



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

Διαδίκτυο των Πραγμάτων: Ευφυή Περιβάλλοντα σε Δίκτυα Νέας Γενιάς

Μελέτη της Ανάπτυξης των Δικτύων Κινητής Τηλεφωνίας
Πέμπτης Γενιάς (5G) στην Ελλάδα και της Επίδρασης τους
στο Διαδίκτυο των Αντικειμένων

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Τσουματίδης Δημήτριος

Επιβλέπων Καθηγητής: Σκούτας Δημήτριος, Επ. Καθηγητής

Μέλη εξεταστικής επιτροπής: Σκίανης Χαράλαμπος, Καθηγητής

Κορμέντζας Γεώργιος, Καθηγητής

Σάμος, Ιούνιος, 2022

Ευχαριστίες

Η διπλωματική αυτή εκπονήθηκε στα πλαίσια του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών του Τμήματος Μηχανικών Πληροφοριακών και Επικοινωνιακών Συστημάτων του Πανεπιστημίου Αιγαίου, «Διαδίκτυο των Πραγμάτων : Ευφυή Περιβάλλοντα σε Δίκτυα Νέας Γενιάς». Αρχικά επιθυμώ να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου Σκούτα Δημήτριο για την συνδρομή και την καθοδήγηση, που συνέβαλε στην ολοκλήρωση της εν λόγω Διπλωματικής Εργασίας. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την σύζυγο μου, που με στήριξε ψυχολογικά σε όλη τη διάρκεια των Μεταπτυχιακών Σπουδών μου.

Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και δηλώνω ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, έχω αναφέρει τις πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Επίσης βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία προετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά ειδικά για τη συγκεκριμένη μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία.

© 2022

Τσουματίδης Δημήτριος
Τμήμα Μηχανικών Πληροφοριακών και Επικοινωνιακών Συστημάτων
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

Πίνακας περιεχομένων

1	Εισαγωγή	1
1.1	Συνδεσιμότητα: Η ανάγκη του σήμερα.....	1
1.2	Αντικείμενο διπλωματικής.....	2
1.3	Δομή της διπλωματικής	3
2	Ανασκόπηση Τηλεπικοινωνιών μέχρι σήμερα	4
2.1	Ιστορική Αναδρομή	4
2.2	Οι τηλεπικοινωνίες με τη χρήση Κυψελοειδών Συστημάτων.....	8
3	Γενιές Δικτύων Κινητής Τηλεφωνίας.....	11
3.1	Το 1G: Η πρώτη γενιά κινητής τηλεφωνίας.....	11
3.2	Το 2G: Η δεύτερη γενιά κινητής τηλεφωνίας.....	11
3.2.1	<i>To 2,5G: Η αναβάθμιση σε GPRS.....</i>	<i>12</i>
3.2.2	<i>To 2,75G: Πρότυπο EDGE</i>	<i>12</i>
3.3	3G: Η τρίτη γενιά κινητής τηλεφωνίας.....	13
3.3.1	<i>3,5G: HSPA Η εξέλιξη του 3G</i>	<i>14</i>
3.3.2	<i>To 3,75G: EHSPA (Evolved High Speed Packet Access)</i>	<i>14</i>
3.4	Το 4G: Η τέταρτη γενιά κινητής τηλεφωνίας.....	14
3.4.1	<i>4G+ : Η εξέλιξη των δικτύων τέταρτης γενιάς</i>	<i>16</i>
3.5	Δίκτυα νέας γενιάς: Το μέλλον που γίνεται παρόν.	16
3.5.1	<i>5G: Ιστορική αναδρομή του νέου δικτύου</i>	<i>17</i>
3.5.2	<i>6G: Προετοιμασίες για τα μελλοντικά δίκτυα κινητής τηλεφωνίας</i>	<i>18</i>
4	5G Από τη Θεωρία στη Πράξη.....	21
4.1	5G : Απαιτήσεις και Προδιαγραφές του δικτύου	23
4.2	Η ανάπτυξη των 5G δικτύων σε Ευρώπη και Ελλάδα.....	24
4.2.1	<i>Φάσμα 5G στην Ελλάδα</i>	<i>26</i>
4.2.2	<i>Το χρονοδιάγραμμα υλοποίησης του 5G στην Ελλάδα.....</i>	<i>27</i>
4.2.3	<i>Πρότυπα Δικτύου 5G.....</i>	<i>29</i>
4.2.4	<i>Υπηρεσίες 5G</i>	<i>31</i>
4.3	Τεχνικά Χαρακτηριστικά 5G	33
4.3.1	<i>Core Network (CN) – Δίκτυο Κορμού.....</i>	<i>34</i>
4.3.2	<i>RAN, C-RAN, O-RAN</i>	<i>35</i>
4.3.3	<i>Small Cell και DAS.....</i>	<i>37</i>

4.3.4	<i>Backhaul και Fronthaul</i>	38
4.3.5	<i>SDN και NFV</i>	39
4.3.6	<i>Slicing</i>	40
4.3.7	<i>Το Φάσμα του 5G</i>	42
4.3.8	<i>MIMO και mMIMO</i>	43
4.3.9	<i>mmWave</i>	44
4.3.10	<i>Non-Standalone και Standalone 5G</i>	46
5	Διαδίκτυο Των Αντικειμένων	47
5.1	IoT και επιχειρήσεις.....	48
5.2	IoT στον τομέα Υγείας – Smart Healthcare.....	49
5.3	IoT και Γεωργία – Smart Agriculture	50
5.4	IoT στην οδική μετακίνηση και στα μέσα μεταφοράς – Smart Automobile and Transportation ...	52
5.5	IoT και Έξυπνο Δίκτυο Ηλεκτροδότησης – Smart Grid.....	52
5.6	IoT και Έξυπνα Σπίτια – Smart Home.....	54
5.7	IoT και Εκπαίδευση – Smart Education.....	56
6	Εφαρμογή και επίδραση των 5G και IoT στην Ελλάδα	57
6.1	5G, IoT και η Ελλάδα του μέλλοντος	58
6.1.1	<i>Τηλεπικοινωνίες και Οικονομία</i>	59
6.1.2	<i>Υγεία</i>	59
6.1.3	<i>Γεωργία Ακριβείας</i>	60
6.1.4	<i>Βιομηχανία</i>	61
6.1.5	<i>Τουρισμός</i>	62
6.2	Το ‘έξυπνο’ Β. Αιγαίο.....	63
7	Ερωτηματολόγιο : Το 5G και το Internet of Things στα Ελληνικά Δεδομένα	70
7.1	Έρευνα και η δομή της.....	70
7.2	Ερωτήσεις και περιεχόμενο Ερωτηματολογίου	71
7.3	Συμπεράσματα Αποτελεσμάτων Ερωτηματολογίου	87
8	Συμπεράσματα, Προκλήσεις, Μελλοντική Εργασία	88
	Βιβλιογραφία	90

Λίστα Σχημάτων

Εικόνα 1. Τηλέγραφος του Morse	7
Εικόνα 2. Το πρώτο τηλέφωνο του Bell.....	7
Εικόνα 3. Το πρώτο Triode του Forest.....	7
Εικόνα 4. Κυψελοειδές δίκτυο κινητής τηλεφωνίας με επαναχρησιμοποίηση συχνοτήτων.....	9
Εικόνα 5. Βήματα εξέλιξης Ασυρμάτων Τηλεπικοινωνιών Πηγή IEEE.....	16
Εικόνα 6. Αρχιτεκτονική ψηφιοποίηση υποδομών του 5G δικτύου σε σύγκριση με το 4G Πηγή researchgate.net	17
Εικόνα 7. Προκλήσεις του μέλλοντος για το 6G.....	19
Εικόνα 8. Δοκιμή THz συχνοτήτων από την LG προσεγγίζοντας το 6G Πηγή LG Electronics.....	20
Εικόνα 9. Πρόβλεψη μέσης μηνιαίας οικιακής χρήσης του Internet - Πηγή Dr Mark Heath - UK Increase Broadband Speed.....	22
Εικόνα 10. Προδιαγραφές 5G Δικτύου Πηγή Thales Group.....	24
Εικόνα 11. Εθνική Επιτροπή Τηλεπικοινωνιών και Ταχυδρομείων.....	26
Εικόνα 12. Πάροχοι Κινητής Τηλεφωνίας 5G στην Ελλάδα	29
Εικόνα 13. Χρονοδιάγραμμα του 5G στην Ελλάδα	29
Εικόνα 14. Χρονοδιάγραμμα Release 16 και Release 17 Πηγή 3GPP.....	30
Εικόνα 15. Ορισμένα από τα θέματα που καλύπτει το Release 17 Πηγή 3GPP	31
Εικόνα 16. Κατηγορίες υπηρεσιών 5G.....	32
Εικόνα 17. Εφαρμογές 5G για την ενίσχυση τομέων που επηρεάστηκαν από τον Covid	32
Εικόνα 18. Δομή Αρχιτεκτονικής 5G.....	33
Εικόνα 19. Κεραία 5G σε έξυπνο φανοστάτη	35
Εικόνα 20. DAS κεραιοσυστήματα που εξυπηρετούν εσωτερικούς χώρους	38
Εικόνα 21. Παράδειγμα Network Slicing με εφαρμογή IoT υποδομών Πηγή ITU News	41
Εικόνα 22. Αρχιτεκτονική Network Slicing.....	41
Εικόνα 23. Φάσμα Συχνοτήτων 5G.....	43
Εικόνα 24. Αξιοποίηση mmWave σε Small Cell δίκτυο με Beamforming.....	45
Εικόνα 25. Τομείς που επηρεάζει το IoT Πηγή Scientechworld.....	48
Εικόνα 26. Οφέλη IoT σε μια Επιχείρηση.....	49
Εικόνα 27. Οφέλη του IoT στην Αγροτική Παραγωγή Πηγή Bispendra Brsofttech.....	51
Εικόνα 28. Smart Grid.....	53
Εικόνα 29. Εφαρμογές σε ένα Έξυπνο Σπίτι Πηγή Energy.gov.....	55

Εικόνα 30. 5G και υγεία στην Ελλάδα	60
Εικόνα 31. Πληθυσμός Β. Αιγαίου έως το 2019	63
Εικόνα 32. Κάλυψη Δικτύου 5G σε Χώρες ΕΕ Πηγή nperf	64
Εικόνα 33. Κάλυψη Δικτύου στην Ελλάδα Πηγή nperf.....	64
Εικόνα 34. VINEROBOT έξυπνη εποπτεία αμπελοκαλλιέργειας Πηγή www.vinrobot.eu	68
Εικόνα 35. Ερωτήσεις 1 και 2	72
Εικόνα 36. Ερωτήσεις 3 και 4	73
Εικόνα 37. Ερωτήσεις 5 και 6	73
Εικόνα 38. Ερωτήσεις 7 και 8	74
Εικόνα 39. Ερωτήσεις 9 , 10 και 11	74
Εικόνα 40. Ερωτήσεις 12 και 13	75
Εικόνα 41. Ερωτήσεις 14 και 15	75
Εικόνα 42. Ερωτήσεις 16, 17 και 18	76
Εικόνα 43. Στατιστικά αποτελέσματα 1ης Απάντησης.....	77
Εικόνα 44. Στατιστικά αποτελέσματα 2ης Απάντησης.....	77
Εικόνα 45. Στατιστικά αποτελέσματα 3ης Απάντησης.....	78
Εικόνα 46. Στατιστικά αποτελέσματα 4ης Απάντησης.....	78
Εικόνα 47. Στατιστικά αποτελέσματα 5ης Απάντησης.....	79
Εικόνα 48. Στατιστικά αποτελέσματα 6ης Απάντησης.....	79
Εικόνα 49. Στατιστικά αποτελέσματα 7ης Απάντησης.....	80
Εικόνα 50. Στατιστικά αποτελέσματα 8ης Απάντησης.....	80
Εικόνα 51. Στατιστικά αποτελέσματα 9ης Απάντησης.....	81
Εικόνα 52. Στατιστικά αποτελέσματα 10ης Απάντησης.....	81
Εικόνα 53. Στατιστικά αποτελέσματα 11ης Απάντησης.....	82
Εικόνα 54. Στατιστικά αποτελέσματα 12ης Απάντησης.....	82
Εικόνα 55. Στατιστικά αποτελέσματα 13ης Απάντησης.....	83
Εικόνα 56. Στατιστικά αποτελέσματα 14ης Απάντησης.....	84
Εικόνα 57. Στατιστικά αποτελέσματα 15ης Απάντησης.....	85
Εικόνα 58. Στατιστικά αποτελέσματα 16ης Απάντησης.....	85
Εικόνα 59. Στατιστικά αποτελέσματα 17ης Απάντησης.....	86
Εικόνα 60. Στατιστικά αποτελέσματα 18ης Απάντησης.....	86

Περίληψη

Είναι αδιαμφισβήτητο ότι η ανθρωπότητα βρίσκεται στα σπάργανα της 4^{ης} βιομηχανικής επανάστασης, της ψηφιακής. Όπως όλες οι βιομηχανικές επαναστάσεις που βίωσε ο άνθρωπος στο παρελθόν, είχαν μια κινητήρια δύναμη, ένα μέσο μετάδοσης που κατέστησαν εφικτή την άνοησή τους, έτσι και τώρα, το διαδίκτυο και οι νέες τεχνικές επικοινωνιών προσφέρουν έφορο έδαφος που θα οδηγήσουν σε μια νέα εποχή αλλαγών και εξέλιξης. Η Ευριζονικότητα Κινητής Τηλεφωνίας, η διασύνδεση του Διαδικτύου των Αντικειμένων και μια πληθώρα νέων τεχνολογιών που είναι εφικτό να υλοποιηθούν χάρη στα προηγούμενα, οδηγούν τον άνθρωπο σε ένα μέλλον που θα φάνταζε ουτοπικό και γραφικό. Είναι όμως μια πραγματικότητα, που χάρη στην επιστήμη, είναι πιο κοντά από ποτέ η πραγματοποίησή της. Για να επιτευχθεί αυτό, είναι απαραίτητη μια προϋπόθεση, ο ψηφιακός μετασχηματισμός στην οικονομία, στην βιομηχανία, στην ίδια την καθημερινότητα του ανθρώπου. Η επικείμενες αλλαγές που θα έρθουν με τον εν λόγω μετασχηματισμό, αφορούν μια νέα εποχή υπηρεσιών, εφαρμογών και υποδομών που πρόκειται να αλλάξουν τον τρόπο που εργαζόμαστε και ζούμε. Στην υλοποίηση αυτού του ψηφιακού μετασχηματισμού, υπάρχουν δυο πρωταγωνιστές, το Δίκτυο Τηλεπικοινωνιών 5G και το Διαδίκτυο των Αντικειμένων. Δυο συγκοινωνούντα δοχεία, που μέλλουν να ταράζουν τα νερά της καθημερινότητάς μας.

Παράλληλα με την ανάπτυξη της τεχνολογίας, εξελίσσονται και οι ασύρματες επικοινωνίες, με πολύπλευρες πτυχές, καλύπτοντας όλο ένα και περισσότερες ανάγκες. Η κινητή τηλεφωνία μέλλει να είναι ο ακρογωνιαίος λίθος των ασυρμάτων επικοινωνιών. Με τα νέα βελτιωμένα συστήματα ευρυζωνικής επικοινωνίας παρέχει καλύτερη ποιότητα υπηρεσιών στους χρήστες, οι οποίοι καθημερινά αυξάνονται. Είναι πια δεδομένο ότι το ποσοστό των ανθρώπων που χρησιμοποιούν κινητό τηλέφωνο αυξάνεται συνεχώς, καθώς και το ποσοστό των χρηστών έξυπνων τεχνολογικών συσκευών είναι μεγαλύτερο από ποτέ. Καταλυτικός παράγοντας αυτού του γεγονότος είναι η ταχύτατη εξέλιξη των κινητών τηλεφώνων και των έξυπνων συσκευών, οι οποίες εξυπηρετούν ανάγκες του ανθρώπου σε μεγαλύτερο βαθμό από πριν. Το κόστος απόκτησης, έχει μειωθεί, η χρήση τους έγινε απλούστερη, η ποιότητα εικόνας, ήχου και γενικά πολυμεσικής πληροφορίας είναι πλουσιότερη από ποτέ. Καθώς αυξάνονται οι χρήστες έξυπνων συσκευών και εξοπλισμού που ανήκει στην κατηγορία Internet of Things, για παρομοίους λόγους που αναφέρθηκαν πριν, οι πάροχοι τηλεπικοινωνιών προβαίνουν στην τακτική αναβάθμιση των δικτύων κινητής και σταθερής τηλεπικοινωνίας, έτσι ώστε να εξυπηρετήσουν τις μεγάλες ανάγκες που συνεχώς δημιουργούνται.

Η τεχνολογία του 5G, είναι το στάδιο της τεχνολογικής ανάπτυξης που καθιστά εφικτό τον μετασχηματισμό και την ψηφιοποίηση της κοινωνίας μας σε παγκόσμιο επίπεδο. Καθώς οι ανάγκες αυξάνονται, η ζήτηση πολλαπλασιάζεται. Ήταν επιτακτική ανάγκη να υλοποιηθεί ένα δίκτυο τηλεπικοινωνιών τέτοιου βεληνεκού, σχεδιασμένο ώστε να καλύψει τον συνεχώς αυξανόμενο και πολυπλοκότερο όγκο απαιτήσεων των χρηστών, είτε αφορά άνθρωπο είτε μηχανή.

Με γνώμονα τα παραπάνω, καθίσταται απαραίτητη η εξέλιξη και εγκαθίδρυση των δικτύων 5G στην κοινωνία μας, ως το πλέον κατάλληλο μέσο μετάδοσης πληροφορίας, θέτοντας νέες

βάσεις στις ήδη υπάρχουσες δομές επικοινωνιών. Από το 2016 που παρουσιάστηκε για πρώτη φορά, ακαδημαϊκοί φορείς, επιστημονικά εργαστήρια, παγκοσμίου βεληνεκούς επιχειρήσεις τηλεπικοινωνιών και μη, τόσο σε Ευρωπαϊκό όσο παγκόσμιο επίπεδο, ασχολούνται με την υλοποίηση και εφαρμογή του δικτύου 5G, έτσι ώστε να γίνει μέρος της καθημερινότητας μας. Καθώς το Internet of Things εισχωρεί συνεχώς στην καθημερινότητα του ανθρώπου, κερδίζοντας έδαφος στην χρήση του καταναλωτή αλλά και των επιχειρήσεων, γίνεται αντιληπτή η αλληλεπίδραση που θα έχει η τεχνολογία αυτή με το 5G ως κινητήριο δύναμη για την μετάδοση των δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. Τα μοντέλα εφαρμογής και υλοποίησης του 5G δικτύου ποικίλουν ανά χώρα, ανάλογα με τις οικονομικές δυνατότητες, κοινωνικές προτεραιότητες και οραματισμό ανάπτυξης που έχουν. Η Ευρωπαϊκή Ένωση, δίνει προτεραιότητα στον τομέα αυτό, βεβαιώνοντας πως η υλοποίησή του είναι μονόδρομος για την επίτευξη των τεχνολογικών στόχων του μέλλοντος. Η Ελλάδα ενστερνίζεται ήδη την ιδέα αυτή και κινείται με ρυθμούς γοργούς προς την διάδοση του δικτύου αυτού, καθώς θα συνεισφέρει στην οικονομική, κοινωνική ανάπτυξη στο κράτος.

Λέξεις Κλειδιά: 5G, IoT (*Internet of Things*), 3GPP, *Ανάπτυξη*, *Έξυπνη Πόλη*, *Smart Grid*, *Επίδραση*, *Οικονομία*

Abstract

It is indisputable that humanity is at the beginning of a 4th, ‘digital’, industrial revolution. All previous industrial revolutions were instigated by a transformative energy, which allowed for their flourishing. The internet and new communication ‘techniques’ are the driving force behind this new era of change and innovation. Mobile broadband telephony, the interconnection of the Internet of Things, and a plethora of new technologies enabled by the aforementioned innovations, lead humanity into a future that, up until recently, seemed utopian and unachievable. It is, however, a reality, that thanks to science, is very close to be realized. To achieve this reality, the main presupposition is the digital transformation of the economy, industry and, even, the daily life of humanity. The coming changes due to this transformation, will usher in a new age of services, applications and infrastructures that will change the way we live and work. In achieving this transformation there are two main protagonists, 5G networking and the Internet of Things.

In parallel with other technological development, wireless communications are being developed in a variety of ways to encompass an increasing number of needs. Mobile telephony will become the cornerstone of wireless communication, with new and improved broadband systems, which will provide better service quality to the increasing number of users. It is a fact that the number of people that use a mobile phone is continuously increasing, along with the percentage of ‘smart’ device users. A catalyst for this precipitous increase is the evolution of mobile phones and ‘smart’ devices to satisfy the needs of people more than before. Device cost has decreased, their use is simple, the image, sound, and multimedia quality are higher than ever. Similarly, as the number, of ‘smart’ device and equipment, belonging to the Internet of Things, users increases, telecommunications providers upgrade wireless and landline networks, so as to satisfy the requirements that develop.

5G technology is a point in technological development that enables the transformation and digitization of society at a global level. As telecommunication needs increase, demand multiplies. There was an imperative need to implement a telecommunication network of such scope as to encompass the increasing, in number and complexity, volume of need of users, whether human or machine.

Based on the above discussion, the installation and development of 5G networks is critical for the development of society, as the most appropriate means for the transmission of information. Since 2016 when the technology was demonstrated, academic institutions, scientific laboratories, multinational telecommunication companies, have been involved in the implementation and application of 5G networks, at a European as well as a global level. As the Internet of Things, enters daily life, being utilized by consumers and businesses alike, the synergy with 5G as a driving force for real time data transmission becomes more evident. Implementation models for 5G vary by country, dependent on economic considerations, societal priorities and developmental

vision. The European Union, has assigned a significant priority on the telecommunication sector, affirming that its realization is the only way to achieve the technological goals of the future. Greece is already embracing this goal and is rapidly implementing the spread of this network, as it will be important for the economic and social development in our state.

Keywords: *5G, IoT (Internet of Things), 3GPP, Development, Smart City, Smart Grid, Effect, Economy*

1

Εισαγωγή

1.1 Συνδεσιμότητα: Η ανάγκη του σήμερα.

Οι συνέχεις αγώνες που βιώνει ο άνθρωπος ανά τους αιώνες, έχουν οδηγήσει σε προσπάθειες για την ανάπτυξη και κάλυψη των εκάστοτε αναγκών του μέσω της βελτιστοποίησης των διαδικασιών που απαιτούνται. Τα τελευταία χρόνια η ανθρωπότητα, σε παγκόσμιο επίπεδο, βίωσε πρωτοφανείς εμπειρίες και καταστάσεις που μας έκανε να αναθεωρήσουμε γνώμες, ιδεολογίες ακόμα και την ίδια την καθημερινότητα που ζούμε. Η πανδημία, πραγματικά άλλαξε τις ζωές της πλειοψηφίας των ανθρώπων. Ο μηχανισμός που λέγεται ζωή, δεν έπαψε να λειτουργεί, χάρη στην εξέλιξη της τεχνολογίας έχουμε νεότερισμούς στις επικοινωνίες, στην εργασία, στην υγειονομική περίθαλψη, στην ψυχαγωγία και σε αμέτρητους άλλους παράγοντες που αναγκαστικά έπρεπε να προσαρμοστούν με βάση τα αναγκαία νέα δεδομένα. Τα τελευταία χρόνια, όλοι οι άνθρωποι έκαναν ένα μεγάλο βήμα προς την ψηφιοποίηση της ζωής τους. Η δρασκελιά αυτή, μέλλει να αλλάξει τα πάντα στη μορφή που έχουν σήμερα.

Αυτή η επιτακτική ανάγκη για απομακρυσμένη επικοινωνία, ήταν η κινητήριος δύναμη να προχωρήσουν όλο και περισσότεροι άνθρωποι, ανεξάρτητα από ηλικία σε απόκτηση συσκευών που θα τους παρείχαν υπηρεσίες πολυμέσων, ασφάλειας, ψυχαγωγίας, υγείας ακόμη και απομακρυσμένης εργασίας. Συσκευές που θα ήταν συνδεδεμένες στο διαδίκτυο και σε πραγματικό χρόνο, με διαδραστικό τρόπο θα εξυπηρετούσαν τις ανάγκες των ανθρώπων αυτών. Το υφιστάμενο δίκτυο κινητής τηλεφωνίας επιπέδου 4G, παρόλο που έχει αναπτυχθεί σε πολύ ικανοποιητικά επίπεδα, δεν επαρκεί βάσει των αναγκών που αυξάνονται καθημερινά. Η δύση του LTE, ως κυρίαρχο μέσο μετάδοσης κινητής τηλεφωνίας, έχει φτάσει.

Με μια σύντομη αναδρομή στο κοντινό παρελθόν, παρατηρείται ότι περίπου κάθε δέκα χρόνια επέρχονται σημαντικές αλλαγές στις τηλεπικοινωνίες και στην τεχνολογία των κινητών δικτύων. Το 4G (LTE) έχοντας εξαντλήσει τις δυνατότητες εξέλιξής του, έρχεται να δώσει την σκυτάλη στην επόμενη γενιά κινητής τηλεπικοινωνίας. Το 5G, από θεωρία, σιγά σιγά αλλά με σταθερό ρυθμό, γίνεται πράξη, ξεφεύγοντας από το φάσμα των εργαστήριων. Εισχωρεί στην καθημερινότητα του ανθρώπου, αλλάζοντας τα δεδομένα που ίσχυαν μέχρι σήμερα. Το νέο αυτό δίκτυο δίνει τη δυνατότητα, όχι μόνο για ποιοτικότερη και ταχύτερη επικοινωνία μεταξύ των

ανθρώπων αλλά και μεταξύ των μηχανών, ανοίγοντας το δρόμο για τη διάνθιση του Διαδικτύου των Αντικειμένων. Οι πάροχοι κινητής τηλεφωνίας, εγκαθιστούν ολοένα και περισσότερες υποδομές, έτσι ώστε να έρθει η νέα τεχνολογία κινητής επικοινωνίας, ακόμα ταχύτερα κοντά μας, αναπτύσσοντας το 5G συνεχώς.

Δεδομένου ότι ο αριθμός χρηστών αυξάνεται με ραγδαίους ρυθμούς, αξίζει να σημειωθεί ότι πάνω από ένα δισεκατομμύριο άνθρωποι ήδη κατοικούν σε περιοχές που υπάρχει κάλυψη σήματος 5G. Χάρη στις νέες αυτές υποδομές κυψελοειδών δικτύων εξυπηρετούνται ανάγκες ακόμη πιο απαιτητικές, ενώ πριν δεν θα ήταν εφικτό. Ο άνθρωπος χρησιμοποιεί πλέον το διαδίκτυο παντού και για μεγαλύτερη ποικιλία θεματολογίας από οποιαδήποτε στιγμή της ιστορίας του. Εκπαίδευση, τηλεϊατρική, διαδικτυακές συναλλαγές, ακόμη και η ίδια η εργασία τους, υποστηρίζεται μέσω του διαδικτύου. Με τις επερχόμενες αλλαγές που θα φέρει το 5G δίκτυο, οι λειτουργίες που αναφέρθηκαν προηγουμένως, θα έχουν τη δυνατότητα να πραγματοποιούνται ταχύτερα, με μεγαλύτερη ασφάλεια αποτελεσματικότερα, ελαχιστοποιώντας τα προβλήματα που συνήθως προκύπτουν λόγω έλλειψης συνδεσιμότητας.

1.2 Αντικείμενο διπλωματικής

Η επιστημονική κοινότητα, μελετώντας τις πτυχές ανάπτυξης του δικτύου 5G, με διερεύνηση, τεκμηρίωση, εξέλιξη και ορθή προβολή του δικτύου αυτού, καλείται να είναι ο οδηγός για την νέα σελίδα που γράφεται στην ιστορία της ανθρωπότητας και την επικοινωνία του κόσμου και των μηχανών.

Στόχος της εν λόγω διπλωματικής εργασίας είναι να καταγράψει την παρούσα κατάσταση και τις προοπτικές των τηλεπικοινωνιακών δικτύων πέμπτης γενιάς στην Ελλάδα και η συσχέτιση με την παράλληλη ανάπτυξη του Δικτύου των Αντικειμένων σε κοινωνικό, τεχνολογικό και οικονομικό επίπεδο.

Ο στόχος αυτός, για να έρθει εις πέρας, παραθέτεται μια βιβλιογραφική ανασκόπηση χρησιμοποιώντας πηγες τόσο από διεθνείς όσο και Ελληνικούς οργανισμούς, μελετώντας και αξιολογώντας την παρούσα κατάσταση στον Ελληνικό χώρο καθώς και την κατάσταση σε παγκόσμιο επίπεδο, όσον αφορά το IoT (Internet of Things) και το 5G, σε επίπεδα ετοιμότητας, επιρροής και μελλοντικής υλοποίησης τεχνολογικών μοντέλων και καινοτομιών.

1.3 Δομή της διπλωματικής

Η Εισαγωγή της διπλωματικής εργασίας αναγράφεται στο Κεφάλαιο 1.

Στο Κεφάλαιο 2, γίνεται μια ιστορική αναδρομή στην εξέλιξη της τεχνολογίας των τηλεπικοινωνιών.

Το Κεφάλαιο 3 αναφέρεται στις τεχνολογίες ασύρματης κινητής επικοινωνίας.

Το αντικείμενο του Κεφαλαίου 4 είναι τα θεωρητικά και τεχνικά χαρακτηριστικά της τεχνολογίας 5G.

Στο Κεφάλαιο 5 αναφερόμαστε στο Διαδίκτυο των Πράγματος (Internet of Things).

Το Κεφάλαιο 6 αφορά την ανάλυση της σχέσης εξέλιξης του 5G και του Internet of Things με την κοινωνικοοικονομική ανάπτυξη στην Ελλάδα και τις ιδιαιτερότητες της γεωγραφικής μορφολογίας της, καθώς και την κατάσταση σε παγκόσμιο επίπεδο.

Στο Κεφάλαιο 7 παρατίθεται το ερωτηματολόγιο και τα αποτελέσματα του, καθώς και η ανάλυση του σύμφωνα με τα σημερινά δεδομένα.

Το Κεφάλαιο 8 περιέχει τα αποτελέσματα, τα συμπεράσματα, τις προκλήσεις και προτάσεις που αφορούν το αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας.

2

Ανασκόπηση Τηλεπικοινωνιών

μέχρι σήμερα

2.1 Ιστορική Αναδρομή

Η εξέλιξη της τεχνολογίας και κυρίως ο τομέας των τηλεπικοινωνιών, αδιαμφισβήτητα έχει συμβάλει στην κοινωνική και οικονομική ανάπτυξη ολόκληρου του πλανήτη. Από την αρχαιότητα η ανάγκη για επικοινωνία ήταν μια από τις σημαντικότερες προτεραιότητες του ανθρώπου, επιτρέποντάς του να συνάψει και να διατηρήσει κοινωνίες. Ο ορισμός της επικοινωνίας είναι η μεταφορά μιας μορφής πληροφορίας από ένα σημείο σε ένα άλλο με τη χρήση ενός ορισμένου μέσου μετάδοσης και χρήσης συγκεκριμένων διαδικασιών. Όσο οι κοινωνίες μεγάλωναν και διασκορπιζόντουσαν στα μήκη και πλάτη του κόσμου, τόσο μεγαλύτερη ήταν η ανάγκη για την αποστολή πληροφοριών μακρύτερα. Καθοριστικό ρόλο στην κάλυψη αυτής της ανάγκης, έπαιζαν οι τηλεπικοινωνίες που εξυπηρετούν ακριβώς αυτή την ανάγκη, καθιστούν εφικτή την μετάδοση πληροφορίας μεταξύ δυο σημείων σε μακρινή απόσταση μεταξύ τους, δηλαδή επικοινωνία από απόσταση, όπως είναι και αντιληπτό από το πρόθεμα της ίδιας της λέξης.

