ανταποκριθούν άμεσα σε αιτήματα βοήθειας από σεισμό, να εντοπίσουν άτομα που αγνοούνται και να βοηθήσουν στην παρακολούθηση και τη διάσωση των θυμάτων από τις πλημμύρες [83]. Επιπλέον, μπορεί να γίνει χρήση MEC drones με AI για τη συλλογή τεράστιων δεδομένων από διάφορους αισθητήρες που είναι εγκατεστημένοι στο περιβάλλον, η επεξεργασία των οποίων μπορεί να βοηθήσει στην πρόβλεψη και δράση σε φυσικές καταστροφές όπως ανεμοστρόβιλοι, ηφαιστειακές εκρήξεις, τσουνάμι και καταιγίδες.

Επιτήρηση

Τα drones μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παρακολούθηση και την έρευνα σε πολλά σενάρια εφαρμογών, όπως η παρακολούθηση του περιβάλλοντος και της άγριας ζωής και ο έλεγχος της κυκλοφορίας, η παρακολούθηση ενός αρχαιολογικού χώρου και συγκέντρωση δεδομένων. Η τεχνολογία drone μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί ως πλατφόρμα υποστήριξης για ηλικιωμένους, για την παρακολούθηση ζώων σε δύσβατες και απομακρυσμένες περιοχές [84].

Έξυπνα περιβάλλοντα

Τα drones αναμένεται να παρέχουν υπηρεσίες επικοινωνίας σε ετερογενείς έξυπνες συσκευές σε μητροπολιτικά περιβάλλοντα για τη βελτίωση των έξυπνων εφαρμογών.

Industry 5.0

Το Industry 5.0 είναι ένα υπό έρευνα βιομηχανικό πρότυπο που δίνει προτεραιότητα στην αλληλεπίδραση ανθρώπου – μηχανής. Τεχνολογίες που συμβάλουν στην έρευνα για το industry 5.0 είναι το AI, distributed computing, 6G, industrial edge computing κ.α.

Η διαθεσιμότητα του AI UAV computing για την τοπική επεξεργασία δεδομένων και τη λήψη αποφάσεων σε πραγματικό χρόνο και ο υπολογιστής UAV αποτελούν βασικά στοιχεία της επανάστασης του 6G. Τα drones μπορούν να διαδραματίσουν ενεργό ρόλο στην εξέλιξη του industry 5.0.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ & ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ

Η τεχνολογία 5G έχει ήδη εφαρμοσθεί σε πολλές χώρες, οι εφαρμογές της κάνουν σε άλλες χώρες μικρότερα, σε άλλες μεγαλύτερα βήματα, αλλά ο κόσμος των τηλεπικοινωνιών έχει ήδη ενθουσιαστεί με τις δυνατότητες που προσφέρει η τεχνολογία 6G. Η μετάβαση από το 4G στο 5G έγινε σταδιακά και κάπως έτσι φαίνεται ότι θα γίνει και η επόμενη. Όπως το 2015 καθορίστηκαν οι προδιαγραφές για το 5G (IMT-2015) έτσι αναμένεται και το IMT-2030 γύρο στο 2025 για το 6G.

Οι βασικές τεχνολογίες έχουν ήδη καθορισθεί, AI, ML, MEC κ.α. Υπέρ υψηλή συχνότητα 24-52GHz και mmWave, με την έρευνα να στοχεύει ενός ακόμα υψηλότερου φάσματος στην περιοχή των 100GHz – 10THz, καθυστέρηση δικτύου μικρότερη ή ίση του 1μs, ο συνδυασμός όλων των παραπάνω έχει κινήσει τεράστιο ενδιαφέρον ερευνητών του χώρου για την δημιουργία εφαρμογών, αδιανόητων για την προηγούμενη δεκαετία και πριν.

