



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Τίτλος εργασίας

**Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ 5G
ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΞΥΠΝΩΝ ΠΟΛΕΩΝ**

Συγγραφέας/είς

ΝΟΤΗΣ ΣΠΥΡΙΔΩΝ

AM: 80697703

Επιβλέπων/ουσα:

ΛΕΛΙΓΚΟΥ ΕΛΕΝΗ-ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ

Αθήνα, Ιούνιος 2023



UNIVERSITY OF WEST ATTICA
SCHOOL OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF INDUSTRIAL DESIGN AND PRODUCTION
ENGINEERING
POSTGRADUATE PROGRAM OF STUDIES
MSc IN INDUSTRIAL AUTOMATION

Diploma Thesis

Title

THE CONTRIBUTION OF 5G TECHNOLOGY
TO THE DEVELOPMENT OF SMART CITIES

Student name and surname:

NOTIS SPYRIDWN

Registration Number:

80697703

Supervisor name and surname:

LELIGKOU ELENI-AIKATERINI

Athens, June 2023



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ»

Τίτλος εργασίας
Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ 5G ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΞΥΠΝΩΝ ΠΟΛΕΩΝ

Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής συμπεριλαμβανομένου και του Εισηγητή

Η μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία εξετάστηκε επιτυχώς από την κάτωθι Εξεταστική Επιτροπή:

Α/α	ΟΝΟΜΑ ΕΠΩΝΥΜΟ	ΒΑΘΜΙΔΑ/ΙΔΙΟΤΗΤΑ	ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ
1	ΛΕΛΙΓΚΟΥ ΕΛΕΝΗ	Καθηγήτρια	
2	ΓΚΑΝΕΤΣΟΣ ΘΕΩΔΩΡΟΣ	Καθηγητής	
3	ΔΡΟΣΟΣ ΧΡΗΣΤΟΣ	Μέλος ΕΔΙΠ Α΄	

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο/η κάτωθι υπογεγραμμένος/η ΝΟΤΗΣ ΣΠΥΡΙΔΩΝ του ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ, με αριθμό μητρώου 80697703 φοιτητής/τρια του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών Αυτοματισμός Παραγωγής και Υπηρεσιών του Τμήματος Μηχανικών Βιομηχανικής Σχεδίασης και Παραγωγής της Σχολής Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της μεταπτυχιακής εργασίας και ότι 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/Η Δηλών/ούσα

ΝΟΤΗΣ

ΣΠΥΡΙΔΩΝ

(Υπογραφή)



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Έχουν παρέλθει περίπου 44 χρόνια από τότε που το πρώτο ασύρματο τηλεφώνημα έγινε πραγματικότητα. Από τότε τα ασύρματα και κινητά δίκτυα έχουν υποστεί πολλές ουσιαστικές αλλαγές τα τελευταία χρόνια, προκειμένου να εξυπηρετήσουν τις όλο και περισσότερο αυξανόμενες ανάγκες των χρηστών τους. Η απαίτηση για ταχύτητα και αξιοπιστία των υπηρεσιών τείνει να μεγαλώνει με την πάροδο του χρόνου, καθώς οι εφαρμογές που χρησιμοποιούνται γίνονται όλο και πιο απαιτητικές σε εύρος ζώνης. Έτσι, εμφανίζεται το νέο δίκτυο κινητών επικοινωνιών τεχνολογίας πέμπτης γενιάς 5G που υπόσχεται ότι θα μπορέσει να ανταποκριθεί σε αυτές τις απαιτήσεις και ότι θα αλλάξει ριζικά τον τρόπο δικτύωσης μεταξύ συσκευών.

Η «πέμπτη γενιά» συστημάτων τηλεπικοινωνιών τεχνολογίας 5G (που εφεξής για λόγους συντόμευσης θα αναφέρεται ως 5G), είναι ένα από τα πιο κρίσιμα δομικά στοιχεία της ψηφιακής οικονομίας και της κοινωνίας μας για την επόμενη δεκαετία. Η Ευρώπη έχει αναλάβει δράσεις για να οδηγήσει τις παγκόσμιες εξελίξεις σε αυτήν τη στρατηγική τεχνολογία.

Η νέα Τεχνολογία 5G παρέχει σχεδόν παντού, εξαιρετικά υψηλό εύρος ζώνης και χαμηλή καθυστέρηση "συνδεσιμότητα" όχι μόνο σε μεμονωμένους χρήστες αλλά και σε συνδεδεμένα αντικείμενα. Επομένως, αναμένεται ότι η μελλοντική υποδομή της 5G θα εξυπηρετεί ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών και τομέων, συμπεριλαμβανομένων επαγγελματικών χρήσεων (π.χ. Συνδεδεμένη Αυτοματοποιημένη Κινητικότητα, Ηλεκτρονική Υγεία, Διαχείριση Ενέργειας, πιθανώς Εφαρμογές Ασφαλείας κ.λπ.).

Η 5G θα είναι επίσης τα «μάτια και τα αυτιά» των συστημάτων Τεχνητής Νοημοσύνης, καθώς θα παρέχει συλλογή και ανάλυση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. Ταυτόχρονα, θα φέρει το «σύννεφο» σε μια νέα διάσταση, επιτρέποντας τη κατανομή υπολογισμών και αποθήκευσης σε ολόκληρη την υποδομή (edge cloud, mobile edge computing).

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία αποτελεί μία βιβλιογραφική έρευνα, που έχει σαν στόχο να παρουσιάσει τα τεχνολογικά χαρακτηριστικά της αρχιτεκτονικής του δικτύου 5G και να εστιάσει σε ορισμένες από τις

τεχνολογικές προκλήσεις που ανακύπτουν. Πιο συγκεκριμένα, το Πρώτο Κεφάλαιο αναφέρεται στους στόχους της 5G τις τεχνικές προδιαγραφές, την σύγκριση μεταξύ της 4G και 5G καθώς και τις Τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για την επίτευξη των στόχων. Το Δεύτερο Κεφάλαιο αναφέρεται στις πρωτοβουλίες που έχουν αναληφθεί τόσο στην Ευρώπη όσο και ΗΠΑ, Ιαπωνία και Ν. Κορέα για την έρευνα και ανάπτυξη της 5G. Το Τρίτο Κεφάλαιο αναφέρεται στις προκλήσεις της 5G και στην εναρμόνιση της χρήσης του φάσματος. Το Τέταρτο Κεφάλαιο αναφέρεται στο Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) και στην αξιοποίησή του σε σχέση με την 5G. Στο Πέμπτο Κεφάλαιο επιχειρείται ένας εισαγωγικός οδηγός για πρωτοβουλίες έξυπνων πόλεων με χρήση της 5G. Τέλος το 6^ο Κεφάλαιο αναφέρεται σε πρόσφατη δημιουργηθείσα εφαρμογή επιτήρησης μέτρων λόγω κορωνοϊού μέσω της 5G.

ABSTRACT

It's been about 44 years since the first wireless call came true. Since then, wireless and mobile networks have undergone many changes in recent years to serve the ever-increasing needs of their users. The demand for speed and reliability of services tends to increase over time as the applications used become more and more demanding in bandwidth. Thus, the new fifth generation mobile communication network (5G) promises that it will be able to meet these requirements and it will radically change the way of networking between devices.

The "fifth generation" of telecommunications systems 5G, will be one of the most critical building blocks of our digital economy and society over the next decade. Europe has taken steps to advance global developments in this strategic technology.

5G provides almost everywhere, extremely high bandwidth and low latency connectivity not only to individual users but also to connected objects. Therefore, it is expected that future 5G infrastructure will serve a wide range of applications and sectors, including professional uses (eg Connected Automated Mobility, e-Health, Energy Management, possibly security applications, etc.).

5G will also be the "eyes and ears" of Artificial Intelligence systems, as it will provide real-time data collection and analysis. At the same time, it will bring the "cloud" to a new dimension, allowing the distribution of calculations and storage throughout the infrastructure (edge cloud, mobile edge computing).

This dissertation aims to present the technological features of 5G network architecture and focus on some of the technological challenges that arise. More specifically, Chapter 1 addresses the 5G targets the technical specifications, the comparison between 4G and 5G as well as the Technologies used to achieve the targets. Chapter 2 addresses the initiatives taken in both Europe and the United States, Japan and South Korea to research and develop 5G. Chapter 3 addresses the challenges of 5G and the harmonization of spectrum use. Chapter 4 refers to the Internet of Things

(IoT) and its use in relation to 5G. Chapter 5 introduces an introductory guide to smart city initiatives using 5G. Finally, Chapter 6 refers to a recent 5G coronavirus surveillance application.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα εργασία έχοντας θέμα "Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ 5G ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΞΥΠΝΩΝ ΠΟΛΕΩΝ" πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της διπλωματικής μου εργασίας του τμήματος "Αυτοματισμού Παραγωγής και Υπηρεσιών".

Με την ολοκλήρωση αυτής της εργασίας, η ακαδημαϊκή μου πορεία φτάνει στο τέλος της. Γι' αυτό τον λόγο, θα ήθελα να ευχαριστήσω όσους συνέβαλαν για την ολοκλήρωσή της. Ειδικότερα, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την επιβλέπουσα καθηγήτριά μου κ. Ελένη-Αικατερίνη Λελιγκού, για την βοήθειά της, την καθοδήγησή της και τις συμβουλές της που είχαν ως αποτέλεσμα την διεκπεραίωση της συγκεκριμένης εργασίας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου που κατάφεραν μέσα από πολλές δυσκολίες να μου παράσχουν τα μέγιστα για να πραγματοποιήσω τις σπουδές μου.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	8
-----------------------	---

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1 5G ΣΤΟΧΟΙ

1.1.1 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ 5G	12
1.1.2 ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΧΡΗΣΗΣ 5G	14
1.2 ΑΥΞΗΣΗ ΣΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ ΣΕ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ 4G ΔΙΚΤΥΑ	16
1.2.1 ΤΕΜΑΧΙΣΜΟΣ ΔΙΚΤΥΟΥ ΚΑΙ SOFTWARE-DEFINED NETWORKS.....	18
1.2.2 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΑ ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΤΕΥΞΗ ΤΩΝ ΣΤΟΧΩΝ.....	20
1.2.3 ΔΙΕΠΑΦΗ ΑΕΡΑ.....	20
1.2.4 ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΔΙΚΤΥΟΥ	24
1.2.5 5G: ΓΕΝΙΚΗΣ ΠΟΛΥΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΣΥΝΕΡΓΑΖΟΜΕΝΗ ΜΕ ΥΠΑΡΧΟΝΤΑ ΔΙΚΤΥΑ	30

2 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2. 5G ΠΡΩΤΟΒΟΥΛΙΕΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

2.1 ΚΥΒΕΡΝΗΤΙΚΕΣ ΠΡΩΤΟΒΟΥΛΙΕΣ	31
2.1.1 ΠΡΩΤΟΒΟΥΛΙΕΣ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ.....	31
2.1.2 ΠΡΩΤΟΒΟΥΛΙΕΣ ΣΤΙΣ ΗΠΑ, ΝΟΤΙΑ ΚΟΡΕΑ, ΙΑΠΩΝΙΑ, ΚΙΝΑ	34
2.2 ΙΔΙΩΤΙΚΕΣ ΠΡΩΤΟΒΟΥΛΙΩΝ - ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ	36

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3. ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΠΟΥ ΠΡΟΚΥΠΤΟΥΝ ΑΠΟ ΤΗΝ 5G

3.1 ΝΕΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΠΟΥ ΕΣΤΙΑΖΟΥΝ ΣΕ ΚΑΘΕΤΕΣ ΑΓΟΡΕΣ.....	38
3.1.1 ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ.....	40
3.1.2 ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ 4.0.....	43
3.1.3 Ο ΤΟΜΕΑΣ ΤΩΝ ΜΜΕ ΚΑΙ ΤΗΣ ΨΥΧΑΓΩΓΙΑΣ.....	43
3.2 ΕΝΑΡΜΟΝΙΣΗ ΜΕ ΤΟ ΦΑΣΜΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ	43
3.2.1 ΧΙΛΙΟΣΤΟΜΕΤΡΙΚΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ	44
3.2.2 ΖΩΝΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ ΚΑΤΩ ΑΠΟ 6GHz.....	45

3.3	ΑΥΞΗΣΗ ΑΡΙΘΜΟΥ ΜΙΚΡΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΚΥΨΕΛΩΝ.....	48
3.3.1	ΦΟΡΟΛΟΓΙΑ	48
3.3.2	ΠΡΟΣΒΑΣΗ ΣΕ ΥΠΕΡΥΨΩΜΕΝΑ ΚΑΙ ΗΜΙΥΨΩΜΕΝΑ ΣΗΜΕΙΑ.....	49
3.3.3	ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗ ΚΑΛΥΨΗ ΔΙΚΤΥΩΝ 5G ΚΑΙ ΔΙΚΤΟ BACKHAUL	50
3.4	ΘΕΜΑΤΑ ΟΥΔΕΤΕΡΟΤΗΤΑΣ ΔΙΚΤΥΟΥ.....	50

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4. INTERNET OF THINGS (IoT)

4.1	Η ΠΟΛΙΤΙΚΗ IoT ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ	52
-----	----------------------------------	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

5. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΟΣ ΟΔΗΓΟΣ ΓΙΑ ΠΡΩΤΟΒΟΥΛΙΕΣ ΕΞΥΠΝΩΝ ΠΟΛΕΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ 5G

5.1	ΟΙ 14 ΠΥΛΩΝΕΣ ΜΙΑΣ ΕΞΥΠΝΗΣ ΠΟΛΗΣ.....	54
5.1.1	ΚΥΒΕΡΝΗΤΙΚΗ ΗΓΕΣΙΑ ΚΑΙ ΔΗΜΟΣΙΑ ΠΟΛΙΤΙΚΗ.....	54
5.1.2	ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	55
5.1.3	ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ.....	56
5.1.4	ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ	56
5.1.5	ΚΥΒΕΡΝΗΤΙΚΗ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΗ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΚΑΙ ΙΔΙΩΤΙΚΟΤΗΤΑ	57
5.1.6	ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΕΙΣ, ΕΠΕΝΔΥΣΕΙΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ	57
5.1.7	ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ ΚΑΙ ΚΙΝΗΤΙΚΟΤΗΤΑ	57
5.1.8	ΕΝΕΡΓΕΙΑ	57
5.1.9	ΝΕΡΟ, ΛΥΜΑΤΑ ΚΑΙ ΑΠΟΒΛΗΤΑ.....	58
5.1.10	ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΟΛΗΣ ΚΑΙ ΠΡΑΣΙΝΟΥ ΧΩΡΟΥ ΚΑΙ ΚΤΙΡΙΩΝ.....	58
5.1.11	ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ, ΥΓΕΙΑ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ.....	59

5.1.12 ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΤΩΝ ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΩΝ ΚΑΙ ΚΟΙΝΟΤΙΚΗ ΚΟΙΝΩΝΙΚΗ ΥΠΟΔΟΜΗ	59
5.1.13 ΜΚΟ ΚΑΙ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑ.....	..60
5.1.14 ΒΕΛΤΙΣΤΕΣ ΠΑΓΚΟΣΜΙΕΣ ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ	

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

6. ΠΡΟΣΦΑΤΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΥΛΟΠΟΙΗΜΕΝΕΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ 5G

6.1 ΡΟΜΠΟΤ ΠΕΡΙΠΟΛΙΑΣ.....	61
6.1.2 ΡΟΜΠΟΤ ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗΣ.....	62
ΕΠΙΛΟΓΟΣ	70
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	71
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	78

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το όραμα για την 5G είναι η δημιουργία μιας υπερσυνδεδεμένης κοινωνίας. Η 5G αναφέρεται σε μία γενιά που δεν θα καλύπτει πλέον μόνο τις ανάγκες για κινητές επικοινωνίες, αλλά που ανοίγει τον ορίζοντα για νέες προοπτικές και επιτρέπει μια εξαιρετικά μεγάλη ποικιλία εφαρμογών και χρήσης, ενοποιημένες σε μία μόνο τεχνολογία. Η 5G αναδεικνύεται ως ένας παράγοντας της ψηφιοποίησης της κοινωνίας και της οικονομίας. Η ιδέα που αρχίζει να διαμορφώνεται πίσω από την έννοια της 5G είναι ότι δεν θα σημαίνει απλώς μια αύξηση στις ταχύτητες μετάδοσης, όπως συνέβη με τις προηγούμενες γενιές. Οι χρήστες των κινητών επικοινωνιών, οι λήψεις βίντεο και η χρήση εφαρμογών για κινητές συσκευές αντιπροσωπεύουν το μεγαλύτερο μέρος χρήσης πόρων ραδιοφωνικών δικτύων 4G σήμερα. Με την χρησιμοποίηση της 5G, ο στόχος είναι η ενεργοποίηση πολύ μεγαλύτερης ποικιλίας χρήσεων και ενός πολύ ευρύτερου και πολύ μεγαλύτερου αριθμού χρηστών.

Η 5G στοχεύει στην ανάπτυξη μιας μεγάλης ποικιλίας τομέων που αποτελούν κεντρικούς πυλώνες σε μια κοινωνία: ενέργεια, υγειονομική περίθαλψη, μέσα μαζικής ενημέρωσης, βιομηχανία και μεταφορά (Σχήμα 1).



Σχήμα 1. βιομηχανικές και κοινωνικές αλλαγές που οφείλονται στη 5G [1]

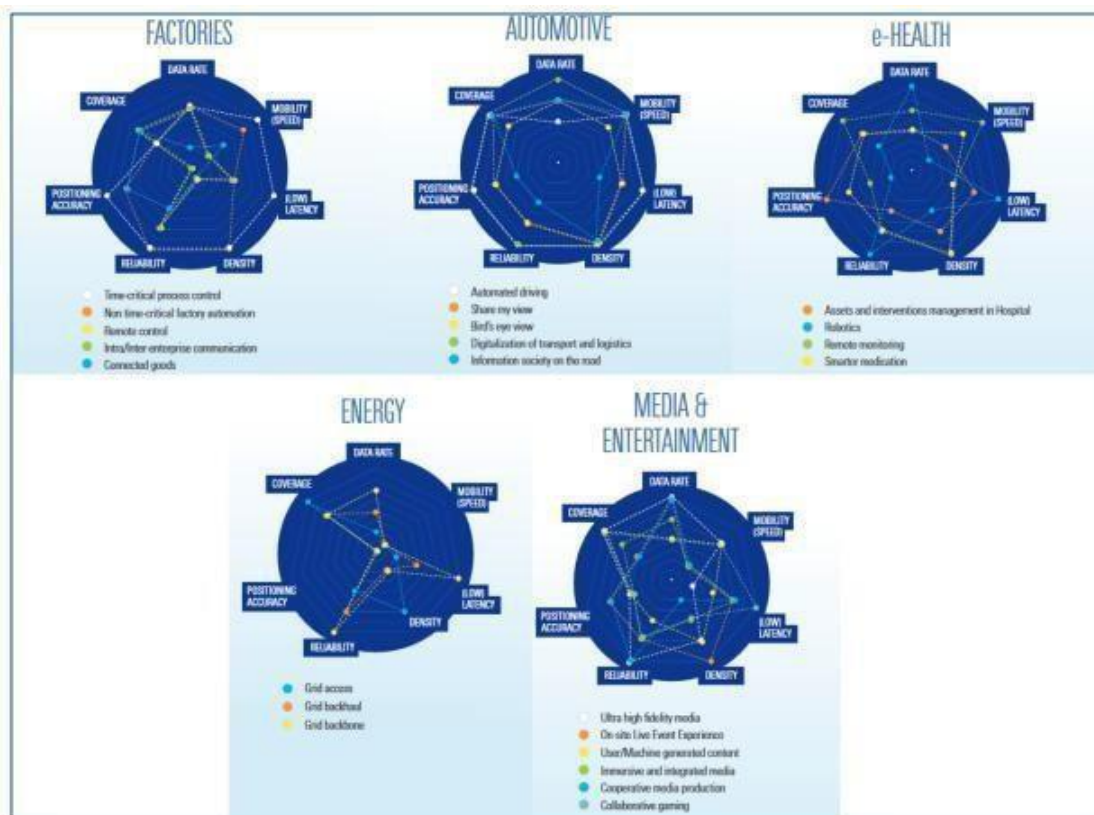
Ο ενεργειακός τομέας, για παράδειγμα, έχει υποστεί πολλές αλλαγές και εξελίξεις κατά τη διάρκεια των τελευταίων χρόνων όσον αφορά την παραγωγή ενέργειας, την αποθήκευση και τη μεταφορά. Το Αυξανόμενο κόστος των ορυκτών καυσίμων, η εισαγωγή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και οι αναδυόμενες αγορές που αυξάνουν τον ανταγωνισμό βοηθούν στην εισαγωγή νέων ειδών ενεργειακών προϊόντων και νέων ενδιαφερομένων - ανεξάρτητων εταιρειών και μεμονωμένων πολιτών στην αγορά ενέργειας. Ο στόχος με η 5G είναι επομένως η καλύτερη διαχείριση αυτών των δικτύων (έξυπνα δίκτυα, έξυπνη γεωργία, εργοστάσια του μέλλοντος) και των διασυνδέσεων τους για να επιτευχθεί πιο αποτελεσματική και πιο ευέλικτη διανομή.

Η υγειονομική περίθαλψη, οι μεταφορές και τα μέσα ενημέρωσης είναι τομείς που συνδέονται καθημερινά με τους συμπολίτες μας. Οποιοσδήποτε βελτιώσεις σε αυτούς τους τομείς έχουν επομένως σαφώς ορατό αντίκτυπο. Η εισαγωγή των ρομπότ για την εκτέλεση εξειδικευμένων χειρουργικών επεμβάσεων, το βίντεο κατ' απαίτηση και η εμφάνιση νέων συνδεδεμένων χαρακτηριστικών στα αυτοκίνητα έχουν ήδη βελτιώσει την καθημερινή μας ζωή. Η 5G υπόσχεται ότι θα επιτρέπει ιατρικές διαγνώσεις και εγχειρήσεις απομακρυσμένα δηλαδή χωρίς φυσική παρουσία σαν συνέπεια την δημιουργία 3D 360 ° ροής βίντεο, θα παρέχει στους χρήστες μια τεράστια επιλογή βίντεο με εξαιρετικά υψηλή ευκρίνεια (4K, 8K...) εικόνας. Η

αυτοκινητοβιομηχανία θα βασίζεται σε αυτά τα νέα δίκτυα με σκοπό τα αυτοκίνητα να λαμβάνουν αποφάσεις χωρίς ανθρώπινη συμμετοχή επίσης να επικοινωνούν μεταξύ τους (αυτό είναι ήδη δυνατό για παράδειγμα με τον πρώτο πειραματικό στόλο πλήρως αυτόνομων ταξί που δοκιμάζονται στους δρόμους της Σιγκαπούρης από τις εταιρείες nuTonomy και Grab [2]), με χρόνους αντίδρασης που είναι συμβατοί με τις απαιτήσεις ταξιδιού υψηλής ταχύτητας.

Όσον αφορά τα εργοστάσια του μέλλοντος, οι βελτιώσεις που επέφερε η 5G στοχεύουν κυρίως στην εισαγωγή νέων γενιών συνδεδεμένων ρομπότ, της διασύνδεσης των τόπων παραγωγής και στην πολύ μεγαλύτερη χρήση έξυπνων αισθητήρων για τη βελτίωση των βιομηχανικών διεργασιών. Σε γενικές γραμμές ο στόχος είναι η επίτευξη πανταχού παρούσας επικοινωνίας μεταξύ μηχανών μια διαδικασία που έχει ήδη ξεκινήσει.

Έτσι, η 5G είναι μια πολύπλευρη τεχνολογία ικανή να προσαρμοστεί σε οποιαδήποτε χρήση συμπεριλαμβανομένης της πιο απαιτητικής.



Σχήμα 2. Λειτουργίες που απαιτούνται από κάθετους τομείς [3]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1. ΣΤΟΧΟΙ 5G

Από την πρώτη πραγματική τηλεφωνική κλήση πριν από 44 χρόνια [4], οι τεχνολογίες για κινητά εξελίσσονται σταθερά και οι επιδόσεις τους βελτιώθηκαν εκθετικά. Αρχικά οι τηλεφωνικές υπηρεσίες, αργότερα τα γραπτά μηνύματα και τέλος το Διαδίκτυο και η χρήση εφαρμογών για κινητές συσκευές πολλαπλών υπηρεσιών χαρακτήρισε την εξέλιξη των κινητών δικτύων και τη μετάβαση από τη μία γενιά στην άλλη.

Η γέννηση της τεχνολογίας LTE και της τέταρτης γενιάς (4G), σε συνδυασμό με την ευρεία χρήση του smartphone και tablet, έχουν οδηγήσει σε τεράστια αύξηση του όγκου των δεδομένων κινητής τηλεφωνίας που μεταδίδεται μέσω των δικτύων.

Η χρήση ενός φορητού ακουστικού και των εφαρμογών του αποτελεί πλέον αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινότητας. Οι φορητές συνδεδεμένες συσκευές είναι όλο και πιο ισχυρές, σε πολλές περιπτώσεις έχουν

αντικατασταστήσει τα σταθερά τηλέφωνα, κάμερες, υπολογιστές και ακόμη και τηλεοράσεις χρηστών. Σήμερα 5 εκατομμύρια βίντεο παρακολουθούνται στο YouTube και 67.000 εικόνες ανεβαίνουν στο Instagram κάθε λεπτό (Σχήμα 3).



Σχήμα 3. Τι κάνουμε σήμερα μέσω του δικτύου σε ένα λεπτό [5]

Η τελευταία έκθεση κινητικότητας [6] από την Ericsson δείχνει ότι η κίνηση σε δίκτυα κινητής τηλεφωνίας σχεδόν διπλασιάστηκε σε ένα χρόνο, και ότι τα επόμενα πέντε χρόνια θα έχει αυξηθεί σε 10 φορές από την υφιστάμενη σημερινή κατάσταση. Επομένως, πρέπει να βρεθούν λύσεις για την κάλυψη αυτής της ζήτησης και για τη βελτιστοποίηση του τρόπου χρήσης των πόρων.

Η αύξηση του αριθμού των διαθέσιμων εφαρμογών, η διαφοροποίησή τους και η βελτιωμένη ποιότητα των δικτύων κινητής τηλεφωνίας έχουν συμβάλει στην αύξηση της ζήτησης και στην εμφάνιση νέων χρήσεων (συνδεδεμένα αντικείμενα, drones κ.λπ.) καθώς και νέων χρηστών.

Η 5G στοχεύει να το ικανοποιήσει καλύτερα και ταυτόχρονα την τεράστια ποικιλία αναγκών και νέων απαιτήσεων, μέσω μιας ενοποιημένης τεχνολογίας που λαμβάνει υπόψη αυτή την ποικιλομορφία στο στάδιο του σχεδιασμού.

Η έλευση του 5G θα μπορούσε να έχει σημαντικό αντίκτυπο όχι μόνο στον τεχνικό χώρο, αλλά και σε οικονομίες και την κοινωνική ανάπτυξη των χωρών. Όπως ήδη αναφέρθηκε η 5G στοχεύει σε ένα πολύ μεγάλο αριθμό

τομέων και μέσω της ψηφιοποίησης της κοινωνίας, αναμένεται να συμβάλει στην οικονομική ανάπτυξη των χωρών.

Για παράδειγμα, σύμφωνα με μια έκθεση της InterDigital Europe, Real Wireless, Tech4i2 και Connect (Trinity College Dublin) [7], αυτή η νέα τεχνολογία θα απαιτήσει πολλά χρήματα και πολλή δουλειά, αλλά θα αποφέρει κέρδη 113,1 δισεκατομμυρίων ευρώ ετησίως για την ευρωπαϊκή οικονομία έως το 2025.

1.1 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΤΟΥ 5G

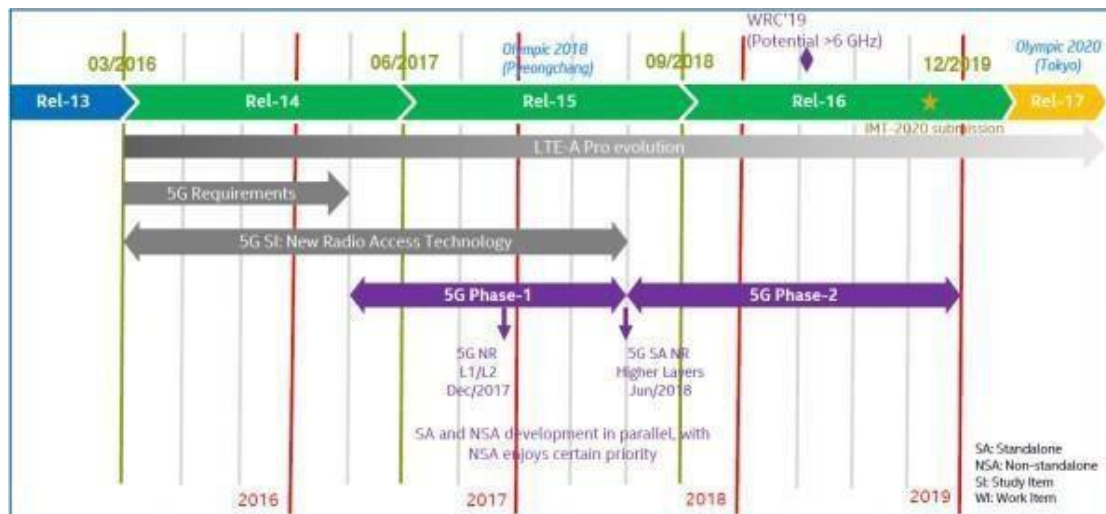
Οι προδιαγραφές για μια νέα γενιά κινητής τηλεφωνίας καθορίζονται κυρίως από δύο φορείς: ITU (Διεθνής Ένωση Τηλεπικοινωνιών) και 3GPP (Πρόγραμμα Συνεργασίας 3ης Γενιάς).

Η ITU είναι ο οργανισμός των Ηνωμένων Εθνών αφιερωμένος στις τεχνολογίες πληροφοριών και επικοινωνιών. Μεταφέρει έρευνα και μελέτες μέσω της Ομάδας Εργασίας 5D, της υποομάδας που είναι υπεύθυνη για το σύνολο του ραδιοσυστήματος των διεθνών κινητών τηλεπικοινωνιών (IMT). Το 2013 αυτή η ομάδα ξεκίνησε να εργάζεται για τον καθορισμό των χαρακτηριστικών του νέου προτύπου IMT, IMT-2020 (5G), όπως είχε ήδη κάνει στις αρχές της δεκαετίας του 2000 για να ορίσει το 4G (IMT-Advanced). Περισσότερες λεπτομέρειες σχετικά με τον χάρτη πορείας του έργου αναφέρεται στο Παράρτημα, με στόχο την ολοκλήρωσή των αναλύσεων από τον ITU-R έως το 2020.

Παράλληλα με την εργασία που πραγματοποιείται από την ITU είναι και οι μελέτες που πραγματοποιούνται από το 3GPP. Η 3η γενιά για το Σχέδιο Συνεργασίας δημιουργήθηκε το 1998 και τα μέλη του περιλαμβάνουν επτά οργανισμούς τυποποίησης, αρκετές εκατοντάδες φορείς της βιομηχανίας, ενώσεις και δημόσιες οργανώσεις. Είναι επίσης υπεύθυνο για την ανάπτυξη και διατήρηση τεχνικών προδιαγραφών για πρότυπα κινητής τηλεφωνίας [8].

Όταν ένα νέο πρότυπο καθορίζεται από την ITU, το 3GPP λειτουργεί στις τεχνικές λύσεις ώστε να καταστεί δυνατή η επίτευξη των στόχων που θέτει η ITU.

Το 5G είναι ένα από τα πιο πολυσυζητημένα θέματα σε διεθνείς και ευρωπαϊκούς φορείς. Το προσχέδιο της Έκδοσης 15, το πρώτο πρότυπο 5G από το 3GPP, βρίσκεται ακόμη σε εξέλιξη, ο ορισμός της νέας αρχιτεκτονικής ξεκίνησε τον Δεκέμβριο του 2016 και συνεχίζεται, η διεπαφή του Νέου Ραδιοφώνου (NR) ξεκίνησε τον Μάρτιο του 2017. Μία έκδοση του προτύπου επικυρώθηκε τον Σεπτέμβριο του 2018 για να ικανοποιήσει τις πιο επείγουσες απαιτήσεις, μια δεύτερη κυκλοφορία (3GPP Release 16) στη συνέχεια δημοσιεύθηκε τον Μάρτιο του 2020. Όλα αυτά τα στοιχεία εξετάζονται λεπτομερέστερα στο Παράρτημα. Ας σημειωθεί ότι η μετάβαση από τη μία γενιά στην άλλη πραγματοποιείται σταδιακά. Το LTE θα συνεχίσει να εξελίσσεται παράλληλα με το NR και αυτά τα δύο πρότυπα πιθανότατα θα είναι αρχικά συμπληρωματικά. Συγκεκριμένα, για τις πρωτοποριακές κυκλοφορίες 5G, το LTE θα παραμείνει πιθανώς ο κύριος του δικτύου και έλεγχος των κεραιών του NR. Επιπλέον, ορισμένοι από τους στόχους που τέθηκαν για η 5G θα μπορούσαν να επιτευχθούν χάρη στις λειτουργίες ή τεχνολογίες που εισάγονται στις εκδόσεις 3GPP 13, 14 και 15 που δεν θα είναι σωστές έως 5G, αλλά μάλλον εξελίξεις του 4G (που ορισμένοι αναφέρονται ως 4.9G ή LTE Advanced Pro).



Σχήμα 4. Χρονοδιάγραμμα 3GPP για 5G [9]

Η ίδια διαδικασία τηρήθηκε κατά τη μετάβαση από 3G (Release 4) σε 4G (Release 10, πρώτη έκδοση του IMT-Advanced), οι πρώτες προδιαγραφές για το LTE (Releases 8 & 9) δεν πέτυχαν όλους τους στόχους της ITU για το 4G

και ο λόγος είναι η επαναχρησιμοποίηση πολλών χαρακτηριστικών της πιο προηγμένης μορφής του 3G.

Κατά πάσα πιθανότητα, τα πρώτα δίκτυα 5G που αναπτύσσονται σε μεγάλη κλίμακα θα είναι συστήματα 4,9G, χρησιμοποιώντας συσσωμάτωση φέροντος (carrier aggregation), μαζικό MIMO (massive MIMO- Multiple-Input Multiple-Output) και εικονικοποίηση συναρτήσεων δικτύου (Network Function Virtualization - NFV). Αυτές οι τεχνολογίες είναι μια εξέλιξη της τέταρτης γενιάς παρά μια πραγματική μετάβαση σε 5G, η οποία θα συμβεί όταν ξεκινήσει η χρήση τεχνολογιών, όπως NR, φέρουσες στις ζώνες χιλιοστών, μη ορθογώνια πολλαπλή πρόσβαση (NOMA) και φορητός υπολογιστής ακμής (MEC).

Εκτός από αυτόν τον εμπορικό αγώνα, οι προμηθευτές εξοπλισμού, ιδίως στις Ηνωμένες Πολιτείες, την Ιαπωνία και τη Νότια Κορέα θέλουν να ξεκινήσουν τις δοκιμές τεχνολογιών 5G, με την ελπίδα να καθιερωθούν ως τεχνολογικοί ηγέτες σε διεθνείς οργανισμούς τυποποίησης. Ήδη ανακοινώθηκε η πειραματική χρήση 5G στους Θερινούς Ολυμπιακούς Αγώνες στην Ιαπωνία (που ως γνωστό αναβλήθηκαν λόγω κορωνοϊού) όπου ένα μόνο μικρό μέρος των τεχνολογιών 5G θα χρησιμοποιηθεί και ότι αυτές οι εκδόσεις θα βασίζονται περισσότερο σε 4,9G ή και pre- 5G τεχνολογίες.

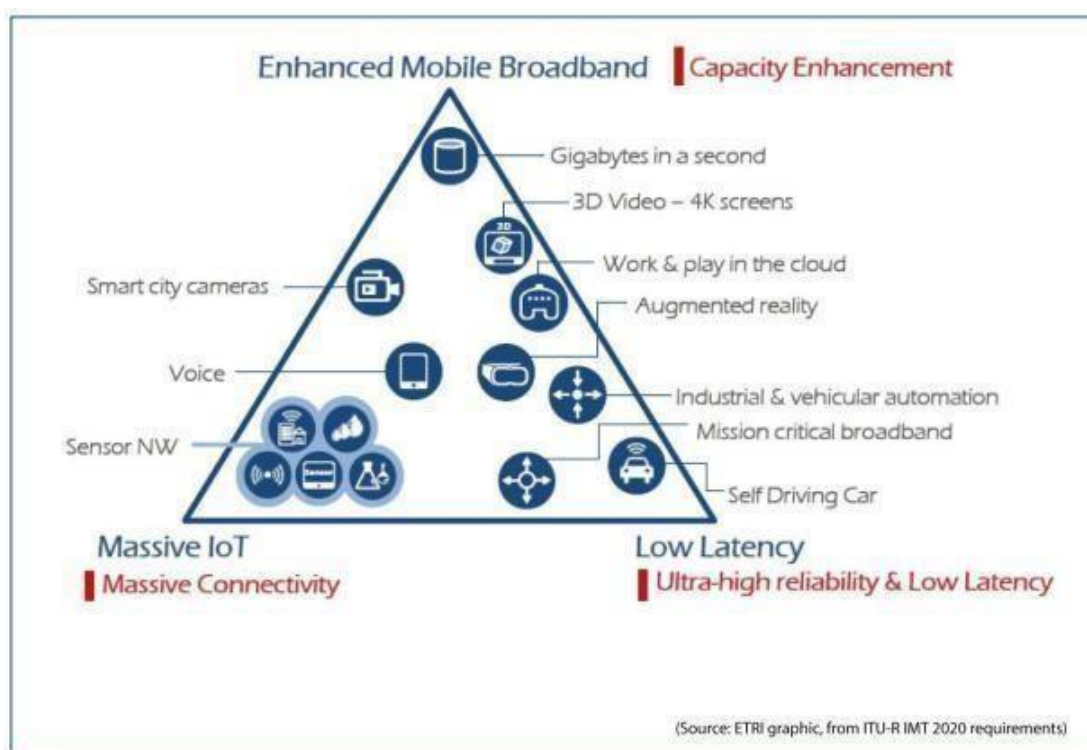
1.2 ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΧΡΗΣΗΣ 5G

Τρεις είναι οι κύριες περιπτώσεις χρήσης οι οποίες προσπαθούν να κατηγοριοποιήσουν το ευρύ φάσμα των υπηρεσιών (καθορίζονται από την ITU, βάσει του IMT-2020).

1. mMTC -(massive Machine type communications): Ένας πολύ μεγάλος αριθμός συνδεδεμένων συσκευών με διαφορετικές απαιτήσεις ποιότητας υπηρεσίας. Ο στόχος αυτής της κατηγορίας είναι να παρέχει απόκριση στην εκθετική αύξηση της πυκνότητας των συνδεδεμένων αντικειμένων με σχετικά χαμηλό (ή σχετικά υψηλό) όγκο ευαίσθητων δεδομένων που όμως θα υφίσταται πολύ μικρή καθυστέρηση. Οι συσκευές πρέπει να είναι χαμηλού κόστους και με μεγάλη διάρκεια ζωής της μπαταρίας.

2. eMBB (enhanced mobile broadband)- Βελτιωμένο ευρυζωνικό κινητό δίκτυο: Αυτό υπάρχει σήμερα αλλά θα υπάρξει βελτίωση στην απόδοση και μια πιο απρόσκοπτη εμπειρία χρήστη. Σύνδεση υψηλής ταχύτητας σε εσωτερικούς και εξωτερικούς χώρους, με ομοιόμορφη ποιότητα υπηρεσίας ακόμη και στα άκρα ενός κελιού, αναμένεται να είναι τα κύρια χαρακτηριστικά του.

3. uRLLC (Ultra-reliable and low-latency communications)- Εξαιρετικά αξιόπιστες επικοινωνίες χαμηλής καθυστέρησης: αυτή η περίπτωση χρήσης έχει αυστηρές απαιτήσεις για δυνατότητες όπως χαμηλή καθυστέρηση και απώλεια πακέτων, για να εξασφαλιστεί αυξημένη γρήγορη αντίδραση.



Σχήμα 5. Περιπτώσεις χρήσης 5G [10]

Η πρώτη ομάδα (mMTC) περιλαμβάνει κυρίως όλες τις χρήσεις που σχετίζονται με το Internet of Things. Αυτές οι υπηρεσίες απαιτούν ευρεία κάλυψη, χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας και σχετικά αργές ταχύτητες μετάδοσης.

Σε σύγκριση με τις υπάρχουσες τεχνολογίες η 5G θα προσφέρει τη δυνατότητα σύνδεσης αντικειμένων διασκορπισμένα με πολύ πυκνό τρόπο σε μια δεδομένη περιοχή.

Η βελτιωμένη κινητή ευρυζωνική σύνδεση (eMBB) αφορά όλες τις εφαρμογές και τις υπηρεσίες που απαιτούν όλο και πιο γρήγορες συνδέσεις, για παράδειγμα για παρακολούθηση βίντεο υψηλής ευκρίνειας (8K) ή για ροή εικονικής ή επαυξημένης πραγματικότητας ασύρματες εφαρμογές.

Οι εξαιρετικά αξιόπιστες και χαμηλής καθυστέρησης επικοινωνίες (uRLLC) περιλαμβάνουν όλες τις εφαρμογές που απαιτούν άμεση αντίδραση και εγγύηση για γρήγορη μετάδοση μηνυμάτων. Οι απαιτήσεις είναι ιδιαίτερα χρήσιμοι για τομείς όπως οι μεταφορές (για παράδειγμα χρόνος αντίδρασης όταν συμβαίνει ένα ατύχημα), την ιατρική (τηλεχειρουργική) και γενικά την ψηφιοποίηση των διαδικασιών παραγωγής.

Για την εφαρμογή αυτών των τριών περιπτώσεων χρήσης, η ITU καθόρισε οκτώ βασικούς δείκτες απόδοσης (KPI) [11] για να προσδιορίζει, ποσοτικοποιεί και μετρά τα χαρακτηριστικά των συστημάτων IMT-2020 (5G):

- Μέγιστος ρυθμός δεδομένων (Gbit / s)
- Ρυθμός δεδομένων χρήστη (Mbit / s)
- Απόδοση φάσματος (bit / Hz)
- Κινητικότητα συσκευών (km / h)
- Καθυστέρηση (ms)
- Πυκνότητα σύνδεσης (αριθμός συνδεδεμένων / προσβάσιμων αντικειμένων ανά km²)
- ενεργειακή απόδοση του δικτύου
- Χωρητικότητα κυκλοφορίας περιοχής (Mbit / s / m²).

1.3 ΑΠΟΔΟΣΗ 5G ΣΕ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΤΑ ΔΙΚΤΥΑ 4G

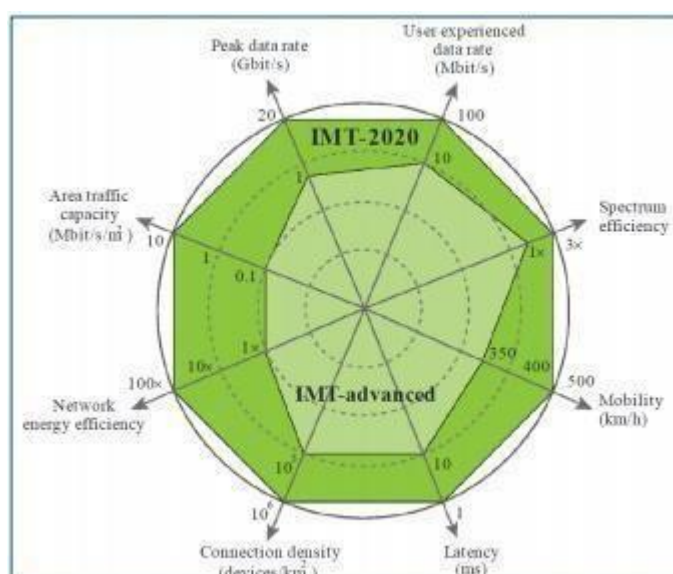
Η ανάπτυξη του 5G είναι πιθανό να πραγματοποιηθεί σε δύο στάδια:

1. Οι πρώτες κυκλοφορίες 5G θα προσφέρουν καλύτερες επιδόσεις, αλλά τα συστήματα 4G θα συνεχίσουν επίσης να εξελίσσονται (4.5G, 4.9G).
2. Οι λειτουργίες θα συνεχίσουν να βελτιώνονται με τη σταδιακή εισαγωγή καινοτόμων Τεχνολογιών (κεντρικές αρχιτεκτονικές συσκευών,

χρήση συχνοτήτων κύματος κυμάτων mm, μαζικά MIMO, εξυπνότερες συσκευές και εγγενής υποστήριξη για επικοινωνίες μεταξύ συσκευών .

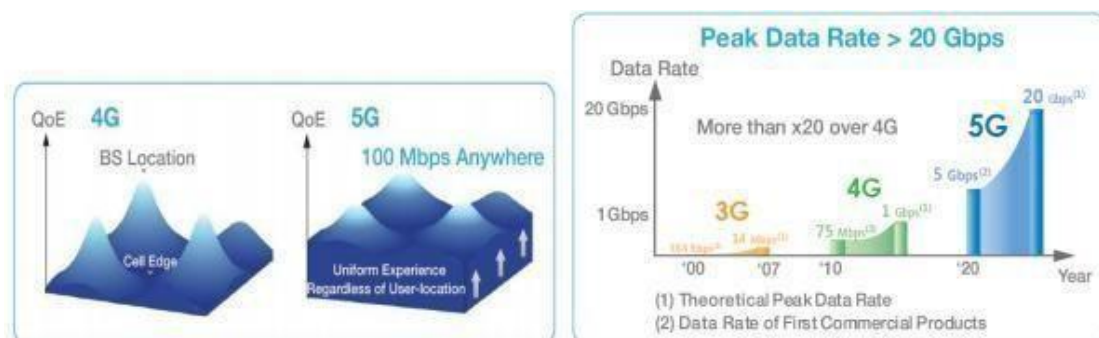
Αυτή η σταδιακή εισαγωγή είναι πολύ παρόμοια με τον τρόπο με τον οποίο παρουσιάστηκε και εφαρμόστηκε το 4G.

Η ITU ορίζει την τέταρτη γενιά τεχνολογιών, που ονομάζεται IMT-Advanced, από τις τιμές για τους οκτώ δείκτες KPI όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 6) , παρουσιάζεται επίσης η 5η γενιά που ονομάζεται IMT-2020. Εδώ, πρέπει να σημειωθεί ότι ο επίσημος ορισμός ITU για το 4G αντιστοιχεί στην πραγματικότητα σε εμπορικές κυκλοφορίες που παρέχονται αργότερα με το όνομα 4G + ή LTE-Advanced.



Σχήμα 6. Σύγκριση μεταξύ 4G και 5G σε σχέση με τους οκτώ βασικούς δείκτες απόδοσης [12].

Σύμφωνα με αυτούς τους στόχους, η 5G πρέπει να είναι σε θέση να παρέχει έναν ρυθμό δεδομένων που αντιλαμβάνεται ο χρήστης και έναν μέγιστο ρυθμό δεδομένων που είναι αντίστοιχα 10 και 20 φορές υψηλότερο από αυτό που είναι διαθέσιμος επί του παρόντος. Η μέγιστη πυκνότητα σύνδεσης θα πολλαπλασιαστεί με ένα παράγοντα 10 και ο χρόνος καθυστέρησης υποβιβάζεται τουλάχιστον με τον παράγοντα 10 (ο χρόνος καθυστέρησης μεταξύ δύο σημείων εκτιμάται να είναι είναι 1 ms, σε σύγκριση με 30 έως 40 ms που είναι σήμερα).



Σχήμα 7. Αναπαράσταση του KPI του «μέσου ρυθμού δεδομένων που αντιλαμβάνεται ο χρήστης» για 4G και 5G και του «Μέγιστου ρυθμού δεδομένων» KPI για 3G, 4G και 5G [13]

Ως διάδοχος του 4G, οι στόχοι για η 5G είναι :

- Ανάπτυξη εξαιρετικά αξιόπιστου δικτύου, με πιο συνεπείς επιδόσεις ανεξάρτητα από την θέση χρήστη σε σχέση με το σταθμό βάσης. ·
- Σταθερή σύνδεση, ακόμα και όταν κινούμαστε με ταχύτητες έως 500 km / h.
- Μεγαλύτερη ενεργειακή απόδοση δικτύου (με μπαταρίες που καταναλώνουν έως και 100 φορές λιγότερη ισχύ).

Ο παρακάτω πίνακας (Πίνακας 1) συνοψίζει τις επιδόσεις-στόχους για 5G και εκείνες που διατίθενται σήμερα με 4G:

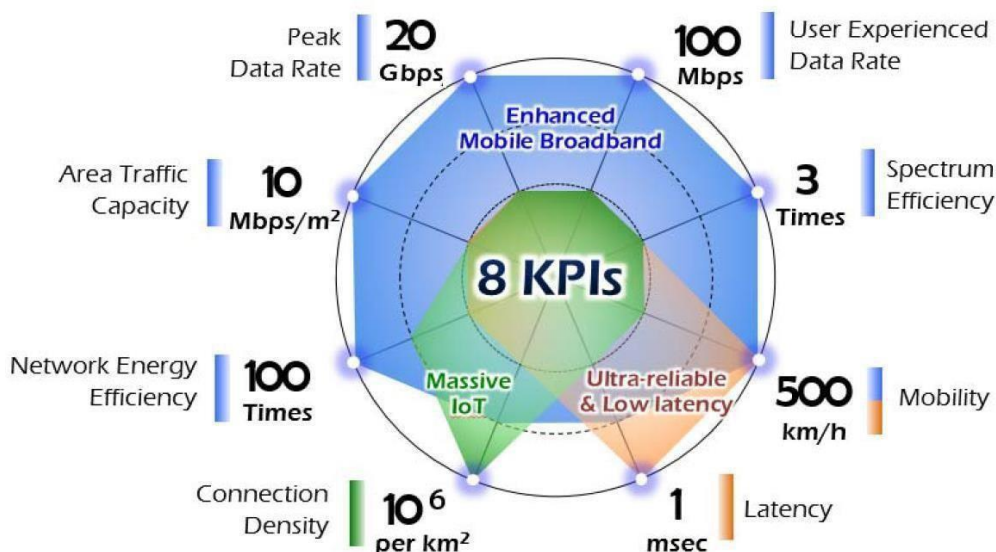
Performances/Generation	4G	5G
1. Peak data rate (Gbit/s)	1	20
2. User experience data rate (Mbit/s)	10	100
3. Spectrum efficiency	1x	3x
4. Speed (km/h)	350	500
5. Latency (ms)	10	1
6. Connection density (number of objects/km ²)	10 ⁵	10 ⁶
7. Network energy efficiency	1x	100x
8. Area traffic capacity (Mbit/s/m ²)	0.1	10

Πίνακας 1. Συγκρίσεις μεταξύ των επιδόσεων 4G και 5G

1.4 ΤΕΜΑΧΙΣΜΟΣ ΔΙΚΤΥΟΥ ΚΑΙ SOFTWARE-DEFINED NETWORKS

Το σύνολο των δεικτών που αναφέρονται στην Ενότητα 1.3 καθορίζει ένα μέγιστο σύνολο λειτουργιών για 5G. Ωστόσο, δεν θα είναι δυνατόν να επιτευχθούν όλες αυτές οι μέγιστες τιμές ταυτόχρονα και για όλες τις περιπτώσεις χρήσης. Απαιτείται να γίνει ένας συμβιβασμός, ιδίως για τις χρήσεις που περιγράφονται στην Ενότητα 1.2 (mMTC, eMBB και uRLLC) κατά τέτοιο τρόπο ώστε σε κάθε επιμέρους χρήση να αποδίδονται οι κατάλληλοι πόροι για να επιτελούνται με βέλτιστο τρόπο οι λειτουργίες της. Αυτή είναι η αρχή του τεμαχισμού του δικτύου (network slicing), το κάθε slice έχει το δικό του σύνολο KPI, που είναι ένα συμβιβασμός άμεσα συνδεδεμένος με τη χρήση. Ένα τεμάχιο δικτύου (ή network slice όπως αποκαλείται) ορίζεται ως ο συνδυασμός κάποιων λειτουργιών του δικτύου, εφαρμογών του δικτύου καθώς και της cloud υποδομής (physical, virtual κτλ.) τα οποία συνδράμουν ώστε να δημιουργηθεί ένα προφίλ δικτύου με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά (bandwidth, latency, processing,] security κτλ.) για την αποτελεσματικότερη εκτέλεση κάποιας απαιτούμενης λειτουργίας ή εφαρμογής. Το network slicing πρόκειται για μια τεχνολογία που επιτρέπει στους παρόχους δικτύου να χτίσουν πολλά εικονικά δίκτυα πάνω σε μια κοινή υποδομή έτσι ώστε να μπορούν να παρέχονται υπηρεσίες με ταχύτητα καθώς και ελαστικότητα όσον αφορά τις προδιαγραφές τους. Σε ένα σύστημα 5G οι ιδιότητες, του δικτύου πρέπει να προσαρμόζονται στο επιλεγμένο περιβάλλον.

Το παρακάτω διάγραμμα (Σχήμα 8) τοποθετεί τις τρεις κύριες περιπτώσεις χρήσης που αναφέρονται στην Ενότητα 1.2. σε σχέση με τους οκτώ βασικούς δείκτες απόδοσης που αναφέρονται παραπάνω.



Σχήμα 8. Βασικοί δείκτες απόδοσης για τις τρεις περιπτώσεις χρήσης 5G [14]

Επομένως, για εφαρμογές που απαιτούν βελτιωμένη ευρυζωνική κινητή τηλεφωνία (eMBB), όπως βίντεο 4K, 8K ή 3D ή εικονική πραγματικότητα, ένας συγκεκριμένος αριθμός δεικτών απόδοσης, όπως η απόδοση του φάσματος, ο μέγιστος ρυθμός δεδομένων και η χωρητικότητα κυκλοφορίας στην περιοχή, μπορεί να επιτευχθεί μόνο σε βάρος άλλων, όπως είναι η καθυστέρηση και η πυκνότητα των συνδέσεων.

Από την άλλη πλευρά, όταν το δίκτυο πρέπει να διαχειριστεί μια τεράστια ταυτόχρονη σύνδεση συνδεδεμένων αντικειμένων (mMTC), θα συγκεντρώσει τους πόρους του και θα χρησιμοποιήσει τις τεχνολογίες που απαιτούνται για την επίτευξη αυτού του έργου, αλλά δεν θα μπορεί να χρησιμοποιήσει το φάσμα τόσο αποτελεσματικά ή για να εγγυηθεί την χαμηλή καθυστέρηση.

Τέλος, όταν απαιτούνται εξαιρετικά αξιόπιστες και χαμηλής καθυστέρησης επικοινωνίες (uRLLC), μπορεί να μειωθεί ο αριθμός των ταυτόχρονων συνδέσεων, οι ρυθμοί δεδομένων και η απόδοση του φάσματος.

Αυτή η ευελιξία, ή η ικανότητα προσαρμογής, που προσφέρει ο τεμαχισμός δικτύου μπορεί να επιτευχθεί μόνο χάρη μια διαδικασία που αναφέρεται Software - Defined Networking (SDN) and Network Function Virtualisation (NFV). Πίσω από αυτά τα ακρωνύμια κρύβεται η ιδέα, που αφορά στη χρήση όσο το δυνατόν περισσότερων γενικών και αναδιαμορφώσιμων στοιχείων, αντί των ειδικών που είναι μόνιμα αφιερωμένα σε πολύ συγκεκριμένες εργασίες. Αυτή η εξέλιξη προς συστήματα που βασίζονται σε λογισμικό

λειτουργεί εδώ και αρκετά χρόνια, αλλά τώρα καθίσταται δυνατή χάρη στις βελτιωμένες επιδόσεις όλων αυτών των αναδιαμορφώσιμων στοιχείων, συμπεριλαμβανομένων εκείνων που είναι πιο κοντά στις στοιχειώδεις εργασίες ασύρματων επικοινωνιών (ανίχνευση, κωδικοποίηση βασικής ζώνης, διαχείριση αποστολής μπιτς, επεξεργασία σήματος κ.λπ.).

1.5 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΑ ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΤΕΥΞΗ ΤΩΝ ΣΤΟΧΩΝ

1.5.1 ΔΙΕΠΑΦΗ ΑΕΡΑ

Επί του παρόντος εξετάζονται αρκετές, μερικές φορές ανταγωνιστικές τεχνολογίες ραδιοπρόσβασης. Ορισμένες από αυτές έχουν ήδη προεφαρμοστεί από κατασκευές εξοπλισμού και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε δοκιμές, ιδίως massive MIMO και NFV. Άλλες όπως η διαμόρφωση NOMA και mobile edge computing (MEC), αναμφίβολα θα χρειαστεί περισσότερος χρόνος εφαρμογής τους πριν να χρησιμοποιηθούν. Σε κάθε περίπτωση μια συναίνεση - η οποία θα μπορούσε να είναι επώδυνη για ορισμένους προμηθευτές των οποίων οι επενδύσεις θα χαθούν - θα πρέπει να βρεθεί κατά τον καθορισμό των προτύπων 5G, για να διασφαλιστεί η διαλειτουργικότητα των συστημάτων.

Οι τεχνολογίες που εξετάζονται επί του παρόντος είναι οι εξής:

- **Συχνότητες χιλιοστού μήκους κύματος:** η χρήση χιλιοστομετρικών κυμάτων αποτελεί μία από τις αποδιοργανωτικές τεχνολογίες 5G. Ο όρος αναφέρεται στις συχνότητες άνω των 6 GHz που δεν έχουν ληφθεί ποτέ υπόψη για την ανάπτυξη δικτύου κινητής τηλεφωνίας, για λόγους τεχνολογικής ωριμότητας και ποιότητας διάδοσης. Για να καλυφθεί η ζήτηση για συνεχώς αυξανόμενους ρυθμούς δεδομένων και όγκων επισκεψιμότητας, θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν νέες ζώνες με πολύ ευρεία κανάλια (πάνω από 100 MHz ανά χρήστη). Οι συχνότητες που αντιστοιχούν σε μήκος κύματος χιλιοστών θα μπορούσαν να παρέχουν αυτόν τον πόρο φάσματος και σε ορισμένες περιπτώσεις η χρήση τους θα το έκανε δυνατή την υλοποίηση των χαρακτηριστικών λειτουργίας του δικτύου που αναφέρονται στον Πίνακα 1 (Συγκρίσεις μεταξύ 4G και 5G). Σε αντάλλαγμα για να μπορέσουμε να χρησιμοποιήσουμε αυτές τις συχνότητες θα αναπτυχθούν

όλες οι απαιτούμενες μικροσκοπικές τεχνολογίες χαμηλού κόστους και να διασφαλιστεί ένα επίπεδο κατανάλωσης ενέργειας που είναι συμβατό με φορητές συσκευές (ενισχυτές, κωδικοποιητές, επεξεργασία σήματος, κεραιές κ.λπ.). Συγκεκριμένα, λόγω της κακής ποιότητας διάδοσης των χιλιοστομετρικών κυμάτων, κάθε κυψέλη θα έχει περιορισμένη κάλυψη και συνεπώς είναι αναγκαία η αποστολή δέσμης ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων σε ορισμένη κατεύθυνση (beamforming) για καλύτερη εστίαση της ισχύος που μεταδίδεται από την κεραία.

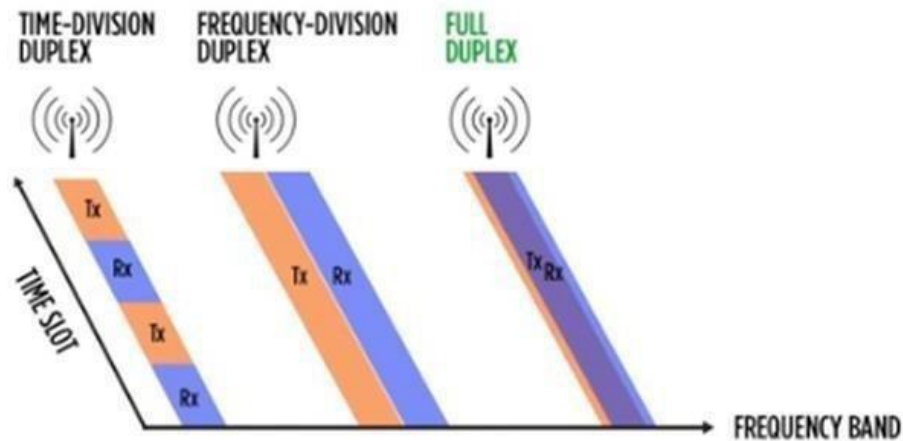
- **Massive MIMO (Multiple Inputs - Multiple Outputs):** αυτή η τεχνολογία περιλαμβάνει τη χρήση μεγάλου αριθμού έξυπνων μικροκεραίων, που βρίσκονται στον ίδιο μήτρα (μεταξύ 8 και 128 σήμερα αλλά ο αριθμός τους θα αυξηθεί με τη χρήση συχνοτήτων άνω των 6 GHz). Η χρήση massive MIMO είναι διττή. Πρώτον, η τεχνολογία καθιστά δυνατή την αύξηση του ρυθμού δεδομένων, χάρη στην χωροχρονική πολυπλεξία. Δεύτερον καθιστά δυνατή την εστίαση της ενέργειας σε μια συσκευή για τη βελτίωση του ισολογισμού ισχύος της σύνδεσης με την βοήθεια της διαμόρφωσης δέσμης (beamforming).



Εικόνα 9. Παράδειγμα χρήσης κεραίας διαμόρφωσης δέσμης για τη σύνδεση σημείων πρόσβασης Wi-Fi [15]

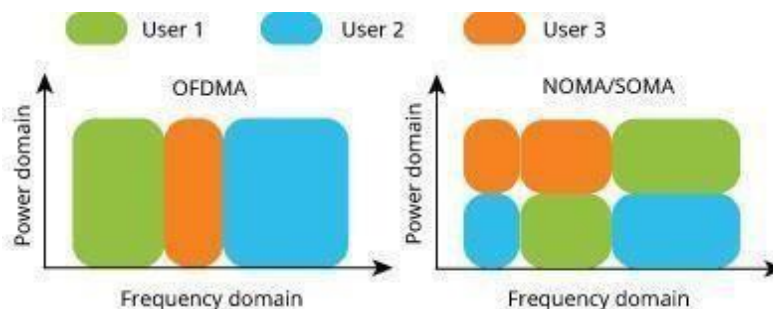
- **Full Duplex:** σε κλασικά συστήματα, η μετάδοση και η λήψη πραγματοποιείται είτε σε διαφορετικές ζώνες συχνοτήτων, δηλ. με πολυπλεξία διαίρεσης συχνότητας (FDD) ή σε διαφορετικούς χρόνους δηλαδή πολυπλεξία διαίρεσης χρόνου (TDD). Το full duplex προορίζεται να επιτρέψει

την ταυτόχρονη μετάδοση και λήψη δεδομένων, στις ίδιες συχνότητες, την ίδια στιγμή και στην ίδια θέση (Σχήμα 10) [16].



Σχήμα 10. Χρήση full duplex σε σύγκριση με FDD και TDD [17]

-NOMA (Multiplexing Non Orthogonal Multiple Access): Το LTE χρησιμοποιεί την ορθογώνια πολυπλεξία, με κάθε συσκευή να χρησιμοποιεί ένα ποσοστό των μπλοκ των πόρων με μοναδικό τρόπο ανά πάσα στιγμή. Προκειμένου η 5G να παρέχει βελτιωμένη απόδοση φάσματος σε σύγκριση με το 4G χρησιμοποιεί μη ορθογώνιες μεθόδους πολυπλεξίας, ώστε αρκετοί χρήστες να χρησιμοποιούν τις ίδιες συχνότητες ταυτόχρονα. Μπορεί να γίνει διάκριση μεταξύ πολλών χρηστών, εκχωρώντας διαφορετικούς κωδικούς σε κάθε χρήστη - αναφέρεται ως SCMA ή αραιός κωδικός πολλαπλής πρόσβασης - ένας συνδυασμός πολλαπλής πρόσβασης διαίρεσης κωδικών 3G (CDMA) και ορθογωνικής πολλαπλής πρόσβασης διαίρεσης συχνότητας 4G (OFDMA) ή παίζοντας σχετικά με τη διαφορά του σήματος προς θόρυβο των χρηστών (πεδίο ισχύος NOMA (Σχήμα 11) [18]). Αυτές είναι οι δύο μέθοδοι που επιλέχθηκαν για το NR.



Σχήμα 11. Επεξήγηση πολυπλεξίας στο πεδίο ισχύος NOMA [19]

- **QAM256**: όπως και με πολλά σύγχρονα συστήματα επικοινωνίας το 4G χρησιμοποιεί ψηφιακή διαμόρφωση quadrature amplitude modulation (QAM). Στο 4G αυτή η διαμόρφωση μπορεί να επιτύχει το QAM64, πράγμα που σημαίνει ότι μεταδίδονται έξι bit πληροφοριών ($2^6 = 64$) ανά πάσα στιγμή. Σε ασύρματα συστήματα, ο κύριος περιορισμός της χρήσης QAM είναι ο λόγος σήματος προς θόρυβο. Η μετάδοσή μεγάλου όγκου πληροφοριών ταυτόχρονα είναι πολύ ευαίσθητη σε διακοπές (π.χ όταν μιλάμε σε θορυβώδες περιβάλλον είναι κατανοητό το "ναι" ή "όχι" αλλά είναι πιο δύσκολο να κατανοήσουμε πιο περίπλοκες προτάσεις). Χάρη στον βελτιωμένο ισολογισμό ισχύος με χρήση νέων τεχνολογιών κεραίας ή επεξεργασίας σήματος η διαμόρφωση 5G θα μπορούσε να φτάσει το QAM256, δηλαδή οκτώ bit πληροφοριών που μεταδίδονται ανά πάσα στιγμή, γεγονός που μεταφράζεται σε αύξηση 33% στη μέγιστη χωρητικότητα υπό ιδανικές συνθήκες.

- **Κυματομορφές IoT**: διερευνούνται νέες κυματομορφές για τη μελλοντική ανάπτυξη του 5G IoT σε ζώνες κινητής τηλεφωνίας. Ωστόσο, παρόλο που το IoT είναι μία από τις κύριες προκλήσεις που παρουσιάζονται για η 5G, δεν έχουν ακόμη δημοσιευτεί συγκεκριμένα αποτελέσματα. Αναπτύσσονται [20] νέα πρότυπα (EC-GSM ή εκτεταμένη κάλυψη GSM, LTE- (e) MTC ή βελτιώσεις για επικοινωνίες τύπου μηχανής, NB-IoT ή NarrowBand IoT) που ορίστηκαν από το 3GPP στην έκδοση 13, επειδή βασίζονται στα 2G και 4G, δεν παρέχουν τα επιθυμητά επίπεδα επιδόσεων, ιδίως όσον αφορά την αυτονομία, την κάλυψη και την πυκνότητα, που είναι συμβατά με τους στόχους που έχουν τεθεί για τα μελλοντικά δίκτυα 5G.

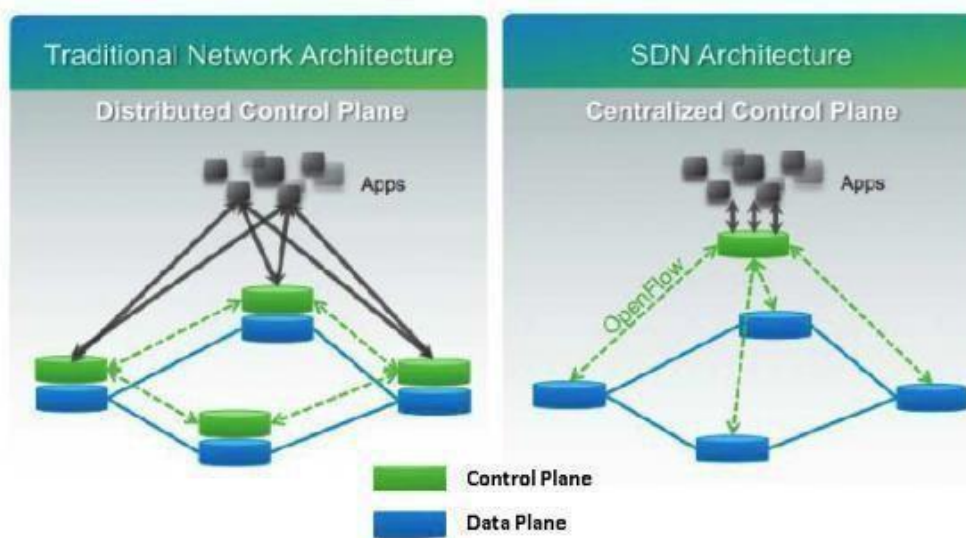
1.5.2 ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΔΙΚΤΥΟΥ

Όπως και με τις διεπαφές αέρα, διερευνούνται επίσης νέες αρχιτεκτονικές δικτύου:

- **Δικτύωση καθορισμένου λογισμικού Software-defined networking (SDN) και εικονικοποίηση λειτουργιών δικτύου network functions virtualisation (NFV)**. Αυτές οι δύο λειτουργίες εκτείνονται πέραν του πεδίου των δικτύων 5G. Είναι μέρος μιας συνολικής διαδικασίας αναβαθμίσεων του

δικτύου που πραγματοποιείται σήμερα και είναι ήδη διαθέσιμα με την τεχνολογία 4G (4.9G). Ωστόσο, παραμένουν βασικοί παίκτες για την 5G.

-To SDN (Network-Defined Network). Πρόκειται για μια τεχνολογία που προσεγγίζει αρκετά το cloud computing, διευκολύνει τη διαχείριση του δικτύου και επιτρέπει τον προγραμματισμό των ρυθμίσεων του δικτύου έτσι ώστε να έχουμε βελτιωμένη ταχύτητα και καλύτερη παρακολούθηση. Είναι η γέφυρα για το network virtualization που επιδιώκει να αξιοποιήσει με τον καλύτερο δυνατό τρόπο τους δικτυακούς πόρους και να προσαρμόσει τα δίκτυα στις όλο και αυξανόμενες ανάγκες των επιχειρήσεων. Έχει σχεδιαστεί για να αποσυνδέει το επίπεδο ελέγχου του δικτύου από το επίπεδο δεδομένων του, που παραδοσιακά αυτά τα δύο επίπεδα συνδέονται και διανέμονται με συγκεκριμένο τρόπο στο δίκτυο (Σχήμα 12). Ο έλεγχος του δικτύου, μια εργασία που είχε ανατεθεί προηγουμένως σε εξειδικευμένα στοιχεία του υλικού, συγκεντρώνεται με τη μορφή λογισμικού σε πιο ισχυρούς διακομιστές και θεωρητικά χωρίς προδιαγραφές του κατασκευαστή εξοπλισμού. Αυτό επιτρέπει την ανάπτυξη υπηρεσιών υψηλής προστιθέμενης αξίας (εξισορρόπηση φορτίου, έξυπνη δρομολόγηση, δυναμική διαμόρφωση κ.λπ.) σε διαφορετικά περιβάλλοντα.



Σχήμα 12. Συγκέντρωση του επιπέδου ελέγχου σε ένα SDN [21]

Μερικά από τα πλεονεκτήματα που μας παρέχει η τεχνολογία SDN είναι:

- **Μειωμένο κόστος της δικτυακής υποδομής:** Αντί για εγκατάσταση νέων μηχανημάτων δικτύου, έχουμε software να τρέχει πάνω στις συσκευές και να εκτελεί τις απαιτούμενες διεργασίες.
- **Ευκολότερη υποστήριξη και εκτέλεση λειτουργιών όπως VPN:** Το SDN μπορεί να αξιοποιήσει κατάλληλα τα APIs ώστε εφαρμογές να μπορούν να τα εκμεταλλευτούν.
- **Χρήση OpenFlow:** Ο διαχωρισμός του επιπέδου ελέγχου (control plane) από το επίπεδο δεδομένων (data plane) και η χρήση ενός πρωτοκόλλου όπως το OpenFlow ανάμεσα τους επιτρέπει επιπλέον προσαρμοστικότητα.

Τα στοιχεία που συνθέτουν την αρχιτεκτονική του SDN είναι τα παρακάτω:

- **SDN Application:** Είναι προγράμματα που επικοινωνούν με το SDN controller μεταφέροντας του τις απαιτήσεις καθώς και τη συμπεριφορά που θέλουν να έχει το δίκτυο προκειμένου να λειτουργήσουν σωστά.
- **SDN Controller:** Πρόκειται για μια οντότητα που είναι υπεύθυνη για την μεταφορά των απαιτήσεων από το SDN application στο SDN datapath καθώς επίσης και για την αποστολή της κατάστασης του δικτύου περιληπτικά στο SDN application. Ένα SDN controller αποτελείται από ένα ή περισσότερα NBI (Northbound Interface) Agents, το SDN control logic και το Control to Data-Plane Interface (CDPI) driver.
- **SDN Datapath:** Το SDN datapath είναι μια συσκευή δικτύου που είναι υπεύθυνη για την προώθηση της κίνησης μέσα στο δίκτυο. Ένα SDN datapath περιλαμβάνει ένα CDPI driver και μία ή περισσότερες συσκευές προώθησης της κίνησης (πχ switches) που μετακινούν τα πακέτα δεδομένων μέσα στο δίκτυο. Οι ενέργειές του περιλαμβάνουν από απλή προώθηση μεταξύ των εξωτερικών διεπαφών του datapath μέχρι τον τερματισμό της κυκλοφορίας.
- **SDN Control to Data-Plane Interface (CDPI):** Είναι η διεπαφή που ορίζεται μεταξύ ενός SDN controller και ενός SDN datapath η οποία παρέχει προγραμματισμό χειρισμό της διαδικασίας προώθησης, αναφορά στατιστικών, ειδοποίηση για συμβάντα και άλλα.

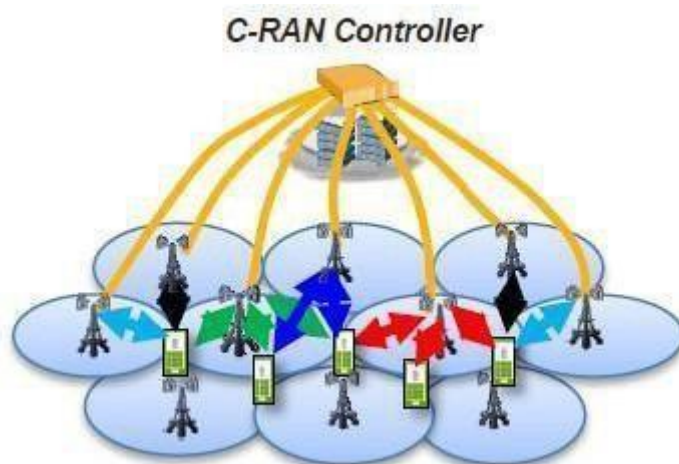
- **SDN Northbound Interface (NBI):** Βρίσκεται ανάμεσα στο SDN Application και στο SDN Controller και παρέχει τον τρόπο συμπεριφοράς και απαιτήσεων του δικτύου.
- **Το NFV, η πλήρης ονομασία του είναι Network functions virtualization:** έχει ως στόχο την υλοποίηση των λειτουργιών του δικτύου στο λογισμικό και την διευκόλυνση του μεγάλου όγκου κυκλοφορίας των τυπικών διακομιστών ενός δικτύου. Βασίζεται στο SDN, χρησιμοποιείται για την εικονικοποίηση, δηλαδή την αντικατάσταση υλικού που έχει σχεδιαστεί ειδικά για την εκτέλεση ορισμένων βασικών λειτουργιών δικτύου (τείχος προστασίας, πυρήνας δικτύου, διεπαφές μεταξύ διαφορετικών συστημάτων...) με λογισμικό σε διακομιστή, για την επιτάχυνση της κυκλοφορίας και την ενεργοποίηση γρήγορων αλλαγών και αναβαθμίσεων. Το NFV λοιπόν υπόσχεται ότι οι πάροχοι τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών θα έχουν μεγαλύτερες δυνατότητες για ευελιξία, μειωμένο κόστος και μεγαλύτερη ταχύτητα στις υπηρεσίες που παρέχουν.

Για να επιτευχθούν τα παραπάνω θετικά αποτελέσματα πρέπει να υπάρξουν οι εξής αλλαγές:

- *Διαχωρισμός του software απο το hardware:* Από τη στιγμή που τα στοιχεία του δικτύου είναι συνδυασμός του software και του hardware, τότε είναι πολύ πιο εύκολο να εξελιχθούν και τα δύο ανεξάρτητα το ένα από το άλλο.
- *Ευέλικτη ανάπτυξη λειτουργιών του δικτύου:* Η ανεξαρτητοποίηση του hardware απο το software βοηθάει στο να μπορούν να εκτελούνται ορισμένες λειτουργίες του δικτύου σε διαφορετικούς χρόνους. Αυτό βοηθάει το δίκτυο να παρέχει τις υπηρεσίες του ταχύτερα μέσα από την ίδια φυσική υποδομή.
- *Δυναμική κλιμάκωση:* Ο διαχωρισμός των λειτουργιών του δικτύου σε ξεχωριστά κομμάτια software παρέχει μεγάλη ευελιξία στο να κλιμακώνεται η απόδοση του VNF με πιο δυναμικό τρόπο όταν και όπου χρειαστεί.

CloudRAN

Για να έχουμε ένα αποδοτικό 5G δίκτυο το οποίο να μπορεί να ανταπεξέλθει στις απαιτήσεις της κοινωνίας για δικτύωση το κλασικό Radio Access Network δεν είναι αρκετό για να καλύψει όλες αυτές τις ανάγκες. Έτσι δημιουργήθηκε η ανάγκη για ένα πιο εξελιγμένο RAN δίκτυο, το C-RAN[15] δηλαδή Cloud Radio Access Network (ή Centralized RAN) το οποίο είναι αρκετά πιο φθηνό τόσο όσον αφορά το κόστος για εγκαταστάσεις όσο και το κόστος που αφορά τις λειτουργίες του. Το C-RAN θεωρείται αρκετά αποδοτικό καθώς είναι σε θέση να συνδυάσει τις ασύρματες τεχνολογίες με τις τεχνολογίες που αφορούν τον τομέα IT (Information Technology) με το να εντάξει την τεχνολογία του cloud computing στο κλασικό RAN. Αυτή η λειτουργία γνωστή και ως συγκεντρωτική-RAN, απαιτεί μια πολύ διαφορετική αρχιτεκτονική δικτύου από την υφιστάμενη σήμερα. Πρόκειται για μια εξέλιξη του SDN όπου οι μονάδες επεξεργασίας σήματος των σταθμών βάσης, οι οποίες είναι εγκατεστημένες στο επίπεδο του σταθμού βάσης, μετακινούνται στο cloud και συγκεντρώνονται. Επικοινωνούν με τα επικεφαλή ραδιοδίκτυα, που βρίσκονται πλησιέστερα στην κεραία μέσω δικτύου οπτικών ινών (τεχνολογία Radio over fiber). Αυτή η συγκέντρωση καθιστά δυνατή τη λήψη μιας πλήρους επισκόπησης όλων των σταθμών που αναπτύσσονται και τον συντονισμό της επεξεργασίας σήματος και τη διαχείριση των παρεμβολών μεταξύ κυψελών και συσκευών.



Σχήμα 13. Εικόνα της αρχιτεκτονικής δικτύου CloudRAN [22]

Τα κύρια στοιχεία της αρχιτεκτονικής του C-RAN είναι τα RRH (Remote Radio Heads), BBU (Baseband Units) και CPRI (Common Public Radio Interfaces) όπου όλοι οι υπολογιστικοί πόροι BBU συγκεντρώνονται σε ένα σημείο και τα

RRH μπορούν και λαμβάνουν τα ραδιοσήματα που εκπέμπονται από κεραιές και τα προωθούν σε ένα cloud platform μέσω ενός δικτύου για αυτή τη μεταφορά. Επομένως, το C-RAN με αυτή την προσέγγιση πετυχαίνει να μειώσει τον αριθμό των κυψελών κρατώντας στο ίδιο επίπεδο την κάλυψη που παρέχει στους πελάτες.

Παρουσιάζονται 3 αρχιτεκτονικές αναφορικά με το C-RAN:

1. *Πλήρης κεντρική διαχείριση:* Σε αυτό το σενάριο τα BBU είναι υπεύθυνα για 3 layers δικτύου και συγκεκριμένα το physical layer, το mac layer και το network layer. Εξαιτίας του πολύ μεγάλου bandwidth σε αυτό το σενάριο, υπάρχουν και υψηλές απαιτήσεις στη μετάδοση σημάτων μεταξύ RRH και BBU. Τα BBU περιέχουν όλες τις λειτουργίες των base stations.

2. *Μερική κεντρική διαχείριση:* Σε αυτή την αρχιτεκτονική τα RRH είναι υπεύθυνα για επεξεργασία ραδιοσυχνοτήτων (RF) καθώς και για την ενσωμάτωση λειτουργιών RF. Από την άλλη τα BBU είναι υπεύθυνα για όλες τις υπόλοιπες λειτουργίες που αφορούν τα άλλα layers.

3. *Υβριδική κεντρική διαχείριση:* Ουσιαστικά είναι μία ειδική περίπτωση της πλήρους κεντρικής διαχείρισης. Μερικές λειτουργίες του layer 1 αφαιρούνται από τα BBU και μεταφέρονται σε ξεχωριστές μονάδες. Έτσι εξοικονομείται ενέργεια στα BBU.

Βελτιστοποιημένη παράδοση περιεχομένου: χρησιμοποιώντας ένα δίκτυο παράδοσης περιεχομένου για κινητά (κινητό CDN): αντιστοιχεί σε ένα σύνολο διακομιστών που συνεργάζονται με διαφανή τρόπο για τη βελτιστοποίηση της παράδοσης περιεχομένου σε τελικούς χρήστες μέσω ασύρματων (κινητών ή Wi-Fi) δικτύων, με υψηλή διαθεσιμότητα και απόδοση. Με η 5G, ο στόχος για τα CDN είναι η προσωρινή αποθήκευση περιεχομένου κοντά στους χρήστες, κυρίως χάρη στους προγνωστικούς αλγόριθμους, την αποφόρτιση της κίνησης από τα δίκτυα και τη μείωση της καθυστέρησης.

MEC (mobile edge computing): Το MEC είναι μια εξέλιξη του κινητού CDN σκοπός του οποίου είναι εκτός από το να φέρει τα δεδομένα πιο κοντά στις συσκευές να παρέχει στις συσκευές μια προσιτή υπολογιστική ισχύ με πολύ χαμηλό χρόνο καθυστέρησης, σε μια πολύ συγκεκριμένη περιοχή για απαιτητικές εφαρμογές. Αυτή η τεχνολογία επιτρέπει τον εντοπισμό ενός

μέρους της ευφυΐας του δικτύου (διαχείριση τοπικών κρίσιμων εφαρμογών και ανάλυση απόδοσης) στο επίπεδο του σταθμού βάσης. Οι κεραιές θα είναι σε θέση να αναλύουν έναν ορισμένο αριθμό δεδομένων και έτσι να λαμβάνουν αποφάσεις πολύ γρήγορα.

Συσκευή σε συσκευή: Το D2D (Device to Device) είναι μια άμεση μορφή επικοινωνίας μεταξύ δύο κοντινών συσκευών, η οποία δεν απαιτεί τα δεδομένα να ταξιδεύουν μέσω του δικτύου κινητής τηλεφωνίας. Η επικοινωνία μεταξύ συσκευών δεν είναι καινούργια, καθώς αυτή υλοποιείται με τεχνολογίες όπως το Bluetooth και το Wi-Fi Direct . Ωστόσο, μια νέα τεχνολογία δικτύωσης πλέγματος θα εισαχθεί με 4.9G και αργότερα 5G δίκτυα, η LTE-direct. Πολύ πιο ενεργειακά αποδοτική από τους προκατόχους της αυτή θα έχει περιοχή κάλυψης έως 500 μέτρα και δυνατότητες γεωγραφικής θέσης για να επιτρέψει την επικοινωνία. Αυτή η τεχνολογία θα είναι πολύ χρήσιμη για επικοινωνίες V2V (όχημα σε όχημα) χαμηλού χρόνου καθυστέρησης ή V2X (όχημα σε όλα) και για ορισμένες χρήσεις που σχετίζονται με τη δημόσια ασφάλεια.

1.5.3 5G: ΓΕΝΙΑ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΠΟΥ ΣΥΝΥΠΑΡΧΕΙ ΜΕ ΤΑ ΥΠΑΡΧΟΝΤΑ ΔΙΚΤΥΑ

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η 5G δεν προορίζεται να αντικαταστήσει το 4G σε μία νύκτα. Στην πράξη, οι συσκευές θα είναι αναμφίβολα πολυτροπικές, θα εξακολουθούν να είναι συνδεδεμένες στο δίκτυο 4G, το οποίο θα παρέχει εκτεταμένη κάλυψη για πρωτοποριακές κυκλοφορίες και μετά την μετάβαση σε δίκτυα 5G.

Ενώ οι συχνότητες 4G και 5G πιθανότατα αρχικά θα διαχωρίζονται, κατά πάσα πιθανότητα οι συσκευές θα καταστούν γρήγορα ικανές να συσσωρεύουν τις φέρουσες συχνότητες 4G και 5G και ακολούθως οι φέρουσες 4G θα ενθυλακώνονται με αυτές 5G.

Το 4G εξακολουθεί να αναπτύσσεται και η τεχνολογική του εξέλιξη και ορισμένα δομικά στοιχεία θα χρησιμοποιηθούν τόσο από τα πρώτα δίκτυα 5G όσο και από προηγμένα δίκτυα 4G. Οι τελευταίες δοκιμές που διεξήχθησαν στη Γαλλία επιτρέπουν στα δίκτυα 4G να αποδίδουν καλύτερα χάρη στη χρήση τεχνολογιών προ-5G:

- Η Bouygues Telecom, σε συνεργασία με την Huawei, κατάφερε να επιτύχει μέγιστο ρυθμό δεδομένων 1 Gbps χάρη στην ταυτόχρονη χρήση συνένωσης τεσσάρων φερουσών (800 MHz, 1800 MHz, 2100 MHz, 2600 MHz) και πιο ισχυρή διαμόρφωση (256 QAM) [23].

- Η Orange θα ξεκινήσει μια τεράστια δοκιμή MIMO (16x16) με την Nokia [24].

Εκτός από την ενοποίηση μεταξύ 4G και 5G, η νέα γενιά θα συνεχίσει αναμφίβολα τις προσπάθειες σύγκλισης μεταξύ ζωνών συχνοτήτων που διέπονται από αποκλειστικές άδειες - δηλαδή ζώνες που εκχωρούνται αποκλειστικά σε έναν πάροχο, όπως οι πάροχοι κινητής τηλεφωνίας - και ζώνες συχνοτήτων χωρίς άδεια, που διέπονται από ένα σύστημα γενικής εξουσιοδότησης (π.χ. ζώνες Wi-Fi), το οποίο ξεκίνησε ήδη σε 4G με LTE-LAA (Long Term Evolution - License Assisted Access) και LTE-LWA (Long Term Evolution - Wi-Fi Link Aggregation).

Το LTE-LAA χαρακτηρίζεται από τη συγκέντρωση ενός ή περισσότερων φερουσών LTE, που χρησιμοποιούνται σε ζώνες με άδεια, με άλλους φορείς LTE που χρησιμοποιούν ζώνες Wi-Fi χωρίς άδεια 5 GHz. Για να εγγυηθεί τη συνύπαρξη με πολύ διαδεδομένα δίκτυα Wi-Fi των οποίων το μοτίβο ανάπτυξης είναι απρόβλεπτο, χρησιμοποιεί την τεχνολογία LBT (Listen Before Talk) για να ακούσει το ραδιοφωνικό κανάλι πριν από τη μετάδοση, προκειμένου να προσδιορίσει εάν ή όχι μια συχνότητα είναι διαθέσιμη.

Το LTE-LWA αποτελείται από μια συλλογή LTE φερουσών σε αδειοδοτημένες ζώνες με κίνηση Wi-Fi. Για να επιτευχθεί αυτό πρέπει να συνδεθούν το κελί LTE και το σημείο πρόσβασης Wi-Fi. Αυτή η τεχνολογία είναι ιδιαίτερα κατάλληλη για εσωτερικά περιβάλλοντα με μικρά κελιά, ένα σύστημα το οποίο αναμένεται, όπως περιγράφεται λεπτομερώς στην παράγραφο 3.3 παρακάτω, να προσφέρεται σε εφαρμογές 5G.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2 5G ΠΡΩΤΟΒΟΥΛΙΕΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

Με σκοπό την τήρηση των υποσχέσεων που έχουν δοθεί για η 5G, πολλές πρωτοβουλίες βρίσκονται σε εξέλιξη σε όλο τον κόσμο για την προώθηση της ανάπτυξής της. Παρακάτω, περιγράφονται λεπτομερώς οι πιο κύριες πρωτοβουλίες .

2.1 ΚΥΒΕΡΝΗΤΙΚΕΣ ΠΡΩΤΟΒΟΥΛΙΕΣ

Η προοπτική σημαντικών κοινωνικοοικονομικών επιπτώσεων που δημιουργούνται από την 5G (πιθανά έσοδα περίπου 225 δισεκατομμυρίων δολαρίων ετησίως [25] έως το 2025) σε συνδυασμό με την επιθυμία πολλών χωρών να καθιερωθούν ως τεχνολογικοί ηγέτες και να κάνουν τις εταιρείες

τους πιο ανταγωνιστικές, έχουν ωθήσει ένα πλήθος κυβερνητικών πρωτοβουλιών σε όλο τον κόσμο, με στόχο την ενθάρρυνση επενδύσεων που απαιτούνται ώστε να ξεκινήσει η κατασκευή των πρώτων δικτύων 5G.

Μια επιλογή της μεγαλύτερης περιγράφεται παρακάτω.

2.1.1 ΠΡΩΤΟΒΟΥΛΙΕΣ 5G ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ

5G-PPP

Η 5G Δημόσια Ιδιωτική Σύμπραξη (5G-PPP) είναι αφιερωμένη στην έρευνα και ανάπτυξη της 5G, που δημιουργήθηκε με πρωτοβουλία της Ευρωπαϊκής Επιτροπής το 2013, με προϋπολογισμό 700 εκατομμύρια ευρώ σε δημόσια χρηματοδότηση. Οι κύριοι στόχοι που θέτει η 5G-PPP είναι:

- Δημιουργία ισχυρότερων δεσμών μεταξύ των οικονομικών παραγόντων και των ακαδημαϊκών φορέων που ενεργοποιούνται στον τομέα των τηλεπικοινωνιών για έργα έρευνας και ανάπτυξης (R&D).
- Μείωση της τεχνολογικής εξάρτησης από τις Ηνωμένες Πολιτείες και την Ασία διατηρώντας παράλληλα μια ισχυρή παγκόσμια αγορά.
- Ανάκτηση της τεχνολογικής ηγεσίας, ιδίως στις ανατρεπτικές τεχνολογίες, προωθώντας πρότυπα σε διεθνείς οργανισμούς.
- Να επιτρέπεται η εμφάνιση καινοτόμων επιχειρηματικών μοντέλων.
- Διευκόλυνση πειραματισμού μεγάλης κλίμακας.

Τα αποτελέσματα αυτής της εργασίας θα βοηθήσουν στην αποσαφήνιση του σχεδίου δράσης 5G (βλ. Παρακάτω) και θα τροφοδοτήσουν τις εργασίες τυποποίησης που βρίσκονται σε εξέλιξη.

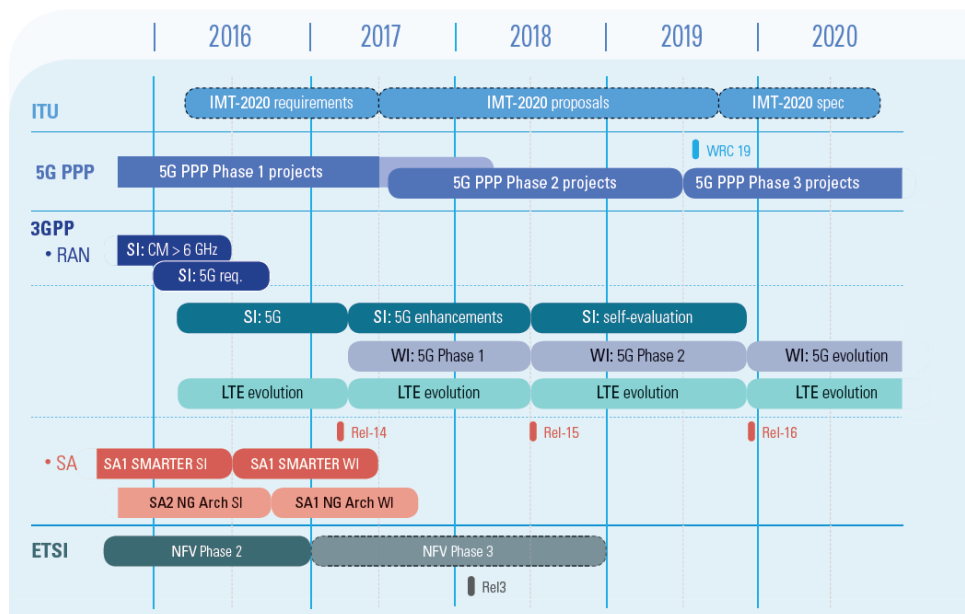
Για να επιτύχει τις φιλοδοξίες της η 5G-PPP ξεκίνησε τρία στάδια εργασίας, χρηματοδοτούμενα από την Ευρωπαϊκή Ένωση, της οποίας ο χάρτης πορείας είναι συγχρονισμένος με τις κύριες διεθνείς πρωτοβουλίες (3GPP και ITU, βλέπε σχήμα 14):

- Το πρώτο στάδιο που βρίσκεται σε εξέλιξη, θα διαρκέσει έως τα μέσα του 2017.

- Ένα δεύτερο στάδιο που επικεντρώνεται στις βελτιστοποιήσεις συστημάτων, από τα τέλη του 2017 έως τα μέσα του 2019.

- Και τέλος μια δοκιμαστική φάση πλήρους μεγέθους από το 2019 έως το 2020.

Η ανάπτυξη του 5G έως το 2020 θα απαιτήσει από την Ευρώπη να αναπτύξει τεχνολογίες αιχμής, παγκόσμια εγκεκριμένα πρότυπα και ειδικά για να επιτύχει συναίνεση σχετικά με την χρήση κατάλληλων ζωνών συχνοτήτων. Αυτή η χρηματοδότηση και τα έργα - με τη συμμετοχή πολλών ερευνητών από περισσότερες από εκατό εταιρείες και τα καλύτερα κέντρα E & A στην Ευρώπη - είναι επομένως ζωτικής σημασίας.



Σχήμα 14. χάρτες πορείας 5G PPP έναντι 3GPP και ITU [26]

Σχέδιο δράσης 5G

Ως συμπληρωματικό μέτρο, στις 14 Σεπτεμβρίου 2016, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή ξεκίνησε το Σχέδιο Δράσης 5G για την Ευρώπη για να ενισχύσει τις επενδύσεις στις προσπάθειες υποδομής 5G και στην ανάπτυξη υπηρεσιών στην ψηφιακή ενιαία αγορά από τώρα έως το 2020. Αυτό το σχέδιο δράσης καθορίζει έναν σαφή χάρτη πορείας για το κοινό και ιδιωτικές επενδύσεις 5G εντός της ΕΕ.

Η Επιτροπή πρότεινε τα ακόλουθα μέτρα για την επίτευξη αυτού του σχεδίου:

- Ευθυγράμμιση των χαρτών πορείας και των προτεραιοτήτων για μια συντονισμένη ανάπτυξη 5G σε όλα τα κράτη μέλη της ΕΕ, στοχεύοντας την πρώιμη εισαγωγή δικτύου έως το 2018 και την εισαγωγή του στο εμπόριο έως το τέλος του 2020 το αργότερο.
- Προσωρινές ζώνες φάσματος για 5G πριν από το Παγκόσμιο Συνέδριο Ραδιοεπικοινωνίας 2019 (WRC-19), για να συμπληρωθούν από πρόσθετες ζώνες το συντομότερο δυνατό και να εργαστούν προς μια προτεινόμενη προσέγγιση για την έγκριση των συγκεκριμένων ζωνών φάσματος 5G άνω των 6GHz .
- Προώθηση της έγκαιρης ανάπτυξης σε μεγάλες αστικές περιοχές και κατά μήκος μεγάλων οδών μεταφοράς.
- Προώθηση των πανευρωπαϊκών δοκιμών ως καταλύτες για τη μετατροπή της τεχνολογικής καινοτομίας σε ολοκληρωμένες επιχειρηματικές λύσεις.
- Διευκόλυνση της εφαρμογής ενός επιχειρηματικού ταμείου που στηρίζεται στη βιομηχανία για την υποστήριξη της καινοτομίας που βασίζεται σε 5G.
- Ένωση των κορυφαίων παραγόντων στην προσπάθεια προώθησης των παγκόσμιων προτύπων.

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έχει δώσει σε κάθε χώρα της ΕΕ έναν ορισμένο αριθμό φιλόδοξων, αριθμητικών στόχων. Ένας βασικός στόχος για η 5G είναι να έχει τουλάχιστον μια μεγάλη πόλη σε κάθε ευρωπαϊκή χώρα το νέο σύστημα κινητής γενιάς έως το 2020, και κάλυψη για κάθε πόλη, αυτοκινητόδρομο και σιδηροδρομικές γραμμές υψηλής ταχύτητας έως το 2025.

2.1.2 ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΣΤΙΣ ΗΠΑ, ΤΗ ΝΟΤΙΑ ΚΟΡΕΑ, ΤΗΝ ΙΑΠΩΝΙΑ ΚΑΙ ΤΗΝ ΚΙΝΑ

Ο αγώνας βρίσκεται ήδη σε εξέλιξη μεταξύ των χωρών για να είναι οι πρώτοι που θα ξεκινήσουν δοκιμές μεγάλης κλίμακας 5G και αργότερα θα εισαγάγουν εμπορικά διαθέσιμες υπηρεσίες, τόσο πολύ ώστε να είναι πρόθυμοι να χρησιμοποιήσουν προστάνταρτ τεχνικών προδιαγραφών.

Αρκετές χώρες εργάζονται σε πρότυπα και επιδιώκουν συναίνεση μεταξύ τους για να επιτύχουν διεθνή υποστήριξη για τις τεχνικές προδιαγραφές που θα ικανοποιήσουν τις ανάγκες τους και θα κερδίσουν την καλύτερη δυνατή απόδοση των επενδύσεων που έχουν πραγματοποιηθεί μέχρι στιγμής. Αυτό με τη σειρά του δημιουργεί μια συγκεκριμένη αναταραχή, για παράδειγμα, πάνω από τις ζώνες συχνοτήτων που θα ήταν οι καλύτεροι υποψήφιοι για 5G.

Οι Ηνωμένες Πολιτείες [27]

Η 5G θεωρείται ως μια άνευ προηγουμένου ευκαιρία για οικονομική ανάπτυξη, με τεράστιο αντίκτυπο στην εκπαίδευση, την εργασία, τις μεταφορές κ.λπ. Σύμφωνα με την ομοσπονδιακή ρυθμιστική αρχή των ΗΠΑ, την FCC (Ομοσπονδιακή Επιτροπή Επικοινωνιών), τα ακόλουθα τρία στοιχεία θεωρούνται κύρια : φάσμα, υποδομές και δίκτυο ανασυγκρότησης:

- Φάσμα: τον Ιούλιο του 2016, η FCC ψήφισε να ελευθερώσει και να ανοίξει σχεδόν 11 GHz φάσματος υψηλής συχνότητας για χρήση σε σταθερές και κινητές ευρυζωνικές εφαρμογές. 3,85 GHz φάσματος με άδεια στις ζώνες 27,5 - 28,35 GHz και 37 - 40 GHz, καθώς και 7 GHz μη αδειοδοτημένου φάσματος στη ζώνη 64 - 71 GHz. Ο δηλωμένος στόχος της FCC ήταν να παράσχει τη απαιτούμενη ασφάλεια και τη σαφήνεια για επενδύσεις στον τομέα των τηλεπικοινωνιών. Η Verizon χαιρέτισε αυτήν την απόφαση και ήδη εκτέλεσε δοκιμές σε πολλές πόλεις της χώρας .

- Υποδομές: Η FCC πιστεύει ότι η 5G πρέπει να υποστηρίζεται από ένα ισχυρό δίκτυο υποδομής ικανό να χειρίζεται την ήδη βαριά κυκλοφορία που θα μπορούσε ενδεχομένως να αυξηθεί εκθετικά τα επόμενα χρόνια. Θα αλληλεπιδρά με υβριδικό τρόπο μεταξύ παραδοσιακών πύργων με μακροκυψέλες και μικρές εφαρμογές κυψελών, καθώς και καταναμημένα συστήματα κεραιών [28].

Δίκτυο Backhaul: Επειδή τα συστήματα 5G θα απαιτούν δίκτυα backhaul πολύ υψηλής ισχύος, η FCC βρίσκεται στη διαδικασία αναμόρφωσης και ενημέρωσης των κανονισμών που διέπουν τις αγορές υπηρεσιών δεδομένων, συμπεριλαμβανομένων των ασύρματων λύσεων backhaul. Η FCC επιδιώκει να προστατεύσει αυτήν την αγορά ενώ παράλληλα δημιουργεί ανταγωνισμό,

έτσι ώστε να μπορούν να προκύψουν ανταγωνιστικές και υψηλής ποιότητας λύσεις δικτύου backhaul.

Ιαπωνία

Η Ιαπωνία θέλει να δείξει την ηγετική της θέση αναπτύσσοντας το πρώτο εμπορικό δίκτυο 5G που συμμορφώνεται με τις διεθνείς τεχνικές προδιαγραφές, εγκαίρως για τους Θερινούς Ολυμπιακούς Αγώνες στο Τόκιο το 2020.

Σύμφωνα με την έκθεση Radio Policies Towards 2020 [29], που δημοσιεύθηκε τον Ιούνιο του 2016 από το Υπουργείο Εσωτερικών και Επικοινωνιών της Ιαπωνίας (MIC), οι ζώνες 3600 - 4200 MHz, 4400 - 4900 MHz και 27,5 - 29,5 GHz επιλέχθηκαν ως υποψήφιες ζώνες 5G στις σε εθνική κλίμακα. Αν και ερευνούνται και άλλες ζώνες, έχουν ήδη προγραμματιστεί η διάθεση 5G στα εύρη 3600 - 4100 MHz, 4405 - 4895 MHz και 27,5 - 28,28 GHz ήδη από το 2017 στο Τόκιο και θα αναπτυχθούν το 2018 και 2019.

Κίνα

Όπως και η Ιαπωνία, η Κίνα θέλει επίσης να αποδείξει την ηγεσία της με τις πρώτες εμπορικές κυκλοφορίες το 2020. Οι πρώτες δοκιμές διεξήχθησαν στη ζώνη των 3400 - 3600 MHz. Οι ζώνες 3300 - 3400 MHz, 4400 - 4500 MHz και 4800 - 4990 MHz εξετάζονται επίσης και βρίσκονται υπό διερεύνηση. Για υψηλότερες ταχύτητες, η χώρα σχεδιάζει να χρησιμοποιεί φάσμα γύρω από τις συχνότητες των 25 GHz και 40 GHz.

Νότια Κορέα

Η Νότια Κορέα, εν τω μεταξύ, έχει θέσει τις βλέψεις της σε μια προ-εμπορική υπηρεσία 5G που θα ήταν έτοιμη εγκαίρως για τους Χειμερινούς Ολυμπιακούς Αγώνες του 2018 στο Pyeongchang.. Οι τρεις εθνικοί πάροχοι κινητής τηλεφωνίας της χώρας ελπίζουν για φάσμα στις ζώνες των 26,5 - 29,5 GHz.

Ο μεγαλύτερος πάροχος κινητής τηλεφωνίας της Νότιας Κορέας, η SK Telecom, ανακοίνωσε ένα σχέδιο διεξαγωγής δοκιμών διαλειτουργικότητας με την Qualcomm και την Ericsson, καθώς και εξωτερικές δοκιμές της νέας

διεπαφής αέρα με βάση τα πρότυπα 3GPP NR που αναπτύσσονται σήμερα. Αυτές οι δοκιμές και πειράματα πραγματοποιήθηκαν ήδη το δεύτερο εξάμηνο του 2017.

Ο στόχος αυτών των δοκιμών είναι να συμβάλουν στην επιτάχυνση των προδιαγραφών της νέας διεπαφής αέρα NR, η οποία είναι μέρος της εργασίας που πραγματοποιείται στο 3GPP Release 15.

2.2 ΜΙΑ ΣΕΙΡΑ ΑΠΟ ΙΔΙΩΤΙΚΕΣ ΠΡΩΤΟΒΟΥΛΙΕΣ - ΜΕΡΙΚΑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ 5G

Στις αρχές του 2016, οι χειριστές της Νότιας Κορέας KT και SK Telecom, ο ιαπωνικός αερομεταφορέας NTT DoCoMo και ο αμερικανικός αερομεταφορέας Verizon δημιούργησαν η 5G Open Trial Specification Alliance για να πραγματοποιήσουν συνεργατικές δοκιμές 5G.

Λόγω της διεξαγωγής μεταξύ 2016 και 2018, ο στόχος αυτών των δοκιμών ήταν να παρέχει μια κοινή πλατφόρμα για τους χειριστές, για την ανταλλαγή αποτελεσμάτων και τις κοινές αξιολογήσεις των διαφόρων στοιχείων και στοιχείων του δικτύου 5G. Ένας από τους στόχους των φορέων εκμετάλλευσης είναι να συμβάλει στην επιτάχυνση του καθορισμού προτύπων και προδιαγραφών. Τα ευρήματα αυτών των αξιολογήσεων παρέχουν στοιχεία για συζητήσεις 3GPP, προσθέτοντας προσομοιώσεις στα πειραματικά δεδομένα που παράγονται από τη συνεργασία.

Τεχνικό φόρουμ Verizon 5G

Το Verizon 5G Technology Forum (V5GTF) δημιουργήθηκε στα τέλη του 2015 από τη Verizon, σε συνεργασία με τους συνεργάτες της Cisco, Ericsson, Intel, LG, Nokia και Qualcomm. Ο στόχος της συνεργασίας είναι να παρέχει μια πλατφόρμα για τη δοκιμή προδιαγραφών ραδιοεπαφών στις ζώνες 28 και 39 GHz.

Ο πρώτος καρπός αυτής της συνεργασίας, τον Ιούλιο του 2016 η Verizon ανακοίνωσε την ολοκλήρωση των πρώτων προδιαγραφών της διεπαφής ραδιοφώνου 5G. Αυτές οι προδιαγραφές πρέπει να επιτρέπουν στα διάφορα εμπλεκόμενα μέρη να αναπτύξουν διαλειτουργικές λύσεις και έτσι να βοηθήσουν στην προώθηση του ορισμού των προδιαγραφών.

Παρόλο που διατρέχουν τον κίνδυνο να αναπτύξουν λύσεις που δεν είναι συμβατές με τα πρότυπα 3GPP ή ITU, η Verizon πιστεύει ότι έχει αρκετή εμπειρική γνώση για τις συνολικές έννοιες που συζητούνται σε αυτούς τους φορείς. Οι δοκιμές που διεξήχθησαν σε αρκετές πόλεις των ΗΠΑ κατάφεραν να επικυρώσουν σημαντικά μεγαλύτερες χωρητικότητες από το 4G.

Orange / Ericsson

Η Orange και η Ericsson συνεργάζονται από τον Οκτώβριο του 2016 για την ανάπτυξη περιπτώσεων και υπηρεσιών χρήσης 5G καθώς και επιδείξεων. Ο σκοπός είναι να αναπτυχθούν τεχνολογικά δομικά στοιχεία, να διεξαχθούν δοκιμές και πιλοτικά έργα για μια σειρά περιπτώσεων χρήσης, συμπεριλαμβανομένης της ασύρματης πρόσβασης στο Διαδίκτυο πολλαπλών gigabits σε προαστιακά και αγροτικά περιβάλλοντα, το Διαδίκτυο των πραγμάτων και τα συνδεδεμένα αυτοκίνητα.

Η συνεργασία τους κατέστησε δυνατή την επίτευξη 15 Gb / s σε εργαστηριακό περιβάλλον, κυρίως χάρη στη χρήση massive MIMO. Η συνεργασία θα επικεντρωθεί επίσης στη μετάβαση από λύσεις 4G σε 5G, ιδίως όσον αφορά τη μείωση του κόστους και τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και στη χρήση τεχνολογιών SDN και NFV.

Από τον Ιανουάριο του 2017, η συνεργασία περιλαμβάνει το PSA (Peugeot) για τη διεξαγωγή δοκιμών σε συνδεδεμένα αυτοκίνητα.

5G-ConnectedMobility

Η 5G-ConnectedMobility είναι μια κοινοπραξία που σχηματίστηκε από τους Ericsson, BMW, Deutsche Bahn, τρεις εταιρείες κινητής τηλεφωνίας της Γερμανίας, Deutsche Telekom, Telefonica Deutschland και Vodafone, το εργαστήριο 5G TU Dresden, το ερευνητικό ινστιτούτο BAST και το BnetzA, με στόχο την επιτάχυνση της έρευνας και ανάπτυξης 5G στην Γερμανία.

Η 5G-ConnectedMobility σχεδιάζει να παρέχει μια ψηφιακή υποδομή αυτοκινητόδρομου και πραγματικό περιβάλλον εφαρμογής ώστε να είναι σε θέση να δοκιμάσει τεχνολογίες V2V (οχήματος σε όχημα) καθώς και λύσεις για ψηφιοποίηση σιδηροδρομικής υποδομής.

Για το σκοπό αυτό, η 5G-ConnectedMobility λειτουργεί με τη βοήθεια ανεξάρτητης υποδομής δικτύου που δεν είναι συνδεδεμένη με κανένα εμπορικό δίκτυο. Το δίκτυο κινητής τηλεφωνίας της Ericsson που επικεντρώνεται σε αυτό το έργο, ξεκίνησε τη διεξαγωγή ζωντανών δοκιμών. Η Ericsson έλαβε άδεια από τη ρυθμιστική αρχή BNetzA να χρησιμοποιήσει φάσμα στη ζώνη των 700 MHz στην περιοχή της Νυρεμβέργης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

2. ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΠΟΥ ΠΡΟΚΥΠΤΟΥΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ 5G

Πιο κάτω επιχειρείται μία αναφορά με τις διαφορετικές προκλήσεις που αναμένονται να δημιουργηθούν από την χρήση της 5G.

3.1 ΝΕΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΕΠΙΚΕΝΤΡΩΜΕΝΑ ΣΕ ΚΑΘΕΤΕΣ ΑΓΟΡΕΣ

Οι τεχνολογίες 3G και ειδικά 4G σχεδιάστηκαν πρωτίστως για εξαιρετικά γρήγορο διαδίκτυο. Η 5G συνεχίζει προς αυτήν την κατεύθυνση, αλλά θέτει επίσης στόχο τις γνωστές ως κατακόρυφες αγορές, οι οποίες περιλαμβάνουν πολλά τμήματα, όπως:

- Συνδεδεμένα οχήματα, όχι μόνο για την παροχή ψυχαγωγίας και πληροφοριών στους επιβάτες, αλλά και για την εγγύηση της ασφάλειας μέσω επικοινωνιών μεταξύ οχημάτων και μεταξύ οχημάτων και υποδομών ·
- Εργοστάσια του μέλλοντος / Έξυπνα εργοστάσια. Η 5G θα μπορούσε να είναι χρήσιμο για τον κρίσιμο χρόνο ελέγχου της διαδικασίας, τον αυτοματισμό του εργοστασίου, το τηλεχειριστήριο, την επιχειρησιακή επικοινωνία και τα συνδεδεμένα προϊόντα. Θα ήταν ζωτικής σημασίας για τις διαδικασίες κατασκευής που βασίζονται σε ρομπότ, όπου η ανίχνευση ενός συμβάντος μπορεί να απαιτεί εξαιρετικά γρήγορη απόκριση από το δίκτυο.
- Έξυπνες πόλεις με απαιτήσεις στους τομείς των μέσων μαζικής μεταφοράς (παρόμοια με τις ανάγκες των συνδεδεμένων οχημάτων), του περιβάλλοντος, της διαχείρισης κτιρίων και της κατανάλωσης ενέργειας ·
- Ιατρική, υγειονομική περίθαλψη και τηλεχειρουργική με ρομπότ. Ο τομέας της υγείας βρίσκει 5G χρήσιμο ως επενδυτικό αγαθό για παρεμβάσεις σε νοσοκομεία, για ρομποτική για απομακρυσμένη παρακολούθηση και για έξυπνη φαρμακευτική αγωγή. Για παράδειγμα, η 5G θα μπορούσε να βελτιώσει την ποιότητα της εμπειρίας των χειρουργών χρησιμοποιώντας λειτουργικά ρομπότ. Η εξαιρετικά γρήγορη μετάδοση δεδομένων από δίκτυα 5G θα σήμαινε ότι ένας χειρουργός ρομπότ αντιδρά άμεσα στις οδηγίες ή τις κινήσεις ενός χειρουργού που εκτελεί μια εικονική λειτουργία εξ αποστάσεως
- Έξυπνη παρακολούθηση και διαχείριση ροής δικτύου (ηλεκτρική ενέργεια, αέριο, νερό κ.λπ.). Όσον αφορά την Ενέργεια, η 5G θα είναι απαραίτητο για την πρόσβαση στο δίκτυο, ως backbone δίκτυο ή backhaul δίκτυο. Θα μπορούσε να βοηθήσει τις εταιρείες ενέργειας να εξισορροπήσουν την προσφορά και τη ζήτηση στο μέλλον όταν ένα αρκετά σημαντικό ποσοστό (μερικές φορές απρόβλεπτο) ενέργειας παράγεται από ηλιακή και αιολική καθώς ο αυξανόμενος αριθμός ηλεκτρικών οχημάτων δημιουργεί απρόβλεπτη ζήτηση στο δίκτυο.

Αυτή η ενότητα θα επικεντρωθεί ιδιαίτερα στο συνδεδεμένο αυτοκίνητο και τα εργοστάσια. Λόγω του τρέχοντος και του μελλοντικού τους μακροοικονομικού πλαισίου, μαζί με την πολυφωνία και τον αναβρασμό του πρωτοποριακού έργου που πραγματοποιείται σε αυτούς τους τομείς, αυτά τα δύο τμήματα

αποτελούν τις κύριες οδούς ανάπτυξης 5G σε κάθετες αγορές. Οι έξυπνες πόλεις και τα έξυπνα δίκτυα έχουν ήδη αρχίσει να χρησιμοποιούνται μέσω των υφιστάμενων τεχνολογιών Internet of Things (IoT).

3.1.1 Ο ΤΟΜΕΑΣ ΤΗΣ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ

Το αυτοκίνητο είναι μια εξαιρετικά κοινή μορφή μεταφοράς και η ασφαλής οδήγηση αποτελεί θεμελιώδη σημασία. Το ανθρώπινο σφάλμα είναι η νούμερο ένα αιτία όλων των ατυχημάτων στις μεταφορές. Ο τομέας των μεταφορών θέλει να χρησιμοποιήσει τεχνολογικές καινοτομίες για να αντιμετωπίσει αυτό το πρόβλημα και να συνεχίσει να κάνει τις μεταφορές πιο αποτελεσματικές, πιο βιώσιμες και ασφαλέστερες.

Ο τομέας της αυτοκινητοβιομηχανίας θεωρεί ότι η 5G θα χρησιμοποιηθεί για συνεργατική αυτοματοποιημένη οδήγηση, ώστε χιλιάδες οχήματα να ανταλλάσσουν πληροφορίες μεταξύ τους σε πραγματικό χρόνο. Ο χρόνος μετάδοσης δεδομένων των δικτύων 5G θα μειωθεί σημαντικά που πρακτικά σημαίνει ότι τα μελλοντικά συνδεδεμένα αυτοκίνητα θα έχουν μια εφαρμογή ασφαλείας "see through", η οποία επιτρέπει στον χρήστη να βλέπει το δρόμο πολύ μπροστά από το όχημα μπροστά τους, να προσπερνά με ασφάλεια και αποφύγει τα ατυχήματα

Υπάρχουν τρεις τομείς στους οποίους η τεχνολογική πρόοδος θα μπορούσε να συμβάλει στη βελτίωση της κυκλοφορίας των αυτοκινήτων. Η 5G θα μπορούσε να διαδραματίσει ρόλο και στα τρία, αλλά ιδιαίτερα στα δύο πρώτα:

- Παροχή σύνδεσης στο Διαδίκτυο αυτοκινήτου, για την παροχή ψυχαγωγίας στους επιβάτες.
- Παροχή πρόσβασης στις πληροφορίες βοήθειας του οδηγού, για τη μείωση των ατυχημάτων και τη βελτίωση της κυκλοφορίας.
- Τέλος, η δυνατότητα αυτονομίας των αυτοκινήτων, χάρη στους αλγόριθμους τεχνητής νοημοσύνης.

Ο πρώτος τομέας είναι απλώς μια επέκταση των εξελίξεων που συμβαίνουν σήμερα γύρω στο 4G. Ο στόχος είναι να δοθεί στους επιβάτες πρόσβαση στις υπηρεσίες ανταλλαγής μηνυμάτων, στο Διαδίκτυο, σε περιεχόμενο

πολυμέσων, απευθείας σύνδεση σε παιχνίδια κ.λπ. Οι αυξημένες ταχύτητες σύνδεσης που υποσχέθηκαν από η 5G θα βελτιώσουν τη χρήση όλων αυτών των υπηρεσιών.

Ο δεύτερος τομέας έχει ως στόχο να κάνει τα αυτοκίνητα πιο έξυπνα χρησιμοποιώντας πληροφορίες που δεν ήταν προηγουμένως διαθέσιμες σε αυτά. Αυτό με τη σειρά του θα συμβάλει στη βελτίωση της ασφάλειας και της αποτελεσματικότητας των δικτύων, καθώς και θα βοηθήσει τους οδηγούς να λάβουν τις σωστές αποφάσεις και να προσαρμοστούν στις συνθήκες οδήγησης. Τέτοια συνδεδεμένα οχήματα θα μπορούσαν να έχουν πρόσβαση σε πληροφορίες σχετικά με τους κινδύνους στο δρόμο (αργά κινούμενα ή σταματημένα αυτοκίνητα, προειδοποιήσεις κυκλοφοριακής συμφόρησης, ενδείξεις για το πού πραγματοποιείται η κατασκευή στους δρόμους, καιρικές συνθήκες, πέδηση έκτακτης ανάγκης, πληροφορίες για προσέγγιση οχημάτων παροχής υπηρεσιών έκτακτης ανάγκης κ.λπ.) ή σχετικά με σημάνσεις (οχήματα σηματοδότησης / σήμανσης επί του οχήματος, όρια ταχύτητας στα οχήματα, μη τήρηση προειδοποιήσεων σήμανσης / ασφάλειας κατά τη διέλευση, αίτημα για δεξιά στα φανάρια για καθορισμένα οχήματα, συμβουλή βέλτιστης ταχύτητας πράσινου φωτός κ.λπ.). Άλλες υπηρεσίες, όπως πληροφορίες σχετικά με τον ανεφοδιασμό ή την επαναφόρτιση σταθμών, την ευάλωτη προστασία των χρηστών του δρόμου, τη διαχείριση του χώρου στάθμευσης και τις πληροφορίες κυκλοφορίας και την έξυπνη καθοδήγηση, θα μπορούσαν επίσης να αποδειχθούν χρήσιμες. Για να επιτευχθεί αυτό δεν είναι ακόμη σαφές αν τα οχήματα θα ανταλλάσσουν απλώς πληροφορίες μεταξύ τους ή εάν απαιτείται σύνδεση με υποδομή κατά μήκος των δρόμων για τη βελτιστοποίηση της συμπεριφοράς των οχημάτων. Και στις δύο περιπτώσεις, η 5G θα μπορούσε να παίξει σημαντικό ρόλο.

Από τις πολλές πρωτοβουλίες που βρίσκονται ήδη σε εξέλιξη μπορούμε να ξεκινήσουμε με ένα παράδειγμα από τη Γαλλία: το έργο SCOP @ F [30] (συνεταιριστικά ευφυή συστήματα μεταφορών) που συντονίζεται από το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Θάλασσας και το οποίο ενώνει τις τοπικές αρχές και τα κέντρα E & A. Ξεκίνησε τον Φεβρουάριο του 2014, στην πρωτοβουλία νέοι εταίροι `εντάχθηκαν στη συνέχεια, συμπεριλαμβανομένων της Orange και των αυστριακών, ισπανικών και πορτογαλικών εταιριών.

Καθώς πρόκειται για ευρωπαϊκό έργο, λαμβάνει το 50% της χρηματοδότησής του από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή και διεξάγονται διασταυρούμενες δοκιμές με την Αυστρία, την Ισπανία και την Πορτογαλία. Το SCOOP @ F είναι ένα πιλοτικό πρόγραμμα διάθεσης συνεργατικών έξυπνων συστημάτων μεταφοράς. Στοιχείει στην ανάπτυξη 3.000 οχημάτων σε 2.000 χιλιόμετρα οδοστρώματος σε πέντε τοποθεσίες: Ile-de-France, τον αυτοκινητόδρομο A4, το Isère και περιφερειακούς δρόμους στο Μπορντό και τη Βρετάνη. Οι κύριοι στόχοι της είναι η βελτίωση της οδικής ασφάλειας και της ασφάλειας των εργαζομένων στις οδικές μεταφορές, η αποτελεσματικότερη διαχείριση της κυκλοφορίας, η μείωση της ρύπανσης, ο εξορθολογισμός του κόστους διαχείρισης των υποδομών και η συμμετοχή στον καθορισμό του αυτοκινήτου του μέλλοντος.

Επιπλέον, στις αρχές του 2017, η εταιρεία κινητής τηλεφωνίας Orange, ο προμηθευτής εξοπλισμού Ericsson και ο κατασκευαστής αυτοκινήτων PSA Group υπέγραψαν συμφωνία συνεργασίας [31], στο πλαίσιο της πρωτοβουλίας «Towards 5G», για τη διεξαγωγή τεχνικών δοκιμών σχετικά με την 5G. Ο στόχος αυτής της συμμαχίας είναι να δοκιμάσει τους διαφορετικούς δρόμους της τεχνολογικής εξέλιξης από 4G έως η 5G για να καλύψει τις ανάγκες των συνδεδεμένων αυτοκινήτων, ιδίως όσον αφορά τα ευφυή συστήματα μεταφοράς (ITS), για ασφαλέστερη οδήγηση και νέες υπηρεσίες επί του οχήματος.

Ο τρίτος τομέας αφορά την εμφάνιση αυτόνομων οχημάτων. Ορισμένα έργα βρίσκονται σε εξέλιξη σε αυτόν τον τομέα. Το πρώτο βήμα είναι ο εξοπλισμός των οχημάτων με αλγόριθμους που του επιτρέπουν να λαμβάνει γρήγορα αποφάσεις με βάση το περιβάλλον τους. Αυτό απαιτεί μεγάλο αριθμό αισθητήρων για την πλήρη κατανόηση του τι συμβαίνει γύρω από το όχημα. Χωρίς προκαταρκτική αξιολόγηση των τεχνολογιών που τελικά θα χρησιμοποιηθούν για την επίτευξη αυτού, όπως με έναν ανθρώπινο οδηγό, το αυτοκίνητο θα μπορούσε να εκμεταλλευτεί τις συνδέσεις με άλλα οχήματα στο δρόμο και με μια υποδομή, για να έχει πρόσβαση σε όλες τα προαναφερθείσες πληροφορίες.

3.1.2 ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ 4.0

Η ανταγωνιστικότητα δεν εξαρτάται αποκλειστικά από την καινοτομία και την εξέλιξη των προϊόντων, αλλά και από τον εκσυγχρονισμό των επιχειρήσεων και των μέσων παραγωγής τους. Σύμφωνα με ορισμένες μελέτες που πραγματοποιήθηκαν [32], η ψηφιακή μετάβαση στην Ευρώπη θα επιτρέψει στις επιχειρήσεις να αυξήσουν τα έσοδά τους κατά περισσότερο από 110 δισεκατομμύρια ευρώ ετησίως για μια πενταετή περίοδο.

Πολλές χώρες έχουν εκπονήσει μια στρατηγική για τον εκσυγχρονισμό της κατασκευαστικής τους υποδομής (l'industrie du futur στη Γαλλία [33], Βιομηχανία 4.0 στη Γερμανία ...) εκ των οποίων μία πτυχή θα περιλαμβάνει διαδικασίες ψηφιοποίησης και εμπόριο. Η ίδια η Ευρωπαϊκή Επιτροπή το 2016 θέσπισε μέτρα ενίσχυσης ανταγωνιστικότητας στην Ευρώπη στα οποία η 5G θα μπορούσε να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο. Αυτό περιλαμβάνει 500 εκατομμύρια ευρώ για το ερευνητικό πρόγραμμα Horizon [34].

Η έλευση νέων τεχνολογιών (4G, η χρήση οπτικών και σύντομα 5G) και νέων υπηρεσιών (το Διαδίκτυο των πραγμάτων, το cloud, τα μεγάλα δεδομένα) θα διευκολύνουν την ψηφιακή μετάβαση των επιχειρήσεων. Η 5G ειδικότερα είναι μια πολύ ευέλικτη τεχνολογία, ικανή να καλύψει ένα πολύ ευρύ φάσμα χρήσεων και θα μπορούσε να συμβάλει σημαντικά στην προώθηση της μετάβασης των εταιρειών σε ψηφιακές τεχνολογίες και λύσεις.

3.1.3 . Ο ΤΟΜΕΑΣ ΤΩΝ ΜΜΕ ΚΑΙ ΤΗΣ ΨΥΧΑΓΩΓΙΑΣ θα χρησιμοποιεί 5G για πολυμέσα πολύ υψηλής πιστότητας, επί τόπου εμπειρία ζωντανής εκδήλωσης, συναρπαστικά και ενσωματωμένα μέσα, συνεργατική παραγωγή μέσων και συνεργατικό παιχνίδι. Για παράδειγμα, παιχνίδια που βασίζονται στην εικονική πραγματικότητα θα μπορούσαν να παιχτούν σε όλες τις ηπείρους ή ποδοσφαιρικά παιχνίδια που θα παρακολουθούνταν σε 3D και με συναρπαστικούς φακούς από ένα σαλόνι, αλλά σαν να ήσασταν στο γήπεδο.

3.2 ΕΝΑΡΜΟΝΙΣΗ ΦΑΣΜΑΤΟΣ

Η 5G αναδύεται ως μια τεχνολογία που θα χρησιμοποιεί τόσο χαμηλές συχνότητες ($f < 1$ GHz), υψηλές συχνότητες ($1 \text{ GHz} < f < 6$ GHz) και, για πρώτη φορά σε δίκτυα καταναλωτών, πολύ υψηλές συχνότητες που αναφέρονται ως συχνότητες "χιλιοστομετρού κύματος ($f > 6$ GHz).

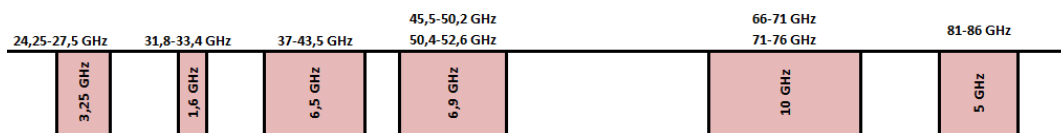
Αυτή η ποικιλία φάσματος συνδέεται πλήρως με τις υποσχέσεις του 5G που είναι η εκτεταμένη κάλυψη (χαμηλές συχνότητες), εξαιρετικά υψηλές ταχύτητες (πολύ μεγάλα κανάλια σε ζώνες πολύ υψηλής συχνότητας), χαμηλή κατανάλωση ενέργειας. Επιπλέον, οι δορυφορικές υπηρεσίες θα συμβάλουν επίσης στην ανάπτυξη αυτής της νέας τεχνολογίας, ειδικά σε περιοχές που είναι δύσκολο να καλυφθούν και να παρέχουν λύσεις backhaul. Έτσι, η βιομηχανία δορυφόρων ενδιαφέρεται για η 5G και θέλει να συμμετάσχει στον καθορισμό αυτών των δικτύων νέας γενιάς.

3.2.1 ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ ΜΗΚΟΥΣ ΚΥΜΑΤΟΣ ΧΙΛΙΟΣΤΩΝ

Η ζώνη «χιλιοστόμετρου», που αναφέρεται επίσης ως φάσμα κύματος χιλιοστομέτρου, γνωστές και ως συχνότητες άνω των 6 GHz, είναι απαραίτητη για να επιτρέψει στη 5G να σηματοδοτήσει απόκλιση από το 4G, για τους λόγους που αναφέρονται στην Ενότητα 1.5.1.

Στο τελευταίο Παγκόσμιο Συνέδριο Ραδιοεπικοινωνιών (WRC-15 στη Γενεύη), ένα συνέδριο υπό την αιγίδα της ITU, στόχος του οποίου είναι να αλλάξει τον τρόπο κατανομής των συχνοτήτων μεταξύ χρηστών, συζητήσεις σχετικά με τον ορισμό των μελλοντικών κινητών ζωνών κατέστησαν δυνατή την εστίαση μελλοντικών μελετών 5G, για συχνότητες κύματος χιλιοστομέτρου, σε ορισμένο αριθμό ζωνών που βρίσκονται μεταξύ 24 GHz και 86 GHz (33,25 GHz συνολικά αναγνωρίζονται συνολικά): 24,25 - 27,5 GHz, 31,8 - 33,4 GHz, 37 - 43,5 GHz, 45,5 - 50,2 GHz, 50,4 - 52,6 GHz, 66 - 76 GHz, 81 - 86 GHz.

Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι ακόμη και αν οι παραπάνω μπάντες έχουν αναγνωρισθεί ως "μπάντες 5G", σε αυτό το στάδιο δεν υπάρχει τρόπος να γνωρίζουμε αν μπορούν πραγματικά να χρησιμοποιηθούν για την ανάπτυξη αυτού του συστήματος νέας γενιάς. Μόνο τα αποτελέσματα τεχνικών μελετών θα επιτρέψουν τον καθορισμό των περιορισμών και των κανόνων συμμόρφωσης και την επικύρωση της σκοπιμότητας αυτών των υποθέσεων.



Σχήμα 15. Συχνότητες κύματος χιλιοστών που προσδιορίζονται στο WRC-15

Σε αντίθεση με τα συμπεράσματα του Συνεδρίου, τα οποία αντικατοπτρίζουν τις ευρωπαϊκές συστάσεις, οι Ηνωμένες Πολιτείες και ορισμένες ασιατικές χώρες (Νότια Κορέα, Ιαπωνία) αποφάσισαν να πραγματοποιήσουν δοκιμές 5G στη ζώνη των 28 GHz και προμηθευτές εξοπλισμού όπως η Qualcomm και η Samsung, έχουν αρχίσει να κατασκευάζουν Προϊόντα ζώνης 28 GHz.

Εν τω μεταξύ, η Ευρώπη, μετά τη δημοσίευση μιας γνωμοδότησης RSPG (Radio Spectrum Policy Group εντός της οποίας η Γαλλία εκπροσωπείται από την ANFR) [35] , αποφάσισε να επικεντρώσει τις πρώτες της μελέτες στη ζώνη 26 GHz (πρωτοποριακή ζώνη), στη συνέχεια στις ζώνες 32 GHz και 42 GHz. Αργότερα, θα διεξαχθούν μελέτες για την εισαγωγή 5G σε όλες τις άλλες ζώνες που προσδιορίζονται από το WRC-15.

Η ταχεία επιλογή της ζώνης 26 GHz ως πρωτοποριακή ζώνη έγινε για να επιτρέψει την παραγωγή εξοπλισμού, καθώς είναι πολύ πιθανό ότι εξοπλισμός διπλής λειτουργίας, δηλαδή συμβατός και με τη ζώνη 26 GHz και 28 GHz, θα είναι διαθέσιμος για πρωτοποριακές κυκλοφορίες [36].

Στη Γαλλία, η ζώνη των 26 GHz χρησιμοποιείται ήδη για διάφορες χρήσεις: ασύρματες σταθερές συνδέσεις παρόχων κινητής τηλεφωνίας (συνδέσεις υποδομής 4G), σταθερά συστήματα δορυφορικών υπηρεσιών και επίγειοι σταθμοί για διαστημικές υπηρεσίες. Επομένως, θα πρέπει να διεξαχθούν μελέτες για να ληφθούν υπόψη αυτές οι υπηρεσίες και να καθοριστεί είτε η συνύπαρξη είτε η μετεγκατάσταση εφαρμογών σε άλλες συχνότητες κυμάτων χιλιοστών.

3.2.2 ΖΩΝΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ ΚΑΤΩ ΤΩΝ 6 GHz

α) Η ζώνη 3,4-3,8 GHz

Δεν θα είναι δυνατό για 5G να τρέχει εξ ολοκλήρου σε συχνότητες κύματος χιλιοστών: οι ιδιότητες διάδοσης αυτών των ζωνών καθιστούν δύσκολη την επίτευξη ευρείας κάλυψης, ιδιαίτερα σε πιο αραιοκατοικημένες περιοχές. Επιπλέον, αυτές οι ζώνες συχνοτήτων εξακολουθούν να στερούνται τεχνολογικής ωριμότητας όσον αφορά την παροχή υπηρεσιών επικοινωνίας για την καταναλωτική αγορά. Ως αποτέλεσμα, πρέπει να προσδιοριστεί μια ζώνη «πυρήνα» κάτω των 6 GHz που να παρέχει αρκετά μεγάλα κανάλια

ώστε οι μελλοντικοί χειριστές 5G να παρέχουν καινοτόμες υπηρεσίες και υψηλότερη ποιότητα υπηρεσιών από ό, τι με το 4G.

Η ζώνη 3400 - 3800 MHz φαίνεται να είναι καλή υποψήφια. Πρώτον, έχει ήδη εναρμονιστεί για εξαιρετικά γρήγορες υπηρεσίες κινητής τηλεφωνίας εντός της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Αρχικά η ζώνη 3400 - 3600 MHz και αργότερα η ζώνη 3600 - 3800 MHz αναγνωρίστηκαν ως ζώνες "IMT" (για κινητά υψηλής ταχύτητας). Δεύτερον, έχουν μεγάλο διαθέσιμο φάσμα (έως 400 MHz). Τέλος, οι τεχνολογικές εξελίξεις (κεραία και επεξεργασία σήματος) καθιστούν αυτές τις συχνότητες συμβατές με τη χρήση τους για τη δημιουργία μακροκυττάρων και όχι μόνο μικροκυττάρων. Για παράδειγμα, προέκυψε από τις συνεντεύξεις που διεξήγαγε ο Arcep (Autorité de régulation des communications électroniques) ότι η κάλυψη με αυτή τη ζώνη θα μπορούσε να είναι παρόμοια με την κάλυψη με τη ζώνη 2,6 GHz, τη βασική ζώνη συχνοτήτων 4G.

Αυτή η ανάλυση επιβεβαιώθηκε από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή και από το RSPG [38] που θεωρούν τη ζώνη 3,4 - 3,8 GHz ως τη μόνη αξιόπιστη ζώνη 5G για αναπτύξεις που πραγματοποιούνται πριν από το τέλος του 2020.

Στη Γαλλία, η ζώνη έχει ανατεθεί στο Arcep, κατά προτεραιότητα, για τις συχνότητες 3400 - 3600 MHz (και κατά τρόπο μη προτεραιότητας στο Υπουργείο Εσωτερικών και στο Υπουργείο Άμυνας), και αποκλειστικά για το 3600 - 3800 Ζώνες συχνοτήτων MHz. Χρησιμοποιείται για εφαρμογές ασύρματου τοπικού βρόχου και δορυφόρου.

Η συμβατότητα των μελλοντικών χρήσεων με τις τρέχουσες εφαρμογές εξετάζεται από τη Συμβουλευτική Επιτροπή Ηλεκτρομαγνητικής Συμβατότητας, η οποία προεδρεύεται από την Εθνική Υπηρεσία Συχνότητας και της οποίας είναι μέλος η Arcep. Απομένει να ρυθμιστούν ζώνες αποκλεισμού, προστασία ορισμένων τοποθεσιών που συνδέονται με τη μακροπρόθεσμη χρήση δορυφορικών λύσεων, τα στρατιωτικά συστήματα ραδιοεντοπισμού που λειτουργούν κάτω από 3,4 GHz πρέπει επίσης να προστατευτούν.

β) Άλλες ζώνες κάτω των 6 GHz

Οι ζώνες που χρησιμοποιούνται σήμερα για 2G, 3G και 4G θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για μελλοντικές υλοποιήσεις 5G.

Οι περισσότερες κινητές επικοινωνίες στην Ευρώπη χρησιμοποιούν το FDD (Frequency Division Duplexing) [39] για την ανταλλαγή πληροφοριών. Ωστόσο, οι τεχνικές συζητήσεις για η 5G προβλέπουν ότι το TDD (Time Division Duplexing) [40] θα είναι ο κύριος, αν όχι μοναδικός, τρόπος που θα χρησιμοποιείται για αυτήν τη νέα γενιά, κυρίως επειδή καθιστά δυνατή την προσαρμογή του εύρους ζώνης σε ρυθμούς δεδομένων και επειδή είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικός όταν χρησιμοποιείται διαμόρφωση δέσμης (beamforming).

Για δίκτυα 5G, η χρήση ήδη εναρμονισμένων ζωνών κινητής τηλεφωνίας συνεπώς θα απαιτήσει σε βάθος τεχνικές μελέτες για τον καθορισμό των όρων και προϋποθέσεων χρήσης και κοινής χρήσης με υπάρχουσες υπηρεσίες. Σε αυτό το σημείο, το ECC (Επιτροπή Ηλεκτρονικών Επικοινωνιών [41]) αποφάσισε να αξιολογήσει το δυναμικό ορισμένων ήδη εναρμονισμένων ζωνών, ιδίως των 700 MHz και της ζώνης L (1427-1492 MHz).

Στη Γαλλία, η Arcep διέθεσε τη ζώνη των 700 MHz σε παρόχους κινητής τηλεφωνίας στα τέλη του 2015. Ακόμα κι αν οι τέσσερις φορείς της χώρας είχαν όλες τις συχνότητες σε αυτήν τη ζώνη, μόνο το Free Mobile, το οποίο δεν έχει μπλοκ φάσματος 800 MHz, αποφάσισε να ξεκινήσει δοκιμές στη ζώνη χρησιμοποιώντας τεχνολογία LTE (4G).

Η Arcep αναλύει επί του παρόντος τις συνεισφορές στη δημόσια διαβούλευση, απευθύνοντας, μεταξύ άλλων, τη ζώνη 3,5 GHz, που έληξε πρόσφατα.

Η ζώνη L (1427 - 1518 MHz), η οποία ορίστηκε να χρησιμοποιείται αποκλειστικά σε λειτουργία SDL (Supplemental DownLink), θα μπορούσε να θεωρηθεί ότι ικανοποιεί τη συνεχή ζήτηση για ολοένα και υψηλότερους ρυθμούς δεδομένων και τη μεγαλύτερη αύξηση της κίνησης κατερχόμενης ζεύξης, σε σύγκριση με την κυκλοφορία ανερχόμενης ζεύξης. Στη Γαλλία, η ζώνη χρησιμοποιείται από ασύρματες σταθερές συνδέσεις εγκεκριμένες από την Arcep, από το Υπουργείο Άμυνας για κινητές υπηρεσίες (εξαιρουμένης

της αεροναυτικής) και από το Υπουργείο Εσωτερικών. Η χρήση τους για 4G ή 5G συνεπώς υποτίθεται ότι μεταφέρει τις προαναφερθείσες χρήσεις σε άλλες ζώνες.

3.3 ΜΕΙΟΥΜΕΝΟ ΜΕΓΕΘΟΣ ΚΥΨΕΛΩΝ.

Σήμερα η διάθεση δικτύου κινητής τηλεφωνίας βασίζεται ουσιαστικά στη χρήση μακροσταθμών βάσης εγκαταστάσεις που είναι εξοπλισμένες με κεραιές υψηλής ισχύος που αναπτύσσονται για να εγγυηθούν κάλυψη για μια σχετικά ευρεία περιοχή, παρέχοντας καλή ποιότητα υπηρεσιών. Οι διαμορφώσεις δικτύου εξελίσσονται συνεχώς, νέοι ραδιοφωνικοί σταθμοί βάσης εγκαθίστανται σε τακτική βάση για την αύξηση της χωρητικότητας των δικτύων, την καλύτερη κάλυψη των αναγκών των χρηστών όσον αφορά την εσωτερική και εξωτερική κάλυψη και τη βελτίωση της ποιότητας των υπηρεσιών.

Αυτή η συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση χωρητικότητας απαιτεί ήδη από τους φορείς εκμετάλλευσης να αυξήσουν την πυκνότητα των δικτύων τους με την χρήση όλων και μικρότερων κελιών.

Η 5G - το οποίο πιθανότατα θα επιφέρει σημαντική αύξηση της κυκλοφορίας δεδομένων και θα χρησιμοποιεί συχνότητες κύματος χιλιοστών των οποίων οι δυνατότητες διάδοσης είναι αδύναμες - χωρίς αμφιβολία θα απαιτήσει την ευρεία ανάπτυξη σταθμών βάσης χαμηλής ισχύος (μικρά κελιά).

Για να ικανοποιηθεί η ζήτηση και να καταστεί δυνατή η εισαγωγή του 5G, οι εκτιμήσεις δείχνουν ότι χρειάζονται τουλάχιστον 10 μικρά κελιά ανά σταθμό μακρο βάσης σε αστικές περιοχές [42].

3.3.1 ΦΟΡΟΛΟΓΙΑ

Το ισχύον κανονιστικό πλαίσιο ορίζει ότι οι σταθμοί βάσης απαιτούν συμφωνία ή δήλωση από τον Εθνικό Οργανισμό Συχνότητας (ANFR) υπόκεινται σε κατ'αποκοπή φόρο επί των εταιρειών δικτύου (IFER [43]). Το ποσό του φόρου ποικίλλει ανάλογα με την ισχύ μετάδοσης, τον τύπο

εγκατάστασης και τον τόπο εγκατάστασης. Για ανάπτυξη σε αστική περιοχή, ο φόρος ανέρχεται σε 1.607 € / έτος / εγκατάσταση για σταθμό βάσης με πραγματική ιστροπική ακτινοβολημένη ισχύ (EIRP) άνω των 5W (απαιτείται συμφωνία COMSIS από την ANFR για μετάδοση) και 160,70 € / έτος / εγκατάσταση για EIRP μεταξύ 1W και 5W (απαιτείται δήλωση προς ANFR για τη μετάδοση).

Μικρά κελιά 5G πιθανότατα θα χρησιμοποιούν μεταβλητές ισχείς μετάδοσης του σήματος μεταξύ 1W και 25W. Υπό το πρίσμα των προβλέψεων πυκνότητας διάθεσης, εξ ου και ο αριθμός των μικρών κυψελών που θα εγκατασταθούν, ορισμένοι από τους ενδιαφερόμενους έθεσαν το ζήτημα πιθανής προσαρμογής αυτού του φόρου με τέτοιο τρόπο ώστε να καταστεί δυνατή η μαζική ανάπτυξη μικρών κυψελών χωρίς να δημιουργηθεί εξίσου τεράστια αύξηση στο συνολικό ποσό φόρου.

Αυτή η διαδικασία είναι ήδη σε εξέλιξη, ιδίως με σκοπό τη μείωση των φόρων επί των σταθμών βάσης σε περιοχές που είναι δύσκολο να καλυφθούν: Νόμος αριθ. 2016-1888 της 28ης Δεκεμβρίου 2016 σχετικά με τον εκσυγχρονισμό, την ανάπτυξη και την προστασία των ορεινών περιοχών, επομένως απαλλάσσει τους κινητούς σταθμούς βάσης που έχουν κατασκευαστεί σε ορεινές περιοχές μεταξύ 1ης Ιανουαρίου 2017 και 31 Δεκεμβρίου 2020 από την καταβολή του φόρου IFER.

3.3.2 ΠΡΟΣΒΑΣΗ ΣΕ ΥΠΕΡΥΨΩΜΕΝΑ ΚΑΙ «ΗΜΙΥΨΩΜΕΝΑ» ΣΗΜΕΙΑ

Για να εκτελέσουν επιτυχώς τις αναπτύξεις τους, οι πάροχοι κινητής τηλεφωνίας χρειάζονται παραδοσιακά να εγκαταστήσουν τους σταθμούς βάσης τους σε υπερυψωμένα σημεία (πύργους, στέγες κ.λπ.). Αυτό θα συνεχίσει να ισχύει με δίκτυα 5G, αλλά θα είναι ακόμη πιο δύσκολο για δύο βασικούς λόγους:

1. Οι κεραιές 5G πιθανότατα θα είναι μεγαλύτερες (στην περιοχή m^2 για ορισμένες) από τις τρέχουσες κεραιές 2G, 3G ή 4G, λόγω της προαναφερθείσας τεχνολογίας massive MIMO που θα απαιτήσουν τη χρήση ενός πολύ μεγάλου αριθμού ακτινοβολούμενων στοιχείων. Επιπλέον, αναμφίβολα θα πρέπει να αναπτυχθούν επιπλέον κεραιές συμβατές με νέες ζώνες 5G. Επομένως, η επαναχρησιμοποίηση των υπαρχόντων ιστών θα

μπορούσε να είναι προβληματική και θα πρέπει να βρεθούν νέοι (πιθανώς συνεγκατεστημένοι) ισότοποι μετάδοσης.

2. Αυτή η αναζήτηση για νέους ισότοπους θα πρέπει επίσης να πραγματοποιηθεί για την εγκατάσταση μικρών κυψελών σε ημιυψωμένες τοποθεσίες, αλλά με επιπλέον προσοχή καθώς η πυκνότητα αυτών των εγκαταστάσεων θα είναι αναμφίβολα υψηλή. Οι χειριστές θα πρέπει επομένως να αναπτύξουν τον εξοπλισμό τους και τις υποδομές τους, όπως καταφύγια λεωφορείων, λαμπτήρες, δημόσια κτίρια, πινακίδες κ.λπ.

Ως αποτέλεσμα, οι δημόσιες αρχές θα πρέπει να παρακολουθούν στενά το θέμα και εάν είναι απαραίτητο να θεσπίσουν μέτρα που θα διευκολύνουν την ανάπτυξη 5G.

3.3.3 ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗ ΚΑΛΥΨΗ ΚΑΙ ΑΝΑΣΥΓΚΡΟΤΗΣΗ ΔΙΚΤΥΩΝ 5G

Η διασφάλιση της περιφερειακής συνδεσιμότητας θα είναι μια από τις προκλήσεις για αυτήν τη νέα γενιά δικτύων κινητής τηλεφωνίας.

Η ποικιλία των περιπτώσεων χρήσης που προβλέπονται για μελλοντικά δίκτυα 5G, η γεωγραφική κατανομή των οποίων δεν είναι ακόμη γνωστή, πρέπει να ληφθεί υπόψη κατά την αντιμετώπιση ζητημάτων κάλυψης.

Οι ζώνες υψηλότερης συχνότητας που παρουσιάζονται για μελλοντικά δίκτυα 5G, μαζί με το δυνητικά πολύ σημαντικό εύρος ζώνης που καταναλώνεται από αυτές τις νέες χρήσεις, θέτουν το ερώτημα της περιφερειακής βάσης αυτών των δικτύων. Στην πραγματικότητα, τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας δεν χρησιμοποίησαν ποτέ τόσο υψηλές συχνότητες των οποίων η χρήση θα απαιτούσε την εγκατάσταση μεγάλου αριθμού κεραιών αναμετάδοσης.

Επιπλέον, η σύνδεση των εγκαταστάσεων 5G στο δίκτυο θα θέσει στο προσκήνιο το ζήτημα του κόστους της σύνδεσης μέσω οπτικών ινών, το οποίο αναμφίβολα θα είναι απαραίτητο στις περισσότερες περιπτώσεις για να διασφαλιστεί η αναμενόμενη ποιότητα υπηρεσίας. Η βιομηχανία πρέπει να σχεδιάσει τις τεχνολογίες που θα επιτρέψουν την ελαχιστοποίηση του κόστους της διάθεσης 5G σε αγροτικές περιοχές.

3.4 ΘΕΜΑΤΑ ΟΥΔΕΤΕΡΟΤΗΤΑΣ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ

Ο ευρωπαϊκός κανονισμός για τη διαφύλαξη ενός Ανοικτού Διαδικτύου [44], που εκδόθηκε από το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και το Συμβούλιο στις 25 Νοεμβρίου 2015, για τον οποίο οι ευρωπαίοι ρυθμιστικοί φορείς απαιτούσαν επιπλέον εννέα μήνες για να καθορίσουν τους κανόνες που διέπουν την εφαρμογή του, εισάγει την αρχή της ουδετερότητας του δικτύου ως μία από τις κορυφαίες προτεραιότητες στην ιεραρχία τυποποίησης.

Η καθαρή ουδετερότητα είναι μια πρωταρχική αρχή που εγγυάται ίση μεταχείριση για όλη την κυκλοφορία δεδομένων στο Διαδίκτυο. Συγκεκριμένα, αποκλείει οποιαδήποτε μορφή διάκρισης ως προς την πηγή, τον προορισμό ή το περιεχόμενο των ροών δεδομένων.

Στις 30 Αυγούστου 2016, ο BEREC (το Σώμα των Ευρωπαϊκών Ρυθμιστικών Αρχών για τις Ηλεκτρονικές Επικοινωνίες) δημοσίευσε κατευθυντήριες γραμμές για τις εθνικές ρυθμιστικές αρχές σχετικά με την επιβολή του ευρωπαϊκού κανονισμού για το Ανοικτό Διαδίκτυο [45].

Κατά τη δημόσια διαβούλευση του BEREC [46] σχετικά με τα σχέδια κατευθυντήριων γραμμών για την ουδετερότητα του δικτύου, αρκετές επιχειρήσεις και ενδιαφερόμενα μέρη του τομέα των ηλεκτρονικών επικοινωνιών εκμεταλλεύτηκαν την ευκαιρία να παρουσιάσουν μια σαφή άποψη στο «μανιφέστο 5G για την έγκαιρη ανάπτυξη του 5G στην Ευρώπη» [47]. Αυτό το μανιφέστο στοχεύει στην προειδοποίηση των δημόσιων αρχών κατά μιας υπερβολικά περιοριστικής προσέγγισης στη διαχείριση της κυκλοφορίας, και ιδίως των υποτιθέμενων αρνητικών επιπτώσεων που κατά τη γνώμη τους θα μπορούσε να έχει μια υπερβολικά ισχυρή επιβολή της ουδετερότητας του δικτύου στον χάρτη πορείας 5G.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4. INTERNET OF THINGS (IoT)

Όπως είναι φυσικό η ύπαρξη της 5G να επηρεάσει σε μεγάλο βαθμό το **Διαδίκτυο των Αντικειμένων (Internet Of Things)**. Η διασύνδεση των αντικειμένων αποκτά πλέον άλλη φιλοσοφία. Για τον λόγο αυτό θα αναφερθούμε σε αυτό το κεφάλαιο εν τάχει για το **Διαδίκτυο των Αντικειμένων**.

Ο ορισμός του IoT προτάθηκε αρχικά το 1999 από τον Kevin Ashton και είναι:

«Το Διαδίκτυο των αντικειμένων (Internet Of Things) ορίζεται ως ένα δίκτυο από φυσικά αντικείμενα που μπορούν να επικοινωνούν και αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους ανταλλάσσοντας πληροφορίες και πραγματοποιώντας διάφορες ενέργειες»

Η ιδέα της διασύνδεσης όλο και περισσότερων συσκευών καθημερινής χρήσης αποκτά ολοένα και περισσότερους οπαδούς και τείνει χρησιμοποιείται πλέον σε καθημερινή βάση. Έχουμε πλέον περάσει από την εποχή της απλής διασύνδεσης των δικτύων των υπολογιστών στην εποχή της διασύνδεσης αντικειμένων.

Το Internet of Things (IoT) συγχωνεύει φυσικούς και εικονικούς κόσμους, δημιουργώντας έξυπνα περιβάλλοντα. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή συνεργάζεται ενεργά με τη βιομηχανία, τους οργανισμούς και τα ακαδημαϊκά ιδρύματα προκειμένου να αξιοποιήσει τις δυνατότητες της τεχνολογίας IoT σε όλα τα κράτη μέλη της ΕΕ και πέραν αυτής. Το Internet of Things (IoT) αντιπροσωπεύει το επόμενο βήμα προς την ψηφιοποίηση της κοινωνίας και της οικονομίας μας, όπου αντικείμενα και άνθρωποι διασυνδέονται μέσω δικτύων επικοινωνίας και αναφέρουν για την κατάστασή τους και / ή το περιβάλλον.

4.1 Η ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΙΟΤ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΗΣ

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έχει υιοθετήσει μια σειρά από δράσεις για την επιτάχυνση της υιοθέτησης του IoT και την απελευθέρωση του δυναμικού της στην Ευρώπη προς όφελος των ευρωπαϊών πολιτών και επιχειρήσεων. Τον Μάρτιο του 2015, η Ευρωπαϊκή Συμμαχία για την καινοτομία του Διαδικτύου των πραγμάτων ξεκίνησε για να υποστηρίξει τη δημιουργία ενός καινοτόμου και βιομηχανικού οικοσυστήματος ευρωπαϊκού Διαδικτύου των πραγμάτων. Η

Ευρωπαϊκή Επιτροπή συνεργάζεται στενά με την ΑΙΟΤΙ και όλους τους ενδιαφερόμενους και παράγοντες της ΙοΤ για τη δημιουργία μιας ανταγωνιστικής ευρωπαϊκής αγοράς ΙοΤ και τη δημιουργία νέων επιχειρηματικών μοντέλων. Τον Μάιο του 2015 εγκρίθηκε η στρατηγική για την ψηφιακή ενιαία αγορά. Η στρατηγική για την ψηφιακή ενιαία αγορά περιλαμβάνει στοιχεία που οδηγούν την Ευρώπη ένα βήμα περαιτέρω στην επιτάχυνση των εξελίξεων στο Διαδίκτυο των πραγμάτων. Ειδικότερα, η στρατηγική υπογραμμίζει την ανάγκη να αποφευχθεί ο κατακερματισμός και να προωθηθεί η διαλειτουργικότητα ώστε το ΙοΤ να αξιοποιήσει το δυναμικό του. Για την κάλυψη των αναγκών της στρατηγικής για την ψηφιακή ενιαία αγορά και την ενημέρωση σχετικά με την επικείμενη πολιτική της, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή δημοσίευσε τον Απρίλιο του 2016 το έγγραφο εργασίας του προσωπικού της Ευρωπαϊκής Επιτροπής «Πρώθηση του Διαδικτύου των πραγμάτων στην Ευρώπη». Αυτό το έγγραφο αποτελεί μέρος της πρωτοβουλίας «Ψηφιοποίηση της ευρωπαϊκής βιομηχανίας» και προσδιορίζει το όραμα της ΕΕ για το ΙοΤ που βασίζεται σε τρεις πυλώνες:

- ένα ακμάζον οικοσύστημα ΙοΤ ·
- μια ανθρωποκεντρική προσέγγιση ΙοΤ ·
- μια ενιαία αγορά για το ΙοΤ.

Για καλύτερη κατανόηση του οικοσυστήματος, η Cluster Study (2019) διερεύνησε το τοπίο των φυσικών και εικονικών ομάδων επιχειρήσεων, ερευνητικών οργανισμών και πανεπιστημίων που εργάζονται για την καινοτομία, την ανάπτυξη και την ανάπτυξη της αγοράς τεχνολογιών και εφαρμογών ΙοΤ.

Ένα πιθανό εμπόδιο για την επίτευξη μιας ενιαίας αγοράς για το ΙοΤ έχει να κάνει με ζητήματα που συνδέονται με την ικανότητα χειρισμού μιας μεγάλης ποικιλομορφίας και πολύ μεγάλων όγκων συνδεδεμένων συσκευών και την ανάγκη να τις αναγνωρίσετε με ασφάλεια και να μπορέσετε να τις ανακαλύψετε έτσι ώστε μπορούν να συνδεθούν σε συστήματα ΙοΤ. Σε αυτό το πλαίσιο, είναι σημαντικό να προωθηθεί ένας διαλειτουργικός χώρος αρίθμησης ΙοΤ για μια καθολική αναγνώριση αντικειμένων που υπερβαίνει τα γεωγραφικά όρια και ένα ανοιχτό σύστημα αναγνώρισης και ελέγχου

ταυτότητας αντικειμένων. Ορισμένες πτυχές της αρίθμησης εξετάστηκαν ήδη στην αναθεώρηση του 2016 για τους κανόνες τηλεπικοινωνιών της ΕΕ. Η προτεινόμενη πρωτοβουλία «Ευρωπαϊκή οικονομία δεδομένων» (Ιανουάριος 2017) συμβάλλει επίσης στη δημιουργία μιας ευρωπαϊκής ενιαίας αγοράς για το ΙοΤ. Αυτή η πρωτοβουλία προτείνει πολιτικές και νομικές λύσεις σχετικά με την ελεύθερη ροή δεδομένων πέρα από τα εθνικά σύνορα στην ΕΕ, καθώς και θέματα ευθύνης σε περίπλοκα περιβάλλοντα όπως το ΙοΤ. Ειδικά, η ευθύνη είναι καθοριστική για την ενίσχυση της ασφάλειας δικαίου σχετικά με τα προϊόντα και τις υπηρεσίες ΙοΤ. Για να παρέχει μια πρώτη χαρτογράφηση προκλήσεων ευθύνης που εμφανίζονται στο πλαίσιο των αναδυόμενων ψηφιακών τεχνολογιών, συμπεριλαμβανομένου του ΙοΤ, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή δημοσίευσε ένα έγγραφο εργασίας προσωπικού σχετικά με την ευθύνη για τις αναδυόμενες ψηφιακές τεχνολογίες. Εκτός από τις πολιτικές πρωτοβουλίες, η ΕΕ έχει θέσει συγκεκριμένους στόχους έρευνας και καινοτομίας ΙοΤ στο τρέχον πρόγραμμα «Ορίζοντας 2020».

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

5. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΟΣ ΟΔΗΓΟΣ ΓΙΑ ΠΡΩΤΟΒΟΥΛΙΕΣ ΕΞΥΠΝΩΝ ΠΟΛΕΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ 5G

Οι πρωτοβουλίες έξυπνων πόλεων προσφέρουν μια άνευ προηγουμένου ευκαιρία στους δήμους να χρησιμοποιήσουν τις αναδυόμενες τεχνολογίες για τη βελτίωση της βιωσιμότητας, της αειφορίας και της διασυνδεσιμότητας των χώρων που ζούμε και εργαζόμαστε.

Με την χρήση ενός δικτύου αισθητήρων και οθονών υπάρχει δυνατότητα να συλλεχθούν δεδομένα, να ερμηνευθούν για να εξαχθούν πολύτιμες πληροφορίες σχετικά με τον τρόπο λειτουργίας μιας πόλης. Αυτό είναι δυνατό να οδηγήσει σε καινοτομίες στην πολιτική, τα συστήματα μεταφορών, την ενέργεια, το περιβάλλον, την υγεία, την κοινωνική μέριμνα και την διασυνδεσιμότητα, για παράδειγμα.

5.1 ΟΙ 14 ΠΥΛΩΝΕΣ ΜΙΑΣ ΕΞΥΠΝΗΣ ΠΟΛΗΣ [58]

Οι στρατηγικές που υιοθετούνται προκειμένου να δημιουργηθεί μια έξυπνη πόλη όπως είναι φυσικό περιλαμβάνει ανθρώπους, ιδρύματα, δομές και τις επιχειρήσεις, όπως λέει ο Clint Vince, ιδρυτής των Smart Cities and του μη κυβερνητικού ινστιτούτου έρευνας της Dentons και της Jennifer Morrissey και δικηγόρου στο Dentons. Οι επείγουσες έκτακτες αποφάσεις που ανακοινώνονται σε περιοχές ή πόλεις και αφορούν την κλιματική αλλαγή και την ταχεία αστικοποίηση συζητούνται συχνά στη στήλη "έξυπνες πόλεις", η έννοια της έξυπνης πόλης είναι αρκετά ασαφής και αόριστη. Μια επιτυχημένη έξυπνη στρατηγική θα πρέπει να υιοθετήσει μια ολιστική προσέγγιση που θα περιλαμβάνει ανθρώπους, θεσμούς, δομές και επιχειρήσεις σε όλο το συνδεδεμένο οικοσύστημα που αποτελεί την πόλη ή την κοινότητα. Ενώ υπάρχει αναγκαστικά μεγάλη αλληλεπικάλυψη μεταξύ των ανωτέρω συστατικών στοιχείων και εννοιών, ένα επιτυχημένο πρόγραμμα έξυπνων πόλεων θα πρέπει να επικεντρωθεί ταυτόχρονα σε 14 βασικούς πυλώνες.

5.1.1 ΚΥΒΕΡΝΗΤΙΚΗ ΗΓΕΣΙΑ ΚΑΙ ΔΗΜΟΣΙΑ ΠΟΛΙΤΙΚΗ

Η οικοδόμηση έξυπνων κοινοτήτων απαιτεί από δημόσιους αξιωματούχους σε όλα τα επίπεδα διακυβέρνησης να αξιολογούν και εφαρμόζουν τις καλύτερες λύσεις για τα περισσότερα πιεστικά προβλήματα των πολιτών τους. Αυτό αρχικά φαίνεται δύσκολο γιατί είτε από προεπιλογή είτε από το σχεδιασμό, υπάρχει έλλειψη συνολικής λήψης αποφάσεων. Καθώς οι ανάγκες της πόλης και της κοινότητας αλλάζουν και οι τεχνολογίες, αναπτύσσονται πρέπει να υπάρχει χώρος για πειραματισμό, αλλαγή, ακόμη και για ενδεχόμενη αποτυχία και μάθηση (lessons learned). Επειδή η ανάπτυξη μιας έξυπνης πόλης απαιτεί την κατάργηση των γραφειοκρατικών διαδικασιών και τη συνεργασία των πόλεων / δήμων με ερευνητικά ινστιτούτα, απαιτείται η ύπαρξη ισχυρής ηγεσίας και δημιουργική σκέψη για την εφαρμογή στρατηγικών δέσμευσης, για την οικοδόμηση συναίνεσης και για την εκκίνηση ενός σχεδίου. Πρέπει επίσης να δημιουργηθούν δομές πολιτικής που θα επιτρέψουν και θα προωθήσουν την εξέλιξη των προγραμμάτων έξυπνων πόλεων. Είναι σημαντικό οι ηγέτες πρέπει επίσης να είναι θαρραλέοι ώστε να πάρουν το ρίσκο και την πρωτοβουλία για την εκκίνηση σχεδίου που αφορά την μετάπτωση της πόλης σε έξυπνη.

5.1.2 ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Οι κανονιστικές δομές σε όλα τα επίπεδα πρέπει να αξιολογούνται και να προσαρμόζονται ώστε να ανταποκρίνονται στην ανάπτυξη και την υιοθέτηση νέων τεχνολογιών και συστημάτων, εξασφαλίζοντας παράλληλα την εμπιστοσύνη και την ασφάλεια των ανθρώπων που θα επηρεαστούν από αυτές. Αυτό συνεπάγεται την δημιουργία κινήτρων για επιχειρήσεις όλων των μεγεθών ώστε να επενδύσουν σε προηγμένες τεχνολογίες και τον αποτελεσματικό σχεδιασμό κανονισμών που μειώνουν το κόστος ανάπτυξης και παράλληλα αυξάνουν την ταχύτητα ανάπτυξης. Περιλαμβάνει επίσης ρυθμιστική προσοχή για την διατήρηση της ιδιωτικότητας και ασφάλειας στον κυβερνοχώρο. Όλα αυτά απαιτούν ένα βαθμό μελλοντικής προστασίας για να διασφαλιστεί ότι η κοινότητα μπορεί να συνεχίσει να αξιοποιεί τα οφέλη από τις συνεχώς εξελισσόμενες τεχνολογικές εξελίξεις.

5.1.3 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ

Η τεχνολογία είναι ο ταχέως επιταχυνόμενος οδηγός των έξυπνων πόλεων και κοινοτήτων. Όταν αξιοποιείται σωστά διευκολύνει τον εκσυγχρονισμό, αλλά μπορεί επίσης να επιτρέψει στις πόλεις να βελτιώσουν την απόλαυση των όποιων αναγκών η κοινότητα θεωρεί απαραίτητα. Η χρήση προηγμένων τεχνολογιών δεν σημαίνει ότι όλα αυτά κατ'ανάγκη είναι καινούργια. Οι προηγμένες αναλύσεις καθιστούν δυνατή όχι μόνο την ενσωμάτωση αλλά και τη βελτίωση των υπάρχοντων συστημάτων. Ένα παράδειγμα αποτελεί ο εντοπισμός δεδομένων που έχουν ήδη συλλεχθεί για άλλους σκοπούς ώστε να χρησιμοποιηθούν για την προώθηση αποφάσεων και λειτουργιών και την παροχή νέων υπηρεσιών με αποτελεσματικό, καινοτόμο και οικονομικά αποδοτικό τρόπο. Αυτός είναι ένας τρόπος αντιμετώπισης περιορισμένων προϋπολογισμών.

5.1.4 ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ

Για την βελτίωση των καθημερινών δραστηριοτήτων οι συσκευές, άνθρωποι, επιχειρήσεις και η κυβέρνηση πρέπει να είναι σε θέση να συνδεθούν γρήγορα και με ασφάλεια για να μοιραστούν δεδομένα. Μια λογική έξυπνη κοινοτική στρατηγική προετοιμάζει το έδαφος για τα προηγμένα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα και δημιουργεί πολιτικές για την προώθηση - ανάπτυξης υποδομών ασύρματης σύνδεσης. Διευκολύνει την ανάπτυξη συμβατού λογισμικού και υλικού για την υποστήριξη των σημερινών αναγκών ενώ προετοιμάζεται παράλληλα τις μελλοντικές ψηφιακές τεχνολογίες.

5.1.5 ΚΥΒΕΡΝΗΤΙΚΗ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΗ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΚΑΙ ΙΔΙΩΤΙΚΟΤΗΤΑ

Η διασύνδεση όπως είναι φυσικό δημιουργεί κινδύνους. Πολλά υπάρχοντα συστήματα από τούβλα, κονιάματα και άλλα υλικά αναπτύχθηκαν που έχουν την ιδιότητα να απομονώνουν προκειμένου να μειωθεί ο κίνδυνος εισβολής. Η ψηφιακή οικονομία, ωστόσο, εξαρτάται από τη διαλειτουργικότητα.

Οι πόλεις και οι κοινότητες καλούνται να δημιουργήσουν προσεγγίσεις που ταυτόχρονα θα μετριάσουν αυτόν τον κίνδυνο και θα μεγιστοποιήσουν τη

διασυνδεσιμότητα προκειμένου να επιτευχθούν οφέλη σε μια ευρεία κλίμακα. Αυτό συνεπάγεται την συνεργασία με ερευνητές, τεχνολόγους, υπεύθυνους χάραξης πολιτικής και ενδιαφερόμενους φορείς με σκοπό τη δημιουργία συστημάτων που είναι φυσικά ασφαλή και προστατεύουν την ιδιωτική ζωή, επιτρέποντας ταυτόχρονα τη συγκέντρωση δεδομένων και την ανταλλαγή πληροφοριών για την επίλυση πολυετών και νέων προκλήσεων που αντιμετωπίζει η κοινωνία.

5.1.6 ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΕΙΣ, ΕΠΕΝΔΥΣΕΙΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ

Το πιο συχνό ερώτημα που διατυπώνεται στις συζητήσεις για τις έξυπνες πόλεις είναι: ποιος θα πληρώσει για αυτό; Λόγω των ποικίλων ωφελειών που απορρέουν από τον εκσυγχρονισμό έξυπνης υποδομής, πολλές πρωτοβουλίες δεν ταιριάζουν απόλυτα με τους παραδοσιακούς δημοτικούς προϋπολογισμούς ή τα μοντέλα χρηματοδότησης. Απαιτείται δημιουργικότητα, η οποία περιλαμβάνει την προσέγγιση σε διάφορους τομείς. Ορισμένες καινοτόμες εταιρίες δημόσιου-ιδιωτικού τομέα αρχίζουν να αναδύονται, καθώς και η χρήση παραδοσιακών μηχανισμών χρηματοδότηση βελτιώνεται όπως για παράδειγμα τα επιτόκια για υπηρεσίες κοινής ωφελείας που αφορά την ηλεκτρική ενέργεια και το νερό. Η κυβέρνηση, η βιομηχανία, η φιλανθρωπία και οι κοινοτικές οργανώσεις ενδιαφέρονται και είναι πρόθυμοι να επενδύσουν σε έξυπνες λύσεις που θα εξυπηρετούν τους κατοίκους. Δεν υπάρχει απλή λύση. Ορισμένες καινοτόμες εταιρικές σχέσεις δημόσιου-ιδιωτικού τομέα αρχίζουν να αναδύονται, καθώς και η χρήση παραδοσιακών μηχανισμών χρηματοδότησης, όπως η βάση επιτοκίων για βελτιώσεις ηλεκτρικής ενέργειας και νερού. Μπορούν να προσδιοριστούν οι βέλτιστες στρατηγικές χρηματοδότησης από υπάρχουσες αναξιοποίητες πηγές κεφαλαίου και νέες ροές εσόδων.

5.1.7 ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ ΚΑΙ ΚΙΝΗΤΙΚΟΤΗΤΑ

Η αξιόπιστη αποδοτική υποδομή μεταφοράς και κινητικότητας συνδέει τους ανθρώπους με αγαθά, υπηρεσίες, απασχόληση και δημιουργεί ευκαιρίες. Υπάρχουν αμέτρητα οφέλη όταν η υποδομή μεταφορών χρησιμοποιεί ή και αναβαθμίζεται με σύγχρονη προηγμένη τεχνολογία. Μειωμένες εκπομπές ρύπων και αποσυμφόρηση που προκύπτει από την ευρεία χρήση των

ηλεκτρικών αυτοκινήτων και των αυτοματοποιημένων οχημάτων. Ενισχυμένη δημόσια ασφάλεια από την έξυπνη παρακολούθηση, τις αναφορές και τη δρομολόγηση των μετακινούμενων. η οικονομική ανάπτυξη, καθώς οι κοινότητες που δεν έχουν πρόσβαση σε υπηρεσίες, συνδέονται με τις ευκαιρίες απασχόλησης και ανάπτυξης μέσω της μεταφοράς δεδομένων.

5.1.8 ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Οι έξυπνες πόλεις είναι ηλεκτροφόρες πόλεις. Η διαχείριση της ενέργειας αποτελεί ουσιαστικό στοιχείο κάθε στρατηγικής έξυπνης πόλης για λόγους αξιοπιστίας, αποτελεσματικότητας και οικονομίας. Πέρα από την αντικατάσταση των λαμπτήρων, η αποδοτικότητα περιλαμβάνει δυναμικά μέτρα που βασίζονται στην τεχνολογία και επιτρέπουν σε μια υπηρεσία να ελέγχει τη χρήση της ενέργειας και να αυτοματοποιεί τη συντήρηση. Ενσωματώνουν προηγμένες τεχνολογικές λύσεις που περιλαμβάνουν μια ευρεία γκάμα κατανεμημένων ενεργειακών πόρων με στόχο την ανταπόκριση στη ζήτηση της ενέργειας μαζί με οικονομικά αποδοτικά μέσα για την εξασφάλιση της αξιοπιστίας των υπηρεσιών.

5.1.9 ΝΕΡΟ, ΛΥΜΑΤΑ ΚΑΙ ΑΠΟΒΛΗΤΑ

Η μεταβολή των προτύπων στην υδρολογία και οι υψηλότερες προσδοκίες για την αύξηση της αξιοπιστίας και της ποιότητας των δημοτικών παροχών νερού απαιτούν από τις πόλεις να εξετάζουν κριτικά τους υδάτινους πόρους και την υποδομή παροχής νερού από την πηγή στους τελικούς χρήστες.

Οι έξυπνες τεχνολογίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παρακολούθηση και τη διαχείριση των συστημάτων παροχής νερού την βελτίωση της αποθήκευσης, επεξεργασίας και της ανακύκλωσης του· και να εκπαιδεύσει το κοινό για την προστασία του. Με τον πληθυσμό να αυξάνεται συνεχώς οι πόλεις προσπαθούν να συνδυάζουν τις απαιτήσεις πολιτικής, τους στόχους αειφορίας και την τεχνολογία για τη διαχείριση των λυμάτων και των στερεών αποβλήτων. Οι προσεγγίσεις σε ζητήματα από την ανακύκλωση μέχρι τη μακροπρόθεσμη διαχείριση των λυμάτων, τη μείωση και τη μεταποίηση αποβλήτων, σε εξωτερικές παραμέτρους όπως οι εκπομπές του στόλου και η ανθρώπινη συμπεριφορά, αποτελούν όλες ευκαιρίες για καινοτόμες λύσεις που βασίζονται σε δεδομένα.

5.1.10 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΟΛΗΣ ΚΑΙ ΠΡΑΣΙΝΟΥ ΧΩΡΟΥ ΚΑΙ ΚΤΙΡΙΩΝ

Οι φυσικοί χώροι στους οποίους οι κάτοικοι ζουν, εργάζονται και παίζουν είναι κρίσιμοι. Τα έξυπνα κτίρια που ενθαρρύνουν την παραγωγικότητα και την αποδοτικότητα καθίστανται θεμελιώδεις παράγοντες για καθαρότερες, υγιέστερες πόλεις και κοινότητες. Οι αστικές περιοχές πρασίνου έχουν καταστεί βασικό στοιχείο της βιωσιμότητας και προσφέρουν πολύ περισσότερα από την αισθητική σε μια πόλη. Για παράδειγμα, οι πράσινες στέγες βοηθούν στη διαχείριση ενέργειας και νερού, ενώ η τεχνολογία της κάθετης γεωργίας συμβάλλει στην πρόσβαση των τροφίμων. Τα οφέλη που προκύπτουν είναι η μείωση της ρύπανσης ο έλεγχος των επιβλαβών οργανισμών και των συνθηκών του εδάφους, η σωματική και πνευματική ευεξία, ώστε οι χώροι αυτοί να αποτελούν αναπόσπαστο τμήμα του πολεοδομικού σχεδιασμού.

5.1.11 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ, ΥΓΕΙΑ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ

Η αειφορία, η δημόσια ασφάλεια και η υγεία αποτελούν πρωταρχικές πολιτικές ανησυχίες για τους ηγέτες και τους κατοίκους της κοινότητας και θα πρέπει να λαμβάνονται σοβαρά υπόψη σε κάθε πτυχή της ανάπτυξης, των επιχειρήσεων και των υπηρεσιών της πόλης. Η αποδεδειγμένη συσχέτιση μεταξύ των περιβαλλοντικών επιδόσεων των πόλεων και της ευημερίας τους, οδηγεί στην ανάληψη πρωτοβουλιών με στόχο την επιτάχυνση καθαρότερης, υγιεινότερης και πιο βιώσιμης ανάπτυξης μέσω των επενδύσεων αστικών υποδομών σε τεχνολογίες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και της αντίστοιχης ρυθμιστικής μεταρρύθμισης. Μια κοινότητα μπορεί να ακμάσει αν τα μέλη της αλληλεπιδρούν και αξιοποιούν τους πόρους και τις διαθέσιμες υπηρεσίες με έναν ολοκληρωμένο, αποτελεσματικό, οικονομικά αποδοτικό και δίκαιο τρόπο. Οι έξυπνες τεχνολογίες προσφέρουν πολλές δυνατότητες βελτίωσης της υγείας και της ασφάλειας. Μεταξύ αυτών είναι οι τεχνολογίες αισθητήρων για την παρακολούθηση των συνθηκών της οδού και της γειτονιάς και οι κινητές και απομακρυσμένες υπηρεσίες υγειονομικής περίθαλψης που βελτιώνουν

την ποιότητα ζωής για τη γήρανση του πληθυσμού μειώνοντας την εξάρτηση από νοσοκομεία ή νοσοκομεία.

5.1.12 ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΤΩΝ ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΩΝ ΚΑΙ ΚΟΙΝΟΤΙΚΗ ΚΟΙΝΩΝΙΚΗ ΥΠΟΔΟΜΗ

Η οικοδόμηση ευρείας κοινοτικής υποστήριξης για τα προγράμματα έξυπνων πόλεων είναι μια σύνθετη διαδικασία που απαιτεί σημαντική εμπέλεια και συνεργασία με κοινοτικά ιδρύματα αγκυροβόλησης, φορείς κοινωνικών υπηρεσιών, κατοίκους, επιχειρήσεις και άλλους ενδιαφερόμενους. Μια κοινότητα μπορεί να ευδοκιμήσει μόνο αν τα μέλη της αλληλεπιδρούν και αξιοποιούν τους πόρους και τις διαθέσιμες υπηρεσίες με έναν ολοκληρωμένο, αποτελεσματικό, οικονομικά αποδοτικό και δίκαιο τρόπο. Η ανάπτυξη της έξυπνης στρατηγικής θα πρέπει πρωταρχικά να περιλαμβάνει τη συμμετοχή του κοινού που θα επωφεληθούν ή θα επηρεαστούν από αυτήν. Αυτό είναι προφανές καθώς μια πόλη ή μια κοινότητα είναι πρώτα απ' όλα για τους ανθρώπους της.

5.1.13 ΜΚΟ ΚΑΙ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑ

Κατά την ανάπτυξη σχεδίων έξυπνης υποδομής, οι τοπικές κυβερνήσεις πρέπει να συνεργαστούν με πανεπιστήμια και μη κυβερνητικές οργανώσεις (ΜΚΟ) για την παροχή πνευματικής δύναμης και την ενίσχυση της εμπιστοσύνης του κοινού. Πολλοί από αυτούς τους φορείς λειτουργούν ήδη ως εκκολαπήρια για πιλοτικά έργα. Έχουν μακροχρόνια ποσοστά επιτυχίας σε συνεργασία με την επιχειρηματική πρωτοβουλία και διεπιστημονικές προσεγγίσεις σε έργα. Έχουν επίσης άδεια να πειραματιστούν και ακόμη και να αποτύχουν, γεγονός που οδηγεί στην εκμάθηση και την ανάπτυξη καλύτερων αποτελεσμάτων.

5.1.14 ΒΕΛΤΙΣΤΕΣ ΠΑΓΚΟΣΜΙΕΣ ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ

Κάθε πόλη και κοινότητα έχει τη δική της ιστορία, τον πολιτισμό και τις προτεραιότητες. Ωστόσο, οι πόλεις και οι κοινότητες σε ολόκληρο τον πλανήτη παλεύουν με παρόμοια θέματα σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο μπορούν να ανταποκριθούν στις ανάγκες των κατοίκων με βιώσιμο και

οικονομικό τρόπο. Οι εκρήξεις πληθυσμών και οι τεράστιες τάσεις της αστικής μετανάστευσης, ιδιαίτερα στον παγκόσμιο νότο, σημαίνουν ότι πολλές καινοτόμες λύσεις θα εφαρμοστούν ευρέως. Οι κοινότητες παντού μπορούν να μάθουν και να επωφεληθούν από ότι έχει δοκιμαστεί και εφαρμοστεί σε άλλες πόλεις και να προσαρμόσουν αυτές τις λύσεις για να ανταποκριθούν στις εξειδικευμένες προτεραιότητες τους. Ταυτόχρονα, πολλές πόλεις και κοινότητες σε ολόκληρο τον κόσμο εργάζονται σε τεχνολογίες αλλαγής (θεραπεία εικονικής πραγματικότητας, ψηφιακά ναρκωτικά κ.α) με ευρεία εφαρμογή για έξυπνες πόλεις και κοινότητες. Οι κοινότητες παντού μπορούν να μάθουν και να επωφεληθούν από αυτό που έχει δοκιμαστεί και εφαρμοστεί σε άλλες πόλεις και να προσαρμόσουν αυτές τις λύσεις για να ανταποκριθούν στις δικές τους προτεραιότητες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

6. ΠΡΟΣΦΑΤΕΣ ΥΛΟΠΟΙΗΜΕΝΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ 5G

Προκειμένου να υπάρξει επιτήρηση των μέτρων που λήφθηκαν για την καταπολέμηση του κοροναϊού δημιουργήθηκαν ρομπότ περιπολίας με χρήση τεχνολογίας 5G για να παρακολουθούν την θερμοκρασία του σώματος και την χρήση μάσκας σε δημόσιους χώρους, επίσης ένα έξυπνο ρομπότ που αναπτύχθηκε σε μια εβδομάδα θα χρησιμοποιηθεί για την απολύμανση των νοσοκομείων. Τα ρομπότ έχουν αναπτυχθεί από την εταιρία Guangzhou Gosuncn, χρησιμοποιώντας για το υλικό την τεχνολογία Internet of Things Advantech, ενώ για το λογισμικό την εταιρία Advantech. Μέχρι σήμερα έχουν αναπτυχθεί σε αεροδρόμια, εμπορικά κέντρα και σε πόλεις όπως Guangzhou, Shanghai, Xi'an και Guiyang. Εν τω μεταξύ, τα ευφυή ρομπότ απολύμανσης που αναπτύχθηκαν σε μια εβδομάδα από το σχεδιασμό έως την παραγωγή δειγμάτων από τη Siemens και την Aucma θα χρησιμοποιηθούν σύντομα σε μερικά νοσοκομεία της Κίνας.

6.1 ΡΟΜΠΟΤ ΠΕΡΙΠΟΛΙΑΣ [59]

Μετά το ξέσπασμα του Covid-19, η εταιρία Guangzhou Gosuncn που παρέχει προϊόντα και υπηρεσίες για έξυπνες πόλεις και το Διαδίκτυο Πραγμάτων (Smart City, Internet of Things - IoT), αναβάθμισε το ρομπότ αστυνόμευσης τεχνολογίας 5G με νέες δυνατότητες για να βοηθήσει αστυνομικούς πρώτης γραμμής στην διενέργεια επιθεωρήσεων πρόληψης ασθενειών. Όπως είναι γνωστό η χειροκίνητη μέτρηση της θερμοκρασίας του σώματος εκθέτει το προσωπικό ασφάλειας σε πιθανούς κινδύνους για την υγεία. Για τον λόγο αυτό μέρος του προσωπικού ασφαλείας αντικαθίσταται από ρομπότ που είναι εξοπλισμένα με πέντε κάμερες υψηλής ανάλυσης και

υπέρυθρα θερμόμετρα ικανά να ανιχνεύουν ταυτόχρονα τη θερμοκρασία 10 ατόμων σε ακτίνα 5 μέτρων. Εάν εντοπιστεί υψηλή θερμοκρασία ή απουσία μάσκας, τα ρομπότ στέλνουν μια ειδοποίηση στις αρμόδιες αρχές. Όλα τα δεδομένα μπορούν να μεταδοθούν σε ένα κεντρικό κέντρο ελέγχου για την αντιμετώπιση της κατάστασης και τη λήψη αποφάσεων σε πραγματικό χρόνο. Αν και αυτά τα ρομπότ είναι αυτοοδηγούμενες μηχανές μπορούν επίσης να ελέγχονται εξ αποστάσεως, εξοικονομώντας εργατικό δυναμικό μειώνοντας τις ευθύνες περιπολίας και αποτρέποντας τη διασταυρούμενη μόλυνση.



Σχήμα 16 Ρομπότ περιπολίας για τήρηση μέτρων κοροναϊού στο αεροδρόμιο Guiyang της Κίνας

Για να αναπτυχθούν τέτοιες προηγμένες υπολογιστικές υπηρεσίες τα ρομπότ περιπολίας είναι εφοδιασμένα με υπολογιστή υψηλής απόδοσης (MIC-770), που αναπτύχθηκε από την εταιρία Advantech. Για να αντέχουν σε λειτουργία 24/7, ακραίες συνθήκες και κραδασμούς ο MIC-770 είναι εφοδιασμένος με ανθεκτική βάση και ψήκτρα απαγωγής θερμότητας από χυτό αλουμίνιο. Για τη διεξαγωγή περιβαλλοντικής ανίχνευσης, τη δυναμική λήψη αποφάσεων τον αυτόνομο έλεγχο κίνησης καθώς και την αίσθηση συμπεριφοράς και αλληλεπίδρασης, τα ρομπότ περιπολίας της Gosuncn ενσωματώνουν τις τεχνολογίες: Internet of Things - IoT, artificial intelligence- AI, cloud και άλλες προηγμένες τεχνολογίες διαχείρισης δεδομένων.

6.1.2 ΡΟΜΠΟΤ ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗΣ

Η Siemens και η Aucma άρχισαν να αναπτύσσουν τα ευφυή ρομπότ απολύμανσης τον Φεβρουάριο του 2020. Το έργο ξεκίνησε από τον Yu Qi, επικεφαλής του ερευνητικού ομίλου της Siemens Κίνας για προηγμένες αυτοματοποιημένες κατασκευές στο Qingdao. Ο Yu Qi διάβασε ένα κομμάτι ειδήσεων που ανέφερε ότι τα ρομπότ απολύμανσης χρειάζονται επείγοντως σε πολλά νοσοκομεία. Έλαβε γρήγορα την υποστήριξη από τη διοίκηση και τους συναδέλφους για να δημιουργήσει ένα νέο είδος ευφυούς ρομπότ απολύμανσης.



Σχήμα 17 Διαχείριση συστήματος ελέγχου της εταιρίας Gosuncn

Τα περισσότερα ρομπότ απολύμανσης που κυκλοφορούν στην αγορά συνδυάζουν ένα βενζινοκίνητο πιστόλι που ρίχνει το απολυμαντικό υγρό το οποίο στηρίζεται σε ένα ηλεκτρικό πλαίσιο. Ο επιτόπιος ανεφοδιασμός των ρομπότ δεν είναι βολικός, αλλά η ομάδα αποφάσισε να αναπτύξει αμιγώς ηλεκτρικά ρομπότ για να καλύψει καλύτερα τις ανάγκες των πληγεισών περιοχών. Ένα άρθρο στο δικτυακό τόπο της Siemens εξηγεί ότι μεταξύ των προκλήσεων που αντιμετώπισε η ομάδα ανάπτυξης ήταν η μεγιστοποίηση του αντίκτυπου της αποστείρωσης με λιγότερη κατανάλωση απολυμαντικών και η κάλυψη 360 μοιρών ακόμη και σε περιορισμένες περιοχές. Με τη

βοήθεια μιας μπαταρίας λιθίου, ένα ρομπότ με διπλά ακροφύσια μπορεί να απολυμάνει 20.000 τ.μ. σε μία ώρα. Μια ομοιοκατευθυντική (Omnidirectional) κάμερα στην κορυφή μεταδίδει βίντεο και πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο και σε συνδυασμό με έναν έξυπνο αλγόριθμο όρασης επιτρέπει στον χειριστή να εντοπίσει εξ αποστάσεως τις πληγείσες περιοχές και να αποτρέψει την εξάπλωση μολυσματικών ασθενειών με χαμηλό κόστος.

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Αναμφίβολα η 5G αναμένεται να αλλάξει την ζωή μας. Είναι μια συναρπαστική στιγμή στον κλάδο των ασύρματων επικοινωνιών και για ασύρματη έρευνα γενικά. Οι δυνατότητες και εφαρμογές του είναι πέρα κάθε φαντασίας. Υγεία, παιδεία, μεταφορές, αυτοκινητοβιομηχανία, ενέργεια, υδάτινοι και άλλοι φυσικοί πόροι είναι μερικοί τομείς που η 5G θα φέρει πλήρη ανατροπή. Η παρούσα διπλωματική αποτελεί μία βιβλιογραφική έρευνα στο θέμα αυτό. Επιχειρείται να αναφερθούν / αποσαφηνισθούν τα κύρια τεχνολογικά σημεία αιχμής της τεχνολογίας 5G. Αναμφίβολα είναι το θέμα που θα μας απασχολήσει στο εγγύς μέλλον και θα αλλάξει ριζικά ό,τι γνωρίζαμε μέχρι σήμερα.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΟΡΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗΣ.

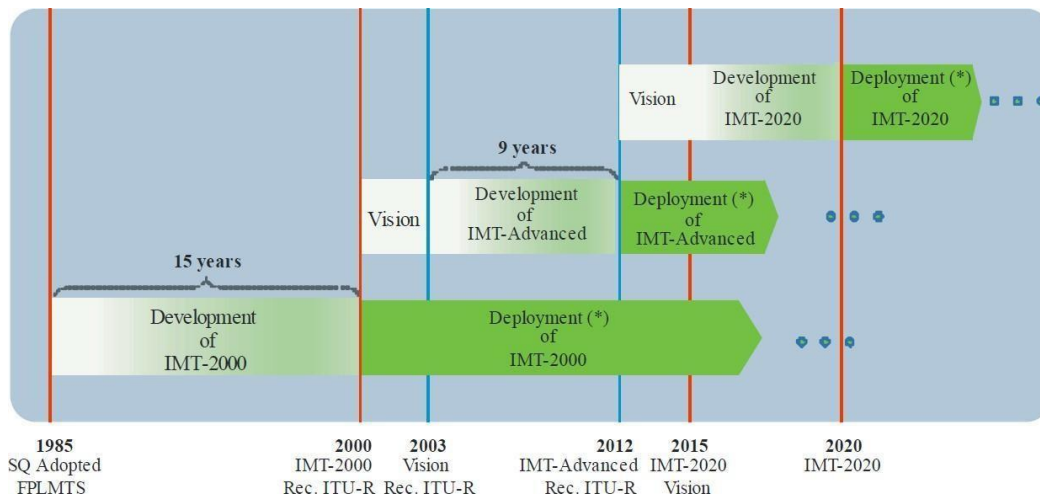
Γενικά μια νέα γενιά κινητής τηλεφωνίας ορίζεται κυρίως από δύο φορείς: ITU (International Telecommunication Union) και 3GPP (3rd Generation Partnership Project). Αυτοί οι δύο, αντίστοιχα δημόσιοι και ιδιωτικοί, οργανισμοί είναι αφοσιωμένοι στον καθορισμό των στόχων, προτύπων και των τεχνικών προδιαγραφών της εν λόγω νέας τεχνολογίας.

ITU

Η πρώτη μεγάλη εμπορική διάθεση 5G αναμένεται να πραγματοποιηθεί το 2020. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η διερευνητική φάση - η οποία παρέχει την ευκαιρία να προσδιοριστούν οι απαιτήσεις και να προσδιοριστούν οι πιο ελπιδοφόρες τεχνικές και τεχνολογίες για αυτά τα μελλοντικά δίκτυα 5G - έχει ήδη ξεκινήσει. Αν και ορισμένοι οργανισμοί και κοινοπραξίες εμπλέκονται στον καθορισμό του 5G, το 3GPP πιθανότατα θα είναι ο κεντρικός φορέας τυποποίησης για τις τεχνικές του προδιαγραφές.

Σε κάθε περίπτωση, η ITU (International Telecommunication Union) είναι ζωτικής σημασίας για τον καθορισμό των τεχνολογιών και των προτύπων που διέπουν οποιαδήποτε νέα γενιά IMT (International Mobile Telecommunications) σε παγκόσμιο επίπεδο.

Αυτά τα πρότυπα IMT θεσπίζονται με τη συμμετοχή δημόσιων αρχών και φορέων της βιομηχανίας και έχουν παράσχει το πλαίσιο για την εξέλιξη των υπηρεσιών κινητής επικοινωνίας σε όλο τον κόσμο, από την αρχή της τυποποίησης IMT, με το IMT-2000 (3G, UMTS) και μετά το IMT - Προηγμένο (4G, LTE-A) και πιο πρόσφατα IMT-2020 (5G).



Σχήμα 18. Χρονοδιάγραμμα των εξελίξεων και των εφαρμογών IMT [52]

Η εμφάνιση ενός προτύπου IMT συμβαίνει σε τρία κύρια στάδια: ένα στάδιο οράματος, ένα στάδιο ανάπτυξης και ένα στάδιο υλοποίησης.

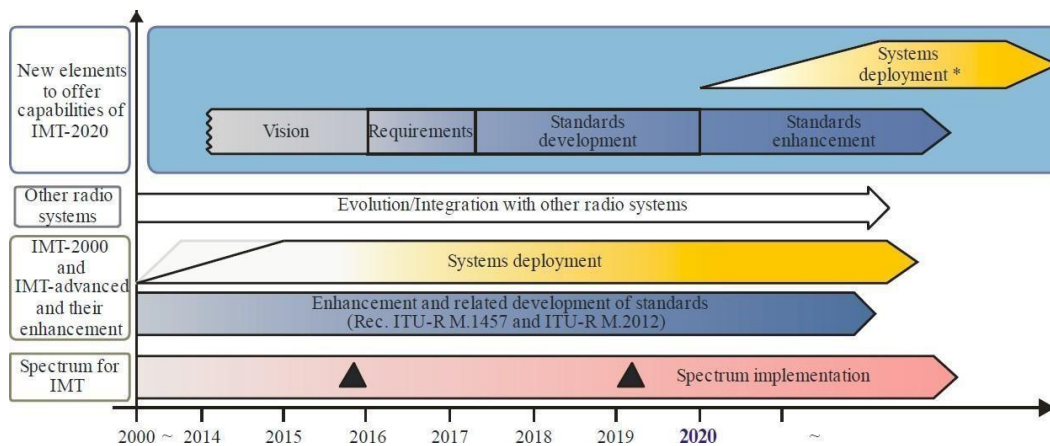
Το στάδιο του οράματος - του οποίου η ολοκλήρωση χαρακτηρίζεται από ένα έγγραφο που συνήθως ονομάζεται Σύσταση Οράματος - είναι το στάδιο κατά το οποίο η ITU θέτει το πλαίσιο και τους στόχους για τη μελλοντική τεχνολογία. Ο σκοπός αυτού του εγγράφου είναι γενικά να καθορίσει ποια θα είναι η νέα τεχνολογία με περισσότερο ή λιγότερο συγκεκριμένο τρόπο, ποια θα είναι τα χαρακτηριστικά της, τις χρήσεις που θα επιτρέψει, κ.λπ. Είτε πρόκειται για IMT-Advanced, όπου η τεχνική συντομογραφία αποδίδεται συνήθως στον ορισμό του 4G ή για το IMT-2020 όπου η συντομογραφία αποδίδεται στον ορισμό του 5G, το στάδιο του οράματος διαρκεί περίπου τρία χρόνια.

Η σύσταση ITU-R M.2083-0 δημοσιεύθηκε τον Σεπτέμβριο του 2015, ολοκληρώνοντας τρία χρόνια εργασίας από την ITU-R (Ομάδα 5D) σχετικά με τον καθορισμό του πλαισίου και των στόχων για το IMT για το 2020 και μετά. Είναι αυτό το έγγραφο που σήμερα αποτελεί τη βάση των διαφορετικών εργασιών έρευνας και τυποποίησης 5G που γίνονται σε όλο τον κόσμο.

Στη συνέχεια έρχεται το στάδιο ανάπτυξης προτύπων, με βάση τα συμπεράσματα του σταδίου οράματος. Όσον αφορά το IMT-2020, αυτό το έργο ανάπτυξης και τυποποίησης είναι ήδη σε εξέλιξη, και η ITU σχεδιάζει να το έχει ολοκληρώσει έως το 2020, ώστε να μπορεί να ικανοποιήσει τις πιο πιεστικές ανάγκες των μελών και των οργανισμών της ITU που θέλουν να

αναπτύξουν η 5G το συντομότερο δυνατό. Αυτό είναι ακόμη πιο δύσκολο καθώς το στάδιο ανάπτυξης θα διαρκέσει μόνο πέντε χρόνια, σε σύγκριση με 15 χρόνια για το IMT-2000 και εννέα χρόνια για το IMT-Advanced.

Οι διαφορετικές προθεσμίες που έχουν οριστεί για το IMT-2020 εντός της ITU βρίσκονται στο Σχήμα 17. Οι φάσεις αναγνώρισης φάσματος (υποδεικνύονται από τα μαύρα τρίγωνα) συμπίπτουν με τα Παγκόσμια Συνέδρια Ραδιοεπικοινωνιών, εκ των οποίων το τελευταίο ήταν WRC-2015 και το επόμενη είναι WRC-2019.



Σχήμα 19. Στάδια και αναμενόμενες προθεσμίες για το IMT-2020 [53]

Όλη η εργασία που εκτελεί η ITU στο IMT-2020 ακολουθεί έναν χάρτη πορείας που περιγράφεται λεπτομερώς στο Σχήμα 18, τα ολοκληρωμένα στάδια να επισημαίνονται με πράσινο χρώμα και αυτά που θα έρθουν με μπλε χρώμα. Το έργο που βρίσκεται σε εξέλιξη σήμερα αφορά πτυχές φάσματος 5G, προϋποθέσεις και κριτήρια αξιολόγησης, μαζί με τις διάφορες τεχνικές μελέτες και προτάσεις, που αποτελούν προϋπόθεση για τη φάση τυποποίησης του έργου.



Σχήμα 20. Πρόγραμμα εργασίας WP 5D [54]

3GPP

Με βάση τις Συστάσεις της ITU, το 3GPP έχει διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στην επιτυχία του LTE τα τελευταία χρόνια, η οποία ήταν η ταχύτερα αναπτυσσόμενη κυψελωτή τεχνολογία μέχρι σήμερα: ποτέ δεν έχει υιοθετηθεί και αναπτυχθεί ένα νέο ασύρματο πρότυπο τόσο γρήγορα και τόσο ευρέως από την οριστικοποίηση της πρώτης έκδοσης της τυποποίησής της (για το LTE Release 8, τον Δεκέμβριο του 2008).

Μετά την Release 8, το έργο που πραγματοποιήθηκε από το 3GPP επικεντρώθηκε στους ακόλουθους στρατηγικούς τομείς:

- Βελτίωση των ραδιο-προτύπων LTE για περαιτέρω βελτίωση της χωρητικότητας και της απόδοσης.
- Βελτίωση των προτύπων του συστήματος για να καταστούν τα LTE και EPC (Evolved Packet Core, η βασική τεχνολογία δικτύου LTE) διαθέσιμα σε νέους επιχειρηματικούς τομείς.
- Εισαγωγή βελτιώσεων για εύρωστα συστήματα, ειδικά για τον χειρισμό της εκθετικής αύξησης της κυκλοφορίας smartphone.

Αυτές οι περιοχές ενδιαφέροντος κατέστησαν δυνατή τη χαρτογράφηση της γενικής πορείας εξέλιξης από LTE σε LTE-Advanced (Releases 10 έως 12) και αργότερα LTE-Advanced Pro (Releases 13 και 14) εν αναμονή του 5G.

Η φιλοδοξία των απαιτήσεων 5G, το αυστηρό χρονοδιάγραμμα που «επιβάλλεται» από την αγορά, μαζί με τις διάφορες εθνικές τάσεις ώθησαν το 3GPP να καθορίσει δύο στάδια εργασίας προδιαγραφών:

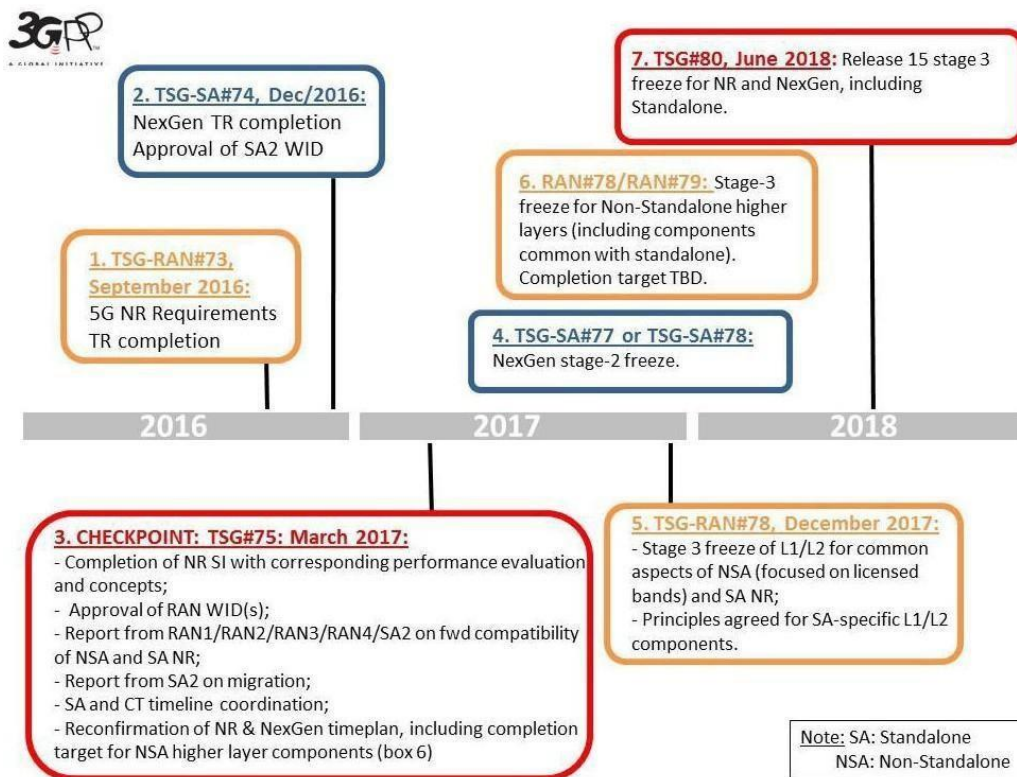
1. Ένα πρώτο στάδιο που έληξε το δεύτερο εξάμηνο του 2018, με τον τερματισμό της Release 15, και το οποίο θα αντιμετωπίσει τα πιο επείγοντα θέματα σχετικά με τις εμπορικές απαιτήσεις.

2. Ένα δεύτερο στάδιο που έληξε τον Δεκέμβριο του 2019, το οποίο σηματοδοτεί το τέλος της Έκδοσης Release 16, το οποίο θα εξετάσει τις άλλες περιπτώσεις χρήσης και τις προϋποθέσεις που προσδιορίζονται στη Σύσταση Οράματος IMT-2020.

Το Σχέδιο Εργασίας για την Έκδοση 15 (Release 15), το πρώτο σύνολο προδιαγραφών 5G, επικυρώθηκε στη σύνοδο ολομέλειας των ομάδων εργασίας TSPP # 72 (Ομάδα Τεχνικών Προδιαγραφών # 72) 3GPP τον Ιούνιο του 2016. Αυτό το σχέδιο περιλαμβάνει ένα σύνολο ενδιάμεσων εργασιών και σημείων ελέγχου για την καθοδήγηση και την συνεχιζόμενη εργασία στις διάφορες ομάδες. Αυτό το πρόγραμμα εργασίας καθορίζει τη μετάβαση από τις τρέχουσες μελέτες στη φάση τυποποίησης του έργου:

- Από τον Δεκέμβριο του 2016: έναρξη εργασιών τυποποίησης από την TSG SA2 (Αρχιτεκτονική συστήματος ομάδας τεχνικών προδιαγραφών).

- Από τον Μάρτιο του 2017: ξεκίνησε η προδιαγραφή για τη διεπαφή 5G NR (New Radio) στο TSG RAN (Τεχνική προδιαγραφή Group Radio Access Network).



Σχήμα 21. Χάρτης πορείας για ομάδες τυποποίησης 3GPP [55]

Η 5G θεωρείται ως η τεχνολογία ικανή να μεταμορφώσει την κοινωνία και ακόμη και να οδηγήσει στην επόμενη βιομηχανική επανάσταση επηρεάζοντας πολλούς (κάθετους) τομείς με νέα επιχειρηματικά μοντέλα και με τρόπο που ωφελεί την οικονομία, ιδίως στην Ευρώπη, πιθανότατα προωθήθηκε από το eMBB (Enhanced Mobile Broadband).

Έχοντας αυτό υπόψη, το 3GPP καθόρισε το πλαίσιο για την έκδοση Release 15, στάδιο 1 με τις προδιαγραφές τυποποίησης 5G, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, του οποίου η εργασία θα επικεντρωθεί στα ακόλουθα:

- Αυτόνομη και μη αυτόνομη λειτουργία NR: η αυτόνομη έκδοση για να λειτουργεί ανεξάρτητα από την τεχνολογία LTE, και η μη αυτόνομο NR είναι εξαιρετικά διαλειτουργική με το LTE [56].

- Στόχευση περιπτώσεων χρήσης: ξεκινώντας με την Ενισχυμένη ευρυζωνική κινητή τηλεφωνία (eMBB), καθώς και τη Χαμηλή καθυστέρηση και την Υψηλή αξιοπιστία, ώστε να επιτρέπεται η χρήση ορισμένων περιπτώσεων URLLC (Εξαιρετικά αξιόπιστες και Χαμηλής καθυστέρησης επικοινωνιών).

- Ταυτόχρονη εξέταση εύρους συχνοτήτων κάτω των 6 GHz και άνω των 6 GHz.

Η έκδοση Release 16, που αφορά τη δεύτερη φάση των προδιαγραφών 5G, θα επικεντρωθεί περισσότερο σε άλλα τμήματα όπως το mMTC (Massive Machine Type Communications), για παράδειγμα την αντιμετώπιση περιπτώσεων χρήσης IoT που απαιτούν υψηλότερη ποιότητα υπηρεσίας από ό, τι το LPWAN (Χαμηλό - Δίκτυο Power Wide-Area) [58].

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] 5G Empowering vertical industries. White Paper, 2016.
- [2] <http://nutonomy.com/>
- [3] 5G PPP Architecture Working Group, View on 5G Architecture, 14 Φεβ 2020
- [4] On 3 April 1973, Motorola's Martin Cooper made a call from the corner of 56th street in New York City with the first mobile phone.
- [5] Ericsson., 5g-what-is-it-for , October 14
- [6] Ericsson., mobility-report-november-2016
- [7] <http://ir.interdigital.com/file/Index?KeyFile=36051369>
- [8] GSM for 2G, UMTS for 3G and LTE for 4G
- [9] <http://gsacom.com/paper/intel-5g-technology-mm-wave-frequencies/>
- [10] <http://5g.ieee.org/standards>
- [11] Added to these eight classes, five new indicators were defined and are currently being examined: reliability, mobility interruption time, bandwidth, maximum spectrum efficiency, 5th percentile spectrum efficiency.
- [12] Recommendation ITU-R M.2083-0 (09/2015),
- [13] Samsung , 5G- Vision Noveber 16-
- [14] Lee-JunHwan , Paving the way for 5G, Nover 16
- [15] <https://www.slideshare.net/100001290086432/massive-mimo>
- [16] "5g-transformer – 5G Mobile Transport Platform for Verticals", 5gtransformer.eu, 2016. [Online]. Available: <http://5g-transformer.eu/>. [Accessed: 30-Sep- 2018]. [17] <http://compeng.columbia.edu/biggest-component-full-duplex-wi-fi-radio-antenna>
- [17] "5G ESSENCE > Home", 5g-essence-h2020.eu, 2016. [Online]. Available: <http://www.5g-essence-h2020.eu/>. [Accessed: 29- Sep- 2018].
- [18] "5GCAR – 5G Communication Automotive Research and innovation", 5gcar.eu, 2016. [Online]. Available: <https://5gcar.eu/>. [Accessed: 30- Sep- 2018].
- [19] <https://www.anritsu.com/en-AU/test-measurement/technologies/5g-everything-connected/5g-everything-connected-detail>
- [20] <http://www.vodafone.com/content/index/what/technology-blog/nbiot-commercial-launch-spain.html>

- [21] http://www-igm.univ-mlv.fr/~dr/XPOSE2014/software-defined_networking/sdn.html
- [22] Takaharu Nakamura , Research Progress of the Fifth Generation Mobile, Communications Promotion Forum 04_10-Nov
- [23] 5g-ppp.eu, 2016. [Online]. Available: <https://5g-ppp.eu/wpcontent/uploads/2017/11/5GPPP-brochure-phase2-final-web.pdf>. [Accessed: 05- Oct- 2018].
- [24] <https://networks.orange.fr/actualites/actualites-des-networks/orange-et-nokia-partners-pour-developper-les-futurs-services-5g>
- [25] <https://www.abiresearch.com/press/abi-research-projects-5g-worldwide-service-revenue>
- [26] 5G empowering vertical industries 5G Empowering vertical industries. White Paper, 2016.
- [27] Forging Our 5G Future – Federal Communications Commission: <https://www.fcc.gov/5G>
- [28] Federal Communications Commission, WIRELESS TELECOMMUNICATIONS BUREAU ANNOUNCES EXECUTION OF FIRST AMENDMENT TO THE NATIONWIDE PROGRAMMATIC AGREEMENT FOR THE COLLOCATION OF WIRELESS ANTENNAS, August 8-2016
- [29] Kuniko ,Ministry of Internal Affairs and Communication, Collaboration in Asia for Spectrum for 5G, June 28, 2016
- [30] <http://www.scoop.developpement-durable.gouv.fr/spip.php?page=sommaire>
- [31] <http://www.orange.com/fr/Press-Room/communiqués-2017/Ericsson-Orange-et-le-groupe-PSA-partners-pour-la-voiture-connectée-en-5G>
- [32] PwC, “Industry 4.0: Opportunities and challenges of the industrial internet” (2015), and Boston Consulting Group, “Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries” (2015)
- [33] economie.gouv, L’Alliance pour l’Industrie du Futur , 13 avril 2015
- [34] <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/what-horizon-2020>
- [35] EUROPEAN COMMISSION «RSPG16-032 FINAL RADIO SPECTRUM POLICY GROUP STRATEGIC ROADMAP TOWARDS 5G FOR EUROPE», Brussels, 09 November 2016
- [36] The tuning range is vital here: a system capable of regulating its frequency from 26 to 28 GHz appears entirely technologically achievable within the timeframe for the first 5G millimetre wave deployments. This would have been less true if a switch between 28 and 32 GHz were required.

[37] EUROPEAN COMMISSION, Mandate to CEPT to develop harmonised technical conditions for spectrum use in support of the introduction of next-generation (5G) terrestrial wireless systems in the Union, Brussels, 7 December 2016

[38] EUROPEAN COMMISSION, Opinion on spectrum related aspects for next-generation wireless systems (5G), Brussels, 09 November 2016

[39] A technique that consists of sending and receiving data simultaneously, but on two different frequency bands.

[40] A technique that consists of sending and receiving data on the same frequency band but at different times.

[41] EUROPEAN COMMISSION, STRATEGIC ROADMAP TOWARDS 5G FOR EUROPE, Brussels, 09 November 2016

[42] Lemagine-numerique, Souverainete_Telecoms_Petites Cells, October 2015

[43] IFER = *Imposition forfaitaire sur les entreprises de réseaux*

[44] Regulation (EU) 2015/2120: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32015R2120&from=EN>

[45] J. Tomás, "The state of 5G trials in Japan", RCR Wireless News, 2018. [Online]. Available: <https://www.rcrwireless.com/20180503/5g/state-5gtrials-japan-tag23-tag99>. [Accessed: 23- Sep- 2018].

[46] <http://www.berec.europa.eu/>

[47] telecoms , 5G Manifesto for time lydeployment of5 G in Europe /16/07 ↵

[48] http://berec.europa.eu/eng/document_register/subject_matter/berec/download/0/6161-berec-report-on-the-outcome-of-the-publi_0.pdf

[49] http://berec.europa.eu/eng/document_register/subject_matter/berec/download/0/6160-berec-guidelines-on-the-implementation-b_0.pdf - footnote 26

[52] Recommendation ITU-R M.2083-0 (09/2015).

[53] Recommendation ITU-R M.2083-0 (09/2015).

[54] ITU Overview, Emerging Trends in 5G/IMT2020, 28 September 2016

[55] Dino Flore, Chairman of 3GPP RAN (Qualcomm Technologies Inc.), LTE evolution and 5G, 2016

[56] In its non-standalone version, the NR control plane is LTE's. in other words, the 4G network controls the 5G carriers and spreads users across the different bands and technologies.

[57] Sigfox and LoRa LPWAN.

[58] <https://www.smartcitiesworld.net/opinions/the-14-pillars-of-a-smart-city>

- [59] <https://www.smartcitiesworld.net/smart-cities-news/how-5g-powered-robots-are-helping-china-fight-coronavirus-5154>