Οι τηλεπικοινωνίες τους τελευταίους αιώνες έχουν επιτρέψει στον άνθρωπο να φέρει σε πέρας έργα και να επιλύσει προβλήματα, πού θα ήταν αδύνατο να διεκπεραιωθούν δίχως αυτές. Ακρογωνιαίος λίθος αυτής της εξελικτικής πορείας των τηλεπικοινωνιών είναι το έργο του James Maxwell, που θεμελίωσε τον ηλεκτρομαγνητισμό, όπως τον γνωρίζουμε σήμερα, θέτοντας τις βάσεις για τις μετέπειτα ανακαλύψεις στον τομέα αυτό. Τα τηλεπικοινωνιακά συστήματα που έχουμε έως και σήμερα, λειτουργούν με ηλεκτρική ενέργεια με τη χρήση ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων (electromagnetic waves), όσον αφορά στις ασύρματες τηλεπικοινωνίες ενώ για τις ενσύρματες έχουμε ηλεκτρικά σήματα (electric signals). Το εναρκτήριο λάκτισμα των τηλεπικοινωνιών με τη χρήστη ηλεκτρικής ενέργειας, έγινε από τον επιστήμονα David Alter με την εφεύρεση του τηλέγραφου και τελειοποιήθηκε από τον Samuel Morse με την αναβάθμιση της εν λόγω συσκευής και την καθιέρωση του συστήματος επικοινωνίας Morse Code, που εφηύρε ο

ίδιος το 1837. [27] Η χρήση του τηλέγραφου στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής και το πρώτο ενσύρματο δίκτυο τηλεπικοινωνιών σηματοδοτούν την αφετηρία μιας νέας εποχής της ανθρωπότητας. Το 1844 έγινε η πρώτη διασύνδεση τηλεπικοινωνίας μεταξύ δυο πόλεων με τη χρήση τηλέγραφου, ενώνοντας την Βαλτιμόρη (Baltimore) με την Ουάσιγκτον (Washington) των ΗΠΑ. Αξίζει να σημειωθεί ότι το πρώτο μήνυμα που εστάλη με τη χρήση του κώδικα Morse, έγραφε ‘What hath God wrought?’ (Τι έφτιαξε ο Θεός;) , εκφράζοντας το θαυμασμό του για το επίτευγμα που κατάφεραν εκείνη την ημέρα, αναφερόμενος στην ίδια έκφραση που αναγράφονταν στην Βίβλο. Η βασική ιδέα στον κώδικα Morse είναι ότι γίνεται η αναπαράσταση του Λατινικού αλφάβητου με τη χρήση συστοιχιών από τελείες και παύλες, ουσιαστικά ένα δυαδικό σύστημα με σύντομες και παρατεταμένες τάσεις. Τα επίσημα ονόματα που έχουν οι τελείες είναι Στιγμές και οι παύλες είναι Γραμμές, αντιστοιχίζοντάς τα σε ηλεκτρικά σήματα για την μετάδοση μέσω του ενσύρματου δικτύου. Το σύστημα αυτό έμελλε να είναι ο προπάτορας πληθώρας δομών επικοινωνίας, τουλάχιστον σε θεωρητικό επίπεδο, που χρησιμοποιούμε ακόμη και σήμερα.

Η συνέχεια στην εξέλιξη των τηλεπικοινωνιών ήταν άμεση. Αν αναλογιστούμε τους αιώνες που χρειάστηκε να περάσουν για να γίνει το πρώτο βήμα, μόλις το 1876 με οδηγό τον επιστήμονα Alexander Graham Bell εφευρέθηκε το τηλέφωνο. Σε αντίθεση με τον τηλέγραφο, εδώ έχουμε αποστολή φωνητικών ήχων με τη χρήση και πάλι των ηλεκτρικών σημάτων για την μεταφορά ομιλίας από ένα σημείο σε ένα άλλο. Η λειτουργία είναι φαινομενικά απλή, επαναστατική όμως για την εποχή που πρωτοεμφανίστηκε. Στην τηλεφωνική συσκευή, ο χρήστης σχηματίζει τον αριθμό που επιθυμεί, το ηλεκτρικό σήμα αποστέλλεται στο αντίστοιχο τηλεφωνικό κέντρο και γίνεται η διανομή του σήματος προς τον παραλήπτη από το κέντρο αυτό.

Κατά τη διάρκεια της επομένης πενταετίας, ξεκίνησε η εγκατάσταση των πρώτων δικτύων ενσύρματης τηλεφωνίας και των αντίστοιχων συσκευών τηλεφώνου στο Λονδίνο. Την περίοδο εκείνη ιδρύεται η πρώτη εταιρία τηλεφωνίας, η Bell Telephony Company. Οι αρχικές υπηρεσίες που είχε τη δυνατότητα να παρέχει το δίκτυο αυτό ήταν απλές στη φύση τους, λόγω της μικρής χιλιομετρικής απόστασης που μπορούσαν να εξυπηρετήσουν, του θόρυβου κατά τη διάδοση της κλίσης και της αδυναμίας που υπήρχε στην όλη διαδικασία λόγω απόσβεσης σήματος. Ο Lee de Forest με την εφεύρεση της Τριόδου λυχνίας ενίσχυσης κενού κατάφερε να ενισχύσει το σήμα, πολλαπλασιάζοντας χιλιομετρικές αποστάσεις που μπορούσε να καλύψει ένα τηλεφωνικό δίκτυο. Το 1915 πραγματοποιήθηκε η πρώτη διηπειρωτική τηλεφωνική κλήση με επιτυχία. Έπειτα από 40 χρόνια, έγινε η πρώτη εγκατάσταση καλωδίου κατά μήκος του Ατλαντικού ωκεανού, έτσι ώστε να καθιερωθεί και επίσημα η δυνατότητα τηλεφωνικής επικοινωνίας μεταξύ Ευρώπης και ΗΠΑ. Στην τεχνολογία αυτή συνέβαλαν και άλλες εφευρέσεις, όπως η χρήση του επαγωγικού πηνίου, το μικρόφωνο άνθρακα, η χρήση ποιοτικότερων ακουστικών με κατάλληλες μεμβράνες και η εξέλιξη στην τεχνολογία για μεγαλύτερη εμβέλεια κάλυψης δικτύου.

Παρόλο που η ενσύρματη τηλεφωνία ήταν περισσότερο διαδεδομένη στο ευρύτερο κοινό εκείνη την εποχή, σημαντικές εφευρέσεις σημειώθηκαν και στις ασύρματες επικοινωνίες, τους προγόνους των σημερινών μέσων επικοινωνίας. Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, με την

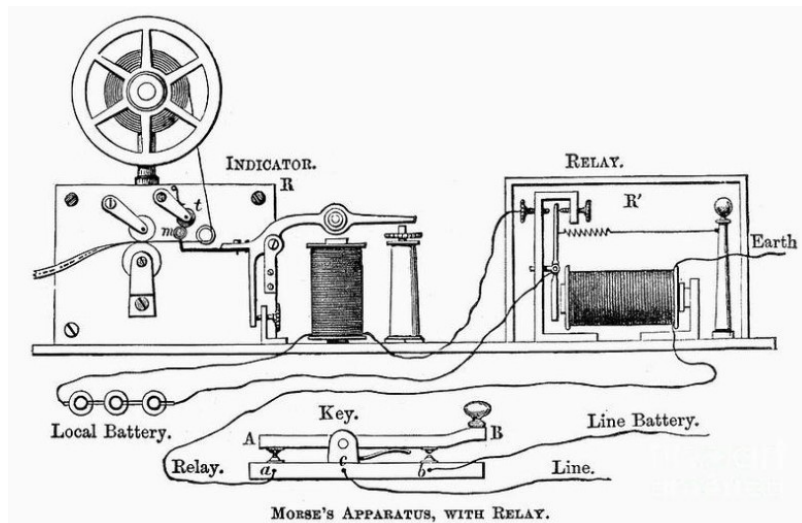
ηλεκτρομαγνητική θεωρία του Maxwell και την πειραματική της εφαρμογή από τον Hertz, έγινε γνωστή στον άνθρωπο η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, η οποία είναι το θεμέλιο των ασύρματων τηλεπικοινωνιών. Ο Marconi καταφέρνει να υλοποιήσει τον πρώτο ασύρματο τηλεγράφο με δυνατότητα μετάδοσης σήματος τουλάχιστον 2 χιλιομέτρων. Με τη χρήση διόδου κενού του Fleming και την τριόδου λυχνία κενού του Forest, έγινε εφικτή η πρώτη ραδιοφωνία AM (Amplitude Modulation) το 1920 και λίγα χρόνια αργότερα η ραδιοφωνία FM (Frequency Modulation). Παράλληλα με την ανάπτυξη της ραδιοφωνίας, έχουμε και το πρώτο τηλεοπτικό σήμα το 1929.

Χάρη στις εφευρέσεις που αναφέρονται παρακάτω, υπάρχει περαιτέρω τεχνολογική εξέλιξη στις ασύρματες επικοινωνίες.

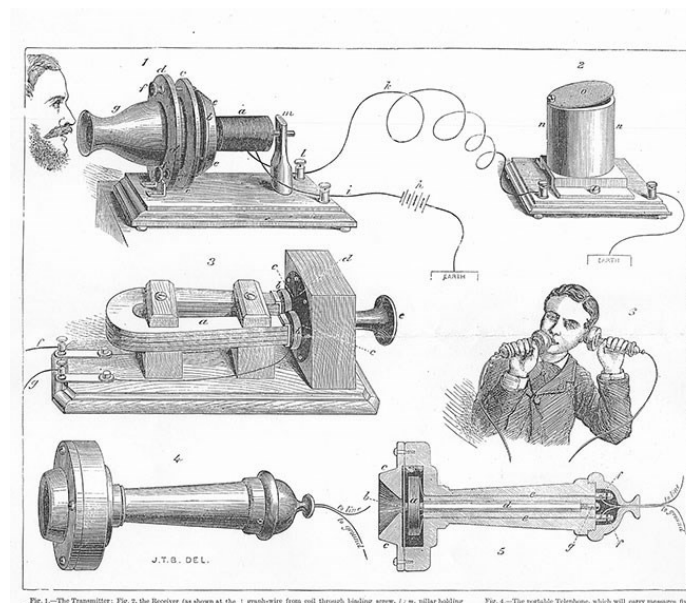
- Transistor, από τους Shockley, Brattain, Bardeen το 1947
- Ολοκληρωμένο Κύκλωμα , από τους Kilby και Noyce το 1959
- Τεχνολογία Laser, από τους Shawlow και Townes το 1957

Οι εφευρέσεις αυτές συνέβαλαν στην ενίσχυση της λειτουργίας των ασυρμάτων συστημάτων τηλεπικοινωνιών, μειώνοντας το μέγεθος των ηλεκτρικών κυκλωμάτων, ελαττώνοντας το βάρος των συσκευών, δημιουργώντας συστήματα χαμηλότερης απαίτησης ισχύος. Με τις παραπάνω τεχνολογίες έχουμε την ανάπτυξη ζεύξης radio ευρείας ζώνης, χρήση οπτικών ινών, χρήση συστημάτων με μικροκύματα, ακόμη και δορυφορικές επικοινωνίες. Η ανάπτυξη της τεχνολογίας στις ασύρματες τηλεπικοινωνίες κατά τα 30 τελευταία χρόνια, αλλά και οι εξελίξεις υλικολογισμικού (Firmware) εξοπλισμού, καθώς και η μείωση του κόστους παραγωγής της, οδηγούν σε μια νέα εποχή για τις επικοινωνίες. Το πλεονέκτημα αυτό δεν αφορά μόνο την επικοινωνία μεταξύ ανθρώπων, αλλά κυρίως μεταξύ μηχανών, με αποτέλεσμα να ανατείλει η εποχή του Internet of Things.

Στη συνέχεια θα μελετηθεί η εξέλιξη της τεχνολογίας της κινητής τηλεφωνίας, οι εφαρμογές της μέχρι σήμερα και σε επόμενο κεφάλαιο οι ανάπτυξη του Διαδικτύου των Αντικειμένων (Internet of Things) και η ένταξη του στην καθημερινότητα των ανθρώπων.



Εικόνα 1. Τηλέγραφος του Morse



Εικόνα 2. Το πρώτο τηλέφωνο του Bell



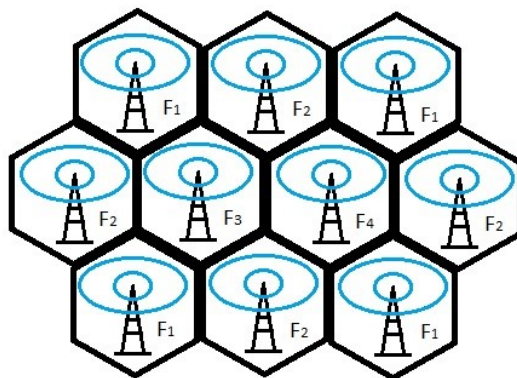
Εικόνα 3. Το πρώτο Triode του Forest

2.2 Οι τηλεπικοινωνίες με τη χρήση Κυψελοειδών

Συστημάτων

Η μετάδοση πληροφορίας με τη χρήση ραδιοκυμάτων ή μικροκυμάτων είναι ουσιαστικά η βασική δομή για την ύπαρξη ενός ασύρματου δικτύου, το οποίο αφορά τηλεπικοινωνίες, δίκτυο υπολογιστών ή ακόμα και ένα έξυπνο δίκτυο αισθητήρων που αποτελεί μια Internet of Things οντότητα. Αντίθετα από την ενσύρματη επικοινωνία, όπου το μέσο είναι ένας τύπος καλωδίου, στις ασύρματες τηλεπικοινωνίες με τη χρήση ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων, με ορισμένη συχνότητα που είναι άμεσα συνδεδεμένη με τον ρυθμό της εν λόγω μετάδοσης, έχουμε την επίτευξη μεταφοράς πληροφορίας. Από την αρχή της χρήσης τους, ήταν ξεκάθαρα τα πλεονεκτήματα της ασύρματης επικοινωνίας σε σχέση με την ενσύρματη. Η δυνατότητα κινητικότητας του χρήστη και η έλλειψη υλικών δεσμών, όπως τα καλώδια, να περιορίζουν την μετάβαση της κινητής συσκευής από ένα σημείο σε ένα άλλο, έτσι ώστε να μπορούν οι χρήστες να επικοινωνήσουν και να ανταλλάξουν πληροφορίες μεταξύ τους είναι φανερά απελευθερωτικό. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση ορισμένων Σταθμών Βάσεων (Base Stations) για την αναμετάδοση και την διασύνδεση των χρηστών και των συσκευών προς επικοινωνία. Αξίζει να αναφερθεί ότι υφίστανται και ασύρματες επικοινωνίες όπου δεν είναι προ απαιτούμενη η ύπαρξη κάποιου Σταθμού Βάσης, έτσι ώστε να επιτευχθεί ζεύξη μεταξύ συσκευών. Επιπρόσθετα, το κόστος της υλοποίησης ενός ασύρματου δικτύου, καθώς και η συντήρησή του είναι μικρότερο σε αντίθεση με το ενσύρματο, διότι δεν είναι υποχρεωτική η ύπαρξη πληθώρας καλωδίων και hubs έτσι ώστε να γίνεται δρομολόγηση της πληροφορίας προς όλους τους πιθανούς χρήστες. [60]

Τα οφέλη που έχουν αποκομιστεί από τη χρήση της ασύρματης δικτύωσης, έχουν επηρεάσει ποικίλους τομείς των ανθρώπινων δραστηριοτήτων, ειδικά στην εποχή που διανύουμε όπου η ψηφιοποίηση των αντικειμένων και των λειτουργιών είναι καθημερινό φαινόμενο για όλους. [23]



Εικόνα 4. Κυψελοειδές δίκτυο κινητής τηλεφωνίας με επαναχρησιμοποίηση συχνοτήτων

Τομέας Ενημέρωσης: Η δυνατότητα πληροφόρησης σε πρώτο χρόνο, άμεσα, με δυνατότητα δυναμικής διασταύρωσης πληροφορίας, παρακολούθησης ζωντανής μετάδοσης (Live Broadcasting) από οποιοδήποτε σημείο της γης, έφερε κοσμοϊστορικές αλλαγές στα δεδομένα της ενημέρωσης. Ο χρήστης δεν είναι πια απαραίτητο να είναι πίσω από μια οθόνη υπολογιστή, να έχει στα χέρια του μια εφημερίδα ή να αναμένει το προγραμματισμένο δελτίο ειδήσεων σε μια τηλεόραση. Η χρήση του κινητού τηλεφώνου επιτρέπει, μέσω ασύρματης λήψης δεδομένων, την άμεση και αδιάκοπη πληροφόρηση του χρήστη του.

Υγειονομικές Δομές : Καθώς η τεχνολογία έχει επηρεάσει όλους τους τομείς, έτσι και στον τομέα της υγείας συμβάλλει στην ανάπτυξη, ποιοτικότερη περίθαλψη και παροχή υγειονομικών υπηρεσιών απομακρυσμένα, σε τοποθεσίες που θα ήταν μέχρι τώρα αδύνατη. Με την υλοποίηση ασύρματων δικτύων και τη χρήση τηλεπικοινωνιών, ο τομέας της υγείας έχει παρουσιάσει μεγαλειώδη άλματα τα τελευταία χρόνια.

Τομέας Εργασίας και Βιομηχανίας : Με την χρήση των κινητών τηλεφώνων και τις υπόλοιπες μεθόδους ασύρματης επικοινωνίας να έχουν γίνει αναπόσπαστο τμήμα των επαγγελματικών κλάδων αλλά και της βιομηχανίας, επιταχύνονται οι διαδικασίες παραγωγής, ελαχιστοποιούνται οι λανθασμένες ενέργειες, αυξάνεται το κέρδος και αναβαθμίζεται η ποιότητα παροχής υπηρεσιών και αγαθών.

Τομέας Ψυχαγωγίας : Στην εποχή που διανύουμε, η δυνατότητα να έχουμε στα χεριά μας μια συσκευή όπως το Smartphone, το οποίο έχει αντικαταστήσει μια μεγάλη ποικιλία άλλων μέσων μετάδοσης πολυμέσων, πρόσβασης στο διαδίκτυο, ικανότητας πρόσβασης σε ψηφιακά παιχνίδια, αναπαραγωγής μουσικής, ανάγνωσης ενός βιβλίου με ένα απλό άγγιγμα στην οθόνη, έχει αλλάξει τον τρόπο προσέγγισης της ψυχαγωγίας σήμερα.

Αντιμετώπιση Έκτακτων Αναγκών : Η δυνατότητα έγκαιρης και άμεσης ενημέρωσης από αρμόδιους φορείς προστασίας σε προσωπικό επίπεδο με τον χρήστη, στο κινητό του τηλέφωνο με

τη χρήση του αριθμού 112, αδιαμφισβήτητα έχει βοηθήσει συνάνθρωπους μας κατά τη διάρκεια φυσικών καταστροφών και επικείμενων επικίνδυνων καταστάσεων για την υγεία και τη σωματική ακεραιότητα σε παγκόσμιο επίπεδο.

Ένα από τα σημαντικότερα και συνηθέστερα ασύρματα δίκτυα που χρησιμοποιεί ο άνθρωπος σήμερα, είναι το δίκτυο κινητής τηλεφωνίας. Ως δίκτυο κινητής τηλεφωνίας ορίζουμε τη διασύνδεση μεταξύ ασυρμάτων συσκευών τηλεφώνων, έτσι ώστε να είναι εφικτή η μεταφορά φωνής, κειμένου και ψηφιακών δεδομένων. Για την επίτευξη της μετάδοσης σήματος προς τα κινητά τηλέφωνα, γίνεται χρήση κυψελωτών συστημάτων. Ένα τέτοιο σύστημα έχει ως κύριο στοιχείο του την γεωγραφική διάτμηση της περιοχής που θα εξυπηρετεί, χωρίζοντας την σε τμήματα, με σκοπό την βελτιστοποίηση της διαχείρισης πόρων, τα οποία ονομάζονται κυψέλες. Η δομή ενός τέτοιου Σταθμού Βάσης (Base Station) αποτελείται από την κεραία, τον πομπό και τον δέκτη του σήματος. Ένα τέτοιο σύστημα αποτελείται από μια συστάδα κυψελών, ανάλογα με τις αποστάσεις που απαιτούνται να καλυφθούν, τους πόρους που διανέμονται, την ίδια την μορφολογία του εδάφους της περιοχής που είναι τοποθετημένες και τον πληθυσμό που εξυπηρετείται από το σύστημα αυτό. Η συσκευή του εκάστοτε χρήστη, επικοινωνεί πρώτα με τον πλησιέστερο Σταθμό Βάσης, όπου του αναλογεί μια συγκεκριμένη περιοχή συχνοτήτων, έτσι ώστε να υπάρχει δυνατότητα επικοινωνίας με άλλους χρήστες. Με την χρήση μοναδικού αριθμού που αντιστοιχεί σε κάθε τηλέφωνο, υπάρχει η δυνατότητα κλήσης και επικοινωνίας μεταξύ των χρηστών, όπου η αντίστοιχη βάση που είναι συνδεδεμένος ο κάθε χρήστης σε συγκεκριμένη απόσταση από αυτόν, πραγματοποιείται η επικοινωνία των δυο τηλεφώνων δρομολογώντας την κλήση από το ένα κυψελωτό δίκτυο στο άλλο. Η πρώτη ολοκληρωμένη συσκευή κινητού τηλεφώνου παρουσιάστηκε από την εταιρία Motorola το 1983. Κατά την δεκαετία του 1980 έχουμε την λεγόμενη πρώτη γενιά κινητών τηλεφώνων (1G), όπου αρχίζουν να γίνονται γνωστά στο ευρύ κοινό. Στο επόμενο κεφάλαιο αναφέρονται οι γενιές της κινητής τηλεφωνίας έως και σήμερα.



Εικόνα 4 Motorola DynaTAC 1983

3

Γενιές Δικτύων Κινητής Τηλεφωνίας

3.1 Το 1G: Η πρώτη γενιά κινητής τηλεφωνίας

Το πρώτο δίκτυο κινητής τηλεφωνίας, που χαρακτηρίζεται ως το 1G, υλοποιήθηκε κατά τη δεκαετία του 1980 στην Ιαπωνία με δομές αναλογικής φύσης. Οι τεχνολογίες που χρησιμοποιήθηκαν είχαν τις αρχές τους στην FM (Frequency Modulation) όπως και στο ραδιόφωνο καθώς και στο FDMA (Frequency Division Multiple Access). Οι προβληματισμοί για το δίκτυο 1G δεν άργησαν να εμφανιστούν από τη πλευρά των επιστημόνων. Η χρήση αναλογικού συστήματος επικοινωνίας δεν επιτρέπει ασφαλή μετάδοση της πληροφορίας και η επικοινωνία πομπού και δέκτη, δηλαδή του χρήστη και του Σταθμού Βάσης, επιτρέπει μικρό όγκο πληροφορίας δεδομένων επικοινωνίας κατά τη χρήση του δικτύου. Ήταν αναμενόμενο, η επιστημονική κοινότητα να κινηθεί με γοργά βήματα προς την επόμενη γενιά δικτύων κινητής τηλεφωνίας.

3.2 Το 2G: Η δεύτερη γενιά κινητής τηλεφωνίας

Δέκα χρόνια μετά την εμφάνιση του 1G στην Ιαπωνία, έχουμε τα πρώτα δίκτυα δεύτερης γενιάς με κυψελοειδή μορφή, αυτή τη φορά στην Φινλανδία το 1991. Το πρότυπο που ορίστηκε ήταν το GSM που χρησιμοποιείται ακόμη και σήμερα. Το 1G με την αναλογική τεχνολογία, έδωσε τη σκυτάλη στο 2G ψηφιακής τεχνολογίας δίκτυο, χρησιμοποιώντας για πρώτη φορά τις τεχνολογίες TDMA (Time Division Multiplex Access) και CDMA (Code Division Multiplex Access). Με την πρώτη υπάρχει η δυνατότητα το ίδιο κανάλι συχνοτήτων να χρησιμοποιείται από

πολλαπλούς χρήστες ταυτόχρονα διαιρώντας το σε διαστήματα διαφορετικού χρονισμού και το δεύτερο με τη χρήση ενός καναλιού επικοινωνιών, πολλαπλοί χρήστες μπορούν να αποστείλουν πληροφορία στον ίδιο χρόνο. Το γεγονός αυτό επιτρέπει περισσότερους χρήστες να κάνουν χρήση του ίδιου συστήματος ταυτόχρονα, κάτι που κάνει το 2G να υπερτερεί πολύ σε σχέση με την προηγούμενη τεχνολογία του 1G. Καθοριστικό ρόλο έπαιξε και η ψηφιοποίηση του σήματος, με τη χρήση ενός μετατροπέα, προσφέροντας υψηλότερες ταχύτητες καθώς και την υπηρεσία roaming δηλαδή της χρήσης περιαγωγής μετακινούμενος από τη μια χώρα σε μια άλλη συνεχίζοντας τη χρήση κινητού τηλεφώνου. Με την νέα αυτή υποδομή, επιτρέπεται πέρα από μετάδοση φωνής, να στείλει ο χρήστης κείμενο με τη χρήση SMS (Short Message Service) και παρέχεται μεγαλύτερη ασφάλεια με την εφαρμογή κρυπτογράφησης της μεταδιδόμενης πληροφορίας κατά τη χρήση του δικτύου.

Όπως αναφέρθηκε στο 2G, χρησιμοποιείται το GSM πρότυπο. Η συχνότητα που έχει είναι στα 900 MHz και με εύρος της ζώνης στα 25MHz, στη συνέχεια, λόγω της αυξημένης χρήσης εντάχθηκε και η ζώνη των 1800MHz – 1900MHz λόγω απαιτήσεων μεγαλύτερης χωρητικότητας. Καθώς το GSM πρότυπο χρησιμοποιήθηκε από την Ευρώπη, στην Αμερική έχουμε το IS-136 πρότυπο δικτύου για το 2G με εύρος ζώνης τα 60MHz. Η μετάδοση από τον Σταθμό Βάσης προς το κινητό τηλέφωνο του χρήστη είναι στη συχνότητα 1930MHz έως 1990MHz ενώ η μετάδοση σήματος από το κινητό του χρήστη προς τον Σταθμό Βάσης είναι στη συχνότητα 1850MHz έως 1910MHz. Στο πρότυπο αυτό, γίνεται χρήση του TDMA. Για το 2G, υπάρχει ένα ακόμα πρότυπο, στο οποίο γίνεται χρήση του CDMA, το IS-95.

3.2.1 Το 2,5G: Η αναβάθμιση σε GPRS

Με την πάροδο του χρόνου και την προβολή των πλεονεκτημάτων της κινητής τηλεφωνίας ως μέσο επικοινωνίας, οι χρήστες αυξήθηκαν και το δίκτυο 2G άρχισε να μη μπορεί να καλύψει τις ανάγκες τους. Η εξέλιξη του δικτύου δεν καθυστέρησε και το 1998 τέθηκαν τα standards από το 3GPP για το 2,5G και τη χρήση του προτύπου GPRS (General Packet Radio Service). Η μεγαλύτερη αλλαγή από το 2G προς το 2,5G είναι το γεγονός ότι δεσμεύονται πόροι του δικτύου μόνο κατά τη διάρκεια αποστολής δεδομένων, διασφαλίζοντας ομαλότερη λειτουργία για περισσότερους χρήστες που εξυπηρετούνται. Παράλληλα με το GPRS, χρησιμοποιήθηκε το HSCSD (High Speed Circuit Switched Data) πρότυπο όπου χρησιμοποιούνται κυκλώματα εναλλαγής καναλιών κλήσεων, έως 4 ταυτόχρονα, από το κινητό/χρήστη. Το HSCSD έχει μέγιστη ταχύτητα μετάδοσης 57,6 kbps. Αποδείχθηκε ότι η άσκοπη κατανάλωση και δέσμευση πόρων του δικτύου με τη λειτουργία αυτή, σύντομα έπρεπε να αντικατασταθεί.

3.2.2 Το 2,75G: Πρότυπο EDGE

Το κύκνειο άσμα των προτύπων της τεχνολογίας 2G, ήταν το πρότυπο EDGE (Enhanced Data for Global Evolution). Με την χρήση του προτύπου αυτού, τριπλασιαστήκαν οι ταχύτητες

συγκριτικά με το GPRS, το οποίο είχε ήδη ξεπεραστεί. Η ταχύτητα του EDGE ανερχόταν στα 473 kbps αλλά σε πρακτικό επίπεδο, είχε περιοριστεί στα 135kbps για την διατήρηση των φασματικών πόρων και την ομαλή μετάδοση δεδομένων έτσι ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι απώλειες. Ένα χαρακτηριστικό πρόβλημα ετερογένειας παρουσιάστηκε με τη χρήση του EDGE καθώς αν ο πομπός και ο δέκτης δεν υποστήριζαν το πρότυπο αυτό, η μετάδοση υποβαθμιζόταν αυτόματα σε GPRS, με τις ανάλογες ταχύτητες και χαρακτηριστικά. Το EDGE βασίστηκε στην δομή πακέτων που έχουν τα TDMA με 8PSK (8-phase Shift Key) δηλαδή η ταχύτητα μετάδοσης μετριέται ανά 8 timeslots.

3.3 Το 3G: Η τρίτη γενιά κινητής τηλεφωνίας

Το 1998 στην Ιαπωνία γίνεται η πρώτη εμφάνιση ενός νέου δικτύου τηλεπικοινωνιών, η πρώτη μορφή του 3G με το όνομα FOMA (Freedom of Mobile Multimedia Access) όπου το διαδέχεται το 2001 το δίκτυο 3G, το οποίο είναι το πρώτο τυποποιημένο σύστημα σε διεθνές επίπεδο και γίνεται εμπορικά διαθέσιμο το 2003.

Η τεχνολογία που χρησιμοποιείται στο 3G είναι η WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access) η οποία έχει εύρος ζώνης 5MHz. Με την τεχνολογία αυτή και την χρήση καναλιών μεγαλύτερου εύρους ζώνης η τεχνική διαμόρφωσης φάσματος, επιτυγχάνεται βέλτιστη μετάδοση δεδομένων σε αντίθεση με τους προκάτοχους του, που δέσμευαν μια αποκλειστική (dedicated) ζώνη συχνοτήτων για κάθε απαιτούμενη σύνδεση. Τα πρότυπα που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίηση του δικτύου 3G είναι το TDD, FFD , UMTS και τέλος το CDMA-2000.

Το UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) χρησιμοποιήθηκε ευρέως στην Ευρώπη που είναι ουσιαστικά η εξέλιξη των δικτύων δεύτερης γενιάς 2G. Υποστηρίζει γρηγορότερη ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων σε θεωρητικό επίπεδο μπορεί να φτάσει τα 2 Mbps, μεγαλύτερη χωρητικότητα φωνής (voice capacity) , με τη χρήση του WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access). Η επίτευξη τέτοιων ταχυτήτων, το καθιστά ικανό να παρέχει την πρόσβαση των χρηστών στο διαδίκτυο. Παρόλο που το πρότυπο UMTS έχει πλεονεκτήματα σε σχέση με τους προκάτοχους του, η κατανάλωση ενέργειας που απαιτείται είναι ένας από τους λόγους που επιβλήθηκε ο σταδιακός περιορισμός του με τον ερχομό του 5G στις μέρες μας.

Τέλος, το CDMA-2000 ή αλλιώς C2K, αφορά μια συστάδα από πρότυπα για την τεχνολογία 3G, που αφορούν μετάδοση φωνής, δεδομένων μεταξύ των κινητών τηλεφώνων και των Κυψελωτών Σταθμών Βάσης. Η ανάπτυξη αυτής της ομάδας προτύπων είχε ανταγωνιστικό ύφος απέναντι στο UMTS που αναφέρθηκε προηγουμένως. Οι τεχνολογίες που το αποτελούν είναι :

- Το TDD (Time Division Duplex) όπου το uplink και το downlink αντιστοιχούν σε διαφορετικές χρονοθυρίδες (time slots) στο ίδιο εύρος ζώνης. Η ίδια τεχνολογία χρησιμοποιείται και για το 5G όπως θα δούμε και σε επόμενο κεφάλαιο.
- Παράλληλα, γίνεται χρήση της τεχνολογίας FFD (Frequency Division Duplex) όπου απαιτούνται 2 ξεχωριστά κανάλια επικοινωνίας σε διαφορετικές συχνότητες, έτσι ώστε να είναι αφιερωμένο το ένα για την λήψη και το άλλο για την αποστολή δεδομένων.

3.3.1 To 3,5G: HSPA Η εξέλιξη του 3G

Το 2002, τα πρωτόκολλα κινητής τηλεπικοινωνίας HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) και HSUPA (High Speed Uplink Packet Access) συγχωνευθήκαν και με τη χρήση της τεχνολογίας WCDMA, που αναφέρθηκε προηγουμένως, σε μια αναβαθμισμένη μορφή της με την οποία επετεύχθη η επέκταση των δικτύων 3^{ης} γενιάς, η βελτίωση απόδοσης και περαιτέρω αύξηση ταχύτητας του έως τα 14 Mbps. Η ειδοποιός διαφορά είναι ότι μειώθηκε σε μεγάλο βαθμό η καθυστέρηση (latency) και κατάφερε να φτάσει έως και τη διπλάσια χωρητικότητα σήματος (signal capacity) συγκριτικά με την προηγούμενη υποδομή.

3.3.2 To 3,75G: EHSPA (Evolved High Speed Packet Access)

Το τελικό στάδιο του 3G είναι το HSPA+ όπου πλέον υπάρχει η δυνατότητα χρήσης υψηλότερων ταχυτήτων σε σχέση με τους προκατόχους του. Η πρώτη του αναφορά έγινε κατά το release 7 του 3GPP το 2007 και οι ταχύτητες που φτάνει είναι έως 42,2 Mbit/s. Είναι αξιόλογο να αναφερθεί ότι παρουσιάστηκαν για πρώτη φορά συστήματα όπως το Beamforming που έχει τη δυνατότητα να εστιάζει την εκπομπή σήματος ανάλογα με τη θέση του χρήστη/δέκτη και το MIMO (Multiple Input Multiple Output) όπου έχουμε τη χρήση πολλαπλών κεραιών για βελτιστοποίηση του αποτελέσματος.