Εφαρμογές XR, ήτοι AR, VR, MR έχουν ήδη αρχίσει να υλοποιούνται και αναμένεται να θριαμβεύσουν τα επόμενα χρόνια. Επίσης, οι ειδικοί του χώρου προβλέπουν και μία νέα τεχνολογία να έρθει στο προσκήνιο. Μια νέα σχέση ανθρώπου – μηχανής, όπου οι άνθρωποι θα αλληλεπιδρούν με το περιβάλλον τους και με άλλους χρήστες μέσω αισθητηριακών και απτικών μηνυμάτων.

Αυτό το νέο περιβάλλον πολλαπλών κόσμων, που έχει κυκλοφορήσει και με την ονομασία meta – universe ή metaverse θα δημιουργήσει ψηφιακές κοινότητες που θα αλληλεπιδρούν σε αυτό το περιβάλλον. Από τεχνολογικής απόψεως, το metaverse παρουσιάζεται ως ένα εργαλείο με υπερφυσικές δυνατότητες, όπου σε συνδυασμό με AI και ML θα ορίσει νέες παραγωγικές διαδικασίες ακόμα και δυνατότητες πρόβλεψης και επίλυσης προβλημάτων πριν καν εμφανισθούν στο φυσικό κόσμο. Ο άνθρωπος του σήμερα οφείλει να αντιμετωπίσει - παρακολουθήσει το metaverse με υπέρμετρο σκεπτικισμό. Ο όρος 'σκεπτικισμός' είναι ο καταλληλότερος που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί στην προηγούμενη πρόταση, διότι 'αμφισβητεί την πιστότητα και την ορθότητα, θεωρώντας ότι ο άνθρωπος είναι μερικώς ανάκανος στο να αποκτήσει έγκυρη και σωστή γνώση, διότι γίνεται ασυνείδητα θύμα των αισθήσεών του' [Wikipedia].

Το 6G έχει τις δυνατότητες να φέρει επανάσταση σε πολλές τεχνολογίες και εφαρμογές. Υπάρχουν πλήθος από εφαρμογές που θα εξαρτηθούν πλήρως από την τεχνολογία επικοινωνίας 6G, ιδιαίτερα, η τεχνολογία οχημάτων, οι τομείς της υγειονομικής περίθαλψης, οι σύγχρονες πόλεις και οι βιομηχανίες. Πολλές νέες τεχνολογίες και εφαρμογές δεν έχουν ακόμη σχεδιαστεί λόγω έλλειψης της τεχνολογίας επικοινωνίας 6G.

Είναι βέβαιο ότι ο κόσμος βαίνει από μια έξυπνη εποχή σε μία ευφυή εποχή και αυτή η μετάβαση θα αλλάξει στον άνθρωπο την αντίληψη για τον τρόπο ζωής του, κοινωνικής διαβίωσης και επιχειρηματικότητας.-

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. 2. 4G: LTE-LTE Advanced for mobile broadband, E. Dahlman, S. Parkvall, J. Skold, Elsevier 2014, c1.5, p. 3-15
3. Y. Zhao, G. Yu, & H. Xu (2019, May): 6G Mobile Communication Network: Vision, Challenges and Key Technologies, <https://www.researchgate.net/publication/333077530>
4. H.P. Baviskar, & U.P. Shah (2021, February): A Review on Future Generation Technology: 6G Networks. Journal of Emerging Technologies and Innovative Research, <https://www.jetir.org/papers/JETIR2102186>.
5. W. Jiang, B. Han, M.A. Habibi, & H.D. Schotten (2021): The Road Towards 6G: A Comprehensive Survey. IEEE Open Journal of the Communications Society, p.321-360
6. C. De Alwis, A. Kalla, Q.-V. Pham, P. Kumar, K. Dev, W.-J. Hwang, & M. Liyanage (2021): Survey on 6G Frontiers: Trends, Applications, Requirements, Technologies and Future Research., p.840-887
7. A. Dogra, R.K. Jha, & S. Jainn (2021, May): A Survey on Beyond 5G Network With the Advent of 6G: Architecture and Emerging Technologies. IEEE Access, vol.9
8. James Sanders, 5G mobile networks, an insider guide, Techrepublic.com, 2020, p. 1-10
9. 26. Y. Zhou, L. Liu, L. Wang, N. Hui, X. Cui, J. Wu, Y. Peng, Y. Qi, & C. Xing (2020, June): Service-aware 6G: An intelligent and open network based on the convergence of communication, computing and caching. Digital Communications and Networks, pp.240-265.
10. F. Qamar, M.U.A. Siddiqui, M. Hindia, R. Hassan, & Q. Nguyen (2020): Issues, challenges, and research trends in spectrum management: A comprehensive overview and new vision for designing 6g networks. Electronics (MDPI) no.9
11. Proactive content caching in edge computing environment: A review Rafat Aghazadeh, Ali Shahidinejad, Mostafa Ghobaei-Arani, 2021, p.811-855
12. 13. Software defined networking, a comprehensive survey, Diego Kreutz, Fernando M. V. Ramos, Paulo Verissimo, Christian Esteve Rothenberg, Siamak Azodolmolky, Steve Uhlig, 2014, p. 1-5
14. Making 5G a commercial success, Huawei Tech, 2020, <https://www.huawei.com/en/huaweitech/publication/winwin/35/making-5g-a-commercial-success>
15. G. Berardinelli, N.H. Mahmood, I. Rodriguez & P. Mogensen (2018): Beyond 5G Wireless IRT for Industry 4.0: Design Principles and Spectrum Aspects. In: pp.1-10
16. Mckinsey, Industry 4.0 and FIR, white paper, 2022

17. A manufacturer's guide to scaling industrial IoT," February 5, 2021, Andreas Behrendt, Enno de Boer, Tarek Kasah, Bodo Koerber, Niko Mohr, and Gérard Richter, p. 5-10
18. "Lighthouses reveal a playbook for responsible industry transformation," 2022, Francisco Betti, Enno de Boer, and Yves Giraud p. 6-14
19. Machine vision for Industry 4.0, R. Raut, s. Krit, P. Chattejee, CRC press, 2022, p. 9 -16
20. Guo Y., Zhao Z., He K., Lai S., Xia J., Fan L.
Efficient and flexible management for industrial internet of things: A federated learning approach Comput. Netw.(2021)
- 21-22. Lee J, Bagheri B, Kao H-A. A cyber-physical systems architecture for industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing letters* 2015;3:18–23.
23. An imperative role of 6G communication with perspective of industry 4.0: Challenges and research directions, *Sustainable Energy Technologies and Assessments* (2023) 103047
Yamini Ghildiyal a, Rajesh Singh a,c, Ahmed Alkhayyat b, Anita Gehlot a,c, Praveen Malik d, Rohit Sharma e,*, Shaik Vaseem Akram a, Lulwah M. Alkwai p. 1-11
- 24-25. Letaief KB, et al. The roadmap to 6G: AI empowered wireless networks. *IEEE Commun Mag* 2019;57(8):84–90.
26. Giordani M, et al. Toward 6G networks: Use cases and technologies. *IEEE Commun Mag* 2020;58(3):55–61.
27. De Alwis C, et al. Survey on 6G frontiers: Trends, applications, requirements, technologies and future research. *IEEE Open J Commun Soc* 2021;2:836–86.
28. Han C, et al. Terahertz communications (TeraCom): Challenges and impact on 6G wireless systems. *arXiv preprint arXiv:1912.06040*. 2019.
- 29-30. Haas H, Elmirghani J, White I. Optical wireless communication. *Phil Trans R Soc A* 2020;378(2169):20200051.
31. Lu L, et al. An overview of massive MIMO: Benefits and challenges. *IEEE J Selected Topics Signal Process* 2014;8(5):742–58.
32. Osseiran, Afif, et al. "Internet of things." *IEEE Communications Standards Magazine* 1.2 (2017): 84-84.
- 33-34. 44] Stergiou CL, Psannis KE, Gupta BB. IoT-based big data secure management in the fog over a 6G wireless network. *IEEE Internet Things J* 2020;8(7):5164–71.
35. Zhang S, Zhu D. Towards artificial intelligence enabled 6G: State of the art, challenges, and opportunities. *Comput Netw* 2020;183:107556.

36. Zheng, Zibin, et al. "Blockchain challenges and opportunities: A survey." *International journal of web and grid services* 14.4 (2018): 352-375.
37. Gupta L, Jain R, Vaszkun G. Survey of important issues in UAV communication networks. *IEEE Commun Surv Tutor* 2015;18(2):1123–52.
38. Boschert S, Rosen R. Digital twin—the simulation aspect. *Mechatronic futures*. Springer: Cham; 2016. p. 59–74.
39. Ismail T, Mahmoud HH. Optimum functional splits for optimizing energy consumption in V-RAN. *IEEE Access*. 2020;8:194333-194341.
40. Newman H. LHCNet: Wide Area Networking and Collaborative Systems for HEP. Pasadena, CA: California Institute of Technology; 2007.
41. Chip-to-Chip and On-Chip Communications, Josef A. Nossek, Peter Russer, Tobias Noll, Amine Mezghani, Michel T. Ivrlač, Matthias Korb, Farooq Mukhtar, Hristomir Yordanov, Johannes A. Russe, ch3.
42. N. Gonzalez-Prelcic and R. W. Heath, "Vehicle-to-everything (V2X) communication in 5G and beyond," Tutorial at IEEE International Conference on Communication (ICC), June 2020.
43. G. P. Fettweis, "The tactile internet: Applications and challenges," *IEEE Vehicular Technology Magazine*, vol. 9, pp. 64–70, January 2014
- 44 - 45. V. Petrov, J. Kokkonen, D. Moltchanov, J. Lehtomaki, Y. Koucheryavy, and M. Juntti, "Last meter indoor terahertz wireless access: Performance insights and implementation roadmap," *IEEE Communications Magazine*, vol. 56, pp. 158–165, June 2018.
46. Stefanova-Pavlova, M.; Andonov, V.; Tasseva, V.; Gateva, A.; Stefanova, E. Generalized nets in medicine: An example of telemedicine for people with diabetes. Publishing: Berlin, Germany, 2016; pp. 327–357.
47. Taleb, H.; Nasser, A.; Andrieux, G.; Charara, N.; Motta Cruz, E. Wireless technologies, medical applications and future challenges in WBAN: A survey. *Wirel. Netw.* 2021, 27, 5271–5295
48. Kashani, M.H.; Madanipour, M.; Nikravan, M.; Asghari, P.; Mahdipour, E. A systematic review of IoT in healthcare: Applications, techniques, and trends. *J. Netw. Comput. Appl.* 2021, 192, 103164
49. Bhuiyan, M.N.; Rahman, M.M.; Billah, M.M.; Saha, D. Internet of things (IoT): A review of its enabling technologies in healthcare applications, standards protocols, security, and market opportunities. *IEEE Internet Things J.* 2021, 8, 10474–10498.
50. stepanaian, R.S.; Zhang, Y.T. Guest editorial introduction to the special section: 4G health—The long-term evolution of m-health. *IEEE Trans. Inf. Technol. Biomed.* 2012, 16, 1–5
51. Padhi, P.K.; Charrua-Santos, F. 6G enabled tactile internet and cognitive internet of healthcare everything: Towards a theoretical framework. *Appl. Syst. Innov.* 2021, 4, 66.

52. Nasralla, M.M. Sustainable virtual reality patient rehabilitation systems with IoT sensors using virtual smart cities. *Sustainability* 2021, 13, 4716
53. David, K.; Berndt, H. 6G vision and requirements: Is there any need for beyond 5G? *IEEE Veh. Technol. Mag.* 2018, 13, 72–80
54. Promwongsa, N.; Ebrahimzadeh, A.; Naboulsi, D.; Kianpisheh, S.; Belqasmi, F.; Glitho, R.; Crespi, N.; Alfandi, O. A comprehensive survey of the tactile internet: State-of-the-art and research directions. *IEEE*. 2020, 23, 472–523
55. Saad, W.; Bennis, M.; Chen, M. A vision of 6G wireless systems: Applications, trends, technologies, and open research problems. *IEEE Netw.* 2019, 34, 134–142
56. Li, Y.; Huang, J.; Sun, Q.; Sun, T.; Wang, S. Cognitive service architecture for 6g core network. *IEEE Trans. Ind. Inform.* 2021, 17, 7193–7203
57. Chowdhury, M.Z.; Shahjalal, M.; Ahmed, S.; Jang, Y.M. 6G wireless communication systems: Applications, requirements, technologies, challenges, and research directions. *IEEE Open J. Commun. Soc.* 2020, 1, 957–975
58. Lin, C.T.; Chiu, C.Y.; Singh, A.K.; King, J.T.; Ko, L.W.; Lu, Y.C.; Wang, Y.K. A wireless multifunctional ssvp-based brain–computer interface assistive system. *IEEE Trans. Cogn. Dev. Syst.* 2018, 11, 375–383
59. Tang, F.; Kawamoto, Y.; Kato, N.; Liu, J. Future intelligent and secure vehicular network toward 6G: Machine-learning approaches. *Proc. IEEE* 2019, 108, 292–307
60. Yu, S.; Yi, F.; Qiulin, X.; Liya, S. A Framework of 5G Mobile-health Services for Ambulances. In *Proceedings of the 2020 IEEE 20th International Conference on Communication Technology (ICCT)*, Nanning, China, 28–31 October 2020; pp. 528–532.
61. Lu, Y.; Zheng, X. 6G: A survey on technologies, scenarios, challenges, and the related issues. *J. Ind. Inf. Integr.* 2020, 19, 100158.
62. Akyildiz, I.F.; Pierobon, M.; Balasubramaniam, S.; Koucheryavy, Y. The internet of bio-nano things. *IEEE Commun. Mag.* 2015, 53, 32–40
63. Suda, T.; Nakano, T. Molecular communication: A personal perspective. *IEEE Trans. Nanobiosci.* 2018, 17, 424–432.
64. Mahdi, M.N.; Ahmad, A.R.; Qassim, Q.S.; Natiq, H.; Subhi, M.A.; Mahmoud, M. From 5G to 6G technology: Meets energy, internet-of-things and machine learning: A survey. *Appl. Sci.* 2021, 11, 8117
65. Akan, O.B.; Ramezani, H.; Khan, T.; Abbasi, N.A.; Kuscu, M. Fundamentals of molecular information and communication science. *Proc. IEEE* 2016, 105, 306–318

66. Kamruzzaman 6G wireless communication assisted security management using cloud edge computing 2022
67. Ji et al. Amalgamation of Blockchain and Iot For Smart Cities Underlying 6G Communication: A Comprehensive Review
68. Ho, T.M.; Tran, T.D.; Nguyen, T.T.; Kazmi, S.M.; Le, L.B.; Hong, C.S.; Hanzo, L. Next-generation wireless solutions for the smart factory, smart vehicles, the smart grid and smart cities. arXiv 2019, arXiv:1907.10102.
69. Hakeem, S. A., Hady, A. A., Kim, H. (2021). Optimizing 5G in V2X communications: Technologies, requirements, challenges, and standards. In Research Anthology on Developing and Optimizing 5G Networks and the Impact on Society (pp. 972-1011). IGI Global.
70. P. Bazilinskyy, S. M. Petermeijer, V. Petrovych, D. Dodou, and J. C. F. de Winter, “Take-over requests in highly automated driving: A crowdsourcing survey on auditory, vibrotactile, and visual displays,” *Transp. Res. F, Traffic Psychol. Behaviour*, vol. 56, pp. 82–98, Jul. 2018.
71. T. Luczak, R. Burch, E. Lewis, H. Chander, J. Ball, State-of-the-Art Review of Athletic Wearable Technology: *Sports, Int* 15 (1) (2020) 26–40
72. S. Khan, S. Parkinson, L. Grant, N. Liu, S. Mcguire, Biometric Systems Utilising Health Data from Wearable Devices: Applications and Future Challenges in Computer Security, *ACM Comput. Surv.* 53 (4) (2020) 1–29.
73. She, C.; Sun, C.; Gu, Z.; Li, Y.; Yang, C.; Poor, H.V.; Vucetic, B. A Tutorial of Ultra-Reliable and Low-Latency Communications in 6G: Integrating Theoretical Knowledge into Deep Learning. arXiv 2020, arXiv:2009.06010.
74. Yu, J.J.; Zhao, M.; Li, W.T.; Liu, D.; Yao, S.; Feng, W. Joint offloading and resource allocation for time-sensitive multi-access edge computing network. In *Proceedings of the 2020 IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC)*, Seoul, Korea, 25–28 May 2020; pp. 1–6
75. Xu, L.; Chen, M.; Chen, M.; Yang, Z.; Chaccour, C.; Saad, W.; Hong, C.S. Joint location, bandwidth and power optimization for THz-enabled UAV communications. *IEEE Commun. Lett.* 2021, 25, 1984–1988
76. Alsamhi, S.H.; Almalki, F.A.; Ma, O.; Ansari, M.S.; Angelides, M.C. Performance optimization of tethered balloon technology for public safety and emergency communications. *Telecommun. Syst.* 2020, 75, 235–244
77. Alsamhi, S.H.; Ansari, M.S.; Rajput, N.S. Disaster coverage predication for the emerging tethered balloon technology: Capability for preparedness, detection, mitigation, and response. *Disaster Med. Public Health Prep.* 2018, 12, 222–23
78. Mach, P.; Becvar, Z. Mobile edge computing: A survey on architecture and computation offloading. *IEEE Commun. Surv. Tutorials* 2017, 19, 1628–1656

79. Kitpo, N.; Inoue, M. Early rice disease detection and position mapping system using drone and IoT architecture. In Proceedings of the 2018 12th South East Asian Technical University Consortium (SEATUC), Yogyakarta, Indonesia, 12–13 March 2018; Volume 1, pp. 1–5.

80. Chamola, V.; Hassija, V.; Gupta, V.; Guizani, M. A comprehensive review of the COVID-19 pandemic and the role of IoT, drones, AI, blockchain, and 5G in managing its impact. *IEEE Access* 2020, 8, 90225–90265

81. Saif, A.; Dimyati, K.; Noordin, K.A.; Shah, N.S.M.; Alsamhi, S.; Abdullah, Q.; Farah, N. Distributed clustering for user devices under UAV coverage area during disaster recovery. In Proceedings of the 2021 IEEE International Conference in Power Engineering Application (ICPEA), Selangor, Malaysia, 8–9 March 2021; pp. 143–148.

82. Saif, A.; Dimyati, K.; Noordin, K.A.; Shah, N.S.M.; Alsamhi, S.; Abdullah, Q. Energy-efficient tethered UAV deployment in B5G for smart environments and disaster recovery. In Proceedings of the 2021 1st International Conference on Emerging Smart Technologies and Applications (eSmarTA), Sana'a, Yemen, 10–12 August 2021; pp. 1–5.

83. Cowley, D.C.; Moriarty, C.; Geddes, G.; Brown, G.L.; Wade, T.; Nichol, C.J. UAVs in context: Archaeological airborne recording in a national body of survey and record. *Drones* 2017, 2, 2

84. Mangewa, L.J.; Ndakidemi, P.A.; Munishi, L.K. Integrating UAV technology in an ecological monitoring system for community wildlife management areas in Tanzania. *Sustainability* 2019 .-