



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ**  
**ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΔΙΚΤΥΑ 5G - PPP ΚΑΙ ΟΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥΣ**

**Πολομαρκάκης Χαράλαμπος**  
**Πάρανομος Χρήστος**

**Εισηγητής: Δρ Παναγιώτης Γιαννακόπουλος, Καθηγητής**

**ΑΘΗΝΑ**  
**ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2018**



**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΔΙΧΤΥΑ 5G - PPP ΚΑΙ ΟΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥΣ**

**Πολομαρκάκης Χαράλαμπος      AM 42718**  
**Παράνομος Χρήστος              AM 43445**

**Εισηγητής:**

**Δρ Παναγιώτης Γιαννακόπουλος, Καθηγητής**



## ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο/Η κάτωθι υπογεγραμμένος/η .....  
του ....., με αριθμό μητρώου .....  
φοιτητής/τρια του Τμήματος Μηχανικών Η/Υ Συστημάτων Τ.Ε.  
του Α.Ε.Ι. Πειραιά Τ.Τ. πριν αναλάβω την εκπόνηση της Πτυχιακής Εργασίας μου,  
δηλώνω ότι ενημερώθηκα για τα παρακάτω:

«Η Πτυχιακή Εργασία (Π.Ε.) αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο του συγγραφέα, όσο και του Ιδρύματος και θα πρέπει να έχει μοναδικό χαρακτήρα και πρωτότυπο περιεχόμενο.

Απαγορεύεται αυστηρά οποιοδήποτε κομμάτι κειμένου της να εμφανίζεται αυτούσιο ή μεταφρασμένο από κάποια άλλη δημοσιευμένη πηγή. Κάθε τέτοια πράξη αποτελεί προϊόν λογοκλοπής και εγείρει θέμα Ηθικής Τάξης για τα πνευματικά δικαιώματα του άλλου συγγραφέα. Αποκλειστικός υπεύθυνος είναι ο συγγραφέας της Π.Ε., ο οποίος φέρει και την ευθύνη των συνεπειών, ποινικών και άλλων, αυτής της πράξης.

Πέραν των όποιων ποινικών ευθυνών του συγγραφέα σε περίπτωση που το Ίδρυμα του έχει απονείμει Πτυχίο, αυτό ανακαλείται με απόφαση της Συνέλευσης του Τμήματος. Η Συνέλευση του Τμήματος με νέα απόφασης της, μετά από αίτηση του ενδιαφερόμενου, του αναθέτει εκ νέου την εκπόνηση της Π.Ε. με άλλο θέμα και διαφορετικό επιβλέποντα καθηγητή. Η εκπόνηση της εν λόγω Π.Ε. πρέπει να ολοκληρωθεί εντός τουλάχιστον ενός ημερολογιακού 6μήνου από την ημερομηνία ανάθεσης της. Κατά τα λοιπά εφαρμόζονται τα προβλεπόμενα στο άρθρο 18, παρ. 5 του ισχύοντος Εσωτερικού Κανονισμού.»



## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Θα ήθελα να πω ένα μεγάλο ευχαριστώ στα άτομα που κατά τη διάρκεια της φοίτησης μου στο τμήμα Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστικών Συστημάτων (Μ.Η.Υ.Σ.) με βοήθησαν για να εκπληρώσω με επιτυχία τις σπουδές.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένεια μου ξεχωριστά και στους φίλους –ες που με παρακίνησαν να είμαι αποτελεσματικός και να σκέφτομαι θετικά και πάνω απ' όλα σωστά.

Και τέλος ένα μεγάλο ευχαριστώ για τον εισηγητή της πτυχιακής μου με βοήθησε με τις χρήσιμες συμβουλές του για το θετικό αποτέλεσμα της εργασίας αυτής.





## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην πτυχιακή αυτή εργασία θα αναφερθούμε στα δίκτυα 5g. Αρχικά θα εξηγήσουμε τι είναι τα ασύρματα δίκτυα και η επικοινωνία. Θα γίνει μία παρουσίαση των κατηγοριών ασύρματης σύνδεσης όπως 1g,2g κλπ. Εμείς θα δώσουμε έμφαση στα αναμενόμενα(για τη χώρα μας) δίκτυα 5g. Θα γίνει η περιγραφή τους και η ανάλυση των χαρακτηριστικών τους. Θα εξηγήσουμε τον τρόπο λειτουργίας τους (αρχιτεκτονική) και θα παραθέσουμε τον τρόπο με τον οποίο θα επετεύχθη η μετάβαση από 4g σε 5g καθώς και το πρότυπο 5g - PPP. Φυσικά δεν θα μπορούσαμε να μην ασχοληθούμε με τα αντίστοιχα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας αφού τα smartphones εξελίσσονται ταχύτατα και η ακόμα αποδοτικότερη σύνδεση τους στα δίκτυα θα είναι πλέον αναγκαία. Τέλος, θα αναφερθούμε σε μελλοντικά ασύρματα δίκτυα, μεταγενέστερες τεχνολογίες δικτύων και καινοτόμες τεχνολογίες αφού ο κλάδος της πληροφορικής γενικότερα εξελίσσεται με μεγάλες ταχύτητες σε ότι τον αφορά!

## **ABSTRACT**

In this specific diploma thesis we will mention 5g network and its capabilities. First we will make an effort to explain what is the meaning of wireless network and communication. Our presentation will be concentrated in categories of wireless networks such as 1g,2g etc. We will emphasise in 5g network and their description and analyze their characteristics. We will explain their functionality and how we can succeed the transition from 4g network in 5g as well as 5gPPP. In addition our thesis points out mobile network telephony because smartphones have a rapid development and their connection with network is necessary. Furthermore we will mention future wireless network, network and innovation technologies and generally Information Technology.

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ: Δίκτυα

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Δίκτυα, Ασύρματα & Ενσύρματα δίκτυα, 5G, αρχιτεκτονική

δικτύων, 5G - PPP

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>1.</b>	<b>Αντικείμενο Πτυχιακής &amp; Ιστορική Αναδρομή.....</b>	<b>20</b>
1.1	Περιγραφή του αντικειμένου της πτυχιακής εργασίας .....	21
1.2	Ιστορική αναδρομή .....	21
1.2.1	Άνθρωπος και επικοινωνία .....	21
1.2.2	Δίκτυο .....	22
1.2.3	Η εμφάνιση του Διαδικτύου.....	23
1.2.4	Διάδοση και εξάπλωση του Διαδικτύου.....	24
1.2.5	Το διαδίκτυο σήμερα .....	24
1.2.6	Η μάχη της εξέλιξης .....	25
<b>2.</b>	<b>Δίκτυα &amp; Κατηγορίες Δικτύων.....</b>	<b>26</b>
2.1	Δίκτυα & κατηγορίες Δικτύων .....	27
2.2	Ενσύρματα Δίκτυα .....	27
2.3	Ασύρματα Δίκτυα .....	28
2.4	Κυψελωτά Συστήματα .....	29
2.5	Ασύρματα Δίκτυα .....	29
2.5.1	1G (1 <sup>η</sup> Γενιά δικτύων κινητής τηλεφωνίας) .....	30
2.5.2	2G (2 <sup>η</sup> Γενιά δικτύων κινητής τηλεφωνίας) .....	30
2.5.3	2.5G (2.5 <sup>η</sup> Γενιά δικτύων κινητής τηλεφωνίας) .....	31
2.5.4	2.75G (2.75 <sup>η</sup> Γενιά δικτύων κινητής τηλεφωνίας) .....	32
2.5.5	3G (3 <sup>η</sup> Γενιά δικτύων κινητής τηλεφωνίας) .....	32
2.5.6	3.5G (3.5 <sup>η</sup> Γενιά δικτύων κινητής τηλεφωνίας) .....	33
2.5.7	4G (4 <sup>η</sup> Γενιά δικτύων κινητής τηλεφωνίας) .....	33
2.5.8	5G (5 <sup>η</sup> Γενιά δικτύων κινητής τηλεφωνίας) .....	35
<b>3.</b>	<b>Δίκτυα &amp; Κατηγορίες Δικτύων.....</b>	<b>38</b>
3.1	Περιγραφή .....	39
3.2	Χαρακτηριστικά .....	39
3.3	Αρχιτεκτονική .....	41
3.3.1	1 <sup>η</sup> Αρχιτεκτονική fronthaul και backhaul .....	41
3.3.2	2 <sup>η</sup> Αρχιτεκτονική οπτικής ασύρματης επικοινωνίας .....	43
3.3.3	3 <sup>η</sup> Αρχιτεκτονική μικροκυματικής ζώνης (mmWave) .....	49

3.4 Εφαρμογές .....	50
3.5 5G - PPP .....	50
3.5.1 Charisma .....	51
3.5.2 CogNet .....	52
3.5.3 Coherent .....	52
3.5.4 Fantastic – 5G .....	53
3.5.5 Flex5GWare .....	53
3.5.6 Euro – 5G .....	54
3.5.7 METIS II .....	54
3.5.8 mmMagic .....	54
3.5.9 Selfnet .....	55
3.5.10 Sesame .....	55
3.5.11 Sonata .....	55
3.5.12 Speed 5G .....	56
3.5.13 Superfluidity .....	56
3.5.14 VirtuWind .....	56
3.5.15 5G – Crosshaul .....	57
3.5.16 5G – Ensure .....	58
3.5.17 5G – Exchange (GEX) .....	59
3.5.18 5G – NORMA .....	59
3.5.19 5G XHAUL .....	60
<b>4. Μελλοντικές Εξελίξεις στα δίκτυα 5G.....</b>	<b>62</b>
<b>5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>65</b>

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

<b>Εικόνα 1:</b> Δομημένη Τοπολογία .....	<b>23</b>
<b>Εικόνα 2:</b> Αδόμητη Τοπολογία .....	<b>23</b>
<b>Εικόνα 3:</b> Κυψελωτό Σύστημα .....	<b>29</b>
<b>Εικόνα 4:</b> FDD Topology Frequency .....	<b>33</b>
<b>Εικόνα 5:</b> TDD Topology Frequency .....	<b>33</b>
<b>Εικόνα 6:</b> 5G Δίκτυο .....	<b>35</b>
<b>Εικόνα 7:</b> Σύγκριση Ταχύτητας Μετάδοσης .....	<b>41</b>
<b>Εικόνα 8:</b> Σύγκριση Χρόνου Καθυστέρησης .....	<b>42</b>
<b>Εικόνα 9:</b> Συνδυασμός διαφόρων τεχνολογιών για τη σύσταση του μεταφορών 5 <sup>ης</sup> γενιάς .....	<b>43</b>
<b>Εικόνα 10:</b> Backhaul πλέγμα για Small Cells στο φάσμα mmWave .....	<b>44</b>
<b>Εικόνα 11:</b> Συνδυασμός Αρχιτεκτονικών NFV & SDN .....	<b>48</b>
<b>Εικόνα 12:</b> 5G – PPP Projects .....	<b>51</b>

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

<b>Πίνακας 1:</b> Σύγκριση τεχνολογιών .....	<b>36</b>
--	-----------

## ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

<b>3GPP</b>	Third Generation Partnership Project
<b>5G - PPP</b>	5G Public Private Partners
<b>8PSK</b>	Eight Phase Shift Keying
<b>AAA</b>	Authentication Authorization Account
<b>AI</b>	Artificial Intelligense
<b>AMPS</b>	Advance Mobile Phone System
<b>ARPA</b>	Advanced Research Projects Agency
<b>ARPANET</b>	Advanced Research Projects Agency Network
<b>C - RAN</b>	Cloud Remote Access Network
<b>CDMA</b>	Code Division Multiple Access
<b>CERN</b>	Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire
<b>CRPI</b>	Common Public Radion Interface
<b>CWDM</b>	Course Wavelength Division Multiplexing
<b>D2D</b>	Device to Device
<b>DFB</b>	Distributed FeedBack
<b>DMG</b>	Directional Multi - Gigabit
<b>DSA</b>	Dynamic Spectrum Allocation
<b>DWDM</b>	Dense Wavelength Division Multiplexing
<b>EDGE</b>	Enhanced Data Rates for Global Evolution
<b>ETSI</b>	European Telecommunications Standard Institute
<b>FDD</b>	Full Duplex Definition
<b>FDMA</b>	Frequency Division Multiple Access
<b>FM</b>	Frequency Modulation
<b>Gbps</b>	Gigabit per second
<b>GHz</b>	GigaHertz
<b>GPRS</b>	General Packet Radio Services
<b>GSM</b>	Global System for Mobile



<b>HON</b>	Health of Network
<b>HSCSD</b>	High - Speed Circuit - Switched Data
<b>HSDPA</b>	High Speed Downlink Packet Access
<b>IMTA</b>	International Mobile Telecommunication Advanced
<b>IoT</b>	Internet of Things
<b>IS - 136</b>	Interim Standard 136
<b>IS - 95</b>	Interim Standard 95
<b>KPIs</b>	Key Performan Indicators
<b>LAN</b>	Local Area Network
<b>LOS</b>	Line Of Sight
<b>LTE</b>	Long Term Evolution
<b>MAN</b>	Metropolitan Area Network
<b>Mbps</b>	Megabit per second
<b>METIS</b>	Mobile And Wireless Communications Enablers For The Twenty - Twenty Information Society
<b>MILNET</b>	Millitary Network
<b>MIMO</b>	Multiple Input Multiple Output
<b>mMTC</b>	massive - reliable Machine Type Communication
<b>mmWave</b>	millimetre Wavelength
<b>MTC</b>	Machine Type Communication
<b>NES</b>	Network Elements
<b>NFV</b>	Network Function Virtualization
<b>NMT</b>	Nordic Mobile Telephones
<b>NORMA</b>	Navel Radio Multiservice adaptive Network Architecture
<b>NTT</b>	Nippon Telephone and Telegraph
<b>OFDMA</b>	Orthological Frequency Division Multiple Access
<b>OWC</b>	Optical Wireless Communications
<b>PDC</b>	Pacific Digital Cellular
<b>PLS</b>	Physical Layer Security
<b>PNES</b>	Physical Network Elements

<b>PNFs</b>	Physical Network Functions
<b>PON</b>	Passive Optical Network
<b>QoS</b>	Quality of Service
<b>RAN</b>	Remote Access Networks
<b>RFB</b>	Reusable Functional Blocks
<b>RoF</b>	Radio over Frequency
<b>RRH</b>	Radio Remote Head
<b>RRUs</b>	Remote Radio Units
<b>SC - FDMA</b>	Single Carrier FDMA
<b>SDK</b>	Software Development Kit
<b>SDN</b>	Software Defined Network
<b>TACS</b>	Total Access Communication Systems
<b>TDD</b>	Time Duplex Definition
<b>TDMA</b>	Time Division Multiple Access
<b>TDWM</b>	Time and Wavelength Division Multiplexing
<b>uMTC</b>	ultra - reliable Machine Type Communication
<b>UMTS</b>	Universal Mobile Telecommunications Systems
<b>V2X</b>	Vehicle to XCommunication
<b>VEPC</b>	Virtual Evolved Packet Core
<b>VHT</b>	Very High Throughput
<b>VLC</b>	Visible Light Communications
<b>VNES</b>	Virtual Network Elements
<b>WAN</b>	Wide Area Network
<b>WDM</b>	Wavelength Division Multiplexing
<b>WiMax</b>	WorldWide Interoperability for Microwave Access
<b>WLAN</b>	Wireless Local Area Network
<b>WMAN</b>	Wireless Metropolitan Area Network
<b>WWW</b>	World Wide Web
<b>XCI</b>	Xhaul / Crosshaul Control Infrastructure
<b>XFE</b>	Xhaul / Crosshaul Forwarding Element

**XMBB**

Extreme Mobile BroadBand

**TN**

Τεχνητή Νοημοσύνη



**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1**  
**ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ &**  
**ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΣΤΑ ΔΙΚΤΥΑ Η/Υ**

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1**

### **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Σε αυτό το κεφάλαιο αναλύεται το αντικείμενο της πτυχιακής εργασίας και γίνεται μια ιστορική αναδρομή γύρω από τις μεθόδους που έχουν παρουσιαστεί σε αυτήν την περιοχή.

#### **1.1 Περιγραφή του αντικειμένου της πτυχιακής εργασίας**

Αντικείμενο της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι τα 5G δίκτυα και οι εφαρμογές τους. Ας πάρουμε όμως τα πράγματα απ την αρχή και να δούμε πως μέσα από πολλές προσπάθειες, δυσκολίες και εμπόδια φτάσαμε στην διαδικτυακή επικοινωνία του σήμερα.

#### **1.2 Ιστορική αναδρομή**

##### **1.2.1 Άνθρωπος και επικοινωνία**

Η επικοινωνία μεταξύ των ανθρώπων ανέκαθεν αποτελούσε πολύ σημαντικό παράγοντα για τη ζωή και τη συμβίωση του. Από την πρώτη στιγμή της εμφάνισης του ανθρώπου στο κόσμο έψαχνε τρόπους να επικοινωνεί με τους γύρω του. Η παραγωγή ήχων και τα νοήματα με τις κινήσεις των χεριών και γενικότερα του σώματος ήταν οι πρώτες μορφές επικοινωνίας. Αργότερα και καθώς οι άνθρωποι εξελίχθηκαν σε ομάδες δημιουργήθηκαν οι πρώτοι κώδικες επικοινωνίας, διάλεκτοι και σε ευρύτερο βαθμό οι γλώσσες ανά χώρα. Με την πάροδο των χρόνων, και παράλληλα με την ανθρώπινη εξέλιξη οι ανάγκες για επικοινωνία εξ αποστάσεως άρχισαν να κάνουν την παρουσία τους αναγκαία. Αγγελιοφόροι, αυτοί ανέλαβαν αρχικά την διεκπεραίωση της αποστολής μηνυμάτων από περιοχή σε περιοχή. Οι συνθήκες όμως άλλαζαν κι η ανάγκη για πιο γρήγορη αποστολή μηνυμάτων έλαβε θέση. Επομένως οι αγγελιοφόροι αντικαταστάθηκαν από ταχυδρομικά περιστερία στην Αρχαία Ελλάδα. Παράλληλα με την εξέλιξη του ανθρώπου και με τις συνεχείς ανακαλύψεις του η επικοινωνία σε βάθος χρόνου και περνώντας από διάφορα στάδια, ξεπερνώντας κάθε φορά τα εμπόδια της εποχής, πέρασε σε άλλο επίπεδο. Με την εμφάνιση του ηλεκτρισμού, ο άνθρωπος ήξερε ότι έμπαινε σε μια νέα εποχή επικοινωνίας. Επί σειρά ετών πολλοί

επιστήμονες απασχολήθηκαν με την εκμετάλλευση του ηλεκτρισμού σε διάφορες μορφές. Με τη χρήση του ηλεκτρισμού οι επιστήμονες της εποχής ανακάλυψαν το τηλέφωνο, το οποίο αποτελεί τη πιο χαρακτηριστική μορφή συσκευής που μπορούσε να μεταφέρει τον ήχο και την ανθρώπινη ομιλία. Επίτευγμα του Γκράχαμ Μπελ το πρώτο τηλέφωνο μετέφερε την ομιλία σε μεγάλες αποστάσεις το 1876. Τα πράγματα όμως δεν σταματούν εδώ, κινητά τηλέφωνα, ασύρματα τηλέφωνα και υπολογιστές ήρθαν να διεκδικήσουν τη θέση τους στο κόσμο και να διευκολύνουν ακόμα περισσότερο την εξ αποστάσεως επικοινωνία.

### 1.2.2 Δίκτυο

Σαν δίκτυο Υπολογιστών μπορούμε να ορίσουμε τη σύνδεση του αθροίσματος υπολογιστικών μηχανών και περιφερειακών εξαρτημάτων. Ο λόγος ύπαρξης ενός τέτοιου δικτύου έχει ως απώτερο σκοπό:

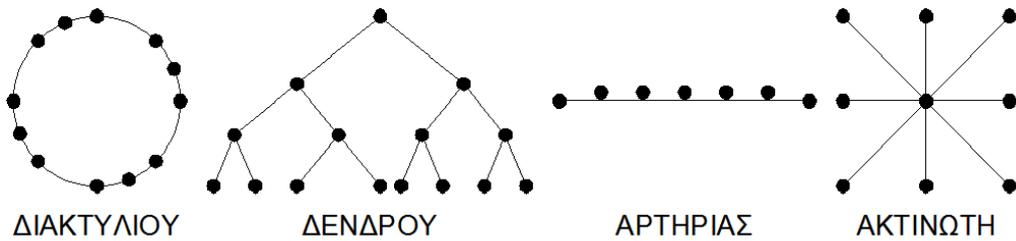
- Άμεση και αξιόπιστη λήψη, διανομή πληροφοριών σε διαφορετικές μορφές όπως κείμενο , εικόνα & ήχο.
- Μείωση κόστους λόγω τις από κοινού εκμετάλλευσης ακριβών λογισμικών και υπολογιστικών μηχανών.
- Επικοινωνία μέσω του δικτύου των χρηστών για ανταλλαγή εγγράφων και ταξινομημένη αποθήκευση για γρηγορότερη απόδοση του συστήματος & την ασφάλεια των δεδομένων.

Για να επιτευχθεί η ανάπτυξη ενός δικτύου υπολογιστών θα πρέπει να ληφθούν συνιστώσες που το απαρτίζουν όπως:

- Τα μέσα μετάδοσης του δικτύου
- Τα υπολογιστικά μηχανήματα
- Τα πρωτοκόλλα επικοινωνίας
- Το κατάλληλο λογισμικό εποπτείας του δικτύου

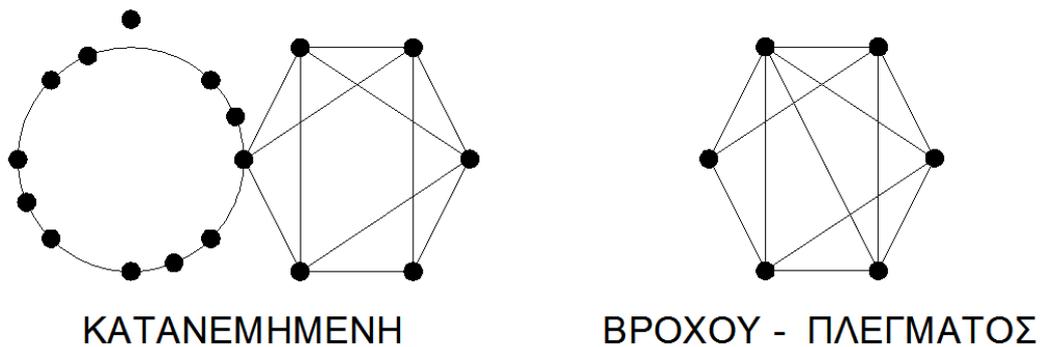
Επίσης το δίκτυο θα πρέπει να αναπτυχθεί με βάση τη διάταξη που έχουν τα μέσα μετάδοσης και την απεικόνιση των συνδέσεων μεταξύ των κόμβων. Η ανάπτυξη του δικτύου ονομάζεται τοπολογία και χωρίζεται σε δομημένη και αδόμητη.

### ΔΟΜΗΜΕΝΗ ΤΟΠΟΛΟΓΙΑ



Εικόνα 1 Δομημένη Τοπολογία

### ΑΔΟΜΗΤΗ ΤΟΠΟΛΟΓΙΑ



Εικόνα 2 Αδόμητη Τοπολογία

Τα πρώτα δίκτυα υπολογιστών έκαναν την εμφάνιση τους στις αρχές της δεκαετίας του '70, όταν κάποια από τα Αμερικάνικα πανεπιστημιακά ιδρύματα στόχευσαν στην αμφίδρομη επικοινωνία τους. Από τότε έως και σήμερα τα δίκτυα εξελίχθηκαν ραγδαία καθώς οι ανάγκες του ανθρώπου για τη χρήση τους έγιναν πιο απαιτητικές.

#### 1.2.3 Η εμφάνιση του Διαδικτύου

Η ιστορία του διαδικτύου στις πρώτες του μορφές και με εκμετάλλευση από συγκεκριμένους φορείς ξεκινά τη δεκαετία του '60 όταν ερευνητές στα πανεπιστήμια των Η.Π.Α άρχισαν να ασχολούνται με το πώς θα γίνει εφικτή η διασύνδεση απομακρυσμένων υπολογιστών. Οι κόπτοι τους ανταμείφθηκαν το 1969, όταν έκανε την εμφάνιση του το δίκτυο ARPANET με την συμβολή του προγράμματος του Υπουργείου Άμυνας, με απώτερο σκοπό την εκμετάλλευση του από το Υπουργείο για δικούς του σκοπούς. Την δεκαετία του



΄70 γίνονται οι πρώτες συνδέσεις και με τη πάροδο του χρόνου οι μελέτες περί διαδικτύου εμφανίζουν πρόοδο μέσα από διάφορα στάδια! Φτάνουμε λοιπόν στο σημείο να μιλάμε για το γνωστό σε όλους μας(και πλέον απαραίτητο)ηλεκτρονικό ταχυδρομείο( e-mail). Σταδιακά ,με πρωτοπόρα τα University College of London (Αγγλία) και το Royal Radar Establishment (Νορβηγία) έχουμε την σύνδεση Ιδρυμάτων άλλων χωρών στο ARPANET. Σύντομα ολόκληρη η πανεπιστημιακή κοινότητα θα συνδεθεί στο δίκτυο το οποίο θα επιβαρυνθεί και θα γίνει απαραίτητος ο διαχωρισμός του στο ARPANET και το MILNET.Το πρώτο παραμένει στην εξυπηρέτηση της ακαδημαϊκής κοινότητας ενώ το δεύτερο εξυπηρετεί τις ανάγκες των ενόπλων δυνάμεων! Η νέα τεχνολογία βρίσκει γρήγορα εφαρμογή και απήχηση στην πανεπιστημιακή κοινότητα όπου γρήγορα αναπτύσσονται νέα δίκτυα, από πανεπιστήμια και οργανισμούς ,τα οποία συνδέονται πάνω στο διεθνή υπάρχον δίκτυο.

#### **1.2.4 Διάδοση και εξάπλωση του Διαδικτύου**

Αρχές της δεκαετίας του ΄90 έχει κάνει πλέον την εμφάνιση του το Διαδίκτυο(Internet),με την απήχηση του ανά τον κόσμο διαρκώς να αυξάνεται με ολοένα και περισσότερες χώρες να συνδέονται σ΄ αυτό! (Η χώρα μας συνδέθηκε το 1990). Το 1993, Το ελβετικό CERN παρουσίασε το γνωστό σε όλους μας WORLD WIDE WEB(WWW ή Παγκόσμιο Ιστό), το οποίο αναπτύχθηκε από τον Tim Berners-Lee. Το διαδίκτυο είχε κάνει την είσοδο του στην Κοινωνία και σταδιακά γινόταν προσιτό για όλο και περισσότερους ανθρώπους. Με το πέρασμα των χρόνων και καθώς το διαδίκτυο είχε εφαρμογή μόνο μέσω υπολογιστών, Έρευνες και μελέτες το κατέστησαν ικανό να βρει εφαρμογή και στα κινητά τηλεφώνά! Οι αλλαγές που έφερε η νέα τεχνολογία στη κοινωνία και η εξέλιξη αυτής, οδήγησαν σε νέες ανάγκες και απαιτήσεις από τους εκατομμύρια χρήστες του διαδικτύου. 25 χρόνια μετά, το διαδίκτυο αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της ζωής του ανθρώπου, όχι μόνο σαν εργαλείο αλλά και σαν μέσο διασκέδασης και ψυχαγωγίας!

#### **1.2.5 Το διαδίκτυο σήμερα**

Όπως προαναφέρθηκε το διαδίκτυο πλέον έχει κατακλύσει τον κόσμο και παίζει ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο στη ζωή των ανθρώπων αφού εφαρμογές του

συναντώνται παντού γύρω μας! Ιατρική, αυτοκινητοβιομηχανίες, επικοινωνίες, παιχνίδια διαδικτύου, social media, online αγορές/πληρωμές είναι μερικές απ' τις εφαρμογές του σήμερα! Φυσικά, λόγω των παραπάνω, οι ανάγκες των χρηστών για ταχύτητα, αμεσότητα και φορητότητα είναι αυξημένες. Το διαδίκτυο πρέπει να ανταποκριθεί στις ανάγκες αυτές προκειμένου να διατηρήσει την δυναμική του! Επιστήμονες απ' όλο τον κόσμο δουλεύουν αδιάκοπα, σε ομάδες και μη, προκειμένου να προσφέρουν όλο και καλύτερη διαδικτυακή εμπειρία στους ιδιαίτερα απαιτητικούς χρήστες! Συσκευές κινητών τηλεφώνων και δίκτυα εξελίσσονται ραγδαία για να προσφέρουν την καλύτερη δυνατή δικτυακή εμπειρία στο Χρήστη!

### **1.2.6 Η μάχη της εξέλιξης**

Λόγω των υψηλών απαιτήσεων των χρηστών, οι εταιρείες παροχής υπηρεσιών κινητής τηλεφωνίας και internet δίνουν την δική τους μάχη για την ικανοποίηση των εκατομμυρίων συνδρομητών τους! Δυνατά σήματα για σύνδεση σε απομακρυσμένα σημεία, υψηλές ταχύτητες σύνδεσης κερδίζουν τους συνδρομητές. Στους γρήγορους ρυθμούς ζωής πολλές εργασίες απαιτούν σύνδεση στο δίκτυο, και άμεση, προκειμένου να ολοκληρωθεί η ανάγκη του χρήστη! Επομένως οι πάροχοι των υπηρεσιών αυτών δαπανούν χρόνο και χρήμα για την ανάπτυξη και την εξέλιξη των δικτύων τους, ώστε να είναι ανταγωνιστικά σε σχέση με τις ανάγκες της αγοράς και ικανοποιητικά για τους χρήστες. Στην εργασία αυτή, θα ασχοληθούμε με την αναμενόμενη, πιο εξελιγμένη, τελευταία γενιά (μέχρι στιγμής) δικτύων κινητής τηλεφωνίας, τα απερχόμενα δίκτυα πέμπτης γενιάς(5G δίκτυα)!

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2**

### **Δίκτυα & Κατηγορίες Δικτύων**

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### 2.1 Δίκτυα και κατηγορίες Δικτύων

Αρχικά, δίκτυο ονομάζεται ένα σύνολο συσκευών που είναι συνδεδεμένα μεταξύ τους με απώτερο σκοπό την επικοινωνία αυτών. Λόγω της αυξημένης χρήσης της τεχνολογίας και του διαδικτύου στην εποχή του σήμερα, οι ανάγκες και οι απαιτήσεις σύνδεσης στο διαδίκτυο είναι αυξημένες. Δεδομένου αυτού, και προκειμένου οι πάροχοι υπηρεσιών δικτύου να μπορούν να ανταποκρίνονται στις ανάγκες και απαιτήσεις των συνδρομητών τους έχουν αναπτυχθεί ξεχωριστά δίκτυα σύνδεσης τα οποία διαφοροποιούνται κυρίως ως προς τον τρόπο σύνδεσης της εκάστοτε συσκευής στο δίκτυο.

Τα δίκτυα χωρίζονται κυρίως σε δύο μεγάλες υποκατηγορίες :

1. Τα ενσύρματα δίκτυα
2. Τα ασύρματα δίκτυα

Ας εξηγήσουμε λοιπόν τις δύο αυτές κατηγορίες.

### 2.2 Ενσύρματα δίκτυα

Ενσύρματο δίκτυο ορίζεται ένα δίκτυο στο οποίο οι συσκευές επικοινωνούν μεταξύ τους με φυσική σύνδεση (καλώδιο). Τα δίκτυα αυτά ταξινομούνται σύμφωνα με:

- Τον τρόπο χρήσης
  - **Δημόσια:** Είναι κατάλληλα για χρήστες που επιθυμούν για παράδειγμα τη πρόσβαση στο Internet. Συχνά είναι συνδρομητικά δίκτυα ευρείας εμβέλειας τα οποία βασίζονται σε δικτυακές υποδομές τηλεπικοινωνιακών εταιρειών και ακαδημαϊκών συνεργασιών.
  - **Ιδιωτικά:** Είναι τοπικά δίκτυα επιχειρήσεων και οργανισμών, αλλά και δίκτυα ευρείας εμβέλειας που χρησιμεύουν στην εξυπηρέτηση ιδιαίτερων αναγκών κάποιων οργανισμών ή επιχειρήσεων.
- Την έκταση που καλύπτουν
  - **Τοπικά Δίκτυα (LAN):** Είναι κατάλληλα για σύνδεση υπολογιστικών μονάδων σε κοντινή απόσταση όπως για παράδειγμα μια πολυκατοικία. Οι ταχύτητες στα δίκτυα αυτά είναι από 10Mbps έως 2Gbps.
  - **Αστικά Δίκτυα (MAN):** Καλύπτουν μεγαλύτερο φάσμα περιοχών περίπου όσο το μέγεθος μιας πόλης.

- **Δίκτυο Ευρείας Εμβέλειας (WAN):** Ονομάζονται τα δίκτυα που καλύπτουν τη μεγαλύτερη απόσταση και είναι ικανά να συνδέσουν απομακρυσμένα σημεία μιας χώρας.
- Τον τρόπο μετάδοσης
  - **Δίκτυα Μεταγωγής:** Σε αυτή την κατηγορία η μετάδοση γίνεται με συγκεκριμένο αποστολέα & παραλήπτη. Προκειμένου να επιτευχθεί η αποστολή τα δεδομένα πιθανόν να περάσουν από ενδιάμεσους κόμβους οι οποίοι απλά προωθούν την πληροφορία. Τα δικτυακά χωρίζονται σύμφωνα με τον τρόπο σύνδεσης σε:
    - Δίκτυα μεταγωγής κυκλώματος (Circuit Switching)
    - Δίκτυα μεταγωγής μηνυμάτων (Message Switching)
    - Δίκτυα μεταγωγής πακέτων (Packet Switching)
  - **Δίκτυα Εκπομπής:** Σε αυτή την κατηγορία η αποστολή της πληροφορίας γίνεται μέσω ενός πομπού-κόμβου και όλοι οι κόμβοι του δικτύου μπορούν να αποκτήσουν πρόσβαση στην πληροφορία αυτή.

### 2.3 Ασύρματα δίκτυα

Ασύρματο δίκτυο ορίζεται ένα τηλεφωνικό δίκτυο ή δίκτυο **H/Y** το οποίο χρησιμοποιεί ραδιοκύματα για να μεταφέρει την πληροφορία. Η μεταφορά της πληροφορίας επιτυγχάνεται μέσω ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων με συχνότητα που εξαρτάται κάθε φορά από το ρυθμό μετάδοσης που πρέπει να έχει το δίκτυο. Τα ασύρματα δίκτυα δεν είναι απαραίτητο να περιορίζονται από μία σταθερή εγκατάσταση, και μπορούν να εξυπηρετούν περιοχές όπου είναι δύσκολο να τοποθετηθούν καλώδια. Επίσης μπορούμε να επικοινωνούμε με άλλους ανθρώπους που βρίσκονται σε διαφορετικό τόπο και είναι αρκετά εύκολο να επεκταθεί σε άλλη τοποθεσία.

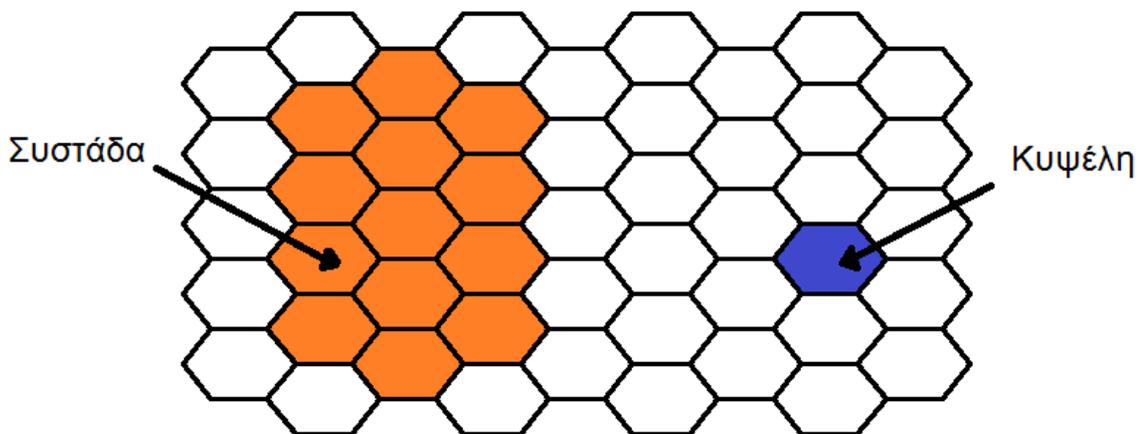
Τα ασύρματα δίκτυα διακρίνονται σε:

- Δίκτυα ευρείας περιοχής (**WAN**)
- Ασύρματα τοπικά δίκτυα (**WLAN**)
- Ασύρματα μητροπολιτικά δίκτυα (**WMAN**)
- Δίκτυα κινητής τηλεφωνίας
- Ασύρματα δίκτυα PAN

## 2.4 Κυψελωτά Συστήματα

Στα συστήματα κινητών επικοινωνιών χρησιμοποιούνται κυψελοειδή ή κυψελωτά συστήματα. Ένα κυψελωτό σύστημα έχει σαν βασικό χαρακτηριστικό του διαμερισμό της γεωγραφικής περιοχής που έχει να καλύψει σε μικρότερα τμήματα, που ονομάζονται κυψέλες. Οι μορφές των κυψελών ποικίλουν αναλόγως την μορφολογία του εδάφους. Για τη λειτουργία μιας κυψέλης είναι απαραίτητο να διαθέτει δικά τους κανάλια και σταθμό βάσης, ο οποίος συγκροτείται από την κεραία, πομπό & δέκτη. Ένα σύνολο από διπλανές κυψέλες λέγεται συστάδα. Για να καταστεί η παράλληλη χρήση του δικτύου από πολλούς χρήστες, εφαρμόζεται η μέθοδος επαναχρησιμοποίησης συχνότητας, με την οποία προλαμβάνονται προβλήματα παρεμβολών.

Λόγω των προαναφερθέντων χαρακτηριστικών, τα κυψελωτά δίκτυα έχουν ευρεία χρήση στις ασύρματες επικοινωνίες. Εξαιτίας της δομής τους τα κυψελωτά δίκτυα αξιοποιούν ολόκληρο το φάσμα συχνοτήτων και παρέχουν ποιοτική επικοινωνία σε απόσταση μεταξύ μεγάλων περιοχών.



Εικόνα 3 Κυψελωτό Σύστημα

## 2.5 Γενιές δικτύων

Τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας ξεκίνησαν προς το τέλος του Β' Παγκοσμίου Πολέμου, μετά από συλλογική προσπάθεια των ΗΠΑ και των Σκανδιναβικών Χωρών. Η λειτουργία του 1<sup>ου</sup> δικτύου κινητής τηλεφωνίας ξεκίνησε στις του 1980 στην Σκανδιναβία. Εκείνη την εποχή τα κινητά τηλέφωνα λόγω του όγκου τους ήταν εγκατεστημένα κυρίως σε αυτοκίνητα και φορητά.

### 2.5.1 1G (1<sup>η</sup> Γενιά δικτύων κινητής τηλεφωνίας)

Τα πρώτα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας έκαναν την εμφάνιση τους την δεκαετία του 1980. Η αρχή λειτουργίας τους βασίζεται στην αναλογική τεχνολογία. Συγκεκριμένα γίνεται χρήση τεχνολογίας **FM** (διαμόρφωση συχνότητας), **FDMA** (πολυπλεξία συχνότητας) και **FDD** (συχνοδιακριτική αμφίδρομη επικοινωνία), καθώς και χρήση ίδιου καναλιού για τη μετάδοση του σήματος. Τα συστήματα 1<sup>ης</sup> Γενιάς, λόγω της εφαρμογής των αναλογικών συστημάτων, δεν παρείχαν ασφαλή μετάδοση. Ένα ακόμα πρόβλημα της αυτής της γενιάς, που κατέστησε αναγκαία την εξέλιξη της στα 2<sup>ης</sup> γενιάς συστήματα ήταν ότι μεταξύ του εκπομπού (σταθμός βάσης) και του δέκτη (κινητό τηλέφωνο) η μετάδοση δεδομένων δεν ήταν αρκετή. Το 1<sup>ο</sup> κυψελωτό σύστημα που έκανε την αρχή, ήταν αυτό της Nippon Telephone and Telegraph (**NTT**), στο Τόκιο. Ακολούθησαν το Nordic Mobile Telephones (**NMT**), και το Total Access Communication Systems (**TACS**), όταν με την πάροδο δύο ετών η εποχή των κυψελών έκανε την εμφάνιση της στην Ευρώπη. Το σύστημα TACS, είναι Βρετανικής προέλευσης που διαδόθηκε και σε άλλες χώρες της Ευρώπης. Είναι όμοιο με το σύστημα **AMPS** (Advance Mobile Phone System) όπου είναι το 1<sup>ο</sup> σύστημα κυψελών Αμερικάνικης προελεύσεως. Τα δύο προαναφερθέντα συστήματα χρησιμοποιούν και τα δύο το σύστημα **FDMA** (Frequency Division Multiplex Access) για να επιτευχθεί ο διαχωρισμός των καναλιών και για την μετάδοση την τεχνική διαμόρφωσης Συχνότητας (**FM**).

### 2.5.2 2G (2<sup>η</sup> Γενιά δικτύων κινητής τηλεφωνίας)

Λόγω της αναλογικής τεχνικής που χρησιμοποιούνταν για τα υπάρχοντα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας της εποχής, την ανεπαρκή διαβίβαση των δεδομένων και του χαμηλού ρυθμού μετάδοσης των δεδομένων, γεννήθηκε η ανάγκη για ένα ασύρματο σύστημα επόμενης γενιάς που θα παρέχει μετάδοση δεδομένων υψηλών ταχυτήτων και μετάδοση φωνής. Αυτό το πρόβλημα ήρθε να λύσει το 2<sup>ης</sup> γενιάς δίκτυο κινητής τηλεφωνίας που χρησιμοποιεί ψηφιακή μετάδοση της πληροφορίας. Η μετάδοση της φωνής γίνεται μέσω ενός μετατροπέα αναλογικού σήματος σε ψηφιακό. Το δίκτυο 2<sup>ης</sup> γενιάς έχει 3 φορές μεγαλύτερη χωρητικότητα, καλύτερη ποιότητα φωνής. Υποστηρίζει μηνύματα (SMS) και υπάρχει δυνατότητα παγκόσμιας περιαγωγής. Επίσης παρέχει ασφάλεια, διότι η ψηφιοποιημένη πληροφορία μπορεί να κρυπτογραφηθεί. Ένα κανάλι συχνοτήτων μπορεί να

χρησιμοποιηθεί από πολλούς και διαφορετικούς χρήστες, όπως με διαίρεση κώδικα (**CDMA**) ή με διαίρεση χρόνου (**TDMA**). Τα πρότυπα τα οποία αναπτύχθηκαν για τη 2<sup>η</sup> γενιά δικτύων κινητής τηλεφωνίας είναι τα παρακάτω:

- **GSM:** Το GSM ξεκίνησε ως Ευρωπαϊκό πρότυπο από την Ευρωπαϊκή επιτροπή CEPT, αλλά γρήγορα υιοθετήθηκε παγκοσμίως. Το GSM χρησιμοποιεί εύρος ζώνης 25MHz, ζώνη συχνοτήτων των 900MHz και λόγω έλλειψης χωρητικότητας χρησιμοποιήθηκε η ζώνη των 1800MHz και 1900MHz αντίστοιχα.
- **IS - 136:** Το IS-136 είναι το Αμερικάνικο σύστημα 2<sup>ης</sup> γενιάς. Χρησιμοποιεί εύρος ζώνης 60MHz. Για μεταδόσεις από τα κινητά προς το σταθμό βάσης χρησιμοποιεί συχνότητες μεταξύ 1930 - 1990MHz ενώ στην αντίστροφη περίπτωση χρησιμοποιεί συχνότητες μεταξύ των 1850 – 1910MHz.
- **IS - 95:** Το IS-95 αναπτύχθηκε το 1993 και χρησιμοποιήθηκε στις ΗΠΑ. Χρησιμοποιεί πολλαπλή πρόσβαση με διαίρεση κώδικα (**CDMA**) ενώ το IS-136 χρησιμοποιεί τη διαίρεση χρόνου (**TDMA**). Για μεταδόσεις από το κινητό προς το σταθμό βάσης χρησιμοποιούνται συχνότητες μεταξύ των 869 – 894MHz ενώ στην αντίστροφη περίπτωση χρησιμοποιεί συχνότητες μεταξύ των 824-849MHz.
- **PDC:** Το PDC αναπτύχθηκε το 1990 στην Ιαπωνία. Η λειτουργία του είναι παρόμοια με εκείνη του IS-136.

### 2.5.3 2.5G (2.5<sup>η</sup> Γενιά δικτύων κινητής τηλεφωνίας)

Κατά τη διάρκεια της μετάβασης από 1G σε 2G υπήρξε και μια άλλη εξέλιξη, αυτή της ψηφιακής τεχνολογίας. Εξαιτίας αυτής της εξέλιξης τα δίκτυα 2G δεν μπορούσαν να καλύψουν τις ανάγκες του ανθρώπου και γι αυτό το λόγο σχεδιαστήκαν τα κυψελωτά συστήματα 2.5G. Τα συστήματα 2.5G υπερτερούν σε σχέση με τα 2G καθώς χρησιμοποιούν την τεχνική μεταγωγής πακέτου, φτάνοντας έτσι υψηλότερους ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων. Τα 2.5G δίκτυα κινητής τηλεφωνίας είναι ουσιαστικά δεύτερης γενιάς τα οποία συνδυάζονται με **GPRS**. Για την βελτίωση των κυψελωτών συστημάτων 2G σε 2.5G χρησιμοποιήθηκαν κάποια πρότυπα τα οποία είναι τα ακόλουθα:



- **HSCSD:** Στο πρότυπο HSCSD ο χρήστης μπορεί να χρησιμοποιεί διαδοχικές χρονοθυρίδες για σύνδεση μεταφοράς δεδομένων. Το βασικό του μειονέκτημα είναι η χρήση μεταγωγής κυκλώματος, διότι έχουμε σπατάλη των πόρων του δικτύου.
- **GPRS:** Το πρότυπο GPRS χρησιμοποιεί πρωτόκολλα μεταγωγής πακέτου και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την δέσμευση των πόρων του δικτύου μόνο όταν καταστεί ανάγκη για αποστολή δεδομένων.
- **EDGE:** Το πρότυπο EDGE στηρίχθηκε στην TDMA δομή πακέτου και στην τεχνική διαμόρφωσης 8PSK.

#### 2.5.4 2.75G (2.75<sup>η</sup> Γενιά δικτύων κινητής τηλεφωνίας)

Αναφέροντας τα 2.75G δίκτυα μπορούμε να πούμε ότι είναι η μετεξέλιξη του GPRS σε E-GPRS ή EDGE. Με το πρότυπο EDGE οι ταχύτητες στη μετάδοση των δεδομένων αυξάνονται αισθητά έως 384Kbps.

#### 2.5.5 3G (3<sup>η</sup> Γενιά δικτύων κινητής τηλεφωνίας)

Μεταγενέστερη έκδοση των δικτύων 2G και 2.5G είναι η γενιά ασυρμάτων συστημάτων 3G. Η ανάγκη για υψηλότερες ταχύτητες οδήγησαν στην ανάπτυξη της τρίτης γενιάς ασυρμάτων δικτύων, όπου παρέχεται η δυνατότητα αμφίδρομης και απομακρυσμένης επικοινωνίας χρηστών. Τα πρότυπα 3G κατηγοριοποιούνται ως εξής:

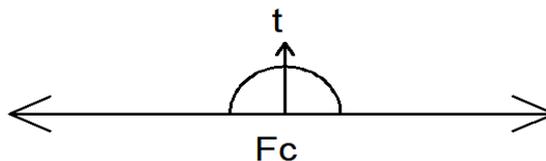
- **3GPP:** Στην Ευρώπη, το πρότυπο 3GPP περιλαμβάνει το Διεθνές Σύστημα Κινητής Επικοινωνίας (UMTS – Universal Mobile Telecommunication System). Το UMTS ουσιαστικά είναι εξέλιξη των GSM δικτύων. Το σύστημα αυτό αναπτύχθηκε για την εισαγωγή του 3G στις Ευρωπαϊκές Χώρες. Εξαιτίας των υψηλών ταχυτήτων που προσφέρει το UMTS μας δίνει την πρόσβαση σε υπηρεσίες World Wide Web. Ένα από τα μειονεκτήματα του UMTS είναι η αυξημένη κατανάλωση ενέργειας σε σχέση με τα δίκτυα GSM.

- **3GPP2:** Το CDMA2000 αναπτύσσεται από το 3GPP2 πρότυπο. Το CDMA2000 χρησιμοποιεί δύο μεθόδους ανάπτυξης:
  - **FDD:** Σε αυτή την μέθοδο ο Πομπός και ο Δέκτης εκπέμπουν σε διαφορετική συχνότητα.



Εικόνα 4 FDD Topology Frequency

- **TDD:** Στη μέθοδο αυτή η ίδια ζώνη συχνοτήτων χρησιμοποιείται τόσο για τη μετάδοση αλλά και για τη λήψη σε διαφορετικούς χρόνους.



Εικόνα 5 TDD Topology Frequency

Το 3GPP πρέπει να διαχωρίζεται από το 3GPP2. Το πρώτο περιλαμβάνει το UMTS που είναι η μετεξέλιξη των 3G GSM δικτύων, ενώ το 3GPP2 περιλαμβάνει το CDMA2000 που είναι η μετεξέλιξη των 3G στα δίκτυα cdmaOne.

### 2.5.6 3.5G (3.5<sup>η</sup> Γενιά δικτύων κινητής τηλεφωνίας)

Μετά από τις αναβαθμίσεις 3GPP και 3GPP2, μια νέα αναβάθμιση επιτυγχάνεται στα μέσα της δεκαετίας του 2000 και φέρει το όνομα 3G HSDPA, που έγινε γνωστό ως 3.5G ή 3G+. Η αναβάθμιση αυτή παρέχει μεγαλύτερη ταχύτητα στη λήψη δεδομένων και έτσι τα δίκτυα έχουν μικρότερο κόστος παράδοσης ανά bit.

### 2.5.7 4G (4<sup>η</sup> Γενιά δικτύων κινητής τηλεφωνίας)

Η αυξανόμενη ζήτηση των χρηστών για εφαρμογές και υπηρεσίες απαιτούσε υψηλές ταχύτητες και μεγάλο όγκο μετάδοσης δεδομένων. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα την ανάπτυξη τεχνολογιών που αναμενόταν να αυξήσει τις ταχύτητες των δικτύων 3<sup>ης</sup> γενιάς έως και 10 φορές. Τα 4<sup>ης</sup> γενιάς δίκτυα κινητής τηλεφωνίας όταν τέθηκαν σε λειτουργία εμφάνισαν τις τεχνολογίες:

- **WiMax:** Ξεκίνησε να λειτουργεί στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής από την εταιρεία Sprint.
- **LTE:** Ξεκίνησε να λειτουργεί στην Σκανδιναβία από την εταιρεία TeliaSonera.

Όταν μια φορητή συσκευή είναι 4<sup>ης</sup> γενιάς σύμφωνα με το πρότυπο IMT-A θα πρέπει να βασίζεται στην τεχνολογία IP. Υποστηρίζει ταχύτητες μέχρι 1Gbps όταν ο χρήστης βρίσκεται σε σταθερό σημείο ενώ 100Mbps όταν ο χρήστης είναι εν κινήσει. Επιπλέον υποστηρίζει ψηφιακή μετάδοση φωνής και πολυμέσων. Επίσης προσφέρει υπηρεσίες όπως IP τηλεφωνία, Mobile TV υψηλής ευκρίνειας και άλλες υπηρεσίες υψηλής ευκρίνειας και άλλες υπηρεσίες υψηλής ταχύτητας.

Η κατάργηση της τεχνολογίας μεταγωγής πακέτων είναι η κυριότερη διαφορά μεταξύ των δικτύων 4<sup>ης</sup> γενιάς και 3<sup>ης</sup> γενιάς επιτρέποντας στα δίκτυα 4<sup>ης</sup> γενιάς να επιτύχουν υψηλότερες ταχύτητες κάνοντας χρήση all-ip δικτύων. Με αυτό τον τρόπο τα δίκτυα 4<sup>ης</sup> γενιάς χειρίζονται τις τηλεφωνικές κλήσεις όπως και τα δεδομένα ήχου με μεταγωγή πακέτων μέσω Διαδικτύου.

## **LTE & LTE-Advanced**

Το σύστημα LTE ο διεθνής οργανισμός ITU-R προέβλεπε για καθοδική ζεύξη ρυθμό μετάδοσης 1Gbps και για ανοδική ζεύξη 500Mbps. Επειδή το LTE δεν μπορούσε να καλύψει αυτές τις απαιτήσεις, αναβαθμίστηκε σε LTE-Advanced. Στόχος του LTE-Advanced είναι η μείωση του χρόνου μετάβασης από την κατάσταση αδράνειας στην συνδεδεμένη κατάσταση από τα 100ms στα 50ms. Το σύστημα LTE-Advanced βασίζεται στη μεταγωγή πακέτων και υποστηρίζει σχήματα FDD και TDD. Έχει χαρακτηριστικά όπως μικρή καθυστέρηση, η μεγάλη ευελιξία και απόδοση. Στην καθοδική ζεύξη χρησιμοποιείται η τεχνολογία OFDMA και στην ανοδική ζεύξη η τεχνολογία SC-FDMA.

### 2.5.8 5G (5<sup>η</sup> Γενιά δικτύων κινητής τηλεφωνίας)

Τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας 5G θα λάβουν χώρα στο χώρο των δικτύων στο άμεσο μέλλον. Τα δίκτυα 5G φημολογείται ότι θα καλύπτει όλες τις ανάγκες των χρηστών. Η ιδέα για την υλοποίηση της αρχιτεκτονικής της βασίζεται πάνω στην τεχνολογία 4G και κατά συνέπεια στις προγενέστερες τεχνολογίες WiMax και LTE. Ο IMT είναι ένας από τους σημαντικότερους οργανισμούς ανάπτυξης κινητών ευρυζωνικών προτύπων τις τελευταίες δύο δεκαετίες. Ο οργανισμός αυτός δημιούργησε το πρότυπο IMT-Advanced το οποίο θα βασιστεί η τεχνολογία 5G.

Ένα από τα πλεονεκτήματα των δικτύων θα είναι οι υψηλοί ρυθμοί μετάδοσης δεδομένων σε επίπεδα Gigabit, έτσι ώστε να μπορεί να υποστηριχθεί μαζική συνδεσιμότητα συσκευών. Μια νέα δυνατότητα που μας παρέχουν τα 5G Δίκτυα είναι ότι σε οποιοδήποτε μέρος του πλανήτη, ένα κινητό τηλέφωνο, θα μπορεί να έχει πρόσβαση σε ένα άλλο, ως τοπικό τηλέφωνο. Σε αυτό βοηθάει και η εξέλιξη των κινητών τηλεφώνων, καθώς οι συσκευές έχουν αναπτυχθεί σε τέτοιο επίπεδο ώστε να έχουν τις ίδιες δυνατότητες με ένα Ηλεκτρονικό Υπολογιστή, φέροντας προγράμματα όπως Skype, Google Chrome, Outlook, Youtube και Microsoft Office. Από αυτή την ανάπτυξη των δικτύων επωφελείται άμεσα και η Ιατρική, η οποία με αυτό τον τρόπο εξελίσει τον τομέα της τηλεϊατρικής.



Εικόνα 6 5G Δίκτυο

Τεχνολογία	1G	2G	3G	4G	5G
Εφαρμόστηκε	1980	1991	1998	2008	2020
Υπηρεσίες	Αναλογικές υπηρεσίες φωνής	Ψηφιακές υπηρεσίες φωνής, sms	Μεγάλη χωρητικότητα	Ψηφιακή υπηρεσία φωνής, μεγάλη χωρητικότητα	Υψηλή χωρητικότητα & ταχύτητα
Πρότυπα	AMPS, TACS, C-450, Radiocom 2000, TMA, RTMI, (TZ – 801,2,3), JTACS	TDMA, CDMA2000, GSM	WCDMA, CDMA	IMT-2000, LTE, WiMax	IMT – 2020
Ρυθμός Δεδομένων	N/A	50 Kbp/s	2Mbps/s	1 Gbp/s	20 Gbp/s

Πίνακας 1: Σύγκριση τεχνολογιών



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3**

### **5G Δίκτυα**

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### 3.1 Περιγραφή

Η ανάπτυξη των δικτύων ξεκινά το 1979. Από τότε, περίπου κάθε δέκα χρόνια, έχουμε και μία μετάβαση σε επόμενη γενιά δικτύων. Η επόμενη μετάβαση των κινητών δικτύων είναι τα 5G όπου θα παρέχεται μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα και αποδοτικότητα χαμηλού κόστους. Φημολογείται, ότι η μετάβαση από το 4G σε 5G δίκτυα είναι ένα πολύ μεγάλο βήμα, καθώς διαθέτουν δυνατότητες που δεν μπορούν να αξιοποιηθούν με τα σημερινά 4G δίκτυα.

### 3.2 Χαρακτηριστικά

Η ανάπτυξη των δικτύων 5<sup>ης</sup> γενιάς βρίσκονται κατά κύριο λόγο σε αρχικό επίπεδο. Κάθε νέα γενιά δικτύων υποστηρίζει υψηλότερους ρυθμούς μετάδοσης συγκριτικά με την προγενέστερη τους. Υπεύθυνο για την έρευνα και ανάπτυξη των 5G δικτύων, με ότι αυτά συνεπάγονται, είναι το ερευνητικό πρόγραμμα METIS. Για να υλοποιηθεί αυτή η ανάπτυξη θα πρέπει να επιτευχθούν τα παρακάτω:

- Να υπάρχει μεγαλύτερος όγκος δεδομένων ανά περιοχή και καλύτερη διαχείριση πόρων από τις παλαιότερες εκδόσεις δικτύων.
- Το σύστημα να μπορεί να δέχεται μεγαλύτερο αριθμό ενεργών συσκευών χωρίς κολλήματα και απώλειες και να μεγαλώσει η διάρκεια ζωής των μπαταριών για τις συσκευές.

Τα δίκτυα 5G, όπως αναφέραμε και σε προηγούμενο κεφάλαιο, εξαιτίας των χαρακτηριστικών του θα αναπτύξει το Διαδίκτυο των πραγμάτων και θα πρέπει να εξυπηρετεί διάφορα είδη αμφίδρομες επικοινωνίας με διαφορετικές απαιτήσεις. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι η επικοινωνία από το ένα άκρο στο άλλο μεταξύ μηχανών, που συχνά ονομάζεται επικοινωνία τύπου μηχανής ή MTC. Η επικοινωνία τύπου μηχανής μπορεί να χωριστεί σε κατηγορίες:

- **Μαζική MTC:** Χρησιμοποιείται κυρίως για την κάλυψη αναγκών χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας όπως οι αισθητήρες και παρέχουν δυνατότητα ανταπόκρισης σε μεγάλο αριθμό συσκευών.



- **Κρίσιμη MTC:** Καλύπτει απαιτήσεις όπως η άμεση ανταπόκριση (D2D). Χρησιμοποιείται σε εφαρμογές βιομηχανικής παραγωγής και κυκλοφοριακής ασφαλείας. Στην κρίσιμη MTC, υπάρχει ανάγκη για μεγάλο εύρος ζώνης, έτσι ώστε να μην υπάρχει πρόβλημα ή τυχόν καθυστέρηση στη μεταφορά δεδομένων

Το METIS αποσκοπεί στην ανάπτυξη τριών διαφορετικών υπηρεσιών. Η πρώτη είναι η mMTC. Στην υπηρεσία αυτή κύριος σκοπός είναι η αύξηση του ρυθμού μεταφοράς και την υψηλή αξιοπιστία όταν ο ρυθμός μεταφοράς μειώνεται. Έτσι ο ρυθμός μετάδοσης αγγίζει την τάξη των Gbps, ενώ κάποιες φορές μειώνεται σε μονάδες Mbps με υψηλή αξιοπιστία. Η δεύτερη υπηρεσία είναι η mMTC. Το κύριο χαρακτηριστικό της υπηρεσίας αυτής είναι ότι μπορεί να υποστηρίξει τη σύνδεση σε ένα μεγάλο αριθμό συσκευών εξοικονόμησης κόστους & ενέργειας. Και τέλος, η υπηρεσία mMTC. Στην υπηρεσία αυτή παρέχεται υψηλή αξιοπιστία χωρίς να δίνεται έμφαση στον αριθμό συνδεδεμένων συσκευών ο οποίος είναι χαμηλός.

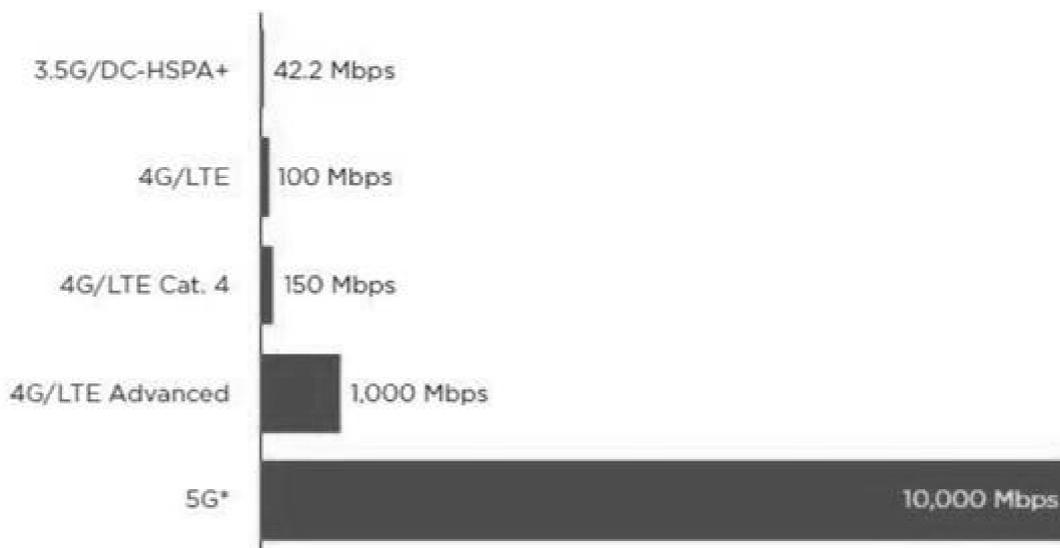
Η ανάγκη για αναβάθμιση των δικτύων, λόγω της αύξησης των δικτύων και της εμφάνισης τοπολογιών RAN, είναι μεγάλες. Έτσι, αναπτύσσεται το C-RAN το οποίο αποτελεί μια αρχιτεκτονική στην οποία οι ψηφιακές μονάδες τοποθετούνται σε κεντρικά σημεία και οι απομακρυσμένες μονάδες ή αλλιώς RRUs τοποθετούνται σε απόσταση κάποιων χιλιομέτρων. Η επικοινωνία μεταξύ τους γίνεται μέσω οπτικής ίνας, γνωστή και ως fronthaul, για να μπορούμε να την ξεχωρίζουμε από την backhaul, το οποίο παρέχει σύνδεση των ψηφιακών μονάδων βασικής ζώνης στο δίκτυο. Οι ζεύξεις μεταξύ ψηφιακών μονάδων βασικής ζώνης και των υπόλοιπων ασύρματων θέσεων, γνωστό και ως baseband, χρησιμοποιούν fronthaul με CPRI διεπαφή, της οποίας το χαρακτηριστικό είναι η ανάγκη για μικρή καθυστέρηση και μεγάλο εύρος ζώνης στις οπτικές ίνες.

Το δίκτυο backhaul, αποτελεί ένα από τα βασικά τμήματα του δικτύου. Το backhaul ετερογενών δικτύων γνωστό και ως HeNet στις πόλεις θα απαρτίζεται από μεγάλο αριθμό ζεύξεων, των οποίων οι αποστάσεις θα είναι μικρές μεταξύ τους, και οι ταχύτητες θα αγγίζουν την τάξη των Mbps ενώ ενδέχεται να ξεπεράσουν και το 1Gbps στα επόμενα χρόνια.

### 3.3 Αρχιτεκτονική

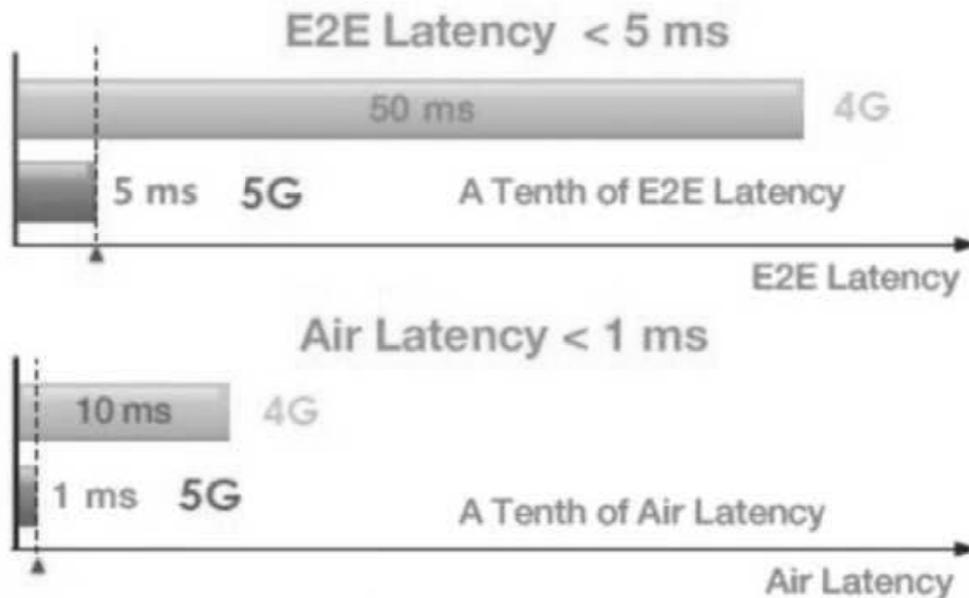
#### 3.3.1 1<sup>η</sup> Αρχιτεκτονική fronthaul και backhaul

Όταν αναφερόμαστε στα δικτυακά συστήματα 5<sup>ης</sup> γενιάς, εννοούμε ένα τελευταίας τεχνολογίας δίκτυο, το οποίο καλείται να ανταποκριθεί στις αυξημένες ανάγκες των χρηστών, αφού πλέον η γρήγορη και αξιόπιστη αποστολή και λήψη δεδομένων είναι καθημερινή ανάγκη. Αποστολή των νέων αυτών δικτύων είναι η εξυπηρέτηση μεταφοράς μεγάλης ποσότητας δεδομένων, να άρουν τις δυσκολίες μεταφοράς πακέτων μεταξύ ασυρμάτων δικτύων πρόσβασης (RAN) και των δικτύων κορμού (packet core) (ώστε να ανταποκριθεί στον όγκο δεδομένων) και να είναι χαμηλού κόστους. Σ' αυτήν την ενότητα θα αναλύσουμε τις τεχνολογίες που διεκδικούν την εφαρμογή τους στα δίκτυα 5<sup>ης</sup> γενιάς. Όντως ώστε να αποδίδουν το μέγιστο. Λόγω διαφορετικών αναγκών, του τεράστιου αριθμού χρηστών του διαδικτύου τα δίκτυα 5<sup>ης</sup> γενιάς θα πρέπει να ενσωματωθούν διάφορες τεχνολογίες ώστε να γίνει εφικτή η υλοποίησή τους. Αναμένεται ότι τα 5G δίκτυα θα διακινούν όγκο δεδομένων που εκτιμάται στα 10 TB/s/km<sup>2</sup>. Θα υπάρχει αύξηση του αριθμού των συνδεδεμένων συσκευών στο δίκτυο, περί τα ένα εκατομμύριο τερματικά ανά km<sup>2</sup>, καθώς και ρυθμό μετάδοσης δεδομένων με ταχύτητες γύρω στα 1-10 Gb/s. Στην παρακάτω εικόνα παρατηρούμε τα παραπάνω στοιχεία σε σχέση με την απόδοση του παλαιότερων συστημάτων



Εικόνα 7 Σύγκριση Ταχύτητας Μετάδοσης

Κάτι ακόμα σημαντικό περί των νέων δικτύων είναι η μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης του δικτύου, καθώς και μείωση των χρονικών καθυστερήσεων και καθυστερήσεων λόγω περιβάλλοντος (αέρα, βροχή, ύλη) μεταξύ των χρηστών. Όπως βλέπουμε παρακάτω:



Εικόνα 8 Σύγκριση Χρόνου Καθυστερήσης

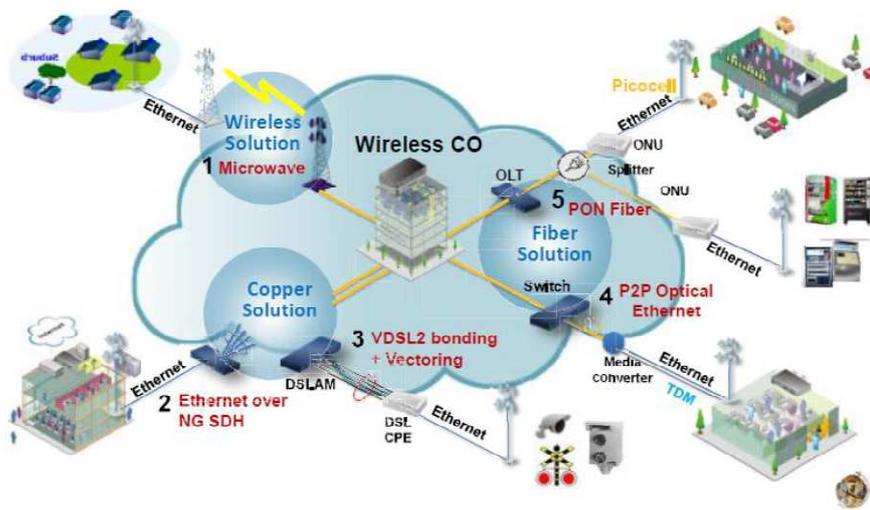
Για να υλοποιηθούν οι προαναφερθέντες στόχοι η χρήση διαφορετικών τεχνολογιών κρίνεται αναγκαία. Οι τεχνολογίες κατηγοριοποιούνται σε τρεις επιμέρους ομάδες:

- Ασύρματες τεχνολογίες όπως microwave, mmWave και optical wireless. Η ομάδα αυτή είναι απαραίτητη ούτως ώστε να επιλυθούν τα τεχνικά ζητήματα που προκύπτουν όταν δεν καθίσταται δυνατή η ενσύρματη σύνδεση ή όταν είναι αναγκαία η ανάπτυξη ασύρματου δικτύου (αυτό κρίνεται από έρευνα που πραγματοποιεί το 5G croshaul).
- Χρήση υπάρχων βάσεων και ινών υποδομής (GPON, WDM) και χαλκού (G.FAST, VDSL, bonding 35B) στο δίκτυο πρόσβασης.
- Επαναπροσδιορίζεται η εφαρμογή οπτικών ινών, όπου απαιτείται μεγάλη χωρητικότητα. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνουν αύξηση των ικανοτήτων του δικτύου και μείωση του κόστους ανά Gbit/s.

### 3.3.2 2<sup>η</sup> Αρχιτεκτονική οπτικής ασύρματης επικοινωνίας

Για κάθε μία από τις παραπάνω ομάδες, γίνεται μελέτη από αρμόδιους φορείς όπως: το έργο 5G- Crouhaul και άλλων παρομοίως, ώστε να εγκριθούν ως προς την καταλληλότητά τους. Το κατά πόσο είναι κατάλληλη η εφαρμογή τους για το σκοπό αυτό, εξαρτάται από παράγοντες όπως ο πόσο πυκνό είναι το δίκτυο, η ενεργειακή απόδοση, η απόσταση της σύνδεσης, ο συγχρονισμός και το ποσοστό καθυστέρησης, το συνολικό κόστος και κάποια ζητήματα λειτουργίας όπως προβλήματα αξιοπιστίας, αυτόματης διόρθωσης.

Στην παρακάτω εικόνα απεικονίζονται γραφικά τρία σενάρια:



**Εικόνα 9** Συνδυασμός διαφόρων τεχνολογιών για τη σύσταση του δικτύου μεταφορών 5<sup>ης</sup> γενιάς

Από τις παραπάνω εικόνες, συμπεραίνουμε ότι η χρήση ασυρμάτων λύσεων είναι αναγκαία σε περιπτώσεις όπου το κόστος των ενσύρματων λύσεων είναι υπερβολικά υψηλό και δεν μπορούν αυτές να υλοποιηθούν. Στις ήδη υπάρχουσες γενιές (2G,3G,4G), έχουν χρησιμοποιηθεί οι σταθερού σημείου προς σημείο συνδέσεις μέχρι και τη ζώνη συχνότητας millimetre wave. Επιπρόσθετα, εξαιτίας του κατακερματισμού των μικρότερων των 50GHz συχνοτήτων, η βιομηχανία έχει στραφεί προς τις ζώνες συχνοτήτων από 50 έως 90GHz. Πρόκειται για ένα εύρος συχνοτήτων, που μπορεί να παρέχει αυξημένες αναξιοποίητες συνεχόμενες ζώνες.

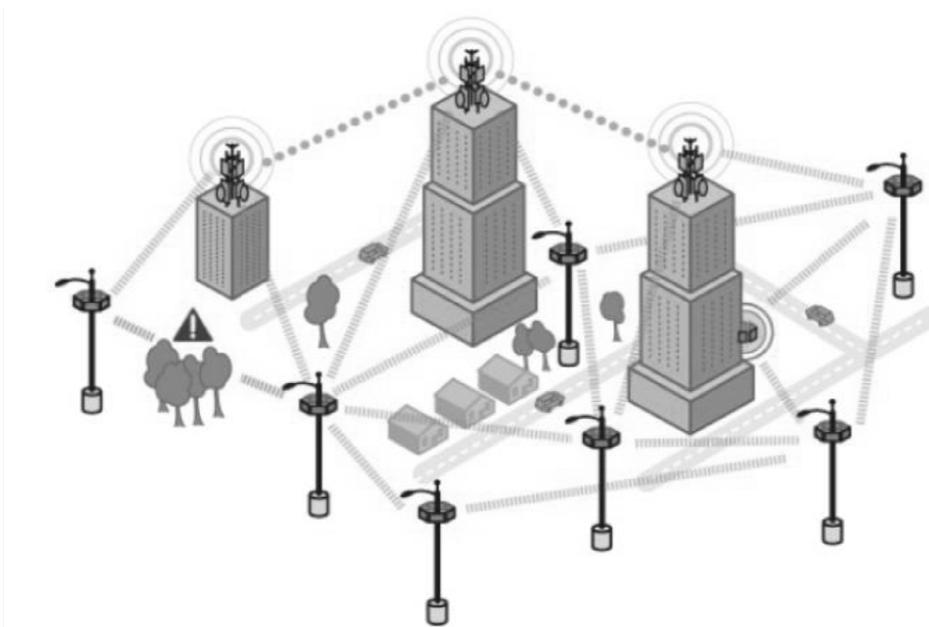
Το European Telecommunications Standard Institute έχει καθιερώσει ένα σύνολο προδιαγραφών με απώτερο σκοπό τη μετάδοση mmWave στο Vband

(57-66GHz) και E-band (71-76GHz, 81-86GHz), που θεωρείται κατάλληλο για πλούσια ανάπτυξη των backhaul και fronthaul δικτύων.

Μια ακόμα καινοτόμα τεχνολογία που μπορεί να χρησιμοποιηθεί, αν ληφθεί ως συνιστώσα το μικρότερο μήκος των αποστάσεων μεταξύ των συνδέσεων στα fronthaul/backhaul και ότι δεν υπάρχουν προβλήματα ορατότητας, λόγω αύξησης του οπτικού πεδίου (LOS), είναι οι οπτικές ασύρματες επικοινωνίες (OWC).

Για την εφαρμογή της προαναφερθείσας τεχνολογίας απαιτούνται πομποί (τύπου laser), ώστε να επιτευχθούν συνδέσεις ασύρματης σύνδεσης με υψηλή χωρητικότητα καθώς και η τεχνολογία VLC η οποία εκμεταλλεύεται συστήματα με LED υψηλής ισχύος για ενδοεπικοινωνία.

Για τα συστήματα small cells, υποσχόμενη τεχνολογία ώστε να ανταποκριθεί επάξια στο ρόλο της είναι ένα backhaul. Το backhaul με χρήση κατευθυνόμενων ηλεκτρικών κεραιών, για μεταφορά σήματος από point σε multipoint στο φάσμα mmWave (όπως προείπαμε πρόκειται για συχνότητες 30-300GHz). Στόχος όμως παραμένουν οι συχνότητες 50-90GHz που ρυθμίζονται από το ίδρυμα ETSI. Παρακάτω απεικονίζεται ένα πλέγμα backhaul για small cells στο mmWave.



**Εικόνα 10** Backhaul πλέγμα για Small Cells στο φάσμα mmWave

Αναφέρουμε προσεγγιστικά τις μέγιστες αποδόσεις ρυθμού δεδομένων κορυφής ενός συνδέσμου mmWave, λαμβάνοντας υπόψη ότι η απόδοση εξαρτάται κυρίως από την επιλεγμένη συχνότητα.

- Στην ζώνη E-Ζώνη πολλά παράγωγα του εμπορίου μπορούν να επιτύχουν ρυθμό μεταφοράς δεδομένων 1-1.25 Gbit/s
- Στην ζώνη V-Ζώνη τα νούμερα κυμαίνονται από 450Mbit/s έως 1Gbit/s.
- Στο project 5G – Crosshaul μπορούμε να επιτύχουμε και ως 4Gbit/s ανά κόμβο.

Τοπολογία και απόσταση μεταξύ κυψελών προσαρμόζουν την πυκνότητα που υπάρχει στο δίκτυο. Γενικά, με μια απόσταση 150 μέτρων μεταξύ των κυψελών, έχουμε μια χωρητικότητα δεκάδων Gbits/s/km<sup>2</sup>.

Οι συχνότητες αποτελούν σημαντικό παράγοντα για την απόσταση των συνδέσμων του mmWave. Χαρακτηριστικά:

- Ζώνη **E-band**: Από εκατοντάδες μέτρα έως πολλά χιλιόμετρα.
- Ζώνη **V-band**: Από 50m έως 1000m (στο εύρος 50m-600m καθοριστικό ρόλο παίζει η κεραία που χρησιμοποιείτε).

Τα οπτικά συστήματα παρέχουν τη δυνατότητα σύνδεσης σε αποστάσεις μεταξύ της ζώνης ultra – short (σύνδεση εντός ολοκληρωμένου) και της ζώνης ultra – long (σύνδεση δορυφόρων). Συμπεραίνουμε λοιπόν, ότι οι οπτικές ασύρματες συνδέσεις με χρήση LED ικανοποιούν τις απαιτήσεις έως και 200 μέτρα, ενώ για μεγαλύτερες αποστάσεις είναι αναγκαία η χρήση laser.

## 5G Σταθερής πρόσβασης

Αν οι σύνδεσμοι των backhaul και fronthaul καλυφθούν από παθητικά οπτικά δίκτυα PONs, point to multipoint μπορούμε να έχουμε ένα προσοδοφόρο τρόπο για την υλοποίηση σταθερής – κινητής υποδομής οπτικού δικτύου πρόσβασης.

Τέτοιες τεχνολογίες είναι:

- **GPON**
- **XG – PON**
- **XGS – PON**
- **NGPON2**

Με την εξέλιξη αυτών των τεχνολογιών πιστεύεται ότι η επόμενη γενιά PON θα έχει ως αρχή λειτουργίας την πολυπλεξία διαίρεσης μήκους κύματος (WDM).

- **GPON:** Οικιακή πρόσβαση, παρέχει χωρητικότητα μεταξύ των 2.5/1.25 Gbit/s, κυρίως σε συνδέσεις downstream/upstream και μοιράζεται μεταξύ χρηστών, περίπου 32/64. Τα στοιχεία για τις απαιτήσεις της σύνδεσης fronthaul, σύμφωνα με την CRPI κοινή ασύρματη διεπαφή. Είναι όμως κατάλληλο για εφαρμογή σε πυκνοκατοικημένες αστικές περιοχές.
- **XG-PON:** Παρέχει 2.5 Gbit/s για upstream και 10 Gbit/s για downstream. Λόγω της υψηλής χωρητικότητας στο upstream θεωρείται κατάλληλη για το 5G – Crosshaul. Όμως λόγω μειωμένης χωρητικότητας θεωρείται ότι είναι ακατάλληλες για αυτό το σκοπό.
- **NGPON2:** Κατάλληλη από πλευράς χωρητικότητας τεχνολογίας. Διαμορφώνεται με 4-8 ζεύγη καναλιών με χρήση πολυπλεξίας στο μήκος κύματος και χρόνου (TWDM).

Ανά ζεύγος για TWDM έχουμε:

- 10 Gbit/s downstream & 10 Gbit/s upstream
- 10 Gbit/s downstream & 2.5 Gbit/s upstream
- 2.5 Gbit/s downstream & 2.5 Gbit/s upstream

Όσον αφορά την αξιολόγηση των PON τεχνολογιών θα παρουσιάσουμε επιγραμματικά τα κυριότερα χαρακτηριστικά συντήρησης και λειτουργικά χαρακτηριστικά.

- Ασφάλεια Δικτύων
- Παρατήρηση των επιδόσεων και των παραμέτρων του φυσικού επιπέδου και του επιπέδου διασύνδεσης για την άμεση αποκατάσταση τυχόν προβλημάτων αλλά και συντήρηση
- Τεχνικές για εύρεση και αποκατάσταση σφαλμάτων

Καταλληλότερη τεχνολογία από πλευράς καθυστέρησης με την οποία έχουν ασχοληθεί πολλοί επενδυτές είναι η ανάπτυξη της ρυθμιζόμενης υψηλής χωρητικότητας WDM-PON. Η WDM-PON παρέχει συμμετρικές συνδέσεις της τάξης του 1Gbit/s με περιθώριο βελτίωσης με χρήση ρυθμιζόμενου laser καταμεμημένης ανάδρασης (DFB).

## Οπτικά Δίκτυα

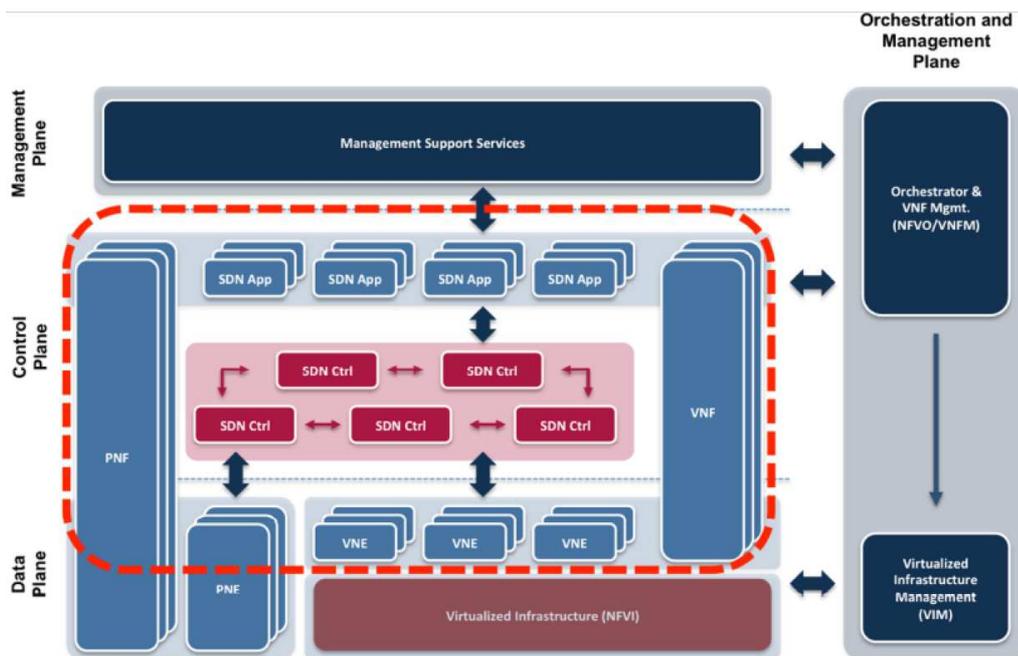
Τα οπτικά δίκτυα αποκτούν μεγάλη απήχηση λόγω του μικρού κόστους, της χωρητικότητας, της μεγάλης απόστασης μεταξύ συνδέσμων και της μικρής καθυστέρησης. Έχουμε δύο τεχνολογίες:

- **CWDM:** Απλή και αξιόπιστη επιλογή για περιπτώσεις εγκαταστάσεων χαμηλής ή μέτριας χωρητικότητας. Από κοινού με τη διαδεδομένη στη εποχή μας CPRI Επιλογή 9(12.16512 Gbit/s), η συνολική χωρητικότητα είναι εφικτό να πλησιάσει γύρω στα 219 Gbit/s ανά ίνα στα 18 CWDM κανάλια. Στις συσκευές CDWM χρειαζόμαστε δύο ίνες, μια για upstream και μία για downstream ή μία ίνα με αμφίδρομους πομποδέκτες το οποίο παρέχει μια απλοποιημένη λειτουργία και αποφυγή λανθασμένων συνδέσεων. Δύο ακόμα πλεονεκτήματα των CWDM είναι ότι μπορούν να ανταπεξέλθουν σε εξωτερικές καιρικές συνθήκες (-40/+70°C) με ρυθμούς μετάδοσης έως 10 Gbit/s και είναι η οικονομικότερη τεχνολογία WDM. Ενδιαφέρον παρουσιάζει ότι μπορούν να είναι plug and play τόσο στο παρόν όσο και στο μελλοντικό RAN εξοπλισμό, καθώς είναι και συμβατές με σύνδεση Ethernet.
- **DWDM:** Τα συστήματα αυτά λειτουργούν πάνω από το CBand (1530 – 1565nm) και ο αριθμός των καναλιών είναι 48 με 100 GHz απόσταση. Αυτό συνεπάγεται πως με τη χρήση μιας μόνο ίνας έχουμε υπερβολικά μεγάλη χωρητικότητα που αγγίζει τα 960 Gbit/s με κανάλια 100 Gbit/s σε 50 GHz απόσταση. Παρέχεται δυνατότητα αύξησης με την εισαγωγή καναλιών 1 Tbit/s. Σε εξαιρετικές καταστάσεις μετάδοσης μερικών Tbit/s μέσω των ζωνών συχνοτήτων C & L, η χωρητικότητα αγγίζει τα 67.2 Tbit/s σε μία μόνο ενιαία ίνα. Λόγω των παραπάνω είναι κατάλληλη για εφαρμογή στα δίκτυα 5<sup>ης</sup> γενιάς. Αρνητικό όμως αποτελεί το κόστος το οποίο είναι ιδιαίτερα αυξημένο. Βέβαια γίνονται προσπάθειες με στόχο την εκμετάλλευση πόρων που θα το καθιστούν περισσότερο προσιτό.



## Συνδυασμός NFV & SDN

Οι NFV & SDN αρχιτεκτονικές είναι δύο αρχιτεκτονικές που έχουν παραχθεί από διαφορετικές οπτικές γωνίες τυποποίησης αλλά είναι αλληλοσυμπληρούμενες και γι' αυτό είναι γνωστές και ως NFV/SDN. Από κοινού έχουν ιδιαίτερη αξία. Η NFV προσφέρει τη δυνατότητα δημιουργίας νέων λειτουργιών του δικτύου, όταν απαιτείται τις οποίες αξιοποιεί βέλτιστα, χρησιμοποιώντας επαρκείς πόρους. Η δυνατότητα αυτή όμως, προϋποθέτει την ύπαρξη της αρχιτεκτονικής SDN, ούτως ώστε να μπορεί να προσαρμόσει το δίκτυο αναλόγως με επαναδιαμόρφωση και επαναπροσδιορισμό των λειτουργιών. Λόγω της διαφορετικής προέλευσης των δύο αρχιτεκτονικών δεν έχουν συνδυαστεί σε μια ενιαία. Παρακάτω θα παραθέσουμε ένα τρόπο ένωσης των NFV και SDN αρχιτεκτονικών για το Selfnet, με σημείο εκκίνησης την αρχιτεκτονική ETSI NFV, όπως αναφέραμε νωρίτερα και στην συνέχεια την πρόσθεση της SDN όπως βλέπουμε στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 11 Συνδυασμός αρχιτεκτονικών NFV & SDN

Σύμφωνα με το ETSI η συνδυασμένη αυτή αρχιτεκτονική είναι συμβατή και οι αλλαγές προκύπτουν απ' τα επιπλέον επίπεδα. Ένα πρόβλημα που έπρεπε να επιλυθεί ήταν τα ονόματα των παραγόντων. Τα παρόμοια κουτιά είχαν διαφορετική ονομασία αναλόγως την οπτική. Είτε σαν NFV ή σαν SDN. Για να επιλυθεί αυτό, διατηρήθηκαν οι λειτουργίες του δικτύου (PNFs). Όπως βλέπουμε στα αριστερά του τετραγώνου κόκκινου χρώματος, με διακεκομμένη περίμετρο της εικόνας. Ως εκ τούτου συμπεραίνουμε ότι πιθανόν υπάρχουν φυσικές λειτουργίες

του δικτύου που δεν έχουν να κάνουν με καμία εκ των δύο αρχιτεκτονικών. Επομένως είναι εφικτό να παρέχονται εικονικές λειτουργίες δικτύου (VNFs) χωρίς SDN υποστήριξη. Άρα προκύπτει η δεξιά πλευρά του ίδιου κόκκινου τετραγώνου με τις εικονοποιημένες λειτουργίες του δικτύου (VNF), οι οποίες διατηρούν τα ονόματα τους.

Στο μέσο της εικόνας, όλα τα περιεχόμενα έχουν SDN-επίγνωση, κάτι που συνεπάγεται τον χωρισμό τρία τμήματα. Στο κάτω τμήμα (χρήστη - δεδομένων) παρέχονται είτε εικονίδια είτε φυσικά στοιχεία δικτύου (NES) που καλούνται ως PNEs ή VNEs. Τα ονόματα επιλέγονται από το SDN, επειδή παρουσιάζουν το σκοπό τους με μεγαλύτερη σαφήνεια. Το project Selfnet έχει τη δυνατότητα χρήσης πολλαπλών ελέγχων (Controllers) σε διαφορετικά τμήματα, στο επίπεδο ελέγχου του (Control Plane). Τα εξαρτήματα αυτά ονομάζονται SDN controllers. Αυτοί παρουσιάζονται στο ορθογώνιο με κόκκινο φόντο. Στο συγκεκριμένο τμήμα υποθέτουμε ότι οι εφαρμογές είναι εικονικές, λόγω μείωσης χρήσης του συγκεκριμένου υλικού.

### 3.3.3 3<sup>η</sup> Αρχιτεκτονική μικροκυματική ζώνη (mm-Wave)

Μια φασματική περιοχή ιδιαίτερου ενδιαφέροντος για την παροχή ασυρμάτων ευρυζωνικών υπηρεσιών στους χρήστες είναι αυτή των σημάτων που έχουν μήκος κύματος περίπου στο χιλιοστό, τα γνωστά αποκαλούμενα mmWave ζώνη. Η αρχιτεκτονική αυτή παρέχει εύρος ζώνης μετάδοσης πάνω από 30 GHz, ενώ δεν παρουσιάζει προβλήματα πυκνότητας. Η ζώνη με μεγαλύτερο ενδιαφέρον στο εύρος των μικροκυματικών συχνοτήτων είναι η περιοχή περίπου στα 60 GHz, όπου παρέχεται 3 GHz ελεύθερο εύρος τιμών (59 – 62 GHz). Για να αντιμετωπιστούν προβλήματα που προέρχονται από υψηλές απώλειες διάδοσης και απωλειών διείσδυσης σε τοίχους, λόγω του μικρού μεγέθους κυψέλης του συστήματος.

Αναπτύχθηκε το IEEE 802.11ad. Πρόκειται για ένα WLAN πρωτόκολλο που μπορεί να εκμεταλλευτεί τις πρακτικές της τεχνολογίας RoF και να δουλεύει σε αυτές τις συχνότητες. Χαρακτηριστικά του IEEE 802.11ad:

- Πολύ υψηλή απόδοση (VHT)
- Κατευθυντικό επίπεδο πολλαπλών Gigabit (DMG)

Η τεχνολογία που αναφέραμε έχει εφαρμοστεί ήδη σε μερικά 5G – PPP projects όπως 5GXHAUL, Fanstastic 5G, METIS – II.

### 3.4 Εφαρμογές

Τα δίκτυα 5<sup>ης</sup> γενιάς στοχεύουν στην κάλυψη αναγκών κάθε είδους σε ένα εύρος εφαρμογών, με ξεχωριστά χαρακτηριστικά. Η ανάπτυξη των δικτύων, λέγεται πως θα παίξει καθοριστικό ρόλο για το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT), το οποίο συμπεριλαμβάνει την αμφίδρομη σύνδεση κάθε συσκευής που βρίσκεται σε ένα χώρο με το διαδίκτυο, ώστε να είναι εφικτός ο απομακρυσμένος έλεγχος αυτών. Επίσης, τα δίκτυα 5G, θα καταστήσουν εφικτή την απομακρυσμένη χρήση τεχνολογιών εικονικής πραγματικότητας σε σχέση με τις προηγούμενες γενιές δικτύων που χρειαζόταν να βρίσκεται στον ίδιο χώρο.

Εξαιτίας των δικτύων 5<sup>ης</sup> γενιάς, υλοποιείται μια άλλη καινοτομία, αυτή των αυτόνομων οχημάτων που θα μπορούν να κινούνται στους δημόσιους δρόμους. Έτσι, θα μπορέσουν να υπάρξουν ασφαλείς και αποδοτικές μεταφορές.

Τα δίκτυα 5G κάνουν ευκολότερη την απομακρυσμένη παρακολούθηση ασθενών. Σε ακραίες περιπτώσεις που χρειάζεται εγχείρηση, υπάρχει δυνατότητα εκτέλεσης της μέσω ρομποτικών μηχανημάτων, διότι κάτι τέτοιο απαιτεί αξιόπιστη σύνδεση, χωρίς απώλειες και καθυστερήσεις.

### 3.5 5G - PPP

Το 5G-PPP αποτελεί μια κοινή πρωτοβουλία της Ευρωπαϊκής Ένωσης με την Ευρωπαϊκή βιομηχανία Τεχνολογιών Πληροφορικής και Επικοινωνιών (ICT Industry). Σε αυτό το πλαίσιο η συνολική επένδυση για τα 5G-PPP αναμένεται να ξεπεράσει 4 δισεκατομμύρια Ευρώ δημιουργώντας μια νέα γενιά επικοινωνιών και υπηρεσιών. Επιπλέον, το 5G-PPP αποβλέπει στη δημιουργία νέων αγορών όπως οι έξυπνες πόλεις, οι ευφυείς μεταφορές, η εκπαίδευση & ψυχαγωγία, η ηλεκτρονική υγεία και τα μέσα ενημέρωσης. Η πρωτοβουλία 5G-PPP αναμένεται να ενισχύσει την ανταγωνιστική θέση της Ευρωπαϊκής βιομηχανίας στις παγκόσμιες αγορές και να δημιουργήσει νέες καινοτόμες ευκαιρίες.

Οι βασικοί στόχοι τους οποίους τοποθετεί η 5G-PPP:

- Αξιοπιστία
- Εξοικονόμηση ενέργειας
- Ταχύτερη προσπέλαση
- Χαμηλή αναμονή
- Διασύνδεση Πραγμάτων
- Αύξηση της ασύρματης χωρητικότητας κατά 1000 φορές
- Διασύνδεση των χρηστών
- Υποστήριξη μεγάλου εύρους εφαρμογών

Το 5g-PPP αναμένεται να ολοκληρωθεί σε δύο με τρεις φάσεις, την έρευνα, την βελτιστοποίηση και την πραγματοποίηση δοκιμών μεγάλης κλίμακας. Το 5g-PPP περιέχει συνολικά 19 project, τα λογότυπα των οποίων δίνονται παρακάτω:



Εικόνα 12 5G-PPP Projects

### 3.5.1 Charisma

Το project Charisma προτείνει την έξυπνη ιεραρχική δρομολόγηση και την εικονικοποιημένη αρχιτεκτονική (υπηρεσία ασφαλείας) που πραγματοποιείται μέσω ενός φυσικού επιπέδου ασφαλείας και παρέχει το συντομότερο δρομολόγιο από άκρο σε άκρο καθώς και μεταξύ των τελικών χρηστών.

Το project λειτουργεί και συμβαδίζει με τις βασικές αρχές του 5G-PPP και των KPIs, ενώ συγκεντρώνει σταθερή οπτική προσπέλαση 100G και ασύρματη 10G μέσω ενός έξυπνου δικτύου τύπου C - RAN και μιας έξυπνης πλατφόρμας RRH με πρωτόκολλο IPv6 που χρησιμεύει στην διαχείριση της κυκλοφορίας στο δίκτυο. Η αρχιτεκτονική του εξασφαλίζει χαμηλή καθυστέρηση (<1ms) και ασφάλεια. Στόχος του project είναι η χαμηλή καθυστέρηση μετάδοσης δεδομένων.

Στόχοι του project:

- Υψηλό εύρος ζώνης, ολοκληρωμένη προσπέλαση fronthaul & backhaul & D2D και εξυπηρέτηση χαμηλής καθυστέρησης.
- Ασφάλεια κατά μήκος όλων των επιπέδων του δικτύου ανοιχτής πρόσβασης από άκρο σε άκρο.
- Φυσικό επίπεδο χαμηλής καθυστέρησης τόσο για ασύρματα και για διασυνδεδεμένα και αποκεντρωμένα 5G δίκτυα.
- Κατασκευή δυο πιλοτικών επιδείξεων για την παροχή υποδομών ανοιχτής πρόσβασης πολλαπλών χρηστών και πολλαπλών τεχνολογιών με βάση το Charisma project.

### 3.5.2 CogNet

Το project στοχεύει στην έρευνα και ανάπτυξη μιας πλατφόρμας διαχείρισης δικτύου σε πραγματικό χρόνο με την ικανότητα να επεκτείνεται έτσι ώστε να διαχειρίζεται τις απαιτήσεις του μελλοντικού 5G δικτύου.

Στόχος του project είναι:

- Συλλογή και επεξεργασία μαζικών δεδομένων από το δίκτυο 5G
- Εφαρμογή αλγορίθμων μηχανικής μάθησης με στόχο την αντιμετώπιση:
  - Πρόβλεψη της ζήτησης και του εφοδιασμού
  - Σφαλμάτων δικτύου, βλαβών και συνθηκών όπως συμφόρηση δικτύου και μείωση των επιδόσεων
- Εντοπισμών σοβαρών θεμάτων ασφαλείας

### 3.5.3 Coherent

Το Coherent project αποσκοπεί στην έρευνα και ανάπτυξη ενός ενιαίου πλαισίου ελέγχου για 5G δίκτυα ασύρματης ετερογενούς πρόσβασης μέσω καινοτομιών όπως:

- Ορισμένη δικτύωση από το λογισμικό για δίκτυα ασύρματης πρόσβασης, ευέλικτο έλεγχο για σύνθετο συντονισμό πόρων και διαχείριση φάσματος σε 5G δίκτυα.

- Κλιμακούμενη διαχείριση του ραδιοφάσματος, για την υποστήριξη διαφορετικού τύπου φάσματος,
- Αποτελεσματική μοντελοποίηση ασυρμάτων πόρων και διαχείριση σε προγραμματίσιμα δίκτυα ασύρματης προβολής.

### 3.5.4 Fantastic – 5G

Το project Fantastic – 5G προσδοκεί να αναπτύξει ένα πολλαπλό σύστημα διασύνδεσης το οποίο θα είναι σε θέση να υποστηρίξει όλες τις πιθανές περιπτώσεις χρήσης, με την υψηλότερη απόδοση και επεκτασιμότητα, δίχως να γίνει πολύπλοκο από πλευράς δικτύου. Για το σκοπό αυτό, θα αναπτυχθεί μέσω του project μια TN (προηγμένη ανίχνευση πολλαπλών χρηστών, επεκτάσιμες διαδικασίες πολλαπλής πρόσβασης, ενισχυμένα συστήματα πολλαπλών κεραιών, συντονισμό παρεμβολών, ευέλικτη κυματομορφή και πλαίσιο σχεδιασμού) και την ενσωμάτωση τους σε ένα ευρύτερο πλαίσιο TN, έτσι ώστε να πραγματοποιηθεί η προσαρμογή ως προς τον υψηλό βαθμό ετερογένειας που καθορίζει τα 5G δίκτυα. Το project έχει σαν στόχο την ανάπτυξη μιας προσαρμόσιμης και επεκτάσιμης διεπαφής αέρος πολλαπλών υπηρεσιών, την πλήρη κάλυψη, την υψηλή χωρητικότητα και την αποτελεσματικότητα σε επίπεδο κατανάλωσης ενέργειας και πόρων. Επίσης ασχολείται μόνο με χαμηλότερες συχνότητες (<6GHz).

### 3.5.5 Flex5GWare

Το Flex5GWare project αποσκοπεί στην κατασκευή πλατφορμών υλικού μαζί με λογισμικό. Το project πραγματοποιεί έρευνα, ανάπτυξη και προτυποποίηση σε μεμονωμένες συσκευές αλλά και σε βασικά δομικά στοιχεία του 5G δικτύου σε επίπεδο υλικού και λογισμικού. Θα πραγματοποιηθεί σχεδιασμός και ανάπτυξη αναλογικών εξαρτημάτων για την ενεργοποίηση solid MIMO σε μικροκυματική ζώνη. Στον ψηφιακό τομέα θα αναπτυχθούν εξαρτήματα για χαρακτηριστικά, όπως πομποδέκτες FBMC, κωδικοί κλπ. Επίσης θα σχεδιαστεί μια πλατφόρμα λογισμικού ώστε να επιλέγει τον βέλτιστο διαχωρισμό λειτουργιών μεταξύ του υλικού και λογισμικού.

### 3.5.6 Euro – 5G

Το project Euro – 5G έχει σαν βασικό στόχο να διευκολύνει την αποδοτική και αποτελεσματική συνεργασία και την ολοκλήρωση όλων των project του 5G-PPP, της Ευρωπαϊκής Επιτροπής και του συνδέσμου υποδομών 5G. Οι μετρήσεις για την αξιολόγηση της επιτυχίας του 5G-PPP θα βασιστούν στα KPIs.

Το Euro – 5G αποσκοπεί στην διασφάλιση της ολοκλήρωσης των Ευρωπαϊκών βιομηχανικών πολιτικών, έτσι ώστε τα αποτελέσματα να είναι χρήσιμα και γι αυτό θα υποστηρίξει ενεργά το στόχο του 5G-PPP με στόχο να ενισχύσει την ανταγωνιστικότητα της Ευρωπαϊκής βιομηχανίας ΤΠΕ και να εξασφαλίσει μια Ευρωπαϊκή κοινωνία όπου ο καθένας θα έχει την δυνατότητα να τα οφέλη των μελλοντικών δικτύων. Σκοπός του είναι να παρακολουθεί, να αναλύει και να διευκολύνει τις διεθνείς 5G δραστηριότητες.

### 3.5.7 METIS II

Το project METIS II θα παρέχει ένα σχεδιασμό δικτύου 5G RAN, περιγράφοντας την αρχιτεκτονική πρωτοκόλλου στοίβας. Ο σχεδιασμός του 5G RAN θα βασιστεί στα παρακάτω:

- Ολιστική αρχιτεκτονική διαχείρισης του φάσματος
- Ολιστικό πλαίσιο εναρμόνισης της διεπαφής αέρα
- Ευέλικτη διαχείριση πόρων
- Κοινό πλαίσιο ελέγχου και επιπέδου χρήστη
- Πλαίσιο πρόσβασης και κινητικότητας για προσπέλαση ανεξάρτητα από το επίπεδο και τη διεπαφή αέρα

### 3.5.8 mmMagic

Η χρήση υψηλών συχνοτήτων για την υλοποίηση των 5G υπηρεσιών είναι αναγκαία καθώς χρειάζεται αυξημένος αριθμός δεδομένων, καθώς και σε αρκετές περιπτώσεις μικροί χρόνοι αναμονής. Στο project αυτό θα αναλυθούν κυματομορφές δομή πλαισίων και αριθμολογία και θα αναπτυχθούν τεχνικές για την αντιμετώπιση προκλήσεων των κινητών επικοινωνιών.

### 3.5.9 Selfnet

Το Selfnet θα δημιουργήσει ένα πλαίσιο διαχείρισης δικτύου, με σκοπό την οικονομικά αποδοτικότερη διαχείριση 5G δικτύου. Επίσης, λέγεται ότι θα αναπτύξει την ολιστική χρήση των SDN και NFV. Επιπλέον, θα είναι σε θέση να παρέχει μετρήσεις ακριβείας όπου θα παρουσιάζεται η κατάσταση του δικτύου και η λειτουργία του.

### 3.5.10 Sesame

Το Sesame αποσκοπεί γύρω από την τοποθέτηση δεδομένων στην άκρη του δικτύου μέσω NFV και Edge Cloud Computing. Την ανάπτυξη της ιδέας μικρών κυψελών η οποία υπάρχει αλλά προβλέπεται να αναπτυχθεί πλήρως στα δίκτυα 5G.

### 3.5.11 Sonata

Το project αυτό έχει σκοπό να μειώσει τις τεχνολογικές προκλήσεις για πολύπλοκες εφαρμογές και υπηρεσίες χρήστη, καθώς διαθέτει το SDK, όπου είναι μια εργαλειοθήκη ανάπτυξης λογισμικού που βοηθάει στην αποτελεσματικότητα της λειτουργίας του δικτύου.

Το Sonata βασίζεται κυρίως σε δύο νέες τεχνολογίες:

- I. Cloud Computing.
- II. SDN.

Στις παραπάνω τεχνολογίες η επεξεργασία των πόρων γίνεται αυτόματα χάρη σε μηχανισμούς που διαθέτουν. Το project διαθέτει αυτοματισμούς οι οποίοι μπορούν να εξοικονομούν το κόστος. Παρακάτω θα παρουσιαστούν κάποια παραδείγματα χρήσεως του Sonata για ευκολότερη κατανόησή του:

- **IoT:** Η χρήση του συγκεκριμένου project στο Internet of Things είναι αναγκαία στην εξέλιξη την παρακολούθησης και της ταξινόμησης.
- **VEPC:** Προβάλλει την ανταγωνιστικότητα του Sonata για την εξέλιξη μιας VEPC σε ένα κινητό δίκτυο.
- **PSS:** Στην υπηρεσία αυτή το Sonata θα ενισχύσει τις υπηρεσίες ασφάλειας ενεργοποιήσει την ασφαλή πρόσβαση δικτύου.



### **3.5.12 Speed 5G**

Σκοπός του speed 5G είναι να μεγαλώσει το εύρος χωρητικότητας σε σχέση με την υπέρ-πυκνότητα της κυψελοειδούς τεχνολογίας. Επιπρόσθετα, το speed 5G σε συνδυασμό με κάποια άλλα project αποτελεί μέρος του 5G-PPP. Το speed 5G project στοχεύει στην Δυναμική κατανομή Φάσματος (DSA), στο οποίο ζώνες φάσματος και τεχνολογίες αξιοποιούνται ώστε η εμπειρία που προσφέρεται στο χρήστη να είναι ανεπτυγμένη.

### **3.5.13 Superfluidity**

Σκοπός του συγκεκριμένου project είναι η μετεξέλιξη των ήδη υπαρχών αρχιτεκτονικών, οι οποίες θα αναπτύσσονται πάνω από τη βασική υποδομή του δικτύου και θα έχουν ανοχή στην επεξεργασία για αναβάθμιση. Επίσης, το project Superfluidity προσφέρει άμεση δημιουργία και ανάπτυξη νέων υπηρεσιών, καθώς και σωστή διαχείριση της ετερογένειας. Επιτυγχάνεται, αποτελεσματική υλοποίηση RFB με την βοήθεια επιτάχυνσης υλικού και λογισμικού.

### **3.5.14 VirtuWind**

Βασικός στόχος του VirtuWind είναι να αναπτύξει ένα SDN & NFV οικοσύστημα το οποίο θα βασίζεται σε ένα ανοικτό και ασφαλές πλαίσιο, επιδεικνύοντας την περίπτωση χρήσης των βιομηχανικών δικτύων σε ένα αιολικό πάρκο. Το δίκτυο ελέγχου του αιολικού πάρκου έχει επιλεγεί ως μια επαγγελματική εφαρμογή από το VirtuWind διότι η αιολική ενέργεια είναι βασικός πυλώνας της παραγωγής βιώσιμης ενέργειας.

Βασικοί στόχοι του project:

- Διεξαγωγή Qos βιομηχανικής ποιότητας για λύσεις SDN.
- Εγγύηση Qos για υποσυστήματα βασισμένα στο SDN.
- Μείωση κόστους και χρόνου για την παροχή υπηρεσιών και τη συντήρηση δικτύου.
- Διασφάλιση ασφάλειας κατά τον σχεδιασμό SDN και NFV υποσυστημάτων.
- SDN & NFV δοκιμαστικό πρωτότυπο τόσο εντός δικτύου όσο και μεταξύ διαφορετικών δικτύων.

Το VirtuWind θα προσαρμόσει την δικτύωση SDN σύμφωνα με τις απαιτήσεις των βιομηχανικών δικτύων, για την ανάπτυξη μηχανισμών SDN με σκοπό την εφαρμογή QoS βιομηχανικής ποιότητας και μείωση δαπανών για το δίκτυο ελέγχου των αιολικών πάρκων.

### **3.5.15 5G – Crosshaul**

Σκοπός του έργου Crosshaul - 5G είναι η διαμόρφωση των 5G backhauling / fronthaul δικτύου και πιστεύεται ότι θα δώσει λύση σε ζητήματα κόστους, δικτυακής αποτελεσματικότητας και θέματα κλιμάκωσης δικτύου μεταφοράς 5G στα ακόλουθα ζητήματα:

- Θα παραστήσει τη σύγκλιση συσκευών δικτύωσης (XEF) εφαρμόζοντας ένα ενωμένο στάδιο δεδομένων, έτοιμο να ανταπεξέλθει στη μεταφορά όλων των ειδών κίνησης Crosshaul. Αυτό θα επιφέρει μείωση του κόστους δικτύου δίνοντας αξία στον ολοκληρωμένο σχεδιασμό δικτύου και θα το βελτιώσει.
- Θα παρέχει ποιοτικότερο δίκτυο. Στο Crosshaul προκειμένου να μειωθεί το κόστος θα ερευνηθούν νέες τεχνολογίες μόχλευση οπτικής ίνας, οπτικής ίνας, οπτικά συστήματα Ελεύθερου χώρου και χάλκινες υποδομές χαμηλού κόστους παρέχοντας μειωμένο κόστος ανάπτυξης και εγκατάστασης.
- Θα παρασταθεί ένα συνολικό τμήμα ελέγχου το οποίο θα είναι κλώνος του προτύπου SDN, παρέχοντας ευελιξία και κλιμάκωση (XCI).

Το έργο 5G – Crosshaul αποσκοπεί στην δημιουργία μια τροποποιημένης, αξιόπιστης και προσοδοφόρας λύσης δικτύου μεταφοράς, που θα εμπεριέχει το fronthaul και backhaul. Το παρών δίκτυο θα συνδέσει τις διανεμημένες λειτουργίες δικτύου ραδιοπρόσβασης και τις λειτουργίες του κεντρικού δικτύου, που βρίσκεται στους κόμβους cloud – δικτύου. Για να επιτευχθεί αυτό απαιτείται η εφαρμογή δύο δοκιμών στοιχείων. Το πρώτο αναφέρεται σε μία ελεγκτική υποδομή που αξιοποιεί ένα μοντέλο αφηρημένου δικτύου για την ένωση του επιπέδου ελέγχου (Xhaul/Crosshaul Control Infrastructure, XCI). Το δεύτερο αφορά ένα ενοποιημένο data plane που εμπεριέχει πρωτοποριακές υψηλής – χωρητικότητας τεχνολογίες μετάδοσης και καινούριες αρχιτεκτονικές latency switch (XCI). Εν

κατακλείδι, το έργο αυτό προσδοκεί να κάνει απλές, σε μεγάλο βαθμό λειτουργίες δικτύου, ανεξαρτήτως του τεχνολογικό του εύρος. Έτσι θα έχουμε καλύτερη απόδοση της QoS και της ενεργειακής χρήσης άλλη και εφαρμογές network – aware.

### **3.5.16 5G Ensure**

Το έργο 5G - Ensure έχει ως κύρια επιδίωξη την ανάπτυξη μιας αρχιτεκτονικής ασφαλείας για τα δίκτυα 5G, ώστε να μπορεί να εφαρμοστεί και σ' άλλα 5G projects αλλά και να δικαιολογεί την ύπαρξη του, προσφέροντας ένα σύνολο από προϋποθέσεις ασφάλειας που παρουσιάζουν προβλήματα. Οι κύριες δικλίδες ασφαλείας αυτού του έργου είναι ο έλεγχος ταυτότητας, εξουσιοδότησης και η λογιστική (AAA), προσωπικά δεδομένα, εμπιστοσύνη, έλεγχος ασφαλείας, διαχείριση δικτύου και απομόνωση της εικονοποίησης.

Μεγαλύτερο βαθμό ενδιαφέροντος παρουσιάζουν τα θέματα διασφάλισης ιδιωτικού απορρήτου ή αλλιώς προστασία προσωπικού δεδομένων των χρηστών. Προκειμένου να επιτευχθεί αυτός ο στόχος θα ερευνηθούν πρότυπα τεχνολογίας μετριασμού της ιδιωτικής ζωής όπως τα παρακάτω:

- Προσωρινή ταυτότητα για παροχή ανωνυμίας
- Μηχανισμοί ελέγχου πρόσβασης
- Νέα συστήματα κρυπτογράφησης

Οι λύσεις αυτές αφορούν κυρίως σε επίπεδο δικτύου και στο επίπεδο εφαρμογής. Το έργο 5G – Ensure αποσκοπεί στο να αξιοποιήσει εξωτερικές πηγές, για περιπτώσεις χρηστών και να συνδυαστεί με ένα ή και περισσότερα έργα 5G ή δραστηριότητες (Έργα με υποδομή συνεργασίας Δημόσιου και Ιδιωτικού Τομέα - PPP). Λαμβάνοντας υπόψη τα δεδομένα θα προκύψουν από εξωτερικές πηγές όπως οι επιχειρήσεις, το 5G – Ensure έργο θα αναγνωρίσει νέες περιπτώσεις χρήσης, αναγκαίες με ρεαλιστικά δεδομένα, οι οποίες θα αφορούν την ασφάλεια και την ιδιωτικότητα.

Τέλος, το 5G – Ensure περιμένουμε να έχει στρατηγική απήχηση στον τομέα της τεχνολογίας, στον επιχειρηματικό τομέα, και στην ελπίδα για ένα αυθεντικό, βιώσιμο και ασφάλειας και κατάλληλους μηχανισμούς για διεύρυνση του κινητού

οικοσυστήματος σε μια σύγχρονη δικτυωμένη κοινωνία. Αυτό σίγουρα θα προσελκύσει νέους χρήστες απαιτήσεων, σε μια πλατφόρμα με πρωτοποριακές επιχειρηματικές ευκαιρίες.

### **3.5.17 5G – Exchange (GEX)**

Το project 5G – Exchange αποσκοπεί στην βέλτιστη εκμετάλλευση τεχνικών και επιχειρησιακών παρόχων. Κατ’ αυτό τον τρόπο, καθίσταται δυνατή η εφαρμογή δικτύου και υπηρεσιών ανά τον κόσμο ή αλλιώς από άκρη σε άκρη, ανεξαρτήτως των τεχνολογικών πόρων που παρέχονται από διαφορετικά περιβάλλοντα. Προβλήματα όπως διαμοιρασμός των πόρων του δικτύου πρέπει να επιλυθούν και από άποψη υπολογιστική αλλά και άποψη αποθήκευσης. Το 5G – GEX πρόκειται να παρέχει σύνθετες υπηρεσίες. Επομένως θα επιτευχθούν δύο σημαντικά σημεία:

- Αποθήκευση μεταξύ διαφορετικών τμημάτων
- Δικτύωση με την πληροφορική

Η διάδοση, η ενεργοποίηση και η διαχείριση θεωρούνται σαν επιθυμητή απεικόνιση των υπηρεσιών σε μοντέλα διαφορετικών παρόχων. Επιπρόσθετα το project 5G – GEX επιδιώκει τον αυτόνομο διαμοιρασμό και απεικόνιση των υπηρεσιακών δεδομένων που αναπαριστούν την υπηρεσία και δικτυακές λειτουργίες στους πόρους του φυσικού εξοπλισμού των τμημάτων.

Βάση των παραπάνω θα προκύψει βελτίωση στις πολιτικές, επιχειρησιακές και επιχειρηματικές καθώς και στους δείκτες απόδοσης (KPIs), παρουσιάζοντας μείωση του κόστους λειτουργίας (OPEX) και αύξηση κερδών. Τέλος, θα παρέχει στις επιχειρήσεις τη δυνατότητα να μπορούν να κάνουν αγοραπωλησίες καθώς και να αξιοποιούν υπηρεσίες υποδομής με ωφέλιμο προς αυτές τρόπο.

### **3.5.18 5G – NORMA**

Το 5G – NORMA αποτελεί μια πρωτοποριακή αρχιτεκτονική τροποποιημένου δικτύου πολλών υπηρεσιών. Η βασική αρχή λειτουργίας του 5G – NORMA στηρίζεται στον ευέλικτο παραμερισμό και διανομή των λειτουργιών του δικτύου

κινητής τηλεφωνίας. Πρακτικά αυτό σημαίνει ότι μέσω απλών διαδικασιών απενεργοποιεί ορισμένες λειτουργίες του δικτύου, ενώ ενεργοποιεί άλλες, τοποθετώντας τις δεύτερες στη βέλτιστη θέση. Η τεχνική αυτή έχει σαν αποτέλεσμα τα δίκτυα πρόσβασης και πυρήνα να μην είναι υποχρεωμένα να βρίσκονται σε ξεχωριστές τοποθεσίες. Αυτή χρησιμοποιείται από το σύστημα πλέον για παροχή της βέλτιστης από κοινού λειτουργίας, όποτε αυτό καθίσταται εφικτό. Κύριο ρόλο στη λειτουργία αυτής της αρχιτεκτονικής, που την καθιστά εύκολα τροποποιήσιμη, παίζει το πρωτοποριακό λογισμικό (Software – Define Mobile Network).

Κύρια επιδίωξη του project είναι μιας πρωτοποριακής 5G αρχιτεκτονικής δικτύου κινητής τηλεφωνίας η οποία θα παρέχει τρομερά στάδια προσαρμοστικότητας δικτύου, διασφαλίζοντας την υψηλή απόδοση, παρέχοντας ασφάλεια, εφικτό κόστος, με σεβασμό στο περιβάλλον (σε επίπεδο κατανάλωσης ενέργειας) ούτως ώστε να πληρούνται οι καθορισμένες προδιαγραφές, αλλά και είναι και οικονομικά προσοδοφόρο. Προκειμένου να γίνει αντιληπτή η αξία της, τόσο στους χρήστες, όσο και στην βιομηχανία των ασυρμάτων δικτύων, το project θα πρέπει να αναδείξει μια παρουσίαση σε οικονομικό αλλά και κοινωνικό επίπεδο.

### **3.5.19 5G XHAUL**

Το project προτείνει μια λύση οπτικής και ασύρματης μεταφοράς που είναι ικανή να συνδέσει τα μικρά στοιχεία με το δίκτυο. Αξιοποιώντας την δραστηριότητα των χρηστών, γίνεται δυναμική κατανομή των πόρων του δικτύου στα σημεία που δίνουν πρόσβαση στο δίκτυο. Για να υποστηριχθούν αυτές οι ιδέες, θα πρέπει να αναπτυχθούν τεχνικές όπως:

- Μικροκυματικοί πομποί που διαθέτουν μεγάλη χωρητικότητα, χαμηλή καθυστέρηση και είναι δυναμικά προγραμματισμένοι.
- Κοινόχρηστο οπτικό δίκτυο που διαθέτει ελαστική κατανομή εύρους ζώνης.
- Το λογισμικό ορίζει ένα επίπεδο ελέγχου που θα επαναπροσδιορίζει τα εξαρτήματα του δικτύου βάσει πρόβλεψης της ζήτησης της κυκλοφορίας στον χώρο και τον χρόνο.

Σύμφωνα με το 5G – XHAUL, οι τεχνολογίες που θα συμβάλουν στην αντιμετώπιση της ζήτησης ευρυζωνικής συνδεσιμότητας είναι:

- Small Cells
- C – RAN
- SND
- NFV

Βασική περίπτωση χρήσης για το 5G – XHAUL αποτελεί η ανάπτυξη μικρών κυψελών για τα δίκτυα μεταφοράς των πυκνών αστικών κέντρων. Ένα πυκνό στρώμα το επίπεδο small cells θα βρίσκεται σε απόσταση 50 – 200m και 2 – 6m ύψος πάνω από το δρόμο. Τα small cells μπορεί να είναι ασύρματα backhaul στην περιοχή της κυψέλης ή συνδεδεμένα σε ένα κεντρικό κόμβο συστημάτων μέσω παθητικών οπτικών δικτύων.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4**

### **Μελλοντικές Εξελίξεις στα δίκτυα 5G**

Οι τεχνολογίες Πληροφορικής και Επικοινωνιών βλέπουν ταχεία ανάπτυξη στις μέρες μας. Στην ανάπτυξη αυτή καθοριστικό ρόλο θα παίξει το δίκτυο 5G, από το οποίο θα επηρεαστούν πολλοί τομείς. Τα 5G, φημολογείται ότι θα εξελίξει τον τρόπο λειτουργίας των δικτύων καθώς αλλάζει ο τρόπος που οποιαδήποτε φορητή συσκευή αντλεί δεδομένα και υπάρχει υποδομή για μαζική σύνδεση από πολλούς χρήστες ταυτόχρονα. Παράλληλα, βελτιώνεται η ασφάλεια με την ανάπτυξη δικτύων πέμπτης γενιάς, κάτι στο οποίο δίνεται έμφαση με την 5G ανάπτυξη, διότι υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός χρηστών, οι οποίοι είναι κακόβουλοι και θέλουν να εξαλείψουν την ιδιωτικότητα των υπόλοιπων χρηστών. Για να επιτευχθεί αυτό, δημιουργούνται νέοι μηχανισμοί ασφαλείας, οι οποίοι αναπτύχθηκαν κατά τα 5G – PPP πρότυπα, όπου υπάρχει έλεγχος ταυτότητας καθώς το 5G δίκτυο θα καλύψει ένα νέο κομμάτι τεχνολογίας γνωστό και ως IoT.

Τα 5G δίκτυα, καλούνται να καλύψουν ένα εύρος εφαρμογών και δεδομένων διότι υπάρχει ανάπτυξη επιχειρήσεων, άρα και αναγκών.

Για την κάλυψη του δικτύου χωρίς προβλήματα, χρησιμοποιούνται hotspots, όπου γίνεται κατανομή του φορτίου σε περιοχές με αυξημένη χωρητικότητα δικτύου. Όσον αφορά την μείωση καθυστέρησης, στα 5G δίκτυα χρησιμοποιούνται Δίκτυα Παράδοσης Περιεχομένου (Content Delivery Network - CDN), τα οποία εκτιμούν την καλύτερη δυνατή θέση από την οποία μπορούν τα δεδομένα να παραδοθούν στον τελικό χρήστη, καθώς τα δεδομένα διαμοιράζονται στον τελικό χρήστη από διάφορους servers, επιτυγχάνοντας έτσι και ασφάλεια έναντι διαδικτυακών επιθέσεων, οι οποίες αποσκοπούν στην υπερφόρτωση του διακομιστή με αποτέλεσμα την κατάρρευση του.

Η ανομοιομορφία στα χαρακτηριστικά που υπάρχει μεταξύ των 5G υπηρεσιών που προαναφέραμε, κάνει άμεση την ανάγκη για κοινές λειτουργίες ελέγχου που θα ενοποιούν τις διαφορετικές συνιστώσες της διεπαφής με τα δεδομένα, που θα είναι διαμορφωμένα ειδικά για τις υπηρεσίες mMTC, uMTC, και XMBB.

Για να υλοποιηθεί και αναπτυχθεί ένα τέτοιου είδους 5G δίκτυο πρέπει:

- Να υπάρχει λεπτό επίπεδο ελέγχου συστήματος, το οποίο δίνει νέες πληροφορίες σηματοδότησης/ελέγχου που είναι προαπαιτούμενα για την αξιοπιστία και την ανάπτυξη του εύρους φάσματος.



- Να υπάρχει Δυναμικό RAN. Είναι μια εξελιγμένη μορφή των άλλων υποδομών ασύρματης πρόσβασης, έτσι ώστε να μπορεί να δεχτεί και δυναμικά στοιχεία.
- Να υπάρχει εργαλειοθήκη φάσματος, η οποία αποτελείται από εργαλεία που δίνουν την δυνατότητα στα 5G δίκτυα να λειτουργούν με ευελιξία φάσματος

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] *METIS System concept: The Shape of 5G to Come*, Hugo Tullberg, Petar Popovski, David Gozalvez-Serrano, Peter Fertl, Zexian Li, Andreas Höglund, Mikko A. Uusitalo, Heinz Droste, Ömer Bulakci, Joseph Eichinger, Krystian Pawlak.
- [2] Σούτλης Κων/νος, *Ποιότητα Υπηρεσιών και Ασφάλεια σε Ασύρματα Δίκτυα 4ης Γενιάς (4G)*, Διπλωματική εργασία, Μάιος 2010.
- [3] Λύκου Άννα Αικατερίνη, *Οι Γενιές των Δικτύων Κινητής Τηλεφωνίας και Παρουσίαση των Συστημάτων 4ης Γενιάς LTE και LTE-Advanced*, Πτυχιακή Εργασία, Λάρισα 2014.
- [4] *SELFNET –Framework for Self –Organized Network Management in Virtualized and Software Defined Network*, Jose M. Alcaraz calero & Qj Wang, University of the West of Scotland, Mario Joao Barros, Eurescom –Project Coordinator.
- [5] ETSI NFV,” 2015. [Online]. Available:  
<http://www.etsi.org/technologiesclusters/technologies/nfv>.
- [6] Χαρακτηριστικά των LTE δικτύων. Διαθέσιμο στο διαδικτυακό τόπο:  
<https://el.wikipedia.org/wiki/LTE>
- [7] Pate P. “NFV and SDN: what’s the difference?”SDxCentral;March 30, 2013
- [8] [https://en.wikipedia.org/wiki/Software-defined\\_networking](https://en.wikipedia.org/wiki/Software-defined_networking)
- [9] <http://www.differencebetween.com/difference-between-4g-and-5g-networks/>  
Chen, M., Hu, L., Taleb, T. & Sheng, Z. (2015). Cloud-based Wireless Network: Virtualized, Reconfigurable, Smart Wireless Network to Enable 5G Technologies. *Mobile Networks Applications*, 10
- [10] Ζαχαριά Αθανασία, *Μελέτη και αξιολόγηση των προτεινόμενων τεχνολογιών στα δίκτυα 5G*, Διπλωματική εργασία, 2016.

- [11] R. Trivisonno, R. Guerzoni, I. Vaishnavi, and D. Soldani, “SDN-based 5G mobile networks: architecture, functions, procedures and backward compatibility. Transactions on Emerging Telecommunications Technologies Special Issue. Enabling 5G: energy and spectrally efficient communication systems.,” vol. 26, no. 1, pp. 82–92.
- [12] GSMA, G. Intelligence, GSMA, and G. Intelligence, “Understanding 5G: Perspectives on future technological advancements in mobile,” *GSMA Intell. Underst. 5G*, no. December, pp. 3–15, 2014.
- [13] 5G Crosshaul: The 5G Integrated fronthaul/backhaul, in *D2.1 Detailed analysis of the technologies to be integrated in the XFE based on previous internal reports from WP2/3*, 2015.
- [14] M. Nekovee *et al.*, “Millimetre-Wave Based Mobile Radio Access Network for Fifth Generation Integrated Communications (mmMAGIC),” *Deliv. D5.1*.
- [15] 2, 3. G. (2011). Welcome to the 3GPP2 Homepage. Available at: <http://www.3gpp2.org>.
- [16] Dahlman, E., Parkvall, S., Sköld, J., & Beming, P. (2007). HSPA and LTE for Mobile Broadband. *Elsevier*.
- [17] Φ. Αποστόλου, Α. Βουλιώτη, Πτυχιακή Εργασία «Μελέτη Των Γενιών Κινητής Τηλεφωνίας, Με Έμφαση Στην 4<sup>η</sup> Και 5<sup>η</sup> γενιά»