3.4 Το 4G: Η τέταρτη γενιά κινητής τηλεφωνίας

Η αυξημένη ζήτηση έξυπνων κινητών τηλεφώνων από τους ανθρώπους οφείλεται σε δυο βασικούς παράγοντες, εξοικείωση με τις νέες τεχνολογίες και το χαμηλό κόστος απόκτησης συσκευής σε σχέση με παλιότερα. Καθώς αυξάνονται οι χρήστες, αυξάνονται και οι απαιτήσεις στη χρήση του ίδιου του δικτύου τηλεπικοινωνιών παγκοσμίως, τόσο σε ταχύτητα όσο και σε όγκο μετάδοσης πληροφορίας. Τα παραπάνω όρισαν τα κριτήρια για την νέα γενιά κινητής τηλεφωνίας, το 4G. Το 2008, ορίστηκε το πρότυπο IMT Advanced (International Mobile Telecommunications – Advanced) από το την ένωση ITU (International Telecommunications Union) που θα καλύπτει ανάγκες μετάδοσης φωνής και δεδομένων ταυτόχρονα, όπως και το 3G αλλά αυτή τη φορά οι ταχύτητες είναι 100Mbit/s σε αντίθεση με το 3G όπου οι ταχύτητες έφταναν έως 14Mbit/s. Τα κριτήρια που τέθηκαν για την οριστικοποίηση του προτύπου του 4G, ήταν πολύ αυστηρά με κύριους γνώμονες την υψηλή ποιότητά εξυπηρέτησης QoS (Quality of Service) και την μείωση του κόστους χρήσης και κατανάλωσης ενέργειας. Η τεχνολογία που χρησιμοποιείται είναι αποκλειστικά ψηφιακή και χάρη στη δομή του συστήματος, οι κεραιές είναι μεσαίου μεγέθους. Οι υπηρεσίες που προσφέρονται με τη χρήση του 4G είναι :

- IP τηλεφωνία
- Πρόσβαση στο διαδίκτυο μέσω κινητού τηλεφώνου
- Υπηρεσίες παιχνιδιών
- Υψηλής ευκρινείας προβολή τηλεοπτικού περιεχομένου σε κινητό τηλέφωνο
- Συνεδριάσεις μέσω βιντεοκλήσης
- 3D τηλεόραση

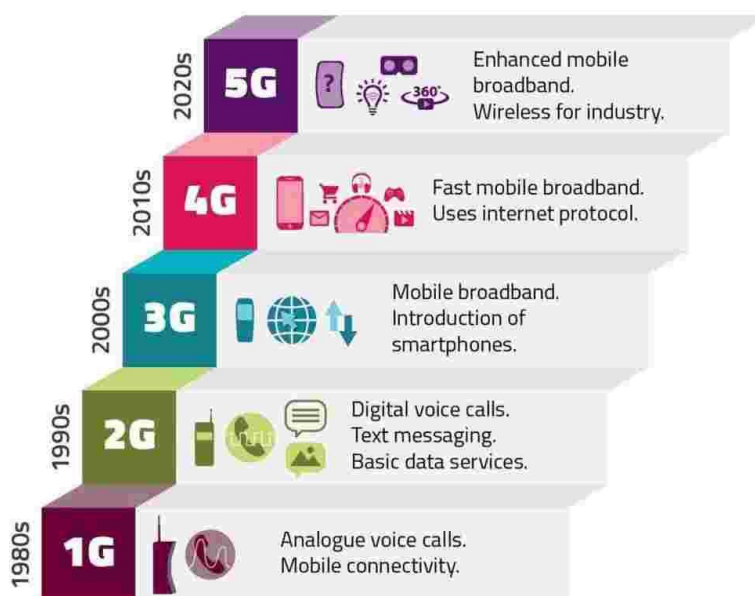
Αξίζει να αναφερθεί ότι και στην Ελλάδα όπως και σε παγκόσμιο επίπεδο, οι πάροχοι κινητής τηλεφωνίας, εκμεταλλεύθηκαν στο έπακρο τις νέες δυνατότητες και με την καθιέρωση του 4G δικτύου, το εμπορικό αντικείμενο που προσέφεραν, άλλαξε ριζικά. Ο μέσος χρήστης, αφιέρωνε πια περισσότερο χρόνο στο διαδίκτυο μέσω του κινητού τηλεφώνου του, παρά αξιοποιώντας το για κλήσεις φωνής. Αυτή η νέα ανάγκη ήταν ο μοχλός πίεσης για αλλαγές στην εμπορική πολιτική των παρόχων. Τα πακέτα συμβολαίων, περιείχαν περισσότερα Data για πρόσβαση στο internet από ποτέ. Παρόλα αυτά να σημειωθεί ότι η Ελλάδα παρέμενε ακόμη ουραγός σε θέματα κόστους παροχής υπηρεσιών σε σύγκριση με άλλες Ευρωπαϊκές χώρες, όπου το κόστος πρόσβασης στο διαδίκτυο με τη χρήση του 4G, ήταν πολλές φορές ακόμη και στο μισό της αντίστοιχης υπηρεσίας στην Ελλάδα. Το ενθαρρυντικό είναι ότι οι ταχύτητες και η κάλυψη σήματος, ήταν ικανοποιητικά αν αναλογιστούμε την γεωγραφική μορφολογία που έχει η Ελλάδα, το μεγάλο πλήθος νησιών και τις απομακρυσμένες, ορεινές περιοχές όπου η εγκατάσταση Σταθμών Βάσης και κεραιοσυστημάτων ήταν αντικειμενικά δύσκολη.

Το δίκτυο 4G, ήρθε με τη μορφή WiMAX στην Αμερική από την εταιρία Sprint και ήταν εμπορικά διαθέσιμο για πρώτη φορά το 2006 στην Νότια Κορέα (όπως ακριβώς και το 5G σχεδόν μια δεκαετία αργότερα) ενώ στην Ευρώπη ξεκίνησε με την ονομασία LTE (Long Term Evolution) στις πρωτεύουσες της Νορβηγίας και την Σουηδίας αντίστοιχα, το 2009.

Όπως αναφέραμε, οι συσκευές κινητού τηλεφώνου και όλες οι συσκευές που έχουν πρόσβαση στο δίκτυο 4G (πχ tablets με υποδοχή κάρτας SIM), έχουν πρόσβαση στις υπηρεσίες τηλεφωνίας και πρόσβαση στο διαδίκτυο με τη χρήση της τεχνολογίας IP (Internet Protocol), δηλαδή η δυνατότητα πραγματοποίησης κλήσεων γίνεται μέσω διαδικτύου όπως το VoIP (Voice over IP) της σταθερής τηλεφωνίας. Χάρη σε αυτή τη χρήση αυξήθηκε κατά πολύ η ποιότητά ήχου κατά τη διάρκεια μιας κλήσης, μειώθηκε η καθυστέρηση φωνής και δεν άργησε να εμπορευματοποιηθεί με την επωνυμία HD Voice από τους παρόχους κινητής τηλεφωνίας. Η ειδοποιός διαφορά που επέτρεψε στο 4G να παρέχει αυτές τις υπηρεσίες είναι η διακοπή εφαρμογής της τεχνολογίας μεταγωγής πακέτων σε σχέση με το 3G το οποίο δεν είχε την υποδομή αποκλειστικής χρήσης IP στα δίκτυα του.

3.4.1 Το 4G+ : Η εξέλιξη των δικτύων τέταρτης γενιάς

Οι χρήστες κινητής τηλεφωνίας αυξήθηκαν εκθετικά όταν έγινε εμπορικά διαθέσιμο το LTE, και όχι λόγω της ανάγκης για ομιλία αλλά της χρήσης του διαδικτύου μέσω του κινητού τηλεφώνου δίνοντάς τους την ανεξαρτησία και την ευχέρεια κινητικότητας κατά την περιήγησή τους στο διαδίκτυο. Αυτή η αυτονομία σε συνδυασμό με τις πολύ γρήγορες ταχύτητες, κατέστησε αναγκαία την εξέλιξη των LTE δικτύων σε LTE-Advanced. Χαρακτηριστικά αυτού του αναβαθμισμένου τύπου δικτύου είναι η ελαχιστοποίηση του χρόνου από κατάσταση αδρανείας σε αυτή της σύνδεσης στο μισό, από 100ms καθυστέρηση στα 50ms. Όπως και σε παλαιότερα πρότυπα, έτσι και στο LTE-Advanced υποστηρίζονται οι τεχνολογίες FDD και TDD, με αναβαθμισμένη απόδοση και υψηλότερες ταχύτητες από πριν, με τη χρήση πολλαπλής πρόσβασης OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) κατά το downlink ενώ στο uplink έχουμε την τεχνολογία SC-FDMA (Single Carrier FDMA). Τέλος υποστηρίζεται και η τεχνολογία MIMO για ακόμα μεγαλύτερα ποσοστά QoS των χρηστών.



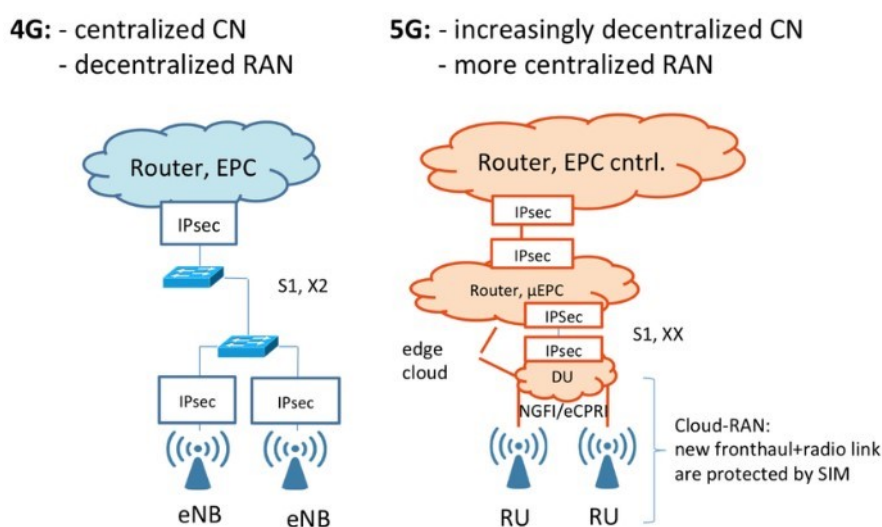
Εικόνα 5. Βήματα εξέλιξης Ασύρματων Τηλεπικοινωνιών Πηγή IEEE

3.5 Δίκτυα νέας γενιάς: Το μέλλον που γίνεται παρόν.

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων 30 ετών, έγιναν άλματα στις τηλεπικοινωνίες με την εξέλιξη και μετάβαση από τη μια γενιά κινητής στην άλλη. Ο στόχος είναι συνεχώς ο ίδιος, βελτιστοποίηση ποιότητας παροχής υπηρεσιών, μεγαλύτερες ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων και ευρύτερη κάλυψη δικτύου. Υπάρχουν χαρακτηριστικά όπως η ετερογένεια των τεχνολογιών και των μέσων μετάδοσης, που δεν έχουν καλυφθεί λόγω της δομής προσέγγισης των συστημάτων.

Το σχεδιάγραμμα υλοποίησης έχει ‘κάθετη/κατακόρυφη’ μορφή, διαχωρίζοντας τις υπηρεσίες φωνής, δεδομένων και βίντεο κατηγοριοποιώντας τις τεχνικές μετάδοσης ανάλογα με το περιεχόμενο επικοινωνίας. [57]

Η νέα φιλοσοφία των μελλοντικών δικτύων όπως το 5G, το οποίο ήδη έχει περάσει στην εμπορική (commercial) φάση του και το 6G που βρίσκεται ακόμα σε θεωρητικό-ερευνητικό επίπεδο, είναι η παράλληλη με ‘οριζόντια’ επίπεδα ανοιχτών προτύπων, ξεκαθαρίζοντας τα δίκτυα πρόσβασης, μεταφοράς δεδομένων και υπηρεσιών. Σε τέτοιου τύπου νέων δικτύων θα έχει πρωταγωνιστικό ρόλο το μοντέλο του triple play δηλαδή Φωνή – Βίντεο - Δεδομένα, όπως είναι και στα ενσύρματα δίκτυα τηλεφωνίας. Μέχρι σήμερα, οι πάροχοι τηλεπικοινωνιών, εκμεταλλεύονται στο έπακρο το μοντέλο αυτό παρέχοντας IP TV με μεγάλη ευκρίνεια και ποιότητά εικόνας, καθώς και πληθώρα υπηρεσιών που τη συνοδεύουν, όπως παράλληλη πλοήγηση στο διαδίκτυο, επαναπροβολή προγραμμάτων ετεροχρονισμένα, παύση προγράμματος σε πραγματικό χρόνο και άλλα. Με τα νέα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας, υπηρεσίες όπως αυτές που αναφέρθηκαν θα είναι ακόμη ποιοτικότερες και γρηγορότερες, διευρύνοντας τους εμπορικούς και τεχνολογικούς ορίζοντες. [13]



Εικόνα 6. Αρχιτεκτονική ψηφιοποίηση υποδομών του 5G δικτύου σε σύγκριση με το 4G Πηγή researchgate.net

3.5.1 Το 5G: Ιστορική αναδρομή του νέου δικτύου

Το 2015 τέθηκαν οι πρώτες θεωρητικές βάσεις για την υποδομή του νέου δικτύου κινητής τηλεφωνίας 5G με την λεγόμενη χρήση της New Radio τεχνολογίας, ορίζοντας τις απαιτήσεις του προτύπου που θα το χαρακτήριζε στο μέλλον. Είναι ένα δίκτυο ασύρματης επικοινωνίας με χαρακτηριστικό τις μεγάλες ταχύτητες μετάδοσης, την ελάχιστη καθυστέρηση απόκρισης (latency) σε σχέση με τα παλαιότερα δίκτυα και την υποδομή υποστήριξης ετερογένειας

τεχνολογίας λόγω των ψηφιακών υποδομών που το αποτελούν. Η πρώτη εμπορική χρήση του νέου δικτύου 5G, έγινε στην Νότια Κορέα κατά τη διάρκεια των χειμερινών Ολυμπιακών Αγώνων. Σήμερα, το 3GPP, έχει ολοκληρώσει το πρότυπο και τις προδιαγραφές που χαρακτηρίζουν το 5G, η οποία ξεκίνησε τις δράσεις αυτές από το 2018. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα στάδια εξέλιξης του δικτύου είναι στρατηγικής σημασίας, καθώς η επιμέρους εμπορική διάθεση ακολουθεί τις συνέχεις τεχνολογικές εξελίξεις επιτρέποντας την εξάπλωση και ευρύτερη κάλυψη του δικτύου. Τεχνικά και θεωρητικά χαρακτηριστικά καθώς και πιο λεπτομερής ανάλυση του 5G, αναφέρονται σε επόμενο κεφάλαιο. [2] [62] [63]

3.5.2 Το 6G: Προετοιμασίες για τα μελλοντικά δίκτυα κινητής τηλεφωνίας

Η εμπορική διάθεση του δικτύου 5G έχει ήδη ξεκινήσει και η εγκατάσταση σταθμών εκπομπής σήματος, κεραιές καθώς και συσκευές συμβατές με το νέο δίκτυο κινητής τηλεφωνίας είναι πραγματικότητα. Με βάση το 3GPP, τουλάχιστον μια μεγάλη πόλη ανά χώρα θα πρέπει να έχει έστω και τυπικά, κάλυψη σήματος 5G στις μέρες μας. Θα επαρκεί η τεχνολογία αυτή για τις ανάγκες του μέλλοντος; Η ιστορία έχει αποδείξει το αντίθετο. Για τον λόγο αυτό η επιστημονική κοινότητα έχει ήδη ξεκινήσει διαδικασίες μελέτης, έρευνας και πειραμάτων για το μέλλον της κινητής τηλεφωνίας. Εκτιμάται ότι το 6G θα είναι διαθέσιμο έως το 2030.

Η υφιστάμενη μελέτη ονομάζεται 6Genesis και οι προκλήσεις που έχουν τεθεί αφορούν την ανάπτυξη καταλλήλου καινοτόμου ασυρμάτου συστήματος που βασίζονται στην υποδομή RAN (Radio Access Network) υλοποιώντας μια σχέση πυκνότητας και χωρητικότητας δικτύου τηλεπικοινωνιών, ταχύτητας, χρονισμών, μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης, χαμηλότερο κόστος κατασκευής σε συνάρτηση με το εύρος ζώνης, της συχνότητας και την σχετική θέση του εν κινήσει χρήστη που θα λαμβάνει το σήμα. Το σχέδιο 6Genesis στοχεύει στην ασφαλή, γρήγορη και αξιόπιστη μετάδοση δεδομένων, χρησιμοποιώντας δομές όπου θα συνυπάρχουν οι προηγούμενες γενιές κινητής τηλεφωνίας με τη χρήση φυσικού εξοπλισμού και την παράλληλη εφαρμογή εικονικών δικτύων (Virtual Networks). Για να αυξηθεί η χωρητικότητα του δικτύου, θα γίνει χρήση του mmWave φάσματος και συχνότητες τάξης THz. Καθοριστικός παράγοντας στην αναβάθμιση της ποιότητας του δικτύου είναι η μείωση ή ακόμα και η εξάλειψη των παρεμβολών χρησιμοποιώντας δέκτες και πομπούς ποικίλων τεχνολογιών, χρήση πολλαπλών κεραιών MIMO (Multiple Input Multiple Output).

Με το 6Genesis, θα υλοποιηθεί η ανάπτυξη τεχνολογιών δικτύωσης με δυναμικό τρόπο, εφαρμόζοντας SDN (Software Defined Network) δίκτυα και την αρχιτεκτονική FNV (Network Function Virtualization) που θα σχηματίζουν μια συστάδα εικονικών δικτύων που θα λειτουργεί παράλληλα ή και πάνω από φυσικές υποδομές δικτύωσης κατά βούληση, όταν αυτό είναι απαραίτητο με δυναμικό τρόπο ανάλογα με τις εκάστοτε ανάγκες ζήτησης από τους χρήστες. Για να ολοκληρωθούν τα παραπάνω, απαιτούνται νέου τύπου ολοκληρωμένα κυκλώματα, κεραιοσυστήματα, υλικά κατασκευής των συστημάτων. Ακόμη και η ίδια η διαδικασία κατασκευής, πρέπει να επαναπροσδιοριστεί έτσι ώστε να επιλυθούν τα σύνθετα προβλήματα και

τα εμπόδια που προκύπτουν. Λόγου χάρη, ένα από τα υλικά που μελετά η επιστημονική κοινότητα για την χρήση και εφαρμογή του στις 6G υποδομές είναι το Graphene το οποίο ανήκει στα Metamaterials, με εκπληκτικές ιδιότητες ημιαγωγού. [48] Προκύπτουν όμως προβλήματα καθώς η μοριακή του δομή είναι δισδιάστατη 2D και δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί εμπορικά. Η χρήση τρισδιάστατων δομών και ρυθμιζόμενων νανουλικών μελετάται έτσι ώστε να ξεπεράσουμε το πρόβλημα της πολύ μικρής διαπερατότητας σήματος του εύρους φάσματος που θα χρησιμοποιείται. Στην Ιαπωνία μελετάται είδος γυαλιού το οποίο θα είναι φιλικό προς το σήμα αυτό και θα επιτρέπει την ομαλή διάδοση του.

Με την ανάπτυξη της Μηχανικής Μάθησης (Machine Learning) και την εξέλιξη της ρομποτικής όρασης, θα εφαρμοστούν τεχνολογίες ανίχνευσης που θα συγκεντρώνουν πληροφορίες από το περιβάλλον και τις αλλαγές που συμβαίνουν έτσι ώστε να προσαρμόζεται το δίκτυο ανάλογα με τις συνθήκες που ισχύουν, ενδυναμώνοντας ακόμη περισσότερο την δυναμική φύση του δικτύου 6G.

Παράλληλα με την μελέτη των παραπάνω τεχνολογιών και των νέων υλικών, ερευνώνται τεχνικές νέου τύπου AI (Artificial Intelligence) έτσι ώστε να έχουμε βελτιστοποίηση της επικοινωνίας μεταξύ των δυναμικών κόμβων με σκοπό την αύξηση των υπολογιστικών πόρων και ανάπτυξη καταλλήλου λογισμικού για την βέλτιστη αξιοποίηση C-RAN (Cloud Radio Access Network) για την επεξεργασία σήματος μεταξύ κεραίας πομποδέκτη, Cloud και των Edge Servers του δικτύου.

Τέλος, σύμφωνα με το 6Genesis σκοπεύουν να αναπτύξουν μηχανισμούς μηχανικής μάθησης με σκοπό την εφαρμογή χρήσης αλγορίθμων όπου θα παρέχουν ευρωστία και ανοχή σε προβλήματα που μπορεί να προκύψουν όπως αστοχία υλικού ή προβληματικούς συνδέσμους. Η εφαρμογή αυτή θα γίνει σε Σταθμούς Βάσης (Base Stations), κινητά τηλέφωνα και άλλες τερματικές συσκευές που θα έχουν πρόσβαση στο δίκτυο αλλά και σε συσκευές με περιορισμένες δυνατότητες και ισχύ όπως απλούς αισθητήρες Internet of Things.

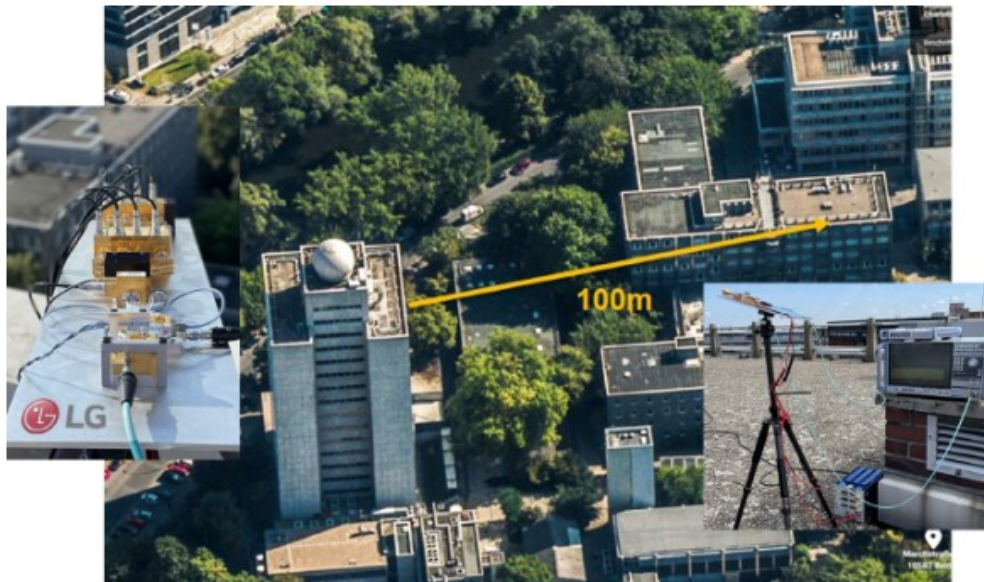


Εικόνα 7. Προκλήσεις του μέλλοντος για το 6G

3.5.2.1 Εφαρμογές του 6G και μελλοντική έρευνα

Το πρόγραμμα 6Genesis Flagship, έχει θέσει στόχους για την δημιουργία και την παροχή λύσεων με σκοπό την αντιμετώπιση των υψηλών απαιτήσεων του μελλοντικού δικτύου 6G. Η αδιάκοπες εφαρμογές, δοκιμές και πειραματικές προσεγγίσεις, χρησιμοποιώντας εμπορικούς και επιστημονικούς πόρους και πειραματικά δίκτυα 5G και 6G παρέχουν χρήσιμες πληροφορίες. Τα δεδομένα που παίρνουν εφαρμόζοντας ρεαλιστικές δοκιμές, αξιολογούνται και σε συνεργασία με επιχειρήσεις του κλάδου των τηλεπικοινωνιών, συμβάλουν στην εξέλιξη της τεχνολογίας κινητής τηλεφωνίας 6^{ης} γενιάς. Τα υφιστάμενα δίκτυα 5G, με την χρήση αισθητήρων συλλέγουν πληροφορίες και τις αποστέλλουν στο cloud για μελλοντική επεξεργασία και την διεξαγωγή έρευνας από το πρόγραμμα 6Genesis, επιφυλάσσοντας καινοτόμα μοντέλα δικτύων βασισμένα στα προσφερόμενα Μικροδεδομένα (Micro-data) από την κοινότητα και τις επιχειρήσεις. Το δίκτυο 6G εκτιμάται ότι θα είναι 50 φορές ταχύτερο από το 5G και το αρχικό Standardization θα ξεκινήσει το 2025.

Αξίζει να αναφερθεί μια από τις πειραματικές δοκιμές της Νοτιοκορεάτικης εταιρίας τεχνολογίας LG, η οποία έλαβε χώρα στο Βερολίνο της Γερμανίας στο ερευνητικό κέντρο Fraunhofer-Gesellschaft το 2021, επετεύχθη αποστολή σήματος με τεχνολογία Adaptive Beamform σε απόσταση 100 μέτρων, παραμετροποιώντας την κατεύθυνση σήματος σύμφωνα με τις μετατοπίσεις της θέσης του δεκτή.



Εικόνα 8. Δοκιμή THz συχνοτήτων από την LG προσεγγίζοντας το 6G Πηγή LG Electronics

4

5G Από τη Θεωρία στη Πράξη

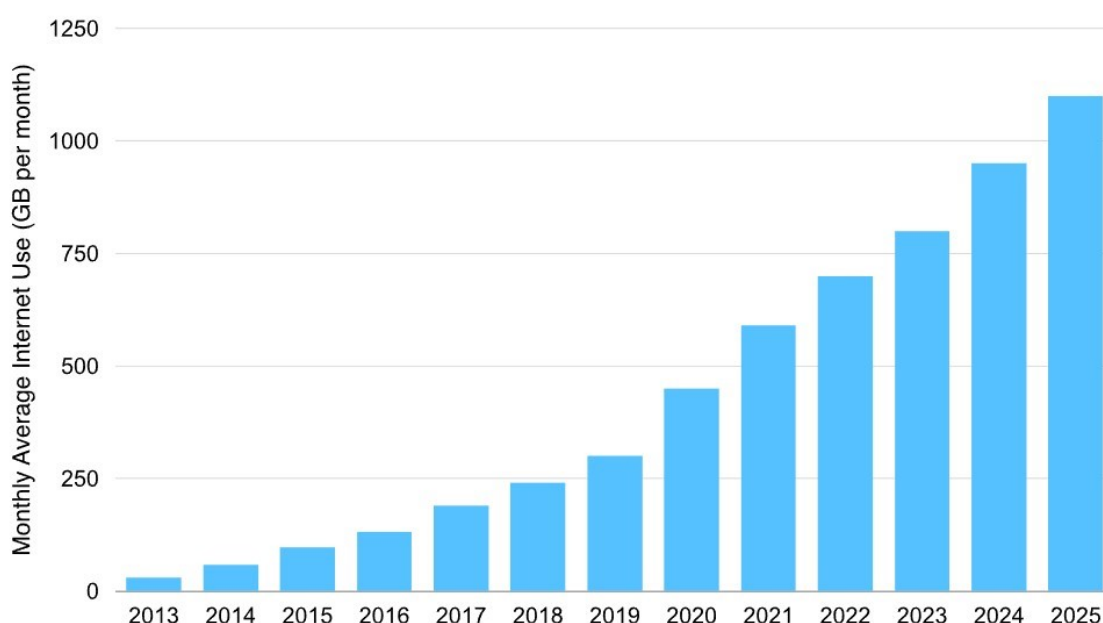
Η εξέλιξη των δικτύων ασύρματης τηλεπικοινωνίας είναι μονόδρομος για την ανάπτυξη της κοινωνίας και την κάλυψη των αναγκών του ανθρώπου. Το δίκτυο 5G, με τις δυνατότητες και τις υπηρεσίες που μπορεί να προσφέρει, έρχεται να καλύψει τις ανάγκες για ταχύτερη μετάδοση πληροφορίας. Η ειδοποιός διαφορά είναι ότι αυτό μπορεί να γίνει πλέον σε πραγματικό χρόνο, εκμηδενίζοντας τις καθυστερήσεις απόκρισης. Θα μπορούσε κάποιος να χαρακτηρίσει το 5G ως τα θεμέλια για την νέα Βιομηχανική Επανάσταση, που με την εφαρμογή του θα δράσει ως μέσο μεταφοράς αγαθών ακριβώς όπως οι δρόμοι, η μεταφορά υγρών καυσίμων, και του ηλεκτρικού ρεύματος δρουν μέχρι σήμερα. Θα είναι αναπόσπαστο τμήμα της καθημερινότητας του ανθρώπου, διοχετεύοντας ακατάπαυστα πληροφορία, ψηφιοποιώντας τον κόσμο που ξέρουμε μέχρι σήμερα. Η δυνατότητα προσομοίωσης και εικονικής πρόσβασης σε πραγματικό χρόνο θα έχει άμεση επίδραση σε πολλαπλούς τομείς, όπως η υγεία, η ασφάλεια, η ψυχαγωγία και οι επιχειρήσεις.

Την 1^η Φεβρουαρίου 2021 το πρότυπο του 5G δημοσιεύθηκε από τον οργανισμό IMT-2020 (International Mobile Telecommunications), ορίζοντας με λεπτομέρεια τα κριτήρια και τις προδιαγραφές του δικτύου. Σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη και εξέλιξη του δικτύου θα παρέχουν και άλλοι οργανισμοί πέρα από το ITU, όπως ο 3GPP και ο IEEE, που υπάρχουν εδώ και αρκετά χρόνια, διαμορφώνοντας τα δίκτυα που υπάρχουν έως και σήμερα. Επιπρόσθετα έχουν συσταθεί οργανισμοί αποκλειστικά για το 5G όπως ο 5GPP (5G Public Private Partnership), με έδρα την Ευρώπη, αποτελούμενος από εταιρίες που εξειδικεύονται στον τομέα των τηλεπικοινωνιών αλλά και παρόχους κινητής τηλεφωνίας στην Ευρωπαϊκή Ένωση. [2]

Η ανάγκη για πρόσβαση στο διαδίκτυο αυξάνεται συνεχώς. Η EETT εκτιμά πως η ζήτηση δεδομένων Internet θα είναι κατά μέσο όρο 17GB τον μήνα κατά αναλογία ανά χρήστη. Το ποσό τείνει ήδη να ξεπεραστεί και οι προσδοκίες των οργανισμών ξεπερνιούνται καθημερινά, διότι ο πληθυσμός εξοικειώνεται με την τεχνολογία ταχύτατα. Η περίοδος 2019 έως 2021 που κλονίστηκε η παγκόσμια οικονομία και άλλαξε ο τρόπος διαχείρισης της καθημερινότητας για την πλειοψηφία των ανθρώπων, άλλαξε σημαντικά την προσέγγιση τους προς τη χρήση του

διαδικτύου και υπερπολλαπλασιάστηκαν οι ώρες που δαπανά ημερησίως σε αυτό, για λόγους εργασίας, ψυχαγωγίας, ενημέρωσης κτλ. [62] [63]

Η τεράστια απαίτηση δεδομένων και ταχυτήτων για την κάλυψη των νέων αναγκών δεν μπορεί να εξυπηρετηθεί από τα υφιστάμενα δίκτυα. Μελέτες έχουν δείξει ότι έως το 2025, το κάθε σπίτι μιας μέσης οικογένειας θα ξεπερνά το 1TB χρήσης δεδομένων ανά μήνα. [6] Η έρευνα αφορά την χρήση στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής, αλλά όσο πλησιάζουμε τη χρονολογία αυτή, χώρες της Ευρώπης τείνουν να συγκλίνουν προς τα ποσά αυτά αντιστοίχως. Οι κυριότεροι λόγοι είναι η προβολή ζωντανής ροής βίντεο είτε στην τηλεόραση είτε σε πλατφόρμες όπως το YouTube και το Netflix και η μεγάλη αύξηση εργασίας από το σπίτι.



Εικόνα 9. Πρόβλεψη μέσης μηνιαίας οικιακής χρήσης του Internet - Πηγή Dr Mark Heath - UK Increase Broadband Speed

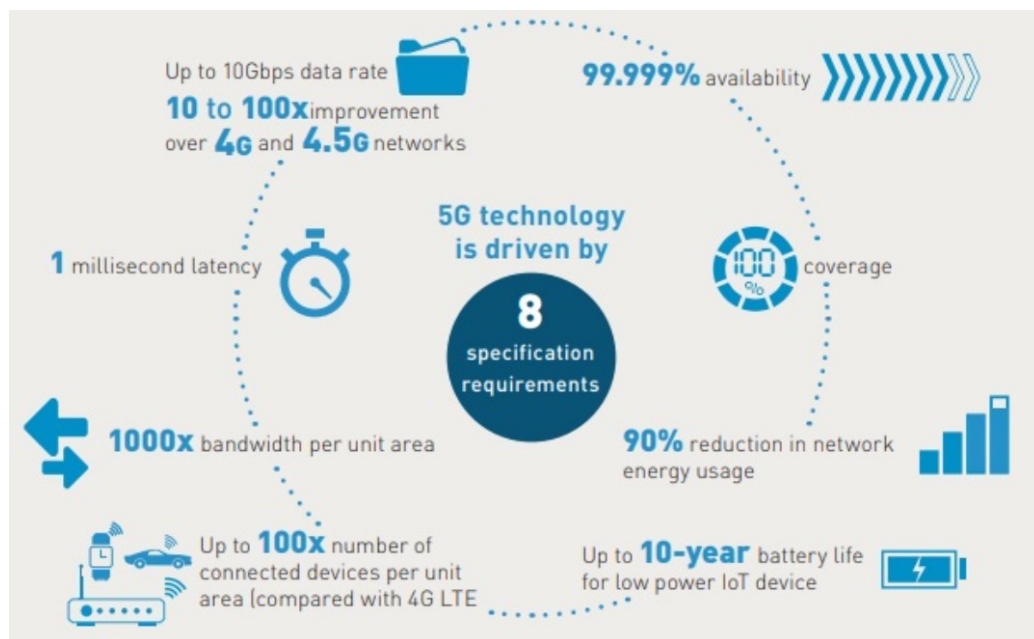
Η δυναμική αυτή φύση του 5G οφείλεται πέρα από τις υψηλές ταχύτητες, στην χαμηλή καθυστέρηση σε σχέση με τα παλαιότερα δίκτυα, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως. Το 3G δίκτυο είχε κατά μέσο όρο καθυστέρηση (latency) 100ms ενώ στη συνέχεια με το 4G δίκτυο επετεύχθη μείωση στα 30ms. Το 5G, έρχεται να αλλάξει τα δεδομένα με χρόνο απόκρισης μόλις το 1ms. Η απειροελάχιστη αυτή απόκλιση επιτρέπει την διάνοιξη νέου ορίζοντα προσέγγισης και υλοποίησης νέων τεχνολογιών, που μέχρι πρότινος ήταν αδύνατες, όπως αυτόματη οδήγηση αυτοκινήτων και απομακρυσμένη χειρουργική επέμβαση. [14] [62] [63]

4.1 5G : Απαιτήσεις και Προδιαγραφές του δικτύου

Τα τελευταία χρόνια η ανάγκη για επικοινωνία δεν αφορά μόνο τον άνθρωπο. Με την εξέλιξη της τεχνολογίας έχουν αναπτυχθεί συστήματα IoT (Internet of Things) τα οποία απαιτούν διασύνδεση μεταξύ μηχανών. Το τυπικό εμπορικό μοντέλο των παρόχων κινητής τηλεφωνίας, έχει αλλάξει και η προσφορά πρόσβασης στο διαδίκτυο υπερσχύει έναντι της ίδιας της παροχής φωνητικών κλήσεων. Τα προγράμματα και οι υπηρεσίες που παρέχονται εμπλουτίζονται συνεχώς με M2M (Machine to Machine) προσφορές, για να καλύψουν τις ανάγκες των συνεχώς αυξανόμενων αριθμών συσκευών που θα είναι συνδεδεμένες στο διαδίκτυο και θα επικοινωνούν μεταξύ τους. Η επίτευξη αυτού του στόχου είναι εφικτή με την χρήση ετερογενών δικτύων σε συνδυασμό με το 5G, όπως το Wi-Fi και το LTE. Η Cisco εκτιμά ότι έως το 2025 το πλήθος των συσκευών IoT που θα είναι στο διαδίκτυο, όχι μόνο θα έχει ξεπεράσει τον αριθμό ενεργών συσκευών κινητής τηλεφωνίας, αλλά θα είναι διπλάσιες από αυτές. [8]

Είναι ξεκάθαρο ότι αυτός ο όγκος συσκευών που θα είναι συνδεδεμένες στο διαδίκτυο οδηγεί σε πρωτοποριακές προδιαγραφές του 5G, έτσι ώστε να φέρει εις πέρας τις απαιτήσεις που προκύπτουν. Οι 8 προδιαγραφές που ορίζονται είναι οι εξής:

- Διαθεσιμότητα υπηρεσιών που θα αγγίζει το 99%
- Έως 10Gbps ρυθμό μετάδοσης δεδομένων (10 έως και 100 φορές ταχύτερα από τα 4G δίκτυα)
- Καθυστέρηση (Latency) της τάξης του 1ms
- Χίλιαπλάσιο (x1000) bandwidth ανά μονάδα περιοχής κάλυψης
- Μείωση κατανάλωσης ενέργειας κατά 90% κατά τη χρήση του δικτύου
- 100 φορές περισσότερες συνδεδεμένες συσκευές ανά μονάδα κάλυψης δικτύου σε σχέση με παλαιότερα δίκτυα
- Μπαταρίες που θα εξυπηρετούν έως και 10 συνεχόμενα χρόνια συσκευές IoT που θα είναι συνδεδεμένες στο δίκτυο
- Κάλυψη δικτύου 100%



Εικόνα 10. Προδιαγραφές 5G Δικτύου Πηγή Thales Group

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, ένας από τους οργανισμούς που ορίζει τους στόχους της 5G τεχνολογίας είναι ο 3GPP. Σύμφωνα με την ITU και τον 3GPP, οι κυριότεροι στόχοι παροχής υπηρεσιών που επιβάλλεται να επιτευχθούν είναι η **eMBB** (Enhanced Mobile Broadband) ή αλλιώς Ενισχυμένη Ευριζονικότητα κινητής τηλεφωνίας όπου εφαρμόζεται ως πρώτη φάση υλοποίησης των 5G Δικτύων το 2018 με τη μορφή Non-Standalone ανάπτυξης, **URLLC** (Ultra-Reliable Low Latency) [35] υπερ-Αξιόπιστη Επικοινωνία με χαμηλή καθυστέρηση και τέλος **mMTC** (massive Machine Type Communications) μαζική επικοινωνία μηχανών. [7] [15]

4.2 Η ανάπτυξη των 5G δικτύων σε Ευρώπη και Ελλάδα

Η ψηφιοποίηση στον επαγγελματικό και κοινωνικό τομέα είναι αλληλένδετη με την καθιέρωση των δικτύων νέας γενιάς όπως το 5G, που θα επιτρέψει πληθώρα καινοτομιών, όπως την υλοποίηση έξυπνων πόλεων, τεχνολογικά επιτεύγματα στην υγεία αλλά και την ανάπτυξη της οικονομίας σε παγκόσμιο επίπεδο. Για να επιτευχθεί αυτό, επιβάλλεται η αρμονική συνεργασία των κρατών έτσι ώστε να υπάρξει το βέλτιστο αποτέλεσμα καθολικά και με ομοιογένεια. Η Ευρωπαϊκή Ένωση, όπως και παλαιότερα με άλλους τύπους δικτύων κινητής τηλεφωνίας, έχει αποδείξει ότι είναι συνεπής στην από κοινού ανάπτυξη. Έτσι και τώρα, συμπεριλαμβανομένης και της Ελλάδας, έχει συμφωνηθεί ένα νομικό πλαίσιο που επιτρέπει την ανάπτυξη κατάλληλων

υποδομών, όπως Σταθμούς Βάσης και μικρότερων κεραιών μετάδοσης, την ομαλή χρήση του απαιτούμενου εύρους ζώνης και την έγκαιρη χορήγηση τους, αποδεσμεύοντας την από άλλες τεχνολογίες που πιθανόν την δέσμευαν, διασφαλίζοντας έτσι την ομαλή θεμελίωση του δικτύου 5G στην Ευρώπη σε συνεργασία με παρόχους, εταιρίες κατασκευής κινητής τηλεφωνίας, κρατικό μηχανισμό και υπηρεσίες. [12]

Τον Σεπτέμβριο του 2016 η Ευρωπαϊκή Ένωση έθεσε σε εφαρμογή ένα πλάνο, που είχε ως στόχο την ενδυνάμωση της ανάπτυξης της υποδομής του 5G και της παροχής υπηρεσιών του. Το πλάνο περιείχε τα εξής:

- Συντονισμό και οριοθέτηση προτεραιοτήτων για την ανάπτυξη του 5G στα μέλη της Ε.Ε., με στόχο την υλοποίηση αρχικών υποδομών το 2018 και σε δεύτερο στάδιο, προς τα τέλη του 2020 την εμπορική διάθεση μεγάλης κλίμακας στο ευρύ κοινό.
- Με βάση το συνέδριο WRC-19 (World Radio Conference), να παραχωρηθούν αρχικά προσωρινά και σε συνέχεια ολοκληρωτικά, κατάλληλο εύρος ζώνης αποκλειστικά για το 5G, το δυνατό συντομότερο σε φάσμα πάνω από 6GHz.
- Να δοθεί προτεραιότητα στην υλοποίηση δικτύων στα μεγάλα αστικά κέντρα και κατά μήκος των σημαντικότερων διαύλων μαζικής μεταφοράς, όπως κεντρικοί αυτοκινητόδρομοι και κεντρικοί σταθμοί τρένων.
- Προώθηση σε πανευρωπαϊκό επίπεδο, επιχειρηματικών προτάσεων στρέφοντας επιχειρήσεις προς καινοτόμες τεχνολογίες ως μέσο οικονομικής ανάπτυξης και επίλυσης προβλημάτων.
- Να μεσολαβήσει έτσι ώστε να διευκολυνθεί η υλοποίηση επιχειρηματικών ταμείων μέσω της βιομηχανίας στην Ευρώπη σε συνεργασία με το EFSI (European Fund for Strategic Investments) παράλληλα με την Ευρωπαϊκή Τράπεζα Επενδύσεων, με σκοπό την ανάπτυξη καινοτομιών στην τεχνολογία 5G.
- Συσπείρωση των κορυφαίων παραγόντων που εργάζονται για την προώθηση παγκόσμιων προτύπων του 5G, έτσι ώστε να υπάρχει μια καθολική εξέλιξη της τεχνολογίας.

Στην Ελλάδα, παρόλο που υπήρξαν καθυστερήσεις λόγω της οικονομικής ύφεσης και των περιορισμένων επενδύσεων που γίνονται στη χώρα μας με πιο αργούς ρυθμούς συγκριτικά με άλλες Ευρωπαϊκές χώρες, η ανάπτυξη δικτύων έχει ήδη υλοποιηθεί και σε αρκετά αστικά κέντρα της Ελλάδας υπάρχουν υποδομές έτοιμες να παρέχουν υπηρεσίες ποιότητας δικτύων 5G. Τα εμπόδια ήταν και παραμένουν να είναι αρκετά και περίπλοκα. Η γραφειοκρατική κατάσταση στη χώρα μας, υποσκιάζει την περαιτέρω ανάπτυξη του δικτύου λόγω προβλημάτων που συναντιούνται στις εκάστοτε δημόσιες υπηρεσίες και στις άδειες τοποθέτησης κεραιών και Σταθμών Βάσης. Η ΕΕΤΤ έχει ορίσει κανονισμούς, που επιτρέπει υπό προϋποθέσεις την κατασκευή και τοποθέτηση κεραιών τηλεπικοινωνιών. Η αδειοδότηση και η καθυστέρηση στην έκδοση τους από τους κατά τόπο δήμους είναι από τις πλέον χρονοβόρες διαδικασίες, παρόλο που υπάρχει ψήφισμα νόμου για τη διαδικασία και την υλοποίηση των εργασιών. Έχει αναπτυχθεί ψηφιακό σύστημα όπου αρμόδιοι φορείς, δήμοι και περιφέρειες είναι εγγεγραμμένοι για την

πιστοποίηση και χορήγηση των απαραίτητων αδειών. Ορισμένοι απομακρυσμένοι φορείς όμως λόγω έλλειψης προσωπικού και τεχνογνωσίας, παρουσιάζουν χαρακτηριστική καθυστέρηση στην ολοκλήρωση της αδειοδότησης.

4.2.1 Φάσμα 5G στην Ελλάδα

Για την ομαλή ανάπτυξη του δικτύου 5G στην Ελλάδα απαιτούνται ορισμένες τροποποιήσεις και δρομολογήσεις αποφάσεων, έτσι ώστε να υπάρχει δυνατότητα εγκατάστασης τεχνικού εξοπλισμού σε καίρια σημεία. Άλλες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης καθώς και η Αγγλία έχουν ήδη προχωρήσει σε τέτοιου τύπου ενέργειες.

Στην Ελλάδα το δίκτυο ηλεκτροδότησης είναι υπέργειο. Για την ομαλότερη εξάπλωση του δικτύου 5G επιβάλλεται να επιτραπεί η τοποθέτηση κεραιών πάνω στις κολώνες της ΔΕΗ, έτσι ώστε να επιτευχθεί πυκνότερο δίκτυο. Ακόμη θα πρέπει να αποσαφηνιστεί η διαδικασία της τοποθέτησης κεραιών κοντά σε αεροδρόμια και στρατόπεδα. Τέλος η απόφαση της ΕΕΤΤ στις 30/12/2020 έπαιξε καθοριστικό ρόλο στις μελλοντικές εργασίες δικτύων 5G στην Ελλάδα, καθώς η από κοινού συμφωνία ΕΕΤΤ, Cosmote, Vodafone και Wind για τις λειτουργίες, το εύρος ζώνης εκπομπής σήματος ραδιοσυχνοτήτων και ο διαμοιρασμός των αντίστοιχων καναλιών στη κάθε εταιρία, θέτει σε ομαλούς ρυθμούς την λειτουργία του δικτύου. Ο κανονισμός ορίζει τις παρακάτω αποδόσεις καναλιών έπειτα από διαγωνισμό που έλαβε χώρα το 2020. [64]

- Cosmote: 15 τμήματα στη ζώνη των 3400-3800MHz, 2 τμήματα στη ζώνη των 700MHz, 4 τμήματα στη ζώνη των 2 GHz και 2 τμήματα στη ζώνη των 26GHz όπου το συνολικό κόστος των καναλιών ανέρχεται στα 123.034.000 ευρώ.
- Vodafone: 14 τμήματα στη ζώνη των 3400-3800MHz, 2 τμήματα στη ζώνη των 700MHz, 4 τμήματα στη ζώνη των 2 GHz, και 2 τμήματα στη ζώνη των 26 GHz με συνολικό κόστος καναλιών να ανέρχεται στα 130.176.000 ευρώ.
- Wind: 10 τμήματα στη ζώνη των 3400-3800MHz, 2 τμήματα στη ζώνη των 700MHz, 4 τμήματα στη ζώνη των 2 GHz και 1 τμήμα στη ζώνη των 26GHz με συνολικό κόστος καναλιών να ανέρχεται στα 119.051.153 ευρώ.

Το συνολικό ποσό που εξασφαλίστηκε από την ΕΕΤΤ για το Ελληνικό Δημόσιο είναι 372.261.153 ευρώ.



Εικόνα 11. Εθνική Επιτροπή Τηλεπικοινωνιών και Ταχυδρομείων

Τα παραπάνω φάσματα που διατέθηκαν στις εταιρίες τηλεπικοινωνιών κατηγοριοποιούνται σε 3 δομές :

- Η ζώνη 700MHz υποστηρίζει την γεωγραφική κάλυψη περιοχών της Ελλάδας καθώς και την υποστήριξη του Διαδικτύου των Αντικειμένων (IoT) στη χώρα μας.
- Η ζώνη 1GHz έως 6GHz αφορά την ποιότητα σήματος και ταυτόχρονα την κάλυψη του δικτύου. Οι ζώνες που κυμαίνονται από 3,3GHz έως 3,8GHz αποτελούν την ραχοκοκαλιά του 5G.
- Τέλος, οι ζώνες μεγαλύτερες των 6GHz θα αποτελέσουν την δομή των υψηλών ταχυτήτων που προβλέπει ένα δίκτυο 5G. Σε αυτό το φάσμα συμπεριλαμβάνεται και το mmWave για το οποίο θα γίνει εκτενέστερη αναφορά σε επόμενη ενότητα.

Στο σημείο αυτό, δεδομένης της ιδιαίτερης μορφολογίας της Ελλάδας, αλλά και την υφιστάμενη τεχνολογική υποδομή που υπάρχει, κρίνεται απαραίτητο να γίνει η αξιοποίηση της για την ανάπτυξη των δικτύων 5G, όπου αυτό είναι εφικτό. Η διαδικασία έχει υλοποιηθεί σε ορισμένα αστικά κέντρα της χώρας περιορισμένη όμως σε ολιγάριθμες περιοχές με περιορισμένη κάλυψη, σε σχέση με αστικά κέντρα της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Η διαδικασία εκμετάλλευσης Σταθμών Βάσης και κυψελωτών δικτύων είναι αρκετά περίπλοκη και χρήζει ιδιαίτερης προσοχής, έτσι ώστε να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα το συντομότερο δυνατό. Ένα από τα χαρακτηριστικά του δικτύου 5G είναι η εξυπηρέτηση λιγότερων τελικών χρηστών ανά κυψέλη, αυτό αυτομάτως σημαίνει ότι θα πρέπει να υπάρχει μεγαλύτερο πλήθος κεραιών ανά περιοχή κάλυψης κυρίως στις περιοχές που εκτιμάται ότι θα υπάρχει μεγάλη ζήτηση αλλά και σε περιοχές με αρκετά φυσικά και τεχνητά εμπόδια. Όπως αναφέρθηκε, η συγκεκριμένη διαδικασία αδειοδότησης είναι σύνθετη και χρονοβόρα.

4.2.2 Το χρονοδιάγραμμα υλοποίησης του 5G στην Ελλάδα

Η Ευρωπαϊκή Ένωση χρηματοδοτώντας τον οργανισμό 5GPP που συστάθηκε για την οργάνωση και υλοποίηση του 5G δικτύου στην Ευρώπη, είχε ορίσει ως στόχο ξεκινώντας τις εργασίες και τις μελέτες από το 2013 να γίνει εμπορικά διαθέσιμο έως το 2021 στα περισσότερα αστικά κέντρα των κρατών μελών της Ε.Ε. Είναι κατανοητό ότι οι προσπάθειες της Ευρωπαϊκής Ένωσης δεν ήταν δυνατόν να καλύψουν κάθε κράτος ξεχωριστά, για τον λόγο αυτό τέθηκε σε λειτουργία ένα χρηματοδοτούμενο πρόγραμμα ανάλογα με τις ανάγκες και τις υποδομές κάθε χώρας, καθώς και την δομή των αντίστοιχων παρόχων κινητής τηλεφωνίας που εδρεύουν στην χώρα αυτή.

Στην Ελλάδα οι μελέτες ξεκίνησαν από το 2015 όπου ορίστηκαν οι απαιτήσεις που χρειάζονται για την υποδομή του δικτύου 5G. Στη συνέχεια από το 2016 έως το 2019, έχοντας

οριστεί τα πρότυπα, γίνονται οι αξιολογήσεις των τεχνικών υποδομών και μελέτες για τις αρχικές εγκαταστάσεις κεραιών και εκμετάλλευση των ήδη υφιστάμενων Σταθμών Βάσης. Το 2020 ξεκίνησαν οι πρώτες πιλοτικές δοκιμές του δικτύου για μη εμπορικούς σκοπούς και το 2021 έγινε η έναρξη εμπορικής ανάπτυξης και παροχής υπηρεσιών 5G σε περιορισμένες περιοχές μεγάλων αστικών κέντρων. [12]

Οι εταιρίες που επιμελούνται την παροχή υπηρεσιών κινητής τηλεφωνίας (Πάροχοι) στην Ελλάδα είναι η Cosmote, η Vodafone και η Wind. Οι εταιρίες αυτές έχουν δέσμευση μέσω συμβολαίων τα οποία όρισε η EETT, να καλύψουν το 60% του πληθυσμού της χώρας έως το 2024 και το 90% έως το 2027. Η ιστορία έχει αποδείξει ότι τουλάχιστον τυπικά, είναι πιστές στις υποχρεώσεις τους όσον αφορά δίκτυα παλαιότερων γενιών.

Cosmote 5G: Ο πρώτος πάροχος που προέβη σε ενεργοποίηση του 5G δικτύου ήταν η Cosmote χρησιμοποιώντας αρχικά το υφιστάμενο διαθέσιμο φάσμα του δικτύου της την επόμενη ημέρα της δημοπρασίας διαμοιρασμού συχνοτήτων. Το δίκτυο 5G της Cosmote είναι πλέον εμπορικά διαθέσιμο σε τουλάχιστον 60 πόλεις της Ελλάδας, συμπεριλαμβανομένης της Αθήνας και της Θεσσαλονίκης, σε κομβικά σημεία των πόλεων αυτών. Στόχος της εταιρίας είναι η πληθυσμιακή κάλυψη του 80% της χώρας μετά το τέλος του 2022. Οι ταχύτητες σε συγκεκριμένα σημεία των αστικών κέντρων που αναφέρθηκαν φτάνουν έως και το 1Gbps με δωρεάν παροχή σήματος 5G, προϋποθέτοντας ότι ο χρήστης έχει συμβατή συσκευή λήψης σήματος 5G. Συνεχίζονται τα έργα υλοποίησης κάλυψης μεγαλύτερου ποσοστού και αύξησης των ταχυτήτων μετάδοσης δεδομένων σε περισσότερα αστικά κέντρα. Τέλος, η Cosmote έχει έρθει σε συνεργασία με παρόχους κινητής τηλεφωνίας της Ευρωπαϊκής Ένωσης, παρέχοντας στους συνδρομητές της 5G ταχύτητες όταν βρίσκονται σε μια από τις συνεργαζόμενες χώρες μέσω της υπηρεσίας Roaming με παραπλήσιες Handover τεχνικές όπως το 4G.

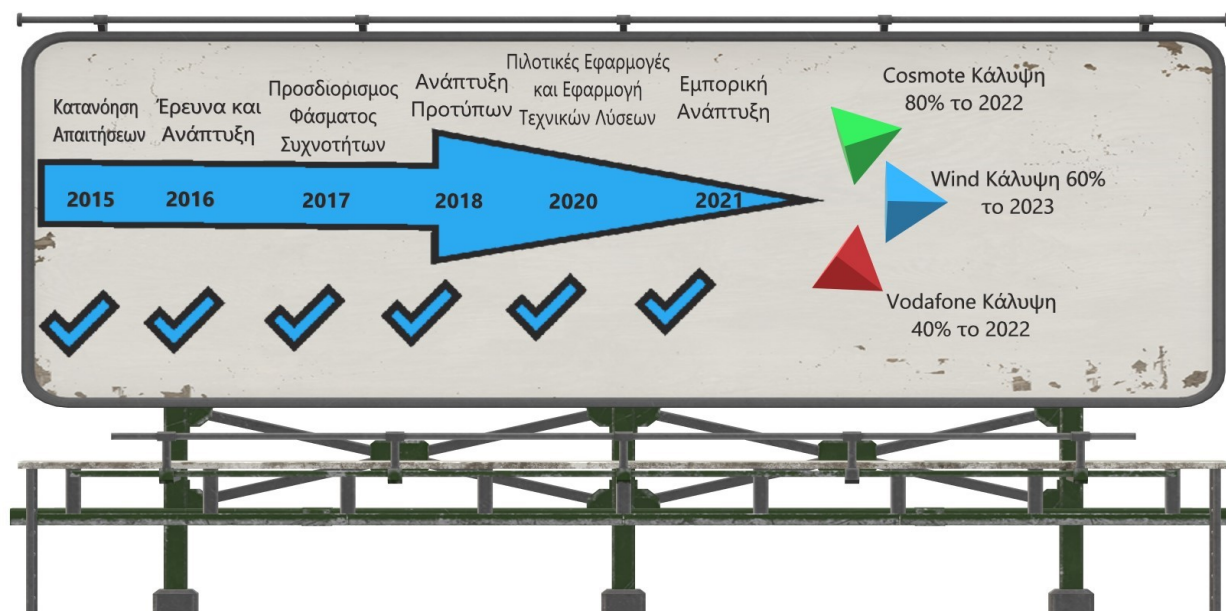
Δίκτυο 5G Wind: Η Wind υπήρξε η δεύτερη εταιρία κινητής τηλεφωνίας που παρείχε 5G σήμα στους συνδρομητές της στην Ελλάδα. Αρχικά περιορίστηκε στο Κέντρο της Αθήνας και σε συγκεκριμένα σημεία στην Θεσσαλονίκη. Στόχος της είναι η κάλυψη του 5G να ξεπεράσει το 60% με το πέρας των 3 πρώτων ετών λειτουργίας των υποδομών της και στη συνέχεια να προστεθεί στις υποδομές της το Standalone 5G Δίκτυο, επιτρέποντας πολύ χαμηλή καθυστέρηση απόκρισης (latency) με τη χρήση Network Slicing. Μέχρι σήμερα έχει επεκταθεί το δίκτυο 5G σε περισσότερες περιοχές της Αθήνας, κεντρικές περιοχές της πόλης της Πάτρας και σε σημεία της Εθνικής οδού Θεσσαλονίκης - Χαλκιδικής (Κασσάνδρα).

Vodafone Green Network 5G: Τρίτη στη σειρά, η Vodafone άρχισε να παρέχει στους συνδρομητές της υπηρεσίες δικτύου 5G, δίνοντας το όνομα Vodafone Giga Network 5G στην υπηρεσία αυτή. Αρχικά η κάλυψη αφορούσε μόνο Αθηνά και Θεσσαλονίκη σε συγκεκριμένες περιοχές των πόλεων αυτών. Αναφορικά η εταιρία δεσμεύεται να επιτύχει πληθυσμιακή κάλυψη της τάξης του 40% μέχρι το τέλος του 2022, παρέχοντας ανταγωνιστικές εμπορικές προσφορές στους συνδρομητές της έναντι των υπολοίπων εταιριών κινητής τηλεφωνίας. Χαρακτηριστική είναι η εμπορική καμπάνια της εταιρίας με σκοπό την ενημέρωση των συνδρομητών της για το πόσο ασφαλής είναι η χρήση του δικτύου 5G. Όπως και η Cosmote, έτσι και η Vodafone έχει προβεί σε συνεργασία με παρόχους κινητής τηλεφωνίας άλλων χωρών για την εξυπηρέτηση των

συνδρομητών της όταν βρίσκονται εκτός Ελλάδας. Οι χώρες που είναι εφικτό το 5G Roaming είναι Γερμανία, Ιρλανδία, Ιταλία, Κύπρος, Νότια Κορέα, Ρουμάνια, Σαουδική Αραβία και Βουλγαρία. Οι χρεώσεις παραμένουν οι ίδιες με τις υφιστάμενες κατά τη διάρκεια χρήσης Roaming υπηρεσιών.



Εικόνα 12. Πάροχοι Κινητής Τηλεφωνίας 5G στην Ελλάδα



Εικόνα 13. Χρονοδιάγραμμα του 5G στην Ελλάδα

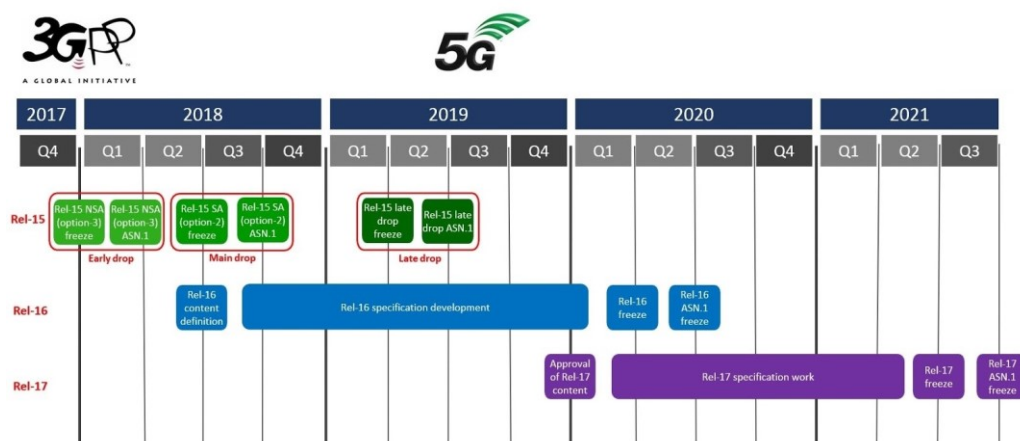
4.2.3 Πρότυπα Δικτύου 5G

Το 5G αναπτύσσεται σε παγκόσμιο επίπεδο όπου, όπως αναφέρθηκε η ITU (International Telecommunications Union) μαζί με τα κράτη μέλη οργανώνουν την ορθή λειτουργία των τηλεπικοινωνιών, τους δορυφόρους που βρίσκονται γύρω από τη γη, την κατανομή του εύρους φάσματος επικοινωνιών ωστόσο το βασικότερο της μέλημα είναι η τυποποίηση τεχνολογιών τηλεπικοινωνιών και η εφαρμογή των προτύπων παγκοσμίως. Σύμφωνα με την ITU, κάθε άνθρωπος θα πρέπει να έχει δικαίωμα στις τηλεπικοινωνίες με κύριο γνώμονα την ασφάλεια και

την διατήρηση της ποιότητας, εφαρμόζοντας αυτή τη πολιτική σε 193 κράτη μέλη των Ηνωμένων Εθνών καθώς και σε μεγάλο αριθμό κολοσσιαίων επιχειρήσεων του τομέα της τεχνολογίας και σε Πανεπιστήμια σε όλο τον κόσμο. Το πρότυπο που αφορά τα 5G δίκτυα είναι το ITU-2020, και άρχισε η διαδικασία προτυποποίησης από την ITU και παρεμφερείς φορείς όπως η 3GPP το 2012 και στη συνέχεια η 5GPPP. Η οργάνωση αυτή δημιουργήθηκε το 2013 από μια συνεργασία ιδιωτικών και δημόσιων οργανισμών της Ευρωπαϊκής Ένωσης και την 5GIA(5G Infrastructure Association) σύμφωνα με το πρόγραμμα Horizon 2020. [54]

Τα τυποποιημένα πρότυπα ολοκληρώθηκαν το 2020 και αφορούν την τεχνολογία των δικτύων 5G, την αρχιτεκτονική των δικτύων αυτών, τις συσκευές που τα υποστηρίζουν και τις υπηρεσίες των παρόχων ανά κράτος. Στη συνέχεια οι οργανισμοί όπως ο 3GPP και ο 5GPPP ανέπτυξαν τεχνολογίες που θα υπακούν στα πρότυπα που έχουν οριστεί, μαζί με τις εταιρίες τεχνολογίας που θα τα παράγουν. Τον Ιούλιο του 2020 εκδόθηκε το Release 16 από την 3GPP με αρκετές καθυστερήσεις λόγω Covid-19 και τις υποχρεωτικές συνεδριάσεις εξ αποστάσεως περιορίζοντας τις δια ζώσης συναντήσεις για ποιοτικότερη ανάπτυξη. Αντίστοιχη καθυστέρηση έχει και το Release 17 όπου σταμάτησε η ανάπτυξη του σκόπιμα τον Μάρτιο του 2022 και θα ολοκληρωθεί τον Ιούλιο του 2022, παρουσιάζοντας τις τεχνολογικές εξελίξεις και τις βελτιστοποιήσεις του 5G και του κώδικα που το αφορά. [1] Ορισμένα από τα χαρακτηριστικά που θα παρέχονται από το Release 17 είναι :

- Βελτιστοποιήσεις για βιομηχανική χρήση του Internet of Things μέσω NR (New Radio) συχνοτήτων.
- MIMO
- NR (New Radio) υποστήριξη για δορυφορικά δίκτυα.
- Ενσωματωμένη πρόσβαση (Integrated Access) και Backhaul το οποίο θα αναλυθεί σε επόμενη ενότητα.
- NR (New Radio) Broadcast και Multicast υπηρεσίες.
- RAN διάτμηση (Slicing) για το NR.
- Υποστήριξη συσκευών με υποδοχή για 2 κάρτες SIM που υποστηρίζουν LTE.
- NR και βελτιστοποίηση πολυμεσικών υπηρεσιών με τη χρήση 5G δικτύων.



Εικόνα 14. Χρονοδιάγραμμα Release 16 και Release 17 Πηγή 3GPP

- NR MIMO
- NR Sidelink enh.
- 52.6 - 71 GHz with existing waveform
- Dynamic Spectrum Sharing (DSS) enh.
- Industrial IoT / URLLC enh.
- IoT over Non Terrestrial Networks (NTN)
- NR over Non Terrestrial Networks (NTN)
- NR Positioning enh.
- Low complexity NR devices
- Power saving
- NR Coverage enh.
- NR eXtended Reality (XR)
- NB-IoT and LTE-MTC enh.
- 5G Multicast broadcast
- Multi-Radio DCCA enh.
- Multi SIM
- Integrated Access and Backhaul (IAB) enh.
- NR Sidelink relay
- RAN Slicing
- Enh. for small data
- SON / Minimization of drive tests (MDT) enh.
- NR Quality of Experience
- eNB architecture evolution, LTE C-plane / U-plane split
- Satellite components in the 5G architecture
- Non-Public Networks enh.
- Network Automation for 5G - phase 2
- Edge Computing in 5G
- Proximity based Services in 5G
- Network Slicing Phase 2
- Enh. V2x Services
- Advanced Interactive Services
- Access Traffic Steering, Switch and Splitting support in the 5G system architecture
- Unmanned Aerial Systems
- 5GC Location Services
- Multimedia Priority Service (MPS)
- 5G Wireless and Wireline Convergence
- 5G LAN-type services
- User Plane Function (UPF) enh. for control and 5G Service Based Architecture (SBA)

These are the Rel-17 headline features, prioritized during the December 2019 Plenaries (TSG#86)

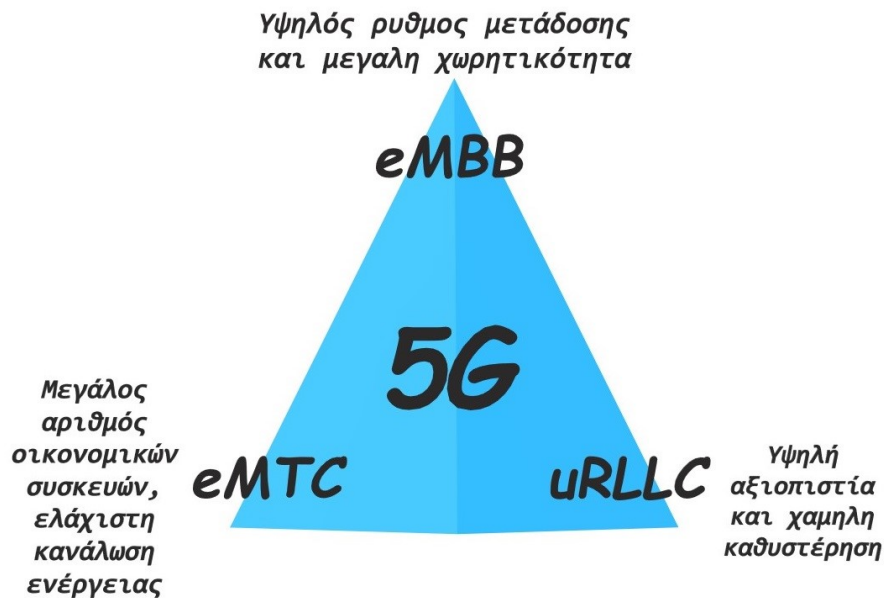
Εικόνα 15. Ορισμένα από τα θέματα που καλύπτει το Release 17 Πηγή 3GPP

4.2.4 Υπηρεσίες 5G

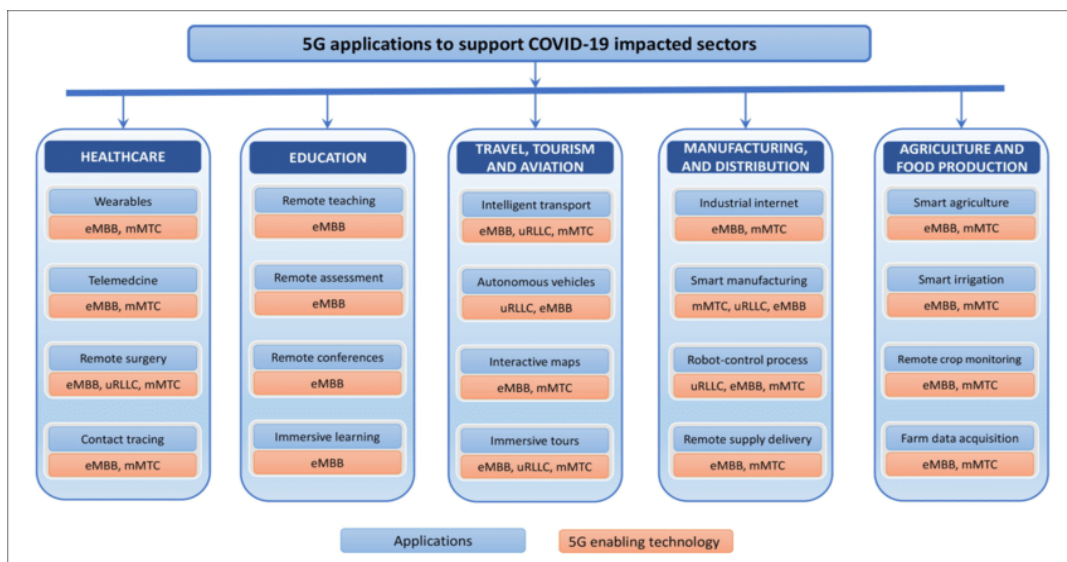
Η ITU (International Telecommunications Union) το NGMN (Next Generation Mobile Network) και η 3GPP ορίζουν ανάλογα με τη χρήση του δικτύου, τις υπηρεσίες που παρέχονται σε τρεις βασικές κατηγορίες:

- 1) **eMBB** (enhanced Mobile Broadband) είναι υπηρεσίες που αφορούν γρήγορους ρυθμούς μετάδοσης, γίνεται χρήση μεγάλου εύρους ζώνης σε σχέση με παλαιότερες τεχνολογίες, υπάρχει ομοιογένεια συνδεσιμότητας και μεγάλο ποσοστό κάλυψης δικτύου. Οι υπηρεσίες που μπορούν να ωφεληθούν από αυτό είναι VR (Virtual Reality), AR (Augmented Reality), 3D video και μετάδοση εικόνας και ήχου υψηλής ποιότητας.
- 2) **uRLLC** (ultra-Reliable Low Latency Communications) είναι υπηρεσίες που απαιτούν ταχύτατη μεταφορά δεδομένων και μεγάλη χωρητικότητα δικτύου, απομακρυσμένα και σε πραγματικό χρόνο. Οι συσκευές και τεχνολογίες του Διαδικτύου των πραγμάτων επωφελούνται από το uRLLC στο έπακρο, καθώς θα υπάρχει δυνατότητα άμεσης επικοινωνίας με αμελητέες καθυστερήσεις, ενώ ήταν αδύνατη η λειτουργία τους στο παρελθόν. Επίσης, οφέλη θα έχουν υπηρεσίες υγείας που απαιτούν ακρίβεια στις κινήσεις όπως απομακρυσμένο χειρουργείο, οι βιομηχανικές παραγωγές και η διανομή ενέργειας κάτω από εποπτεία σε πραγματικό χρόνο. [35]
- 3) **mMTC** (massive Machine Type Communications) είναι υπηρεσίες που παρέχουν διάχυτη κάλυψη δικτύου και πρόσβαση ακόμη και εντός κτηρίων, σε χιλιάδες έως και εκατομμύρια συνδεδεμένες στο δίκτυο συσκευές ανά μονάδα έκτασης ταυτόχρονα. [7] Η τεχνολογία που θα το υλοποιεί επιβάλλεται να είναι απλή, οικονομική στην παραγωγή της και την εμπορική της διάθεση, καθώς και με μικρή ενεργειακή κατανάλωση. Και σε αυτή τη περίπτωση υπηρεσιών, επωφελούνται στο έπακρο οι IoT συσκευές, αισθητήρες ασφάλειας και παρακολούθησης, μεταφορές αγαθών, Smart Home, Smart Cities, Smart Agriculture. Με αφορμή τις πρόσφατες εξελίξεις των 2 και πλέον ετών που η παγκόσμια κοινότητα

ταλανίζεται από τον Covid-19 και την εμπόλεμη ζώνη στο ανατολικό τμήμα της Ευρώπης, οι υπηρεσίες αυτές είναι υψίστης σημασίας διότι η ελαχιστοποίηση κατανάλωσης ενέργειας είναι μείζονος σημασίας τώρα που η διακίνηση καυσίμων είναι περιορισμένη και η οικονομία δέχεται αλλεπάλληλα χτυπήματα ανατιμήσεων. [3] [8] [24]



Εικόνα 16. Κατηγορίες υπηρεσιών 5G



Εικόνα 17. Εφαρμογές 5G για την ενίσχυση τομέων που επηρεάστηκαν από τον Covid

4.3 Τεχνικά Χαρακτηριστικά 5G

Η ανάγκη για υψηλότερες ταχύτητες, μεγαλύτερη κάλυψη δικτύου και περισσότερες συσκευές ταυτόχρονα συνδεδεμένες στο δίκτυο, οδήγησε στην ανάπτυξη των δικτύων 5G. Η υλοποίηση των δικτύων αυτών γίνεται σταδιακά με σταθερούς ρυθμούς, αξιοποιώντας αρχικά τις υπάρχουσες υποδομές των 4G δικτύων.

Δυο βασικά χαρακτηριστικά είναι αυτά που απαρτίζουν το 5G δίκτυο:

- RAN (Radio Access Network) είναι το δίκτυο ασύρματης πρόσβασης και αφορά την οργάνωση της εκπομπής σήματος στις ραδιοσυχνότητες, την κωδικοποίηση και τα πρωτόκολλα αναμετάδοσης σήματος.
- CN (Core Network) είναι το δίκτυο κορμού και οι υποδομές του. Αφορά την αυθεντικοποίηση (Authentication), χρεώσεις χρηστών από τους παρόχους ανάλογα με την χρήση του δικτύου από τις συνδεδεμένες συσκευές και υποδομή end to end connections.

Τα δυο αυτά χαρακτηριστικά είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους και απόλυτα διαχωρισμένα, έτσι ώστε να επιτευχθεί η βέλτιστη λειτουργία με δυναμικό τρόπο, αυξάνοντας την λογισμικοποίηση (Softwareization) όπου είναι εφικτό, έτσι ώστε να μειωθεί το κόστος υποδομών σε σχέση με παλαιότερα συστήματα τηλεπικοινωνιών όπως το 3G. Η λογική πίσω από τις 5G υποδομές είναι να ενσωματωθούν όλες οι τεχνολογίες που εφαρμόζονται στο Radio φάσμα και να αξιοποιηθούν οι δυνατότητες τους. Οι υπάρχουσες αυτές τεχνολογίες δεν είναι άλλες από το Wi-Fi, GSM, LTE και HSPA, είτε αυτά είναι πρωτόκολλα κινητής τηλεφωνίας είτε άλλες ασύρματες τεχνολογίες σε αδειοδοτημένο φάσμα ή μη.

Οι Σταθμοί Βάσης και οι κεραιές θα διαφέρουν σε σχέση με προηγούμενες τεχνολογίες σε μέγεθος, κατανάλωση ενέργειας και κόστος κατασκευής. Οι κεραιές του 5G είναι σχετικά μικρότερες σε σχέση με αυτές του 4G και θα γίνεται χρήση μεγαλύτερου πλήθους τους, διαφοροποιώντας την μέχρι σήμερα τοπολογία δικτύων, αυξάνοντας την ταχύτητα και την ακρίβεια μετάδοσης σήματος προς τον δέκτη, ελαττώνοντας την κατανάλωση ενέργειας. Το SDN (Software Defined Network) και το NFV (Network Functions Virtualization) αντικαθιστούν hardware τμήματα του δικτύου όπως τομείς των Σταθμών Βάσεων, συμβάλλοντας στην μείωση του κόστους εγκατάστασης και συντήρησης καθώς και στην ομαλότερη λειτουργία του δικτύου. Η ετερογενής αυτή οντότητα έχει δυναμική φύση και είναι επόμενο να αλλάζει και να εξελίσσεται συνεχώς ανάλογα με τις ανάγκες και τις προσαγές της εποχής που διανύει.

Εικόνα 18. Δομή Αρχιτεκτονικής 5G



Η αρχιτεκτονική των 5G δικτύων αποτελείται από συγκεκριμένες δομές και τεχνολογίες που θα μελετηθούν στη συνέχεια.

- Core Network
- RAN, Cloud RAN, O-RAN
- Small Cells
- Fronthaul και Backhaul
- SDN και NFV
- Φάσμα 5G
- MIMO
- mmWave
- Slicing
- Non-Standalone και Standalone 5G

4.3.1 Core Network (CN) – Δίκτυο Κορμού

Το πρώτο στάδιο υλοποίησης του δικτύου 5G βασίζεται στις υφιστάμενες υποδομές δικτύων όπως αυτές του 4G. Όπως είναι φυσικό, οι επικείμενες ριζικές αλλαγές στην αναβάθμιση και στην χρήση νέων τεχνικών και τεχνολογιών για την επίτευξη των στόχων και την ανάδειξη των δυνατοτήτων του δικτύου 5G. Οι αλλαγές στον τεχνικό εξοπλισμό θα προσφέρουν μείωση του κόστους εγκατάστασης, μείωση του κόστους λειτουργίας και συντήρησης καθώς και ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης φυσικών πόρων, με τη χρήση εικονικών δικτύων (SDN/NFV) όπου αυτό είναι δυνατό αντικαθιστώντας αρκετές από τις μέχρι τώρα υλικές υποδομές. Η ετερογένεια που χαρακτηρίζει τα νέα δίκτυα, λειτουργεί υπέρ της ευελιξίας και της δυναμικής τους φύσης. Για να επιτευχθεί αυτό είναι απαραίτητο και ένα μοντέλο συλλογικής διαχείρισης τους. Η φύση της αρχιτεκτονικής των νέων δικτύων οδηγεί προς αυτή τη κατεύθυνση, έχοντας ως κεντρικό γνώμονα τις υπηρεσίες που πηγάζουν έμμεσα από το Core Network και όχι από τους επιμέρους κόμβους. Ο απομακρυσμένος συλλογικός συντονισμός και η δυναμική διαχείριση όντας ανεξάρτητη σε μεγάλο βαθμό από τις υλικές υποδομές (Hardware), είναι η λύση που προσφέρεται από το 5G. Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι βασικές τεχνικές που υλοποιούνται για την επίτευξη του στόχου αυτού, όπως χρήση Cloud για τα Cloud-RAN δίκτυα, Network Slicing για την κατάτμηση των ψηφιακών υποδομών του δικτύου και την βελτιστοποίηση διαχείρισης των ψηφιακών πόρων και της υπολογιστικής ισχύος του. Οι φυσικές υποδομές δεν υστερούν όμως στις τεχνολογικές αναβαθμίσεις στα νέα δίκτυα, νέα κεραιοσυστήματα και η πυκνοποίηση τους [3], χρήση φάσματος όπου μέχρι τώρα ήταν διαθέσιμη σε άλλες υπηρεσίες και όχι στις τηλεπικοινωνίες. Πρωταγωνιστικό ρόλο σε αυτό θα έχει η τεχνολογία MIMO που θα υποστηρίζει μεγάλο αριθμό κεραιοσυστημάτων ταυτόχρονα. [53] [57]

4.3.2 RAN, C-RAN, O-RAN

RAN: Οι υψηλές απαιτήσεις και οι προδιαγραφές που ορίζονται για το δίκτυο 5G, έχουν ως αποτέλεσμα την υλοποίηση και εφαρμογή καινοτόμων δομών, έτσι ώστε να ξεπεραστούν οι ταχύτητες, η χωρητικότητα και η κάλυψη των δικτύων παλαιότερων γενεών. Τα μέχρι σήμερα δίκτυα που λειτουργούν στο Radio εύρος ζώνης όπως τα δίκτυα 4G RAN, θα γίνουν πιο πυκνά. Αυτό οδηγεί στην ανάπτυξη των Small Cells δηλαδή κυψελωτά δίκτυα μικρού μεγέθους, αλλά αντίστοιχα πολύ πιο πυκνά από τους προκατόχους τους. Μέχρι σήμερα η κύρια υποδομή ήταν τα Macro Cells που υποστήριζαν κάλυψη δικτύου σε μεγαλύτερες αποστάσεις και μεγαλύτερες γεωγραφικές επιφάνειες. Τα Small Cells καλύπτουν μικρές γεωγραφικές περιοχές όπως πόλεις. Η εγκατάσταση νέων, πυκνότερων κεραιοσυστημάτων είναι υποχρεωτική, έτσι ώστε να αξιοποιηθούν οι ήδη δεσμευμένες συχνότητες επικοινωνιών όπως αυτές του 4G για την ομαλότερη μετάβαση και αξιοποίηση των πόρων.

Οι νέες αυτές κεραίες, οι οποίες είναι μικρότερες σε μέγεθος θα μπορούν να εγκατασταθούν σε σημεία μέσα σε πόλεις που να εξυπηρετούν τους χρήστες, καλύπτοντας τη μεγαλύτερη δυνατή επιφάνεια. Τέτοια σημεία είναι οι κολώνες ηλεκτροδότησης, οι φανοστάτες στους δρόμους, οι στάσεις λεωφορείων και τρένων καθώς και οι φωτεινοί σηματοδότες στις διασταυρώσεις των δρόμων. Όλες οι παραπάνω εφαρμογές ενισχύουν το πλάνο για τις έξυπνες πόλεις, συνδυάζοντας οφέλη και παροχές υπηρεσιών στους χρήστες. Με την διάχυτη παροχή διαδικτύου, η συνδεσιμότητα όχι μόνο των ανθρώπων αλλά και των συσκευών μεταξύ τους, αναπτύσσει ένα οικοσύστημα του Διαδικτύου των Αντικειμένων (IoT), φέρνοντας το μέλλον στο σήμερα. [40]



Εικόνα 19. Κεραία 5G σε έξυπνο φανοστάτη

C-RAN (Cloud RAN): Στα πλαίσια της ψηφιοποίησης και της λογισμικοποίησης (Softwareization) του δικτύου τηλεπικοινωνιών, τέθηκε σε εφαρμογή η μέθοδος του C-RAN, μεταφέροντας ορισμένες από τις εφαρμογές και λειτουργίες ενός Σταθμού Βάσης τηλεπικοινωνιών σε cloud. [16] Ο διαχωρισμός αυτός δυο επιπέδων σε επίπεδο δεδομένων (Data Layer) και σε επίπεδο ελέγχου (Control Layer) συμβάλει σε μια κεντροποιημένη (centralized)

επεξεργασία για την διαχείριση της αποστολής και λήψης σήματος. Το Data Layer παραμένει στους Σταθμούς Βάσης ενώ αντίστοιχα το Control Layer έχει περάσει σε επίπεδο cloud.

Η Cloud τεχνολογία συνεχώς εξελίσσεται, επιτρέποντας την απομακρυσμένη διαχείριση και την μείωση κόστους εξοπλισμού καθώς δεν είναι απαραίτητο σε κάθε σταθμό βάσης να έχουμε όλο το φάσμα του απαραίτητου εξοπλισμού. Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι δεν είναι απαραίτητες μεγάλες αλλαγές στην τεχνική μεταφοράς δεδομένων με τη χρήση C-RAN, κάνοντας τη διαδικασία πιο απλή και ευκολότερα διαχειρίσιμη με τη χρήση υφιστάμενων τεχνολογιών. Έτσι ενισχύεται ακόμα πιο πολύ η ετερογενής φύση του 5G δικτύου. Τα βασικά στοιχεία που δομούν την τεχνική C-RAN είναι τρία Base Band Unit (BBU), Remote Radio Unit (RRU) ή αλλιώς Remote Radio Head (RRH) και Fronthaul.

- **Base Band Unit:** Είναι ο κεντρικός εγκέφαλος του δικτύου, που παρέχει υπολογιστικούς πόρους και συντονίζει την ορθή και ομαλή λειτουργία των κυψελών. Η μονάδα αυτή ουσιαστικά είναι το κέντρο δεδομένων με τη μορφή cloud, η οποία βρίσκεται σε απομακρυσμένη περιοχή. Οι υπολογιστικοί πόροι των BBU διοχετεύονται στα RRU ανάλογα με τις εκάστοτε ανάγκες του δικτύου.
- **Remote Radio Unit:** Είναι κεραιοσυστήματα με τα οποία ο χρήστης συνδέεται στο δίκτυο RAN, αποτελούν τα κυψελωτά δίκτυα και χάρη στην κατασκευή τους μπορούν να τοποθετηθούν πρακτικά παντού όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενη ενότητα (Φώτα δρόμων, φανάρια κτλ.). Τα RRU στέλνουν την πληροφορία προς τα σημεία Fronthaul και από εκεί γίνεται αποστολή των δεδομένων στα BBU.
- **Fronthaul:** Είναι το μέσο σύνδεσης αναμεσά στις RRH και στα BBU. Η κύρια υποδομή του αποτελείται από δίκτυα οπτικών ινών για την κάλυψη των αναγκών μεγάλου αριθμού κεραιών.

O-RAN (Open-Source RAN): Το O-RAN (Open Radio Access Network) είναι μια λογική που βασίζεται στην διαλειτουργικότητα και στην τυποποίηση των στοιχείων των RAN δικτύων, συμπεριλαμβάνοντας στοιχεία λογισμικού ανοιχτού κώδικα (open source) από ποικίλους οργανισμούς. Η αρχιτεκτονική των O-RAN δικτύων ενσωματώνει μια αρθρωτή στοίβα λογισμικού των Σταθμών Βάσης, το οποίο δεν βρίσκεται σε κάποια Hardware υποδομή αλλά σε κάποιο cloud του δικτύου. Αυτό επιτρέπει στους προγραμματιστές από τις επιμέρους εταιρίες που παρέχουν το λογισμικό να εργάζονται απρόσκοπτα μαζί. [30]

Η λογική του O-RAN είναι να αναβαθμίσει ακόμη περισσότερο τις δομές των 5G δικτύων μέσω των ευφυών συστημάτων που παρέχουν ευελιξία, ωφελώντας υποδομές IoT, Network Slicing και μελλοντικές αναβαθμίσεις του firmware με μεγαλύτερη ασφάλεια και αποτελεσματικότητα.

Έχει θεσπιστεί μια πολιτική συμμαχίας από τουλάχιστον 31 οργανισμούς τηλεπικοινωνίας, cloud computing και παρόχους κινητής τηλεφωνίας που παίρνουν μέρος στο Open Source Project, μεταξύ των οποίων και οι κολοσσοί των τηλεπικοινωνιών Ericsson, Nokia και Cisco.

Μελλοντικός στόχος του O-RAN είναι όλες οι Hardware και Software υποδομές των δικτύων κινητής τηλεφωνίας να είναι διαλειτουργικά (interoperable) ανεξάρτητες από την κατασκευάστρια εταιρία που τα παράγει. Χαρακτηριστικό παράδειγμα εφαρμογής του είναι ότι στα δίκτυα 5G υπάρχει πιθανότητα τα Radio Unit Software (RUS) να παρέχονται από την ίδια εταιρία που κατασκευάζει τις κεραίες και τα Distribution Units (DU) και Centralized Units (CU) να παρέχονται από άλλη. Με την εφαρμογή του O-RAN είναι εφικτό να ξεπεραστούν πιθανές ασυμβατότητες και να ενισχυθεί ακόμη περισσότερο η λειτουργικότητα της ετερογενούς φύσης του δικτύου. [18]

4.3.3 *Small Cell και DAS*

Τα **Small Cells** είναι μικρού μεγέθους Σταθμοί Βάσης χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας. Η εγκατάσταση τους και η λειτουργία τους είναι εφικτή σε εξωτερικούς αλλά και εσωτερικούς χώρους. Αποτελούν το εργαλείο για την υλοποίηση του μοντέλου πυκνοποίησης δικτύου (Network Densification) [3] κυρίως στις μεγάλες πόλεις και στα σημεία που απαιτείται εξυπηρέτηση μεγάλου αριθμού συσκευών και χρηστών ταυτόχρονα. Λόγω του πλήθους των απαιτούμενων κεραιών που θα απαρτίζουν τα πυκνά Small Cell δίκτυα, το κόστος εγκατάστασης ενδέχεται να είναι υψηλό. Για το λόγο αυτό είναι απαραίτητη η διεξοδική μελέτη του γεωγραφικού χώρου που θα καλύπτουν καθώς και οι ανάγκες, τόσο στο παρόν αλλά και στο μέλλον για την βελτιστοποίηση του μοντέλου. [28] Το μοντέλο του 5G δικτύου διακατέχεται από δυναμικότητα και ευελιξία, για το λόγο αυτό μελέτες έχουν οδηγήσει σε λύσεις τεχνητής νοημοσύνης με τη χρήση Machine Learning και νευρωνικών δικτύων για την βέλτιστη επιλογή μετάδοσης δεδομένων. [61] Οι εφαρμογές αυτές είναι οι βάσεις για τα δίκτυα του μέλλοντος όπως το 6G.

Τα συστήματα **Distributed Antenna System (DAS)** είναι κατανεμημένες ομάδες κεραιών τοποθετημένες σε προκαθορισμένη περιοχή μικρής γεωγραφικής κάλυψης για να παρέχουν ασύρματες υπηρεσίες δικτύου εσωτερικού χώρου (iDAS) και εξωτερικού χώρου (oDAS). Τέτοιοι χώροι μπορεί να είναι νοσοκομεία, γήπεδα, υπηρεσιακά κτήρια και πλατείες όπου συγκεντρώνονται πολλαπλοί χρήστες την ίδια στιγμή. Ο διαμοιρασμός του εύρους ζώνης που παρέχεται για κάθε έναν χρήστη γίνεται με “έξυπνο” τρόπο ανάλογα με την σχετική του θέση με την κεραία που τον εξυπηρετεί (κινούμενος ή στάσιμος) και τις ανάγκες του σε πόρους δικτύου. Τα DAS κεραιοσυστήματα αντικαθιστούν μεγαλύτερες κεραίες που κάλυπταν μέχρι τώρα την εν λόγω γεωγραφική περιοχή, με σκοπό την καλύτερη κατανομή, εκμηδενίζοντας τα τυφλά σημεία όπου ήταν ελλιπής η λήψη σήματος από τους χρήστες. Λειτουργούν ως μια ενιαία ομάδα που όμως έχει πολύ χαμηλότερη ισχύ από μια μεμονωμένη κεραία μεγαλύτερου μεγέθους. Τα DAS κεραιοσυστήματα συνδέονται συνήθως με macro Cells για την λήψη σήματος και μεταφοράς της πληροφορίας στον χώρο που εξυπηρετούν. [22] [59]



Εικόνα 20. DAS κεραειοσυστήματα που εξυπηρετούν εσωτερικούς χώρους

4.3.4 Backhaul και Fronthaul

Τα δίκτυα **Backhaul** είναι μια υποδομή με την οποία υλοποιείται η σύνδεση του Central Network με το υπόλοιπο ασύρματο δίκτυο (RAN). Για να επιτευχθεί υψηλή ταχύτητα και να υπάρχει μεγάλη χωρητικότητα στον τομέα αυτό, απαιτούνται υποδομές που μπορούν να το υποστηρίξουν. Μια κοινώς αποδεκτή και αποτελεσματική λύση είναι η χρήση οπτικών ινών για τη μετάδοση της πληροφορίας, εκτελώντας χρέη μεσολαβητή. Όμως οι απαιτήσεις του πρωτοκόλλου 5G για οικονομικότερες λύσεις καθιστούν τις οπτικές ίνες μη βιώσιμη επιλογή, καθώς πέρα από ακριβή επένδυση και εγκατάσταση εξοπλισμού από τους παρόχους (OPEX), είναι πάντα εφικτή η χρήση τους, ειδικά σε απομακρυσμένες περιοχές όπως ορεινές, αγροτικές ή απομακρυσμένες νησιωτικές εκτάσεις. Το πρόβλημα αυτό αγγίζει τα Ελληνικά δεδομένα λόγω της γεωγραφικής κατανομής της χώρας και την παρουσία χιλιάδων νησιών που έχει στα πελάγη της, κατοικήσιμων ή μη. Πιο συγκεκριμένα η περιοχή του Βορείου Αιγαίου, περιέχει μεγάλου μεγέθους κατοικημένα νησιά με γεωλογικές ιδιαιτερότητες όπως υψηλά βουνά και περιοχές απομακρυσμένες από άλλες υποδομές δικτύων.

Ως εναλλακτικές προτάσεις υλοποίησης των Backhaul δικτύων είναι η χρήση των νέων φασματικών ζωνών που αξιοποιούνται πλέον από τις τηλεπικοινωνίες στις μικροκομματικές συχνότητες από 300MHz έως 30GHz και τις ακόμη πιο υψηλές συχνότητες mmWave 30GHz έως 300GHz. Η χρήση τέτοιας τεχνολογίας καθιστά το Backhaul δίκτυο οικονομικότερο και πιο ευέλικτο, ειδικά σε περιοχές με γεωγραφικές ιδιαιτερότητες που αναφέρθηκαν προηγουμένως. Πειραματικά use cases έχουν συμπεριλάβει σμήνη από drones χαμηλής ισχύος ανά μονάδα συσκευής, δημιουργώντας κινητά small cell δίκτυα, καλύπτοντας περιοχές όπου θα ήταν υπό άλλες συνθήκες αδύνατο ή ασύμφορο οικονομικά να υλοποιηθεί ενσύρματη δικτύωση.

Τέλος, μια ακόμη πρόταση είναι η χρήση δορυφορικής μετάδοσης σήματος με το πρότυπο HASP (High Altitude Student Payload) ιπτάμενων πλατφορμών σε μεγάλο υψόμετρο με τη μορφή αεροσκαφών ή δορυφόρων συμπληρώνοντας το Backhaul δίκτυο, όπου υπάρχουν ελλείψεις υποδομών, προσφέροντας υψηλές ταχύτητες έως 1Gbit/sec.

Όσο το 5G εξελίσσεται, η Backhaul υποδομή γίνεται συνεχώς πιο ζωτικής σημασίας για να εκπληρωθούν οι απαιτήσεις και να εξαπλωθεί η κάλυψη του 5G. Είναι δεδομένο ότι ένας συνδυασμός των παραπάνω μεθόδων θα χρησιμοποιείται για την εξυπηρέτηση των αναγκών του δικτύου. [58]

Fronthaul είναι η αρχιτεκτονική που αφορά BBU (Baseband Units) και κεραίες RRU (Remote Radio Unit) οι οποίες βρίσκονται σε έναν Σταθμό Βάσης. Άρχισε να χρησιμοποιείται με την εισαγωγή του LTE στις τηλεπικοινωνίες, έτσι ώστε να ενισχυθεί και να υποστηριχθεί το Backhaul στη σύνδεση των BBU και του κεντρικού δικτύου (Central Network). Το Fronthaul έχει άμεση σύνδεση με το C-RAN καθώς λειτουργίες του πρώτου ορίζονται και παραμετροποιούνται από απομακρυσμένους servers που στεγάζουν το C-RAN δίκτυο, προσφέρουν ευελιξία και μείωση κόστους εξοπλισμού.

Η διαδρομή της αρχιτεκτονικής αυτής ξεκινάει από τα RRU, δρομολογώντας την πληροφορία σε ένα προκαθορισμένο σημείο συγκέντρωσης (Fronthaul Aggregation) και στη συνέχεια δρομολογούνται προς τα BBU. Με τον τρόπο αυτό, ένα μέρος της συμφόρησης και των απαιτήσεων του δικτύου αποδεδμεύεται από το Central Network. Η χρήση μικρότερων κεραιών RRU συμβάλλει στην μείωση των εξόδων εγκατάστασης και στον μετριασμό της πολυπλοκότητας του δικτύου. [20]

4.3.5 SDN και NFV

Τα **SDN (Software Defined Networks)** είναι ψηφιακά δίκτυα σε μορφή λογισμικού που αντικαθιστούν hardware τμήματα των δικτύων του 5G. Σκοπός είναι ο περιορισμός της στατικότητας που χαρακτηρίζει τα υφιστάμενα δίκτυα, παρέχοντας δυναμική αρχιτεκτονική και ευελιξία στην αντιμετώπιση επικείμενων προβλημάτων, παρέχει ανθεκτικότητα στο δίκτυο και υποστηρίζει αλλαγές της δομής του σε πραγματικό χρόνο, όποτε αυτό κρίνεται απαραίτητο. Η λογική του SDN είναι αντίστοιχη με αυτή του Cloud Computing, καθιστώντας το ως μια από τις πιο σύγχρονες λύσεις για βελτιστοποίηση ταχύτητας και κατανομής πόρων στο δίκτυο.

Με τη χρήση αυτής της τεχνολογίας περιορίζεται η ανάγκη για παρεμβάσεις από ανθρώπους που έχει ως αποτέλεσμα την ελαχιστοποίηση περιπτώσεων σφαλμάτων. Καθώς η υλική τους υπόσταση είναι ελάχιστη, το κόστος υποδομών περιορίζεται εκπληρώνοντας τις προϋποθέσεις των δικτύων 5G. Μια από τις πιο βασικές λειτουργίες των SDN δικτύων είναι ο διαχωρισμός προώθησης πακέτων (Data Plane) από την λειτουργία δρομολόγησης (Control Plane) στο οποίο βρίσκεται και η κύρια λειτουργικότητα του λογισμικού. Αυτή η διαχώριση και η συγκέντρωση πληροφορίας είναι επιρρεπής σε θέματα ασφάλειας για το λόγο αυτό η χρήση της επιβάλλεται να γίνεται με σύνεση και μετά από πλήρη μελέτη του μοντέλου υλοποίησης. Τα SDN δίκτυα συμβάλλουν στην υλοποίηση της εικονοποίησης (virtualization) με τη χρήση NFV που περιγράφεται στη συνέχεια. [55]

Η τεχνική **NFV (Network Function Virtualization)** που εφαρμόζεται στις υποδομές των 5G δικτύων, αφορά την εικονοποίηση (virtualization) των λειτουργιών των εν λόγω δικτύων. Οι λειτουργίες αυτές στις μέχρι τώρα υφιστάμενες υποδομές δικτύων παρέχονταν από Hardware εξοπλισμό, εξειδικευμένο για την κάθε εφαρμογή. Στόχος του NFV είναι να περιοριστεί το

κόστος εγκατάστασης, συντήρησης και λειτουργίας του τεχνικού εξοπλισμού των Σταθμών Βάσης με τον διαχωρισμό του φυσικού εξοπλισμού και των λειτουργιών τους, χρησιμοποιώντας servers για την υλοποίηση αυτή.

Το NFV αντικαθιστά πληθώρα από hardware συσκευές που απαιτούνται στην τοπολογία ενός φυσικού δικτύου, όπως switches, routers και firewall, χρησιμοποιώντας τους servers σε cloud περιβάλλον που αναφέρθηκαν προηγουμένως, με κατανεμημένο ή κεντροποιημένο (Centralized) τρόπο. Είναι σημαντικό να επισημανθεί, ότι δεν απαιτείται επιπλέον εξοπλισμός για την λειτουργία εφαρμογών NFV, καθώς η δομή του είναι σε μορφή λογισμικού. Το γεγονός αυτό δίνει τη δυνατότητα ακόμη και σε μικρές εταιρίες τηλεπικοινωνιών να αναπτυχθούν και να γίνουν εμπορικά ανταγωνιστικές. [60]

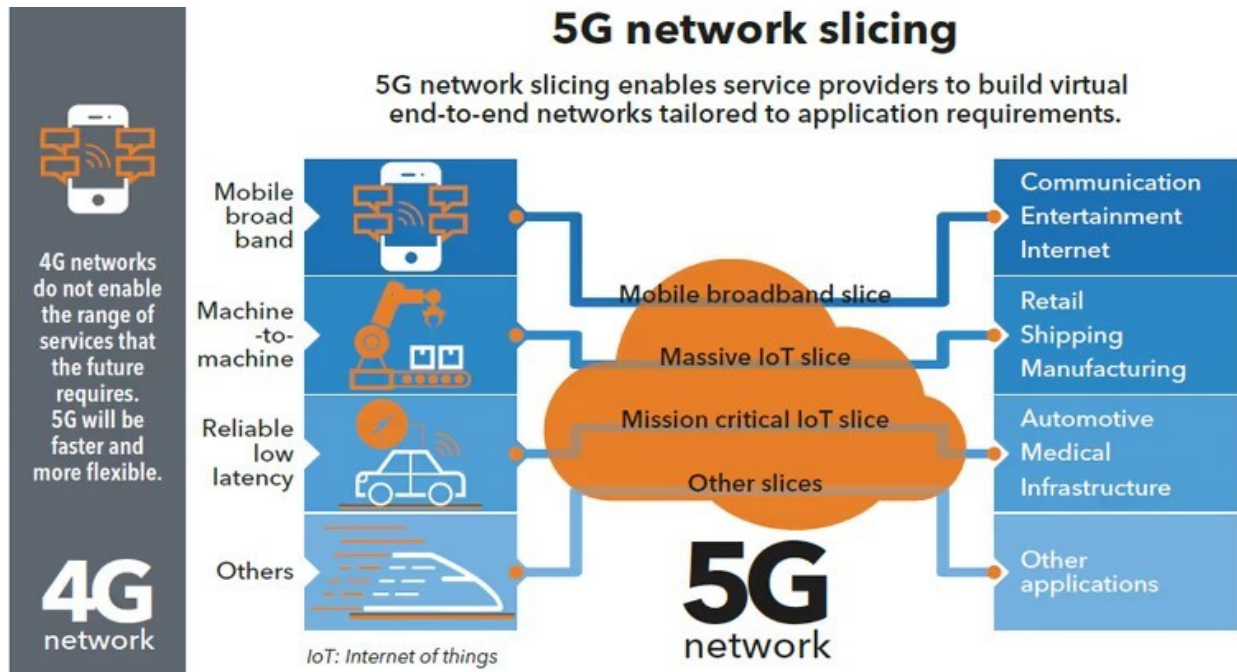
4.3.6 Slicing

Κατάτμηση ή Τεμαχισμός δικτύου (Network Slicing) είναι μια τεχνική τμηματοποίησης του εικονικού και φυσικού δικτύου με τέτοιο τρόπο ώστε να γίνεται εφικτή η βέλτιστη λειτουργία του με τα επιθυμητά χαρακτηριστικά ταχύτητας, καθυστέρησης (latency), ασφάλειας δεδομένων, εργονομίας και εξοικονόμησης ενέργειας. Είναι μια τεχνική που επιτρέπει δυναμικότητα στο δίκτυο ανάλογα με τις ανάγκες που προκύπτουν, τοποθετώντας το ένα τμήμα πάνω στο άλλο, έχοντας διαχωρίσει ένα φυσικό δίκτυο σε πλήθος εικονικών που μοιράζονται μια φυσική υποδομή (infrastructure). Αξιοποιώντας τις τεχνολογίες SDN και NFV, οι πάροχοι δημιουργούν κατάλληλα τμήματα end-to-end δικτύων που το κάθε ένα καλύπτει ένα φάσμα υπηρεσιών και ανατίθεται δυναμικά στους εκάστοτε χρήστες με την αντίστοιχη ανάγκη της εν λόγω υπηρεσίας. Αξίζει να αναφερθεί ότι το Network Slicing παίζει καθοριστικό ρόλο στην ανάπτυξη των IoT εφαρμογών και στην διασύνδεση των συσκευών μέσω 5G δικτύου έτσι ώστε να παράγεται το βέλτιστο δυνατό αποτέλεσμα με τη μικρότερη δυνατή υπολογιστική ισχύ και δαπάνη ενέργειας.

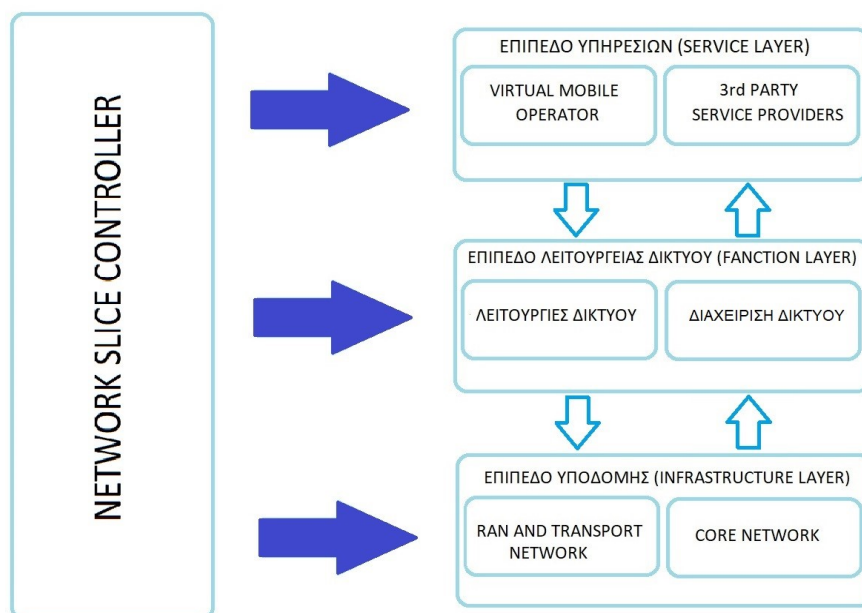
Η αρχιτεκτονική του Network Slicing αποτελείται από 3 βασικά επίπεδα:

- Service Layer είναι το επίπεδο όπου περιέχει τις υπηρεσίες των παρόχων και όλων των εμπλεκόμενων οντοτήτων όπως business entities, που έχουν να κάνουν με το δίκτυο.
- Network Function Layer είναι το επίπεδο που αποτελείται από διακριτούς κανόνες και διεπαφές (interfaces). Το επίπεδο αυτό είναι υπεύθυνο για την δημιουργία των τμημάτων του δικτύου (slices) ανάλογα με την υπηρεσία που θα παρέχουν και την ανάγκη που θα εξυπηρετούν. Στο επίπεδο αυτό θεμελιώνονται κανονισμοί έτσι ώστε να προκαθορίζεται ο κύκλος ζωής του κάθε τμήματος (slice) ανάλογα με την λειτουργία που αποσκοπεί, από την υλοποίηση του μέχρι και τον τερματισμό της υπόστασης του, όταν δεν θα είναι πλέον χρήσιμο.
- Infrastructure Layer είναι η φυσική τοπολογία του δικτύου η οποία προσφέρει τις υποδομές για την ορθή λειτουργία του κάθε τμήματος (slice). Οι συσκευές που απαρτίζουν αυτή την τοπολογία μπορούν να είναι servers, data centers, routers και οι ίδιοι οι Σταθμοί Βάσης.

Τέλος, υπάρχει ο διαχειριστής του Network Slicing, ο Network Slice Controller, λειτουργεί ως κατανεμητής λειτουργιών των τμημάτων (slices) από την στιγμή που δημιουργούνται έως την λήξη του κύκλου ζωής τους. Στόχος είναι να επιτευχθεί η βέλτιστη χρησιμότητα τους για να μη δαπανούνται άσκοπα πόροι του δικτύου και συμβάλει στην ελαχιστοποίηση της πολυπλοκότητας των εργασιών τους.



Εικόνα 21. Παράδειγμα Network Slicing με εφαρμογή IoT υποδομών Πηγή ITU News

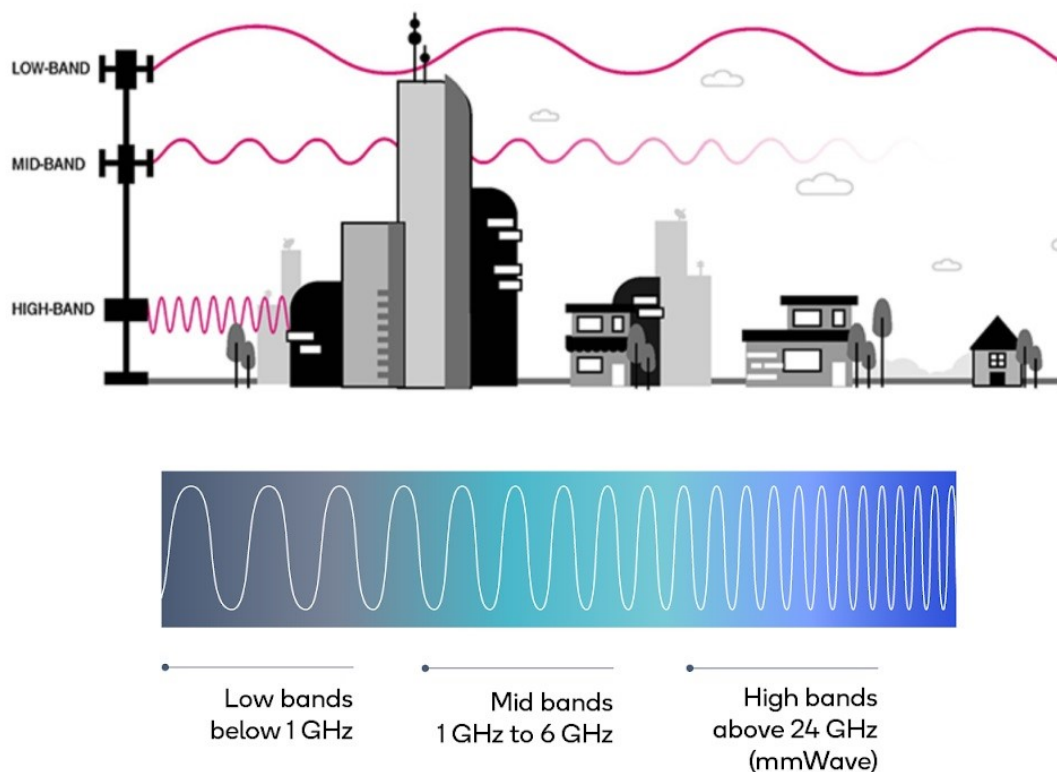


Εικόνα 22. Αρχιτεκτονική Network Slicing

4.3.7 Το Φάσμα του 5G

Η ανάγκη για ταχύτερα δίκτυα και αύξηση της χωρητικότητας τους, έστρεψε την επιστημονική κοινότητα στην μελέτη και αξιοποίηση ζωνών συχνότητας διαφορετικών από αυτές που εκμεταλλευόντουσαν για τις τηλεπικοινωνίες μέχρι σήμερα. Το φάσμα των συχνοτήτων που εκμεταλλεύεται για τη δόμηση και υλοποίηση του 5G δικτύου χωρίζεται σε τρεις κατηγορίες: χαμηλή, μεσαία και υψηλή ζώνη. [37]

- **Χαμηλή Ζώνη:** Η ζώνη αυτή χρησιμοποιείται από τις μέχρι τώρα ασύρματες τηλεπικοινωνίες και αποτελεί τα πρώτα βήματα υλοποίησης του 5G, εναρμονισμένα με το 4G LTE. Αποτελείται από συχνότητες 300MHz έως 1GHz. Η αξιοποίηση της παραμένει ζωτικής σημασίας καθώς με τη χρήση της το δίκτυο καλύπτει μεγάλη γεωγραφική έκταση, η οποία είναι άκρως σημαντική για τα Ελληνικά δεδομένα λόγω της ιδιαίτερης γεωγραφικής μορφολογίας της, των διασκορπισμένων αστικών κέντρων και τον τεράστιο αριθμό κατοικημένων νησιών της. Μεγάλο τμήμα της ζώνης αυτής ήταν δεσμευμένο από την επίγεια τηλεόραση αλλά με απόφαση της Ευρωπαϊκής Ένωσης και την υλοποίηση της ψηφιοποίησης από την Ελληνική εταιρία Digea που διήρκησε από το 2014 και ολοκληρώθηκε στο μεγαλύτερο της μέρος έως το 2021, ενώ οι εργασίες ψηφιοποίησης συνεχίζονται έως και σήμερα για την ολοκλήρωση της κάλυψης σε πανελλαδικό επίπεδο.
- **Μεσαία Ζώνη:** Η ζώνη αυτή αφορά τις συχνότητες 3,4GHz έως 3,8GHz με την οποία παρέχεται ικανοποιητική γεωγραφική κάλυψη αλλά ταυτόχρονα και πολύ μεγαλύτερες ταχύτητες συγκριτικά με την Χαμηλή Ζώνη εκπομπής σήματος. Με την αξιοποίηση αυτού του εύρους ζώνης επιτυγχάνεται η ανάπτυξη του 5G δικτύου με την υλοποίηση των υποδομών όπως Small Cells (ή micro cells) και Macro Cells κεραιοσυστημάτων.
- **Υψηλή Ζώνη:** Η ζώνη αυτή αφορά τις συχνότητες από 24GHz έως 27,5GHz στις οποίες έχουμε πραγματικά υψηλές ταχύτητες σε σύγκριση με οποιαδήποτε άλλη ασύρματη μέθοδο κινητής τηλεφωνίας.



Εικόνα 23. Φάσμα Συχνότητων 5G

4.3.8 MIMO και mMIMO

Το 5G δίκτυο ορίζεται από κάποια χαρακτηριστικά τα οποία για να επιτευχθούν, απαιτούνται καινοτομίες στην τεχνολογία, την τοπολογία και την αρχιτεκτονική των επιμέρους τμημάτων που απαρτίζουν το δίκτυο. Υπάρχουσες τεχνικές που χρησιμοποιούνται σε προγενέστερες γενιές δικτύων όπως τα 4G, είναι απαραίτητο είτε να αντικατασταθούν είτε να αναβαθμιστούν για να υπάρξει το επιθυμητό αποτέλεσμα. Μια από αυτές τις τεχνικές είναι η MIMO. Στα 4G δίκτυα κινητής επικοινωνίας, ο κάθε Σταθμός Βάσης έχει μια κεραία υψηλής ισχύος που οι νέες απαιτήσεις σε χωρητικότητα και ταχύτητες μετάδοσης πληροφορίας δεν επαρκούν, ειδικότερα σε κλειστούς/εσωτερικούς χώρους. Αξίζει να αναφερθεί ότι κατά τη διάρκεια της πανδημίας του COVID-19, ένα μεγάλο μέρος του πληθυσμού ήταν στο σπίτι ή μέσα σε κάποιον άλλο εσωτερικό χώρο και έκανε εκτεταμένη χρήση του διαδικτύου ως μόνη επικοινωνία με τον υπόλοιπο κόσμο. Είναι γνωστό ότι λόγω της δομής των υλικών που απαρτίζουν τα κτήρια και μια πληθώρα άλλων παραγόντων που αναφέρονται σε επόμενη ενότητα, υπάρχει περίπτωση αλλοίωσης των υπηρεσιών κινητής τηλεφωνίας όταν κάποιος χρήστης βρίσκεται σε εσωτερικό χώρο. Η αρχιτεκτονική του MIMO καλείται να αλλάξει και να προστεθεί μεγάλος αριθμός μικρότερων κεραιών αποστολής και λήψης σήματος, μικρότερης ισχύος, που ενδεικτικά μπορεί να έχουν και τον δικό τους ενισχυτή η κάθε μια, εν αντιθέσει με την παλαιότερη κεντρική κεραία ή κεραίες υψηλής ισχύος του Σταθμού Βάσης, έτσι ώστε να υπερκαλύψουν τις ανάγκες του αριθμού χρηστών.

Η MIMO τεχνολογία έχει 2 σενάρια, το Single User MIMO και το Massive MIMO. Στην πρώτη περίπτωση κάθε υποκεραία εξυπηρετεί έναν χρήστη ενώ στην δεύτερη, που είναι και η βέλτιστη λύση για τις απαιτήσεις των 5G δικτύων, Multi User MIMO όπου ο Σταθμός Βάσης έχει τη δυνατότητα να επικοινωνεί και να εξυπηρετεί ταυτόχρονα μεγάλο πλήθος χρηστών. Παράλληλα με τη χρήση των DAS κεραιοσυστημάτων, γίνεται ο διαχωρισμός χρηστών εξωτερικού και εσωτερικού χώρου έτσι ώστε να επιτευχθεί το βέλτιστο δυνατό αποτέλεσμα.

Στόχος είναι η αύξηση χωρητικότητας, περισσότερη ελευθερία στα κανάλια μετάδοσης σήματος κατά τη χρήση του συνεχώς αυξανόμενου όγκου πληροφορίας που μεταδίδεται, η βελτιστοποίηση της αξιοπιστίας του δικτύου και η ελαχιστοποίηση της ενεργειακής κατανάλωσης των Σταθμών Βάσης. Υπάρχουν όμως και προκλήσεις που προκύπτουν από τη χρήση του mMIMO και είναι απαραίτητο να διευθετηθούν έτσι ώστε να αναπτυχθεί το δίκτυο 5G. Ενδεικτικά έχουμε την εγκατάσταση και ριζική αλλαγή στην τοπολογία των Σταθμών Βάσης αντικαθιστώντας τις υπάρχουσες κεραίες με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να υπάρχει το βέλτιστο δυνατό αποτέλεσμα. Η εφαρμογή αυτή παρουσιάζει σχετικό επίπεδο δυσκολίας ανάλογα με την γεωγραφική θέση, τη μορφολογία της περιοχής και το πλήθος των χρηστών που πρόκειται να εξυπηρετηθούν. [9]

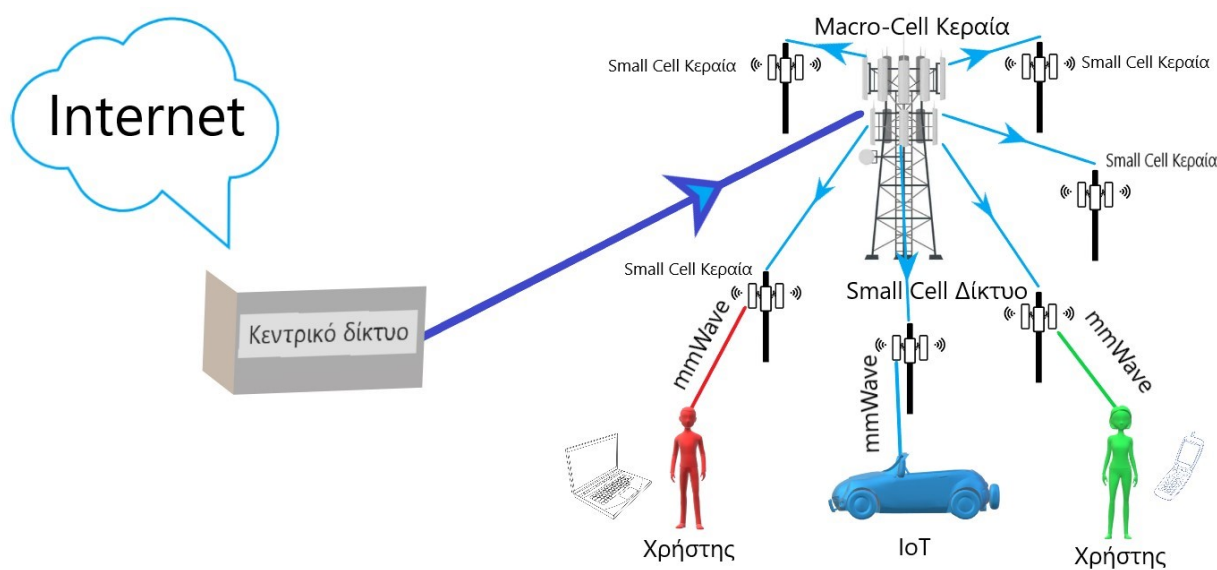
4.3.9 mmWave

Με βάση τις νέες απαιτήσεις των δικτύων και τις προϋποθέσεις υπηρεσιών του 5G, είναι επιτακτική ανάγκη η αύξηση χωρητικότητας των δικτύων ασύρματης επικοινωνίας και κυρίως αυτών της κινητής. Οι χρήστες αυξάνονται και οι ανάγκες για ταχύτητα και εξυπηρέτηση μεγαλώνει διαρκώς ειδικά με την συνεχή ανοδική πορεία της χρήσης των IoT συσκευών και την μεταξύ τους επικοινωνία. Ο όγκος δεδομένων που μεταφέρονται ανά μονάδα χρόνου, είναι υπέρογκος, ζητώντας μεγαλύτερο εύρος ζώνης έτσι ώστε να ικανοποιηθούν τα αιτήματα λειτουργίας του δικτύου. Η προσθήκη φάσματος είναι η τεχνική που φέρνει την επίλυση αυτού του προβλήματος. Η ζώνη mmWave (30GHz μέχρι 300GHz) είχε προταθεί και στο παρελθόν ως μέσο μετάδοσης πληροφορίας τηλεπικοινωνιών αλλά δεν στέφθηκε με επιτυχία το εγχείρημα εκείνη την περίοδο λόγω των τεράστιων ποσοστών απώλειας σήματος που έχει κατά τη μετάδοση του. Με την αύξηση όμως των αναγκών, οι επιστήμονες επανεξέτασαν αυτό το εύρος ζώνης και με την βοήθεια της πλέον εξελιγμένης τεχνολογίας, γίνεται εφικτή η αξιοποίηση του στα δίκτυα 5G και θέτει τις βάσεις για τις επόμενες γενιές τηλεπικοινωνιών.

Η αρχιτεκτονική που χρησιμοποιείται για το mmWave εύρος ζώνης είναι κάθε Macro-cell κεραία θα αποτελείται και θα υποστηρίζεται από ένα σύστημα small-cell κεραιών και άλλα ασύρματα δίκτυα όπως Wi-Fi, αξιοποιώντας την ετερογενή φύση των νέων δικτύων. Με τον τρόπο αυτό έχουμε αύξηση της χωρητικότητας αλλά και αρκετή ισχύ και στενευμένη δρομολόγηση σήματος έτσι ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι απώλειες λόγω συχνότητας σήματος σε τοπικό επίπεδο. Η τεχνική αυτή, εξυπηρετεί και τον σκοπό μείωσης κόστους εγκατάστασης καθώς δεν είναι απαραίτητη η τοποθέτηση οπτικών ινών μεταξύ των Σταθμών Βάσης, κάνοντας το Backhaul να έχει καλύτερη σχέση κόστους – απόδοσης αναλογικά με τις κολοσσιαίου όγκου πληροφορίες που μεταφέρονται καθημερινά. Ορισμένα από τα προβλήματα που καλούνται να επιλυθούν με τη χρήση αυτού του εύρους ζώνης είναι :

- Ατμοσφαιρική Σκέδαση
- Βροχή και άλλα παρόμοια καιρικά φαινόμενα που επιβαρύνουν την ισχύ του σήματος
- Υλικά που επιτρέπουν μικρή ή και καθόλου διείσδυση σήματος
- Φυσικά εμπόδια που προκαλούν περίθλαση (όπως δέντρα, πολυκατοικίες κτλ.)

Μια λύση που προτείνεται για την εν μέρη αποφυγή των παραπάνω φαινομένων που εξασθενούν το σήμα των mmWave συχνοτήτων είναι το Beamforming [9]. Είναι μια τεχνική με την οποία υποστηρίζεται κατευθυνόμενη εκπομπή σήματος προς ένα στόχο, κινούμενο ή σταθερό έτσι ώστε να ελαχιστοποιηθεί το pathloss, ακόμη και σε μακρινές αποστάσεις. Με το Beamforming επιτυγχάνεται μια διαδρομή μετάδοσης σήματος έτσι ώστε να αποφεύγονται οι παρεμβολές στην γεωγραφική περιοχή διάδοσης του. Η μέθοδος αυτή πέρα από τους χρήστες – ανθρώπους, ενισχύει και τις IoT συσκευές προσφέροντας τους απρόσκοπτα, εξαιρετικά μεγάλες ταχύτητες για την επικοινωνία με το δίκτυο αλλά και μεταξύ τους ανταλλάσσοντας συνεχώς πληροφορίες δημιουργώντας μια βάση δεδομένων πληροφοριών από τους αισθητήρες τους, σε πραγματικό χρόνο αυξάνοντας την ποιότητα και την ταχύτητα υλοποίησης (παραδείγματος χάριν ένα τοπικό έξυπνο οδικό δίκτυο), περεταίρω η αξιοποίηση των οποίων αναφέρεται σε επόμενο κεφάλαιο. [8]



Εικόνα 24. Αξιοποίηση mmWave σε Small Cell δίκτυο με Beamforming

4.3.10 *Non-Standalone και Standalone 5G*

Σε αντίθεση με τις προγενέστερες τεχνολογίες τηλεπικοινωνιών, το 5G Δίκτυο έχει τη δυνατότητα να εκμεταλλευτεί τις ήδη υπάρχουσες υποδομές όπως αυτές του 4G. Η τεχνική αυτή ονομάζεται Non-Standalone και είναι αυτή που τέθηκε σε εφαρμογή στο πρώτο στάδιο της έναρξης εκπομπής του 5G. Ο 3GPP έχει ορίσει ως βάσεις το Δίκτυο Κορμού (Core Network) και την New Radio (NR) [37] τεχνολογία εκμετάλλευσης ραδιοκυμάτων, φάσματος που μέχρι τώρα ήταν αναξιοποίητο για τις τηλεπικοινωνίες. Με τη χρήση του Non-Standalone, το 5G δίκτυο συνυπάρχει και εμπλουτίζει τις 4G υποδομές επικαλύπτοντας και συμπληρώνοντας το προηγούμενο δίκτυο, έως ότου εγκατασταθεί το νέο hardware και το αντίστοιχο λογισμικό για την αναβάθμιση του δικτύου έτσι ώστε να πάρει την προκαθορισμένη του μορφή που ορίζουν οι απαιτήσεις του 3GPP. Με το Release 17 να πλησιάζει την ολοκλήρωση του (Ιούλιος 2022), η οριστικοποίηση και η εμπορική διάθεση των νέων ζωνών συχνотήτων του 5G είναι γεγονός. [1]

Ο Standalone τύπος δικτύου θα συνδικάζει όλες τις καινοτόμες τεχνικές και το αναβαθμισμένο hardware έτσι ώστε να έχουμε πολλαπλά εικονικά δίκτυα σε ένα φυσικό δίκτυο, με υψηλές ταχύτητες, μεγαλύτερη ασφάλεια δεδομένων και πολύ χαμηλή καθυστέρηση (latency) συγκριτικά με την non-Standalone εκδοχή του. Η εφαρμογή και υλοποίηση του σχεδίου αυτού θα είναι μακροπρόθεσμη καθώς απαιτείται ενδελεχής μελέτη για την εγκατάσταση του κατάλληλου εξοπλισμού. Αυτό είναι ένα πρόβλημα που ταλανίζει τους παρόχους κινητής τηλεφωνίας στην Ελλάδα, λόγω της ιδιαίτερης γεωγραφικής μορφολογίας της.

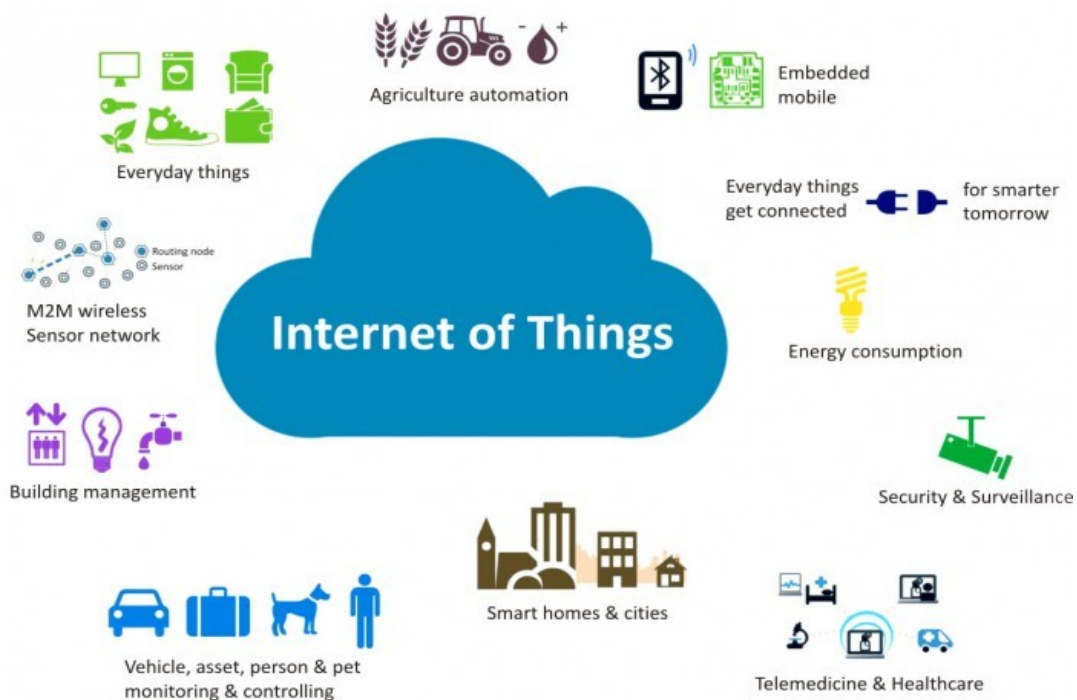
5

Διαδίκτυο Των Αντικειμένων

Η εποχή μας κατακλύζεται από τεχνολογικά επιτεύγματα που παλαιότερα θα θεωρούνταν επιστημονική φαντασία. Το Internet of Things είναι μια από αυτές τις τεχνολογίες που τα τελευταία χρόνια ερευνάται από πολλούς επιστήμονες και η εξέλιξη του βρίσκει εφαρμογή σε πάρα πολλούς τομείς, αναβαθμίζοντας τους. Η δυνατότητα επικοινωνίας των κινητών τηλεφώνων και άλλων έξυπνων συσκευών με συστήματα τα οποία παρέχουν άμεση πληροφορία για ενημέρωση ή και επεξεργασία αυτών των δεδομένων, ωθεί όλο και περισσότερους ερευνητές σε καινοτομίες για την αναβάθμιση της ποιότητας ζωής του ανθρώπου αλλά και την ασφάλεια του.

Το IoT είναι ένα δίκτυο από φυσικά αντικείμενα (αυτοκίνητα, συστήματα ασφάλειας, κατασκευαστικές μηχανές, εργοστασιακός επαγγελματικός εξοπλισμός, κ.α.) στα οποία έχουν ενσωματωθεί ‘έξυπνα’ συστήματα, όπως αισθητήρες, επεξεργαστές, μέσα αποθήκευσης πληροφορίας ή ακόμα και λογισμικό μηχανισμών αυτοματοποίησης και επικοινωνίας. Ποιο είναι λοιπόν αυτό που κάνει το IoT να ξεχωρίζει σαν τεχνολογία; Είναι η άμεση εξαγωγή, επεξεργασία και ανάλυση της πληροφορίας που μπορούμε να πάρουμε από ένα έξυπνο δίκτυο συσκευών, μηχανισμών, κτιρίων κτλ. Το 1999 ο Ashton Kevin επινόησε την ορολογία Internet of Things με όραμα την διασύνδεση συσκευών και την μεταξύ τους επικοινωνία μέσω του διαδικτύου έτσι ώστε να ωφελείται ο άνθρωπος.

Με την καθιέρωση του 5G δικτύου και τα προνόμια που προσφέρει, το IoT επωφελείται σε μέγιστο βαθμό καθώς υπάρχει πια το μέσο για την περαιτέρω εξέλιξη των έξυπνων συστημάτων που ήδη υλοποιούνται έως τώρα. Το 5G φέρνει το μέλλον στο σήμερα, επιτρέποντας την αδιάληπτη επικοινωνία μεταξύ των μηχανών (Machine to Machine – M2M) με οικονομικό, λιγότερο ενεργοβόρο και ταχύτερο τρόπο. [9] Το IoT είναι η τεχνολογική επανάσταση που θα αλλάξει ριζικά τομείς της καθημερινότητας όπως η υγεία, η εργασία, η παραγωγή προϊόντων, παροχή υπηρεσιών, η γεωργία, η ποιότητα ζωής και η ασφάλεια του ανθρώπου στο σπίτι και στην δουλειά του. [25] [34] [19]



Εικόνα 25. Τομείς που επηρεάζει το IoT Πηγή Scientechworld

5.1 *IoT και επιχειρήσεις*

Οι IoT εφαρμογές είναι η τεχνολογία που μέρα με τη μέρα μπαίνει όλο και περισσότερο στην ζωή μας, τόσο προσωπική όσο επαγγελματική. Έρευνες αναφέρουν ότι μέσα στην επόμενη δεκαετία το IoT θα έχει επηρεάσει την πλειοψηφία των επιχειρήσεων κάθε είδους. Ίσως κάποιοι να έχουν τους ενδοιασμούς τους για αυτό, αλλά κοιτάζοντας στο κοντινό παρελθόν, ένα παράδειγμα μας δείχνει το τι πρόκειται να γίνει, τα κινητά τηλέφωνα και οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές έχουν αλλάξει όλο τον επαγγελματικό κόσμο.

Η κατάλληλη επεξεργασία της πληροφορίας μπορεί να επιφέρει σε μια επιχείρηση κέρδη, λιγότερα έξοδα, αμεσότητα, ποιότητα παροχής υπηρεσιών και εμπορευμάτων, βελτιστοποίηση επικοινωνίας επιχείρησης-πελάτη. Η σημασία του να μπορεί μια επιχείρηση να παρέχει άμεσες, ποιοτικές και περισσότερο κερδοφόρες για αυτή λύσεις, στους πελάτες της.

Τα οφέλη που μπορεί να έχει μια επιχείρηση από IoT εφαρμογές είναι πολλαπλά. Έχει τη δυνατότητα να ενισχύσει την σχέση της με τους πελάτες της, να αυξήσει την πιστότητα τους προς αυτή, να έχει ταχύτερη παράδοση και εξυπηρέτηση έτσι ώστε να γίνει πιο ανταγωνιστική στην αγορά επιφέροντας της περισσότερα κέρδη. Η After Sales εξυπηρέτηση των πελατών θα είναι πιο προσωποποιημένη και οι επισκευές, αλλαγές εξοπλισμού, service των προϊόντων θα γίνονται ταχύτερα και με λιγότερο κόστος. [38] [49]



Εικόνα 26. Οφέλη IoT σε μια Επιχείρηση

5.2 IoT στον τομέα Υγείας – *Smart Healthcare*

Σε παγκόσμιο επίπεδο το υγειονομικό σύστημα δέχεται επί μονίμου βάσεως μεγάλη πίεση στα νοσοκομεία, στους ιατρικούς σταθμούς των αστικών κέντρων και της περιφέρειας λόγω παρωχημένων διαδικασιών που γίνονται χειροκίνητα. Οι ανάγκες του ανθρώπου αυξάνονται συνεχώς σε όλους τους τομείς, συμπεριλαμβανομένης και της ιατρικής περίθαλψης. Από το 2019 μέχρι και σήμερα, λόγω του Covid-19 χάθηκαν από τη ζωή χιλιάδες άνθρωποι είτε γιατί δεν υπήρχε δυνατότητα περίθαλψης είτε λόγω έλλειψης ενημέρωσης και πρόληψης. Η τεχνολογία συμβάλει στην αποσυμφόρηση, στην ανάπτυξη και την εξομάλυνση των ιατρικών διαδικασιών κάνοντας τες ταχύτερες και αποτελεσματικότερες με περιορισμό λαθών. [4]

Η χρήση του Internet of Things στον τομέα της υγείας, ειδικά μετά από τα γεγονότα των τελευταίων ετών, κρίνεται απαραίτητη έτσι ώστε να υποστηριχθεί η νοσοκομειακή περίθαλψη, μειώνοντας τον χρόνο και το κόστος θεραπείας και παραμονής στο νοσηλευτικό ίδρυμα. Το IoT μπορεί να συμβάλλει σε όλα τα στάδια της υγείας, από την πρόληψη, την αντιμετώπιση έως και την αποθεραπεία ενός ασθενούς. Ορισμένα από τα παραδείγματα στα οποία IoT συσκευές που έχουν ενσωματωμένους κατάλληλους αισθητήρες για την παρακολούθηση και ενημέρωση τόσο του ασθενούς όσο του ιατρού, είναι τα παρακάτω:

- Ιατρικό επίθεμα για διαβητικούς : Καταμετρά ανά τακτά χρονικά διαστήματα στοιχεία απαραίτητα για την ομαλή λειτουργία του οργανισμού του ασθενούς, όπως επίπεδα ζαχάρου, αρτηριακή πίεση και ποσοστό οξυγόνου στον οργανισμό. Αν υπάρχει κάποια απόκλιση από τα κανονικά επίπεδα, το επίθεμα στέλνει σήμα στο κινητό του ασθενούς μέσω Bluetooth, αξιοποιώντας κατάλληλο λογισμικό εγκατεστημένο στη συσκευή του

κινητού και με τη σειρά του αυτό ενημερώνει τον θεράποντα ιατρό και το αντίστοιχο νοσηλευτικό προσωπικό έτσι ώστε να αποφευχθεί κάποιο διαβητικό επεισόδιο.

- Έξυπνος βηματοδότης Καρδιάς: Υλοποιώντας παρόμοια τεχνική με το προηγούμενο παράδειγμα, σε περίπτωση προβλήματος καρδιακών παλμών ή αρρυθμίας της καρδιάς για την οποία δεν μπορεί ο ίδιος ο βηματοδότης να ανταπεξέλθει ενημερώνει άμεσα τους αρμοδίους για την περίθαλψη του ασθενούς. Παράλληλα διατηρεί σε μια βάση δεδομένων το ιστορικό από τις μετρήσεις που λαμβάνει η συσκευή ανά τακτά χρονικά διαστήματα.
- Τηλεϊατρική : Με την αξιοποίηση του 5G Δικτύου και τις μεγάλες ταχύτητες επικοινωνίας που παρέχει, υποστηρίζονται ιατρικές μέθοδοι σε πραγματικό χρόνο. Η απομακρυσμένη διάγνωση από μια ειδικότητα Ιατρού που δεν είναι διαθέσιμη σε συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή, αναλύεται σε επόμενο κεφάλαιο. Ακόμη με την χρήση της ρομποτικής και IoT αισθητήρων θα είναι πλέον εφικτή χειρουργική επέμβαση εξ αποστάσεως.

5.3 *IoT και Γεωργία – Smart Agriculture*

Ο τομέας της γεωργίας ανέκαθεν ήταν ένα βασικό τμήμα της παγκόσμιας οικονομίας. Από την αρχαιότητα γίνονται συνεχείς προσπάθειες για την ανάπτυξη μεθόδων βελτιστοποίησης της παραγωγής, της διανομής των αγαθών και της μείωσης του κόστους των επιμέρους διαδικασιών. Η αύξηση του πληθυσμού και οι αυξανόμενες ανάγκες πρώτων υλών αποτελεί επιτακτική ανάγκη στην ενίσχυση της με κάθε τεχνολογικό μέσο. Η εξέλιξη της τεχνολογίας συμβάλει στο γεγονός αυτό και η εφαρμογή των IoT και 5G είναι καθοριστικές για το μέλλον της γεωργίας.

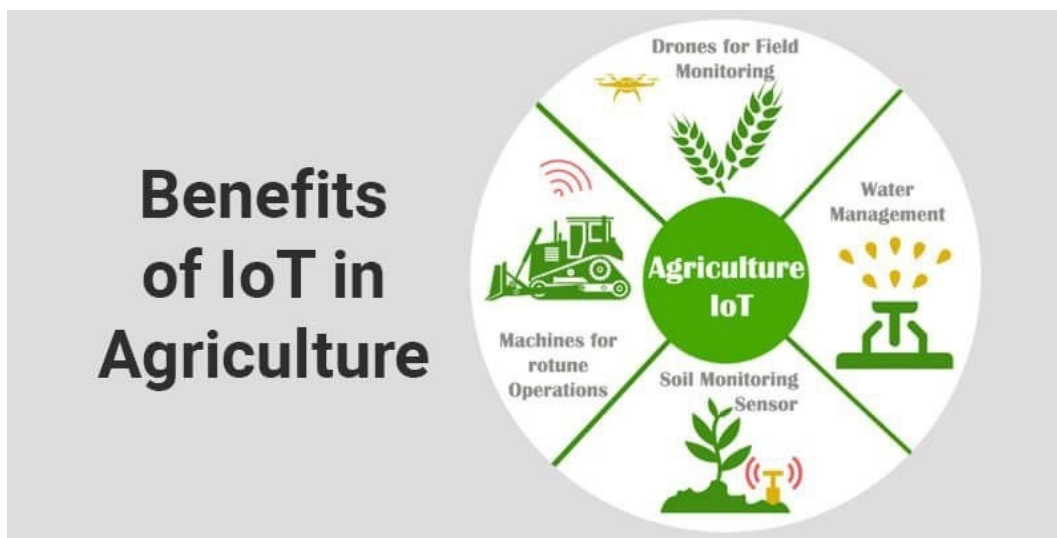
Όπως και σε άλλους τομείς έτσι και στη γεωργία η βιομηχανοποιημένη δομή της, αλλάζει και γίνεται ψηφιακή. Συνεχώς εντάσσονται ψηφιακά και σύγχρονα τεχνολογικά μέσα και τεχνικές στην διαδικασία παραγωγής, κάνοντάς την αποδοτικότερη, μειώνει την παραγωγή ρύπων και ελαττώνει το κόστος διαδικασιών. Η βασική πρόκληση που υπάρχει σήμερα στη γεωργία για την κάλυψη των αναγκών για τρόφιμα έτσι ώστε να καλυφθεί ο αυξανόμενος όγκος ζήτησης, δεν αφορά μόνο τη σχέση μηχανής και ανθρώπου αλλά τις αυτοματοποιημένες διαδικασίες μεταξύ των συσκευών που αναλαμβάνουν πρωταγωνιστικό ρόλο. Ορισμένες από τις βασικές μεταρρυθμιστικές τεχνικές που θα αλλάξουν ριζικά την γεωργία είναι:

- Ρομποτική εφαρμογή στη γεωργία : Καθώς η ρομποτική εξελίσσεται, ενισχύει την αυτοματοποιημένη παραγωγική διαδικασία, βελτιστοποιώντας την με τη χρήση έξυπνων μηχανών για την συλλογή αγαθών και την αξιοποίηση των φυσικών πόρων. Ταυτόχρονα με την κατάλληλη χρήση αισθητήρων, μεταφέρεται μεγάλος όγκος πληροφορίας για την ποιότητα του εδάφους, των φυτών και της γενικής κατάστασης των σταδίων της παραγωγής.
- Μηχανική Μάθηση στη Γεωργία : Η πρόβλεψη προβλημάτων και η αξιοποίηση μοντέλων καλλιέργειας, βοηθά την επιλογή της βέλτιστης επιλογής τοποθεσίας, αντιμετώπιση καιρικών φαινομένων ανάλογα με την εγκατάσταση της γεωργικής μονάδας και την

επιλογή του κλίματος σποράς και συγκομιδής. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση μεγάλου αριθμού αισθητήρων που συλλέγουν τις κατάλληλες πληροφορίες προς επεξεργασία.

- Απομακρυσμένος έλεγχος : Με τη χρήση νέων συσκευών διασυνδεδεμένων μεταξύ τους, όπως κάμερες και αισθητήρες, υπάρχει δυνατότητα της απομακρυσμένης διαχείρισης και του ελέγχου από απόσταση, έτσι ώστε οι αγρότες που επιμελούνται την γεωργική καλλιέργεια να είναι ανά πάσα στιγμή ενήμεροι για την κατάσταση της και τυχόντα προβλήματα που μπορεί να προκύψουν όπως μειωμένη υγρασία εδάφους, ζημιογόνοι οργανισμοί που βλάπτουν τα φυτά και τα δέντρα καθώς και την πληροφόρηση σε πραγματικό χρόνο έτσι ώστε να προβούν σε κατάλληλες αλλαγές και ενέργειες για τη βελτίωση της σοδιάς.
- Drones: Η χρήση των ιπτάμενων συσκευών που ονομάζονται drones, εφοδιασμένα με κατάλληλους αισθητήρες και αξιοποιώντας την ανάπτυξη της ρομποτικής όρασης, έχουν τη δυνατότητα να συμβάλλουν στην καλλιέργεια και να αντικαταστήσουν διαδικασίες που θα ήταν χρονοβόρες με την χρήση συμβατικών μηχανήματων. Τα drones έχουν τη δυνατότητα της δυναμικής εποπτείας των αγρών με μεγάλη ευελιξία, την ρίψη φυτοφάρμακων με ακρίβεια, ακόμα και την συλλογή φυτών και καρπών.

Με τη χρήση των παραπάνω τεχνολογιών και την εφαρμογή του IoT στον τομέα αυτό, η γεωργία μετονομάζεται σε 'Γεωργία Ακρίβειας', με τη δυνατότητα να ξεπεράσει κάθε προηγούμενο παραγωγικό επίπεδο στην ανθρώπινη ιστορία. Εφαρμόζοντας το σύστημα αυτό επιτυγχάνεται η βέλτιστη διαχείριση του χώρου και του χρόνου που απαιτείται για την γεωργική παραγωγή και περιορίζονται οι αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Με τη χρήση αισθητήρων που τοποθετούνται σε όλη τη διαδικασία παράγωγης και διανομής των προϊόντων, αποστέλλονται σε Cloud περιβάλλον πληροφορίες για το νερό, το χώμα και πιθανές ασθένειες σε πραγματικό χρόνο. Αναλύοντας τα δεδομένα αυτά με κατάλληλους αλγορίθμους μπορούν να συντονιστούν με ακρίβεια και αμεσότητα οι ενέργειες που απαιτούνται. Χάρη στα παραπάνω, η γεωργία οδηγείται από την βιομηχανική εποχή στην ψηφιακή. [10] [21] [39]



Εικόνα 27. Οφέλη του IoT στην Αγροτική Παραγωγή Πηγη Bispendra Brsofttech

5.4 IoT στην οδική μετακίνηση και στα μέσα μεταφοράς – Smart Automobile and Transportation

Ένας ακόμη τομέας που θα επηρεαστεί άμεσα από την εφαρμογή του δικτύου 5G και της χρήσης έξυπνων συσκευών ενσωματωμένες στα οχήματα είναι αυτός των Μέσων Μαζικής Μεταφοράς και της οδικής μετακίνησης. Έχει δοκιμαστεί πειραματικά με το project Connected Automated Mobility η επικοινωνία οχημάτων με τη χρήση 5G σε μεγάλα οδικά δίκτυα ανά την Ευρώπη για την μείωση των ατυχημάτων και τη βελτιστοποίηση της ποιότητας μετακίνησης στους δρόμους αυτούς. Στο project αυτό συμμετέχει και η Ελλάδα με την τεχνική κάλυψη της εταιρίας τηλεπικοινωνιών κινητής, Cosmote.

Βασικό ρόλο έχουν οι IoT εφαρμογές στις παραπάνω περιπτώσεις, συμβάλλοντας στη μείωση των ατυχημάτων με τη χρήση αισθητήρων, αντλώντας με δυναμικό τρόπο δεδομένα από το περιβάλλον και ενημερώνουν τα γύρω οχήματα για την κατάσταση που επικρατεί. Ο οδηγός ή χρήστης του μέσου μεταφοράς ενημερώνεται για τυχόν αλλαγές στην κυκλοφορία, την αύξηση της κίνησης στους δρόμους και το βέλτιστο μέσο μεταφοράς ανάλογα με τις ανάγκες του και την παρούσα κατάσταση στην διαδρομή που επιθυμεί να διανύσει. Αισθητήρες ενισχύουν το σύστημα φρένων των οχημάτων, παίρνοντας αποφάσεις έγκαιρα, σταματώντας το όχημα για την αποφυγή εμποδίων ή την αποφυγή μοιραίου ατυχήματος, αυτόματα ενημερώνονται και τα υπόλοιπα κοντινά οχήματα για να αντιδράσουν ανάλογα. Ορισμένες από τις εφαρμογές που θα απολαμβάνουν οι επιβάτες με την συνύπαρξη του 5G και των IoT συσκευών και υπηρεσιών είναι:

- Ενσωματωμένο σύστημα οδηγικής υποβοήθησης με τη χρήση 3D αναπαράστασης της διαδρομής και της πιθανής κίνησης στο δρόμο.
- Αντίληψη σε πραγματικό χρόνο και άμεση ανάλογη ενέργεια σε περίπτωση παρουσίας ατυχήματος στο δρόμο ή άλλων επιβλαβών συνθηκών όπως πλημμύρες, επικίνδυνα καλώδια, εμπόδια φυσικά ή μη, στο οδικό δίκτυο.
- Ψυχαγωγία των επιβατών στα μέσα μεταφοράς με τη χρήση μουσικής, προβολής εικόνας υψηλής ανάλυσης και γρήγορης πρόσβασης στο διαδίκτυο με τη χρήση των προνομίων του 5G και τις IoT συσκευές να αντιλαμβάνονται τις προσωποποιημένες ανάγκες του εκάστοτε χρήστη. [26]

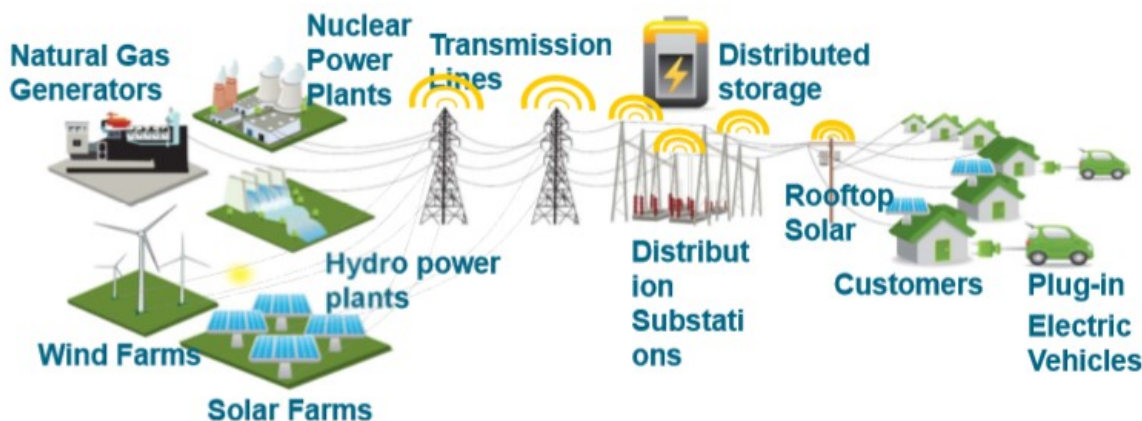
5.5 IoT και Έξυπνο Δίκτυο Ηλεκτροδότησης – Smart Grid

Τα τελευταία χρόνια η παγκόσμια κοινότητα ταλανίζεται από το φαινόμενο της ενεργειακής κρίσης. Το φαινόμενο αυτό εντάθηκε με τις πολεμικές συρράξεις στην Ουκρανία στις αρχές του 2022, δημιουργώντας προβλήματα μετακίνησης φυσικού αερίου από την Ρωσία προς άλλες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης αλλά και του υπόλοιπου πλανήτη. Η παραγωγή και η κατανάλωση της ενέργειας είναι ένα από τα προβλήματα που καλείται να αντιμετωπίσει η επιστημονική κοινότητα με κάθε εφικτό τρόπο. Καθώς η τεχνολογία προοδεύει, επιτεύγματα της επηρεάζουν θετικά την

αύξηση της παραγωγής ενέργειας με τη χρήση εναλλακτικών πηγών, την ποιοτικότερη και ασφαλέστερη μεταφορά της καθώς και την μείωση της κατανάλωσης της. Οι εναλλακτικές πηγές ενέργειας όπως η ηλιακή, αντικαθιστούν της παλαιωμένες που έχουν ως βάση τα κοιτάσματα πετρελαίου, λιγνίτη και άνθρακα, περιορίζοντας τους ρύπους κατά την παραγωγή και τη χρήση τους. Η αποδέσμευση από τα πεπερασμένα κοιτάσματα των πηγών αυτών με τη χρήση ανανεώσιμων μεθόδων όπως η αιολική, η υδροηλεκτρική και η ηλιακή ενέργεια θέτουν τις βάσεις για ένα πράσινο μέλλον. Είναι όμως αυτό αρκετό; Από μόνες τους οι νέες πηγές ενέργειας, δεν επαρκούν για την επίλυση αυτού του σημαντικού προβλήματος που συνεχώς διογκώνεται λόγω της αύξησης συσκευών και λειτουργιών που απαιτούν χρήση ηλεκτρικού ρεύματος. Η ορθή διαχείριση με έξυπνα, αυτοματοποιημένα συστήματα, είναι επιτακτική ανάγκη για την βελτιστοποίηση αυτής της διαδικασίας και την επίτευξη των στόχων που ορίζουν οι παγκόσμιοι οργανισμοί που επιμελούνται του θέματος. Τα κλασικά ηλεκτρικά δίκτυα θα δώσουν τη θέση τους σε νέα, έξυπνα, πιο εκσυγχρονισμένα με το όνομα Smart Grids.

Ένα Smart Grid ορίζεται ως όλες οι υποδομές που σχετίζονται με την παραγωγή και την κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας. Αξιοποιώντας τεχνολογίες από το IoT, ένα Smart Grid γίνεται πιο ευέλικτο και διαδραστικό με τους χρήστες λειτουργώντας δυναμικά και σε πραγματικό χρόνο ανάλογα με τις ανάγκες τους. Στο ηλεκτρικό δίκτυο αυτό, περιλαμβάνονται ενεργειακά μέτρα, έξυπνοι μετρητές, έξυπνες συσκευές, αισθητήρες με τους οποίους βελτιστοποιείται η αξιοποίηση των φυσικών πόρων. Για να επιτευχθεί αυτό, η ρύθμιση της ισχύος, ο έλεγχος παραγωγής, η διανομή του ηλεκτρικού ρεύματος και η ασφάλεια θα πρέπει να ενσωματωθεί στα νέα Smart Grid δίκτυα. [56]

Οι καινοτομίες που προσφέρονται με την εγκατάσταση Smart Grid σε μια γεωγραφική περιοχή, είναι πολύ σημαντικές για την ανάπτυξη της και την ευημερία της. Έχει την δυνατότητα να καθιστά βιώσιμες τις ενεργειακές ανάγκες μιας πόλης με την αξιοποίηση αυτοματοποιημένων λειτουργιών ελέγχου, επιτρέποντας παράλληλα άλλους τομείς έξυπνων τεχνολογιών όπως smart homes, smart healthcare, smart cities και smart agriculture να αναπτυχθούν περαιτέρω. Εφαρμογές όπως σε αυτές χρήζουν ενδιαφέροντος για τα Ελληνικά δεδομένα και κυρίως σε απομακρυσμένα μέρη όπως ορεινές και νησιωτικές περιοχές. Οι απαρχαιωμένες τεχνικές υψηλού κόστους και μεγάλης παραγωγής ρύπων, είναι εφικτό να αντικατασταθούν με καινοτόμες συσκευές και δίκτυα για το μακροπρόθεσμο όφελος της χώρας.



Εικόνα 28. Smart Grid

5.6 *IoT και Έξυπνα Σπίτια – Smart Home*

Με τη χρήση του Διαδικτύου των Αντικειμένων, υπάρχει η δυνατότητα να αναβαθμιστούν ποιοτικά και λειτουργικά διάφοροι τομείς της καθημερινότητας του ανθρώπου, φυσικά ένας από αυτούς είναι η κατοικία στην οποία διαμένει. Με τον ορό έξυπνο σπίτι ορίζεται ένα σύνολο διατάξεων όπου υπάρχει οργάνωσή, ομαδοποίηση και αυτοματοποίηση λειτουργιών της κατοικίας ανάλογα με τις ανάγκες που υπάρχουν ή που μπορεί να προκύψουν ενός ιδιόκτητη και των ατόμων που διαμένουν σε αυτή. Συμβατικές συσκευές μπορούν να αντικατασταθούν με έξυπνες, οι οποίες παρέχουν αναβαθμισμένες υπηρεσίες με απλό και εργονομικό τρόπο, αλλάζοντας ριζικά την καθημερινότητα μας, όπως έξυπνοι διακόπτες οι οποίοι μπορούν να ρυθμίσουν τον φωτισμό ανάλογα με τις συνθήκες που ισχύουν μια δεδομένη στιγμή ή και ακόμα να εκπαιδευτούν ανάλογα με τις ανάγκες του ιδιοκτήτη και να ενεργούν μόνες τους προς το συμφέρον, την ευημερία και την ευεξία του.

Ένα από τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά είναι ο απομακρυσμένος έλεγχος και διαχείριση των επιμέρους λειτουργιών του σπιτιού έτσι ώστε όταν επισκεφθεί ο χρήστης τον χώρο να βιώνει τις επιθυμητές συνθήκες θερμοκρασίας, υγρασίας και άλλων υπηρεσιών. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση του κινητού τηλεφώνου, οργανώνοντας κατά βούληση τις συσκευές προς όφελος του ακόμη και απομακρυσμένα με εγκατεστημένο κατάλληλο λογισμικό που οργανώνει τις έξυπνες συσκευές του σπιτιού. [49]

Οι IoT συσκευές του χώρου συμβάλουν επίσης και στην ασφάλεια του χώρου όπως παραδείγματος χάριν με τη χρήση RFID συστημάτων, να κλείνουν και να κλειδώνουν τα παράθυρα και οι πόρτες του σπιτιού κατά την έξοδο του από το χώρο και να τον ενημερώνουν σε πραγματικό χρόνο αν παραβιαστούν κάποιες από τις ορισμένες από τον ίδιο ρυθμίσεις.

Μερικές από τις λειτουργίες που μπορεί κάποιος να επωφεληθεί με τη χρήση του έξυπνου σπιτιού είναι οι κάτωθι:

- Έξυπνος φωτισμός: Ρυθμιζόμενα σενάρια φωτισμού ανάλογα με τις ανάγκες του χρήστη όπως κλείσιμο και άνοιγμα παραθύρων για τη φυσική πηγή φωτός το πρωί το κλείσιμο των λαμπτήρων κατά την έξοδο από ένα δωμάτιο.
- Θέρμανση και Ψύξη: Ένα από τα βασικότερα προνόμια που παρέχει ένα έξυπνο σπίτι είναι η διατήρηση της επιθυμητής θερμοκρασίας ανάλογα με τις ανάγκες του χρήστη. Μπορεί να προγραμματιστεί και να ρυθμιστεί το σύστημα έτσι ώστε με τη χρήση αισθητήρων να αυξομειώνεται η θερμοκρασία με δυναμικό τρόπο κατά την αλλαγή των καιρικών συνθηκών.
- Ασφάλεια: Ψηφιακές κλειδαριές με αποτύπωμα αντί για φυσικό συμβατικό κλειδί, αισθητήρες κίνησης με IR (Infrared) οπτικό έλεγχο, κάμερες ασφάλειας που μπορούν να αναγνωρίζουν μέσω Μηχανικής Μάθησης πρόσωπα και αντικείμενα, οι οποίες ενημερώνουν τον ιδιοκτήτη κατά την απουσία του. Προστασία από εισβολή με τη χρήση ανοίγματος και κλεισίματος των φώτων και των ρολών στα παράθυρα

καθώς και αυτόματη έναρξη της σειρήνας αν παραβιαστούν οι συνθήκες που έχει ορίσει ο χρήστης.

- Έλεγχος ποτίσματος: Με κατάλληλους αισθητήρες στον κήπο, υπάρχει η δυνατότητα να γίνεται έλεγχος της υγρασίας του εδάφους της ηλιοφάνειας και άλλων σχετικών παραγόντων έτσι ώστε να γίνεται έναρξη αυτομάτου ποτίσματος όποτε αυτό απαιτείται.
- Θερμοσίφωνα: Απομακρυσμένη διαχείριση του θερμοσίφωνα από τον χρήστη και αυτόματες αλλαγές στην διάρκεια που παραμένει ανοιχτός, έτσι ώστε να γίνει βέλτιστη η κατανάλωση ρεύματος και επιθυμητής θερμοκρασίας του νερού ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες και την θερμοκρασία που επικρατεί στο εσωτερικό του θερμοσίφωνα.

Αξίζει να γίνει αναφορά ότι όλες οι παραπάνω λειτουργίες συμβάλουν στην προστασία του περιβάλλοντος και στην εξοικονόμηση χρήματων, μειώνοντας αισθητά την κατανάλωση ρεύματος μετατρέποντας το σπίτι πέρα από έξυπνο αλλά και σε πράσινο.

Η υποδομή που είναι απαραίτητη για την υλοποίηση ενός έξυπνου σπιτιού είναι η σταθερή σύνδεση στο διαδίκτυο του σπιτιού αλλά και του χρήστη έτσι ώστε να υπάρχει άμεση επικοινωνία μεταξύ των συσκευών και ενημέρωση του ιδιοκτήτη. Για την επικοινωνία των αισθητήρων και των συσκευών, υπεύθυνο είναι ένα hub, το οποίο διαχειρίζεται τις αποφάσεις που πρέπει να παρθούν με δυναμικό τρόπο ή προγραμματισμένες από τον ίδιο τον χρήστη. Δίνεται ιδιαίτερο βάρος στα πρωτόκολλα ασφάλειας που απαρτίζουν το σύστημα έπειτα από αρκετές περιπτώσεις ψηφιακής διάρρηξης που έγιναν στο παρελθόν. Η εξέλιξη και ανάπτυξη τέτοιων οικημάτων είναι συνεχής μετατρέποντας τη ζωή του ανθρώπου βολικότερη, ασφαλέστερη και οικολογική με τη χρήση συνδεδεμένων συσκευών IoT.



Εικόνα 29. Εφαρμογές σε ένα Έξυπνο Σπίτι Πηγή Energy.gov

5.7 *IoT και Εκπαίδευση – Smart Education*

Η εκπαίδευση θέτει τις βάσεις για το μέλλον της κοινωνίας από την αρχαιότητα. Η τεχνολογία οφείλει να συμβάλει με το μέγιστο δυνατό μέσο στην εξέλιξη της διαδικασίας της εκπαίδευσης, την εξομάλυνση των έκτακτων συνθήκων όπως η περίοδος του Covid-19 και να προσφέρει τα μέσα για την κάλυψη των εκάστοτε αναγκών στα σχολικά και ακαδημαϊκά ιδρύματα. Το IoT με τη χρήση αισθητήρων, διαδραστικών πινάκων, και άλλων έξυπνων συσκευών με νέες τεχνολογικές δυνατότητες, προσφέρει απaráμιλλη εκπαιδευτική διαδικασία και εμπειρία, τόσο για τον εκπαιδευτή όσο και για τον εκπαιδευόμενο, μαθητή ή σπουδαστή. Η πρόσβαση σε εκπαιδευτικό υλικό με δυναμικό τρόπο από υπολογιστή, κινητό ή tablet, είναι πλέον μονόδρομος για την συνεχή τροφοδοσία συγγραμμάτων στους εκπαιδευομένους. Ταυτόχρονα υπάρχει μείωση χρήσης χαρτιού, συμβάλλοντας στην προστασία του περιβάλλοντος, χρησιμοποιώντας ανακυκλώσιμα υλικά για την κατασκευή του απαραίτητου εξοπλισμού.

Η διαδραστική εκπαίδευση είναι δεδομένο ότι είναι πιο αποδοτική σε όλες τις βαθμίδες εκπαίδευσης, κεντρίζοντας το ενδιαφέρον του μαθητή και διευκολύνοντας το έργο του καθηγητή, προσφέροντας παράλληλα τόσο πρακτικό όσο και συνάμα πλουσιότερο θεωρητικό υλικό στην διαδικασία της διδασκαλίας. Κατάλληλα τοποθετημένοι αισθητήρες μπορούν να ελέγχουν τη βέλτιστη κατάσταση στην αίθουσα, όπως ατμοσφαιρική πίεση, ποσότητα οξυγόνου, υγρασία και θερμοκρασία, δημιουργώντας τις ιδανικές συνθήκες για εκμάθηση, διατηρώντας την προσοχή των εκπαιδευομένων στο μάθημα.

Είναι αξιόλογο να σημειωθεί ότι η χρήση IoT συσκευών συμβάλει στην εκμάθηση νοηματικής γλώσσας, εκπαιδευτικών παιγνίων και στην διευκόλυνση εκπαίδευσης ατόμων με μαθησιακές ή κινησιακές δυσκολίες. Ακόμη με τη χρήση της απτικής τεχνολογίας και κατάλληλων αισθητήρων που επικοινωνούν με το ταχύτατο δίκτυο 5G, προσφέρουν εκπαιδευτική εμπειρία σε πραγματικό χρόνο, σε άτομα με προβλήματα και ιδιαιτερότητες όρασης.

6

Εφαρμογή και επίδραση των 5G και IoT στην Ελλάδα

Η εφαρμογή και λειτουργία του 5G και των διασυνδεδεμένων συσκευών που απαρτίζουν το Διαδίκτυο των Αντικειμένων άλλαξαν και θα συνεχίσουν να αλλάζουν τον κόσμο και την καθημερινότητα του ανθρώπου. Η εφαρμογή των ταχύτατων και αξιόπιστων δικτύων καθώς και οι εργονομικές συσκευές, δημιουργούν νέα δεδομένα σε όλες τις πτυχές της ζωής της ανθρωπότητας, τόσο σε κοινωνικό όσο και σε οικονομικό επίπεδο. Η κινητή τηλεφωνία αποτελεί καταλυτικό παράγοντα για την ευημερία και την οικονομική ανάπτυξη κάθε χώρας τα τελευταία χρόνια, αποτελώντας το κύριο μέσο επικοινωνίας για τις εμπορικές, ψυχαγωγικές και προσωπικές ανάγκες του κάθε ατόμου. Σε συνδυασμό με την αξιοποίηση συσκευών, που έχουν τη δυνατότητα να μετατρέψουν από ένα σπίτι έως μια ολόκληρη πόλη σε έξυπνες, είναι κατανοητό το μέγεθος της σημασίας που έχει η μελέτη και κατανόηση της λειτουργίας τους έτσι ώστε να βρεθούν τα βέλτιστα σενάρια εφαρμογής τους που αντιστοιχούν σε κάθε περίπτωση. Κάθε χώρα έχει τις δικές της ιδιαιτερότητες και ανάγκες ανάλογα με τη γεωγραφική της θέση, την γεωλογική της μορφολογία, την ιστορία και την κουλτούρα της. Οι παράγοντες συνεχίζουν να ποικίλουν και να είναι μεγάλου μεγέθους, ένα όμως είναι σίγουρο, ότι η μεθοδευμένη και αρμονική χρήση και εφαρμογή των νέων τεχνολογιών έχουν τη δυνατότητα να οδηγήσουν ένα κράτος σε ανάπτυξη και ευημερία.

Η Ελλάδα είναι μια χώρα που στην αρχαιότητα πρωτοστάτησε στις τεχνολογικές ανακαλύψεις έτσι ώστε να αυξηθεί το βιοτικό επίπεδο και να ενισχυθεί η άμυνα της για την επιβίωση από εχθρικές εισβολές. Στην εποχή που διανύουμε σήμερα, η ακαδημαϊκή κουλτούρα και το επιχειρηματικό δαιμόνιο παραμένει στην φύση του Έλληνα. Δυστυχώς όμως η περίοδος παγκόσμιας αλλά και εγχώρας οικονομικής ύφεσης έχει οδηγήσει στην μείωση παραγωγικής διαδικασίας και της τεχνολογικής ανάπτυξης, χωρίς όμως αυτό να σημαίνει ότι δεν υπάρχει. Η τελευταία δεκαετία έχει δείξει θετικά στοιχεία για την Ελλάδα και το όραμα για ευημερία και εφαρμογή τεχνολογικών επιτευγμάτων από ξένους αλλά και Έλληνες επενδυτικούς φορείς γίνεται πραγματικότητα, με αργά αλλά σταθερά βήματα.

Στο κεφάλαιο αυτό θα μελετηθούν, τα οφέλη του δικτύου 5G και των συσκευών που απαρτίζουν το Διαδίκτυο των Αντικειμένων στην Ελλάδα, ο αντίκτυπος που έχουν στην καθημερινότητα του Έλληνα και σε σενάρια εφαρμογών (Use Cases) της τεχνολογίας του αύριο σε ακριτικές περιοχές όπως τα διάσπαρτα νησιά του Βορείου Αιγαίου.

6.1 5G, IoT και η Ελλάδα του μέλλοντος

Η οικονομική ύφεση των τελευταίων ετών και η πανδημία του Covid-19, ήταν ορισμένοι από τους κυρίους παράγοντες οι οποίοι καθυστέρησαν την τεχνολογική εξέλιξη στην Ελλάδα. Με αργούς αλλά σταθερούς ρυθμούς, η εμπορική και επιστημονική κοινότητα επανέρχονται στην κανονικότητα, εξοπλισμένες με εμπειρία που έχουν αποκομίσει στο διάστημα αυτό. Η Ελλάδα παραμένει στην τροχιά του ψηφιακού μετασχηματισμού που ορίζει ο Ευρωπαϊκός οργανισμός European Gigabit Society. [43] [42] Παρόλο που ο δείκτης Readiness Index την είχε κατατάζει στην 30^η θέση μεταξύ άλλων 39 Ευρωπαϊκών χωρών το 2019, η Ελλάδα παρουσιάζει ικανοποιητικούς ρυθμούς αύξησης της ψηφιοποίησης λειτουργικών τομέων της. Ο δείκτης ετοιμότητας, υιοθέτησης και εφαρμογής του 5G δικτύου, αποτελείται από βασικές κατηγορίες που αφορούν την εξέλιξη του δικτύου στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης με σκοπό την δημιουργία ενός μέσου που θα ελαττώσει το ψηφιακό χάσμα μεταξύ των πολιτών της, την βελτίωση της ποιότητας ζωής και τέλος την ανάπτυξη και τον εκσυγχρονισμό της εργασίας. Οι έξι βασικές κατηγορίες που αφορά ο δείκτης 5G Readiness είναι:

- 1) Τεχνολογικές Υποδομές
- 2) Πολιτική Ψηφιακών Μεταρρυθμίσεων
- 3) Καινοτόμες Δράσεις
- 4) Ανθρώπινο Δυναμικό (Human Resources)
- 5) Το προφίλ του κάθε κράτους της Ε.Ε
- 6) Ζήτηση τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών (Telecommunications Demand)

Ο Ψηφιακός Μετασχηματισμός της Ελλάδας, αφορά το στρατηγικό πλάνο για την περίοδο 2020 έως 2025, όπου έχει ως στόχο την κάλυψη των απαιτήσεων που αναφέρθηκαν προηγουμένως, έτσι ώστε να υπάρξει τεχνολογική ανάπτυξη στη χώρα με μεθοδευμένες κινήσεις και ενέργειες. Σύμφωνα με τη διάταξη του Υπουργείου Ψηφιακής Διακυβέρνησης, το 2021 εκπονήθηκε η ανακοίνωση που αφορά τον Ψηφιακό Μετασχηματισμό της χώρας, όπου ορίζεται ένα σύνολο κατευθυντήριων αρχών, οι οποίες στηρίζονται στις αρχές της ψηφιακής διακυβέρνησης της Ευρωπαϊκής Ένωσης, βασισμένες σε εφαρμογές και πρακτικές τεχνολογικά ανεπτυγμένων χωρών της Ε.Ε και σε επιστημονικές μελέτες που αφορούν τα Ελληνικά δεδομένα και τις ιδιαιτερότητες της χώρας. [43] [46]

Το δίκτυο 5G κρίνεται ως η κινητήριος δύναμη και το μέσο τεχνολογικής εξέλιξης και μετάδοσης πληροφορίας έτσι ώστε να επιτευχθούν οι παραπάνω στόχοι. Είναι χαρακτηριστικό

πως οι χώρες που έχουν υιοθετήσει πρώτες το 5G δίκτυο, καταλαμβάνουν και τις πρώτες θέσεις του πίνακα ανάπτυξης. Με πρωτοπόρο την Φινλανδία και στη συνέχεια την Ελβετία, Γερμανία και Δανία, η Ελλάδα βρίσκεται ουραγός στην κατάταξη. [17] Τα δείγματα ανάπτυξης της Ελλάδας όμως είναι ενθαρρυντικά και το πρόγραμμα εξάπλωσης του 5G δικτύου από τους παρόχους κινητής τηλεφωνίας της χώρας, χαράσσει το δρόμο προς το μέλλον. [11] [29] Με την εγκατάσταση υποδομών της νέας ασύρματης τηλεπικοινωνίας θα υπάρξει διάνθιση σε ποικίλους τομείς όπως η οικονομία, η υγεία, η γεωργία, η εκπαίδευση, ο τουρισμός, η ψυχαγωγία και η βιομηχανία της χώρας. Στη συνέχεια μελετώνται ορισμένοι τομείς που το 5G θα επηρεάσει περισσότερο. [5]

6.1.1 Τηλεπικοινωνίες και Οικονομία

Οι αναβαθμίσεις των υφιστάμενων υποδομών δικτύων ασύρματης επικοινωνίας αλλά και η εγκατάσταση νέων σταθμών φέρνουν επενδύσεις κεφαλαίων στην Ελλάδα αυξάνοντας τον ΑΕΠ τα επόμενα χρόνια. Παράλληλα εκτιμάται από τον οργανισμό EY (Ernest & Young Global Limited) ότι θα δημιουργηθούν έως και 69 χιλιάδες θέσεις εργασίας, με παρεμφερές αντικείμενο λόγω της ανάπτυξης των τηλεπικοινωνιών.

6.1.2 Υγεία

Η ιατροφαρμακευτική περίθαλψη, η εξέταση και η πρόληψη είναι ορισμένοι από τους βασικούς πυλώνες μιας οργανωμένης κοινωνίας. Τα τελευταία χρόνια με την εμφάνιση της πανδημίας του Covid-19, η ιατρική κοινότητα δοκιμάστηκε, φτάνοντας στα όρια της αντοχής της σε παγκόσμιο επίπεδο. Η προσπάθεια καταπολέμησης του Covid-19 καταπόνησε και το Ελληνικό σύστημα υγείας. Κρίνεται λοιπόν επιτακτική ανάγκη να επιστρατευθεί κάθε δυνατό μέσο για την ενίσχυση της υγείας και για το προσωπικό που την επιμελείται.

Με την εφαρμογή της τεχνολογίας του 5G δικτύου, υπάρχει η δυνατότητα άμεση ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ ιατρού και ασθενούς έτσι ώστε σε πραγματικό χρόνο να ολοκληρώνεται η διάγνωση, ακόμη και όταν ο ιατρός δεν είναι στον ίδιο χώρο με τον ασθενή. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση έξυπνων αισθητήρων, της επαυξημένης πραγματικότητας (Augmented Reality) και τις υψηλές ταχύτητες του διαδικτύου για την μεταφορά όλων των απαραίτητων πληροφοριών.

Η πρόοδος της τεχνίτης νοημοσύνης και της εφαρμογής της στον τομέα της υγείας, είναι ένα ακόμα βέλος στη φαρέτρα της ιατρικής με τη μορφή αλγορίθμων. Με την χρήση της πληροφορίας που βρίσκεται στις παγκόσμιες ιατρικές βάσεις δεδομένων και το ιστορικό του ασθενούς, αυξάνεται η ποιότητα πρόληψης, περίθαλψης και θεραπείας των ασθενών. Για την πρόσβαση και την άμεση εφαρμογή τέτοιου όγκου πληροφορίας, απαιτούνται μεγάλες ταχύτητες internet. Η νέα γενιά δικτύων 5G έχει τη δυνατότητα να καλύψει αυτές τις ανάγκες και να φέρει την ιατρική ένα βήμα πιο μπροστά, επιτρέποντας να εφαρμοστούν καινοτόμες τεχνικές. [4]



Εικόνα 30. 5G και υγεία στην Ελλάδα

Με την εξάπλωση του δικτύου 5G στην Ελλάδα, θα υπάρχουν οι υποδομές για την εφαρμογή και ανάπτυξη ρομποτικής χειρουργικής από απόσταση. Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που υπάρχουν στην τηλεχειρουργική είναι η καθυστέρηση (latency) στην αποστολή πληροφορίας. Με τη χρήση του 5G δικτύου, το οποίο χαρακτηρίζεται από ελάχιστη καθυστέρηση όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενη ενότητα, το πρόβλημα αυτό εκμηδενίζεται και ανοίγουν νέοι ορίζοντες στην περίθαλψη των ασθενών.

Τέλος, μια ακόμη εφαρμογή του 5G και του Internet of Things από τον πάροχο κινητής τηλεφωνίας Vodafone στην Ελλάδα είναι η ερευνητική ομάδα και πάροχος ολοκληρωμένων λύσεων με το όνομα Innovus. Είναι μια θυγατρική εταιρία της Vodafone από το 2012 έργο της είναι να μετατρέπει συμβατικές συσκευές και διαδικασίες σε 'έξυπνες'. Τα τελευταία χρόνια η Innovus έχει δώσει έμφαση στον τομέα της υγείας και μια πληθώρα εφαρμογών με IoT λύσεις στο Vodafone Remote Healthcare η οποία είναι μια προηγμένη διασυνδεδεμένη υπηρεσία eHealth που καθιστά εφικτή την αποστολή και λήψη δεδομένων ανάμεσα σε ασθενή και ιατρό για την ανάπτυξη της απομακρυσμένης εποπτείας του πρώτου. Είναι μια υπηρεσία που υλοποιείται σε 100 απομακρυσμένες περιοχές της ηπειρωτικής και νησιωτικής Ελλάδας, παρέχοντας δωρεάν προληπτικές υπηρεσίες υγείας. [44] [50]

6.1.3 Γεωργία Ακριβείας

Το δίκτυο 5G και το Διαδίκτυο των Αντικειμένων είναι οι βασικοί πυλώνες ανάπτυξης της Γεωργίας Ακριβείας στην Ελλάδα και την ενίσχυση της Ελληνικής οικονομίας. Το ελαιόλαδο είναι μια από βασικές πρώτες ύλες που εξάγει η χώρα στο εξωτερικό. Η αύξηση παραγωγής και η μείωση των εξόδων της καλλιέργειας είναι ζωτικής σημασίας για την οικονομία της χώρας. Με την εφαρμογή αισθητήρων και διασυνδεδεμένων συσκευών Internet of Things, επιτυγχάνεται η

μείωση χρήσης νερού που έχει ως αποτέλεσμα την βελτιστοποίηση της άρδευσης. Σύμφωνα με μελέτες της υπηρεσίας Accenture, η Ελλάδα παρουσίασε το 2020 σε τοπικό επίπεδο μεμονωμένων καλλιεργειών έως και 70% μείωση της κατανάλωσης νερού για τη χρήση αυτή.

Ένας ακόμη τομέας όπου το 5G και το IoT βρίσκουν απόλυτη εφαρμογή είναι οι υδατοκαλλιέργειες. Η παγκόσμιες ανάγκες σε προϊόντα αλιείας συνεχώς αυξάνεται. Καθώς οι τεχνικές που εφαρμόζονται μέχρι σήμερα είναι κορεσμένες και αδυνατούν να καλύψουν την αυξανόμενη ζήτηση. Είναι επιτακτική ανάγκη της εφαρμογής τεχνολογικών καινοτομιών για την αύξηση παραγωγής σε συνδυασμό με την διατήρηση της προστασίας του περιβάλλοντος. Ορισμένες από τις εφαρμογές που μπορούν να υλοποιηθούν στην Ελλάδα για την αύξηση της παραγωγής και κατ' επέκταση ανάπτυξη της οικονομίας είναι :

- Εποπτεία ποιότητας υδάτων καλλιέργειας με αισθητήρες.
- Βελτίωση τροφοδοσίας υλικών και προϊόντων.
- Καινοτόμος έξυπνος εξοπλισμός στις υδατοκαλλιέργειες
- Μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και προστασία του περιβάλλοντος.

Σε άλλες χώρες όπως η Ιαπωνία, εφαρμόζονται τέτοιες τεχνικές με μεγάλη επιτυχία σε συνδυασμό με ρομποτική υποβρύχια όραση, συμβάλλοντας στην ανάπτυξη της υδατοκαλλιέργειας και την οικονομία της χώρας τους. [10] [21] [39]

6.1.4 Βιομηχανία

Η βιομηχανία της Ελλάδας είναι ένας τομέας που τα τελευταία δέκα χρόνια συρρικνώθηκε λόγω της μεταφοράς εργοστασίων σε άλλες γειτονικές χώρες που έχουν λιγότερα έξοδα παραγωγής και φορολογία. Με την ανάπτυξη του 5G δικτύου και τις καινοτόμες τεχνικές που μπορούν να εφαρμοστούν στην γραμμή παραγωγής και στα υπόλοιπα στάδια των προϊόντων, γίνεται πιο ελκυστική η λειτουργία τους στην Ελλάδα. Ο στόχος των βιομηχανιών είναι η ψηφιοποίηση των διαδικασιών με σκοπό την αύξηση των εσόδων, την μείωση των εξόδων, την ποιότητα του τελικού προϊόντος, την αύξηση ρυθμού παραγωγής και την βελτιστοποίηση της εξυπηρέτησης των πελατών. Ένας ακόμη ενθαρρυντικός παράγοντας είναι και η αύξηση της ασφάλειας των εργαζομένων με την χρήση έξυπνων συσκευών όπου με το ταχύτατο internet μέσω του 5G μπορούν με αμεσότητα να αντιμετωπιστούν επικίνδυνες καταστάσεις όπως εργατικά ατυχήματα και πυρκαγιές πριν εξαπλωθούν. [38]

Στην Ευρώπη υπάρχουν επιχειρήσεις όπως η TWI στην Αγγλία όπου με την εφαρμογή 5G δίκτυο και εκτενέστατη χρήση IoT συσκευών έχουν αναπτύξει ένα δίκτυο παραγωγής και εποπτείας προϊόντων με την χρήση ρομποτικών συστημάτων, μειώνοντας το κόστος αυξάνοντας παράλληλα την ποιότητα του τελικού προϊόντος. Οι IoT συσκευές έχουν πρωταγωνιστικό ρόλο σε όλη τη διαδικασία παραγωγής, μετατρέποντας τις βιομηχανικές συσκευές σε έξυπνες και ασφαλέστερες για το προσωπικό που τις μεταχειρίζεται. Η χρήση της 'Προσθετικής Εκτύπωσης' (Additive 3d Printing) κράματος μετάλλων οδηγεί σε μια νέα εποχή βιομηχανικών καινοτομιών. [51]

6.1.5 Τουρισμός

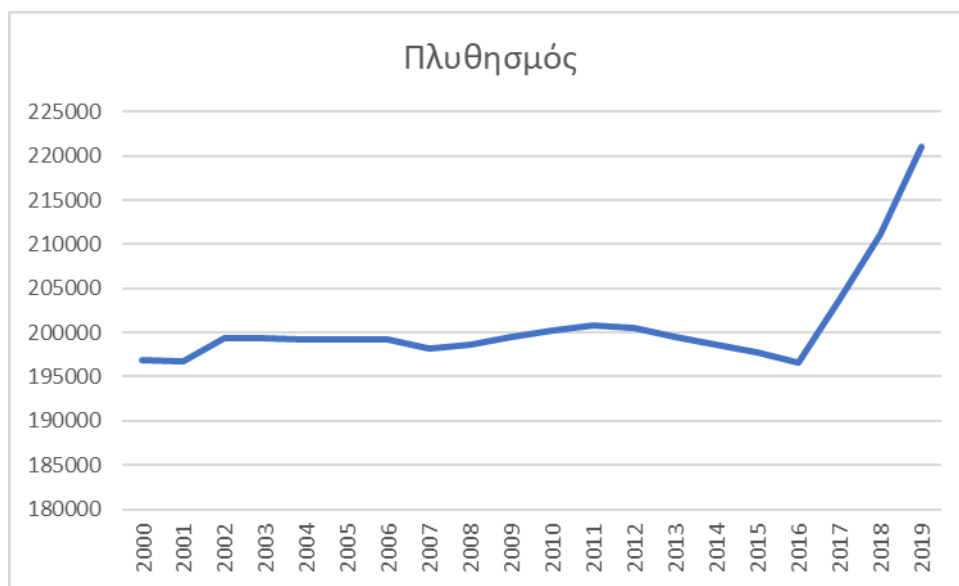
Η γεωγραφική θέση και η γεωλογική μορφολογία της Ελλάδας καθώς και η πλούσια ιστορία, τα αρχαία κτίσματα και ευρήματα που υπάρχουν στη χώρα αποτελούν κίνητρο για εκατομμύρια κόσμου να την επισκέπτονται ετησίως. Ο τουρισμός είναι ένας από τους σημαντικότερους τομείς της Ελληνικής οικονομίας, ο οποίος αρχικά λόγω της οικονομικής κρίσης και στη συνέχεια λόγω της πανδημίας του Covid-19 δέχθηκε σοβαρά πλήγματα τα τελευταία χρόνια. Με την ύφεση της πανδημίας ανοίγουν νέοι ορίζοντες στην ανάπτυξη του τουρισμού και ο ψηφιακός μετασχηματισμός του είναι ένας από τους παράγοντες που συμβάλει στο γεγονός αυτό.

Με την χρήση του 5G δικτύου υπάρχει η δυνατότητα να εφαρμοστούν νεοτερισμοί στην βιομηχανία του τουρισμού εξυπηρετώντας τους επισκέπτες, βελτιώνοντας την εμπειρία τους κατά την παραμονή τους στην Ελλάδα. Οι τομείς που μπορεί το 5G και η χρήση IoT συσκευών να λειτουργήσουν ευεργετικά αφορούν την ασφάλεια, την εργονομία, την ψυχαγωγία, την ενημέρωση και την διαμονή των ανθρώπων πριν το ταξίδι αλλά και κατά τη διάρκεια της παραμονής τους. Υπηρεσίες όπως εικονικές επισκέψεις σε μουσεία, η χρήση έξυπνων καταλυμάτων, χρήση επαυξημένης πραγματικότητας (Augmented Reality) για την βέλτιστη ενημέρωση και ψυχαγωγία τους σε αρχαιολογικούς χώρους είναι ορισμένες από τις υπηρεσίες και τις υποδομές που μπορούν να δράσουν ως κίνητρο για την αύξηση της επισκεψιμότητας και κατ' επέκταση των εσόδων των επιχειρήσεων και του κράτους. [31]

Πληθώρα μουσείων σε παγκόσμια κλίμακα, εξελίσσονται ακολουθώντας τη ψηφιακή εποχή. Εξοπλίζονται με τεχνολογίες όπως η εικονική πραγματικότητα (Virtual Reality) και η επαυξημένη πραγματικότητα (Augmented Reality) καθώς και δυνατότητα διαδραστικής εμπειρίας με των επισκεπτών με τα εκθέματα που παρουσιάζουν. Η επίτευξη του έργου αυτού είναι πλέον εφικτή λόγω των νέων τεχνολογιών που έχουν αναπτυχθεί όπως το 5G, προσφέροντας μεγάλες ταχύτητες μετάδοσης πληροφορίας και ελαχιστοποίηση της καθυστέρησης απεικόνισης. Ένας από αυτούς τους εξελιγμένους χώρους είναι το μουσείο του Λούβρου στη Γαλλία όπου επιτρέπει στους επισκέπτες να μελετήσουν ορισμένα από τα πιο διάσημα εκθέματα ενδελεχώς αποφεύγοντας τον συνωστισμό. Είναι ενθαρρυντικό το γεγονός ότι χειρονομίες όπως αυτή υλοποιούνται και στην Ελλάδα. Το πρώτο 'έξυπνο' μουσείο της χώρας είναι το μουσείο Μπενάκη στην Αθήνα. Στον χώρο αυτό έχουν υλοποιηθεί από το 2021 οι πρώτες εφαρμογές που υποστηρίζουν 5G δίκτυο για την ταχύτατη εξυπηρέτηση των επισκεπτών με τις νέες εναλλακτικές εικονικές εμπειρίες έτσι ώστε να προωθηθεί η ψηφιακή πρόσβαση στον πολιτισμό. Στην υλοποίηση της ψηφιοποίησης και την παροχή δικτύου 5G στο συγκεκριμένο μουσείο συνέβαλε ο πάροχος τηλεπικοινωνιών Wind. [52]

6.2 Το 'έξυπνο' Β. Αιγαίο

Η ακριτική περιφερικά του Β. Αιγαίου αποτελείται από τα νησιά : Λέσβος, Λήμνος, Ικάρια, Φούρνοι, Σάμος, Χίος, Οινούσσες και Ψαρρά όπου όλα έχουν μεγάλη ιστορική και πολιτισμική κληρονομιά καθώς και ιδιαίτερα γεωλογικά χαρακτηριστικά. Ο πληθυσμός της περιφέρειας ανέρχεται στους 221,098 κατοίκους, σύμφωνα με τις μετρήσεις που έγιναν το 2019 από την Eurostat και δημοσίους φορείς της χώρας. Όπως παρουσιάζεται στο παρακάτω γράφημα, παρατηρήθηκε αύξηση του πληθυσμού μετά το έτος 2016 με κύρια πηγή την μεταφορά της μόνιμης κατοικίας νέων ατόμων στα νησιά του Β. Αιγαίου. Το γεγονός αυτό δρα ευεργετικά στην ανάπτυξη της ευρύτερης περιοχής, με την αύξηση του εργατικού δυναμικού αλλά και της νέας πνοής ιδεών και εφαρμογών της τεχνολογίας. Αξίζει να σημειωθεί ότι σε όλα τα μεγάλα νησιά της περιφέρειας υπάρχουν σύγχρονες πανεπιστημιακές δομές που μπορούν να είναι πόλος έλξης ερευνητών σε παγκόσμιο επίπεδο.

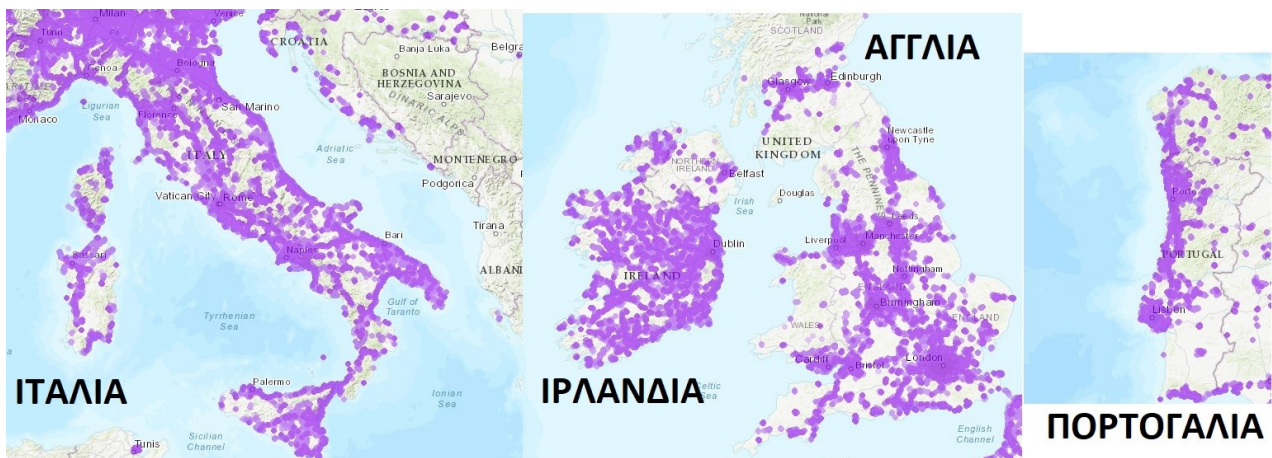


Εικόνα 31. Πληθυσμός Β. Αιγαίου έως το 2019

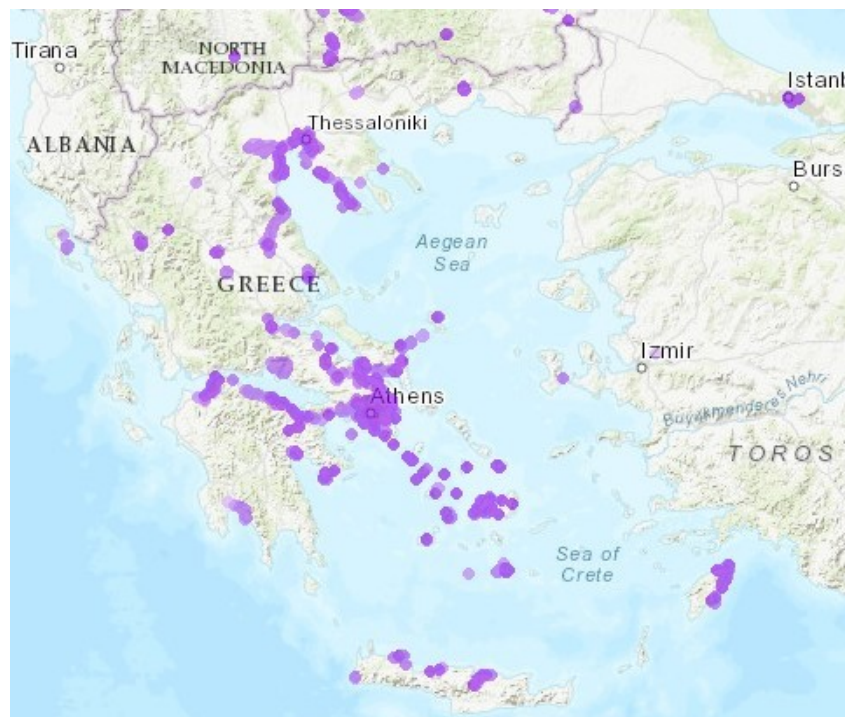
Η Ελλάδα είναι ένα κράτος με μεγάλο αριθμό νησιών. Άλλες χώρες με αντίστοιχη γεωγραφική κατανομή, όπως οι Φιλιππίνες και η Ιαπωνία, εκμεταλλεύονται την τεχνολογία για την επικοινωνία και την ανάπτυξη του συνόλου των περιοχών τους, συμπεριλαμβανομένων και των νησιών τους. Για την συνολική ευημερία του τόπου, κρίνεται απαραίτητη η συμβολή και ενίσχυση των ακριτικών περιοχών από το κράτος. Με την ανάπτυξη της τεχνολογίας αυτό γίνεται συνεχώς πιο εύκολο χάρη στην δυνατότητα κάλυψης αναγκών των ανθρώπων που βρίσκονται στα νησιά αυτά. Η δυνατότητα απρόσκοπτης επικοινωνίας μέσω του διαδικτύου επιτρέπει στην εξέλιξη της ενημέρωσης, τη διασφάλιση της υγείας και της ασφάλειας, την ανάπτυξη του

τουρισμού, της γεωργικής παραγωγής και της οικονομίας. Τα παραπάνω είναι ορισμένοι από τους τομείς που έχουν πρωταγωνιστικό ρόλο στην ανάπτυξη των νησιωτικών περιοχών και ειδικότερα στην περιφέρεια του Β. Αιγαίου.

Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενη ενότητα, η χρήση του 5G δικτύου έχει τη δυνατότητα να επιφέρει ριζικές αλλαγές και οφέλη στην Ελλάδα και στις επιμέρους περιφέρειες που την απαρτίζουν όπως στα νησιά του Β. Αιγαίου. Σε αντίθεση με άλλα Ευρωπαϊκά κράτη όπως η Αγγλία, η Ιρλανδία, η Ιταλία και η Πορτογαλία, στην Ελλάδα ακόμη η κάλυψη του δικτύου 5G είναι διαθέσιμη μόνο σε περιορισμένα μεγάλα αστικά κέντρα. Η εξάπλωση του δικτύου και στις υπόλοιπες περιοχές που θα υλοποιηθεί στα επόμενα έτη όπως έχουν δεσμευτεί οι πάροχοι κινητής τηλεφωνίας, θα επιτρέψει την πραγματοποίηση ποικιλίας εφαρμογών στα νησιά της χώρας. [40]



Εικόνα 32. Κάλυψη Δικτύου 5G σε Χώρες ΕΕ Πηγή nperf



Εικόνα 33. Κάλυψη Δικτύου στην Ελλάδα Πηγή nperf

Υγεία :

Οι υγειονομικές υποδομές των νησιών του Β. Αιγαίου είναι περιορισμένες αποτελούμενες από ένα νοσοκομείο ανά μεγάλο νησί της περιφέρειας και επιμέρους μικρότερα κέντρα υγείας και ιατρικούς σταθμούς στις πόλεις και στα χωριά τους. Ο αριθμός των ασθενοφόρων πολλές φορές δεν επαρκεί για την αντιμετώπιση κρίσιμων καταστάσεων όπως ατυχήματα ή άλλα επεισόδια υγείας. Το οδικό δίκτυο λειτουργεί ως κατασταλτικός παράγοντας για την προσκόμιση των ασθενών για την άμεση αντιμετώπιση τέτοιων γεγονότων. Εφαρμογές όπως έξυπνα συστήματα διάγνωσης και άμεσης επικοινωνίας χάρη στις μεγάλες ταχύτητες του 5G, με τον κατάλληλο ιατρό έως ότου φτάσει το ασθενοφόρο στον προορισμό του, ενδέχεται να σώσουν τον ασθενή όπου σε άλλες περιπτώσεις το περιστατικό θα ήταν μοιραίο ή πολύ δύσκολο να αντιμετωπιστεί. Έως ότου φτάσει στο νοσοκομείο, θα έχουν γίνει οι απαραίτητες ενέργειες και θα έχουν παρθεί τα κατάλληλα μέτρα για την άμεση αντιμετώπιση, στενευμένα ανάλογα με τις εκάστοτε ανάγκες. Σε αρκετά νησιά οι ειδικότητες των ιατρών είναι περιορισμένες, η τηλεϊατρική έχει τη δυνατότητα να αντισταθμίσει το πρόβλημα αυτό σε μεγάλο ποσοστό. [4] Η μεγάλη ευκρίνεια στις οθόνες και οι κατάλληλες ταχύτητες του διαδικτύου που υποστηρίζουν τόσο μεγάλο όγκο δεδομένων μπορούν να εξυπηρετήσουν έναν ασθενή απομακρυσμένα χωρίς να έχει φυσική παρουσία ο θεράπων ιατρός στο κέντρο διάγνωσης. [44]

Smart Grid:

Η περιοχή της νησιωτικής Ελλάδας χρήζει ιδιαίτερου ενδιαφέροντος καθώς η εδαφική ποικιλομορφία της, καθιστά αρκετά δύσκολη την ηλεκτρική της διασύνδεση. Για το λόγω αυτό υπάρχουν διάφοροι τρόποι με τους οποίους καλύπτονται οι ενεργειακές απαιτήσεις των νησιών. Δύο από τους πιο ευρέως χρησιμοποιούμενους είναι η χρήση μονάδων παραγωγής ενέργειας με καύσιμο Diesel, οπότε σε αυτή την περίπτωση το νησί είναι ενεργειακά αυτόνομο, ή η διασύνδεση του νησιού με καλώδιο με κάποιο άλλο που υπάρχει μονάδα παραγωγής με καύσιμο Diesel, οπότε σε αυτή την περίπτωση το νησί είναι ενεργειακά εξαρτώμενο από κάποιο άλλο. Ένας άλλος τρόπος παραγωγής ενέργειας που χρησιμοποιείται για την κάλυψη των ενεργειακών απαιτήσεων είναι η χρήση των διαφόρων μορφών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. [32] [56]

Η περιοχή του Αιγαίου αποτελείται από 60 ηλεκτροδοτημένα νησιά, εκ των οποίων τα 39 είναι διασυνδεδεμένα με 11 Ηλεκτρικά Συστήματα, ενώ τα υπόλοιπα 21 έχουν αυτόνομα Ηλεκτρικά Συστήματα. Τα 32 Ηλεκτρικά Συστήματα μπορούν να χωριστούν σε 31 αυτόνομα microgrids και σε 1 μικρής κλίμακας αυτόνομο δίκτυο (αυτό της Κρήτης). Σκοπός της ΔΕΔΔΗΕ είναι να υπάρξει όσο τον δυνατόν μεγαλύτερος αριθμός διασυνδεδεμένων νησιών με την ηπειρωτική Ελλάδα.

Η χρήση τεχνολογιών IoT και η μετατροπή του δικτύου σε Smart Energy Grid αποτελεί πλέον βασική ανάγκη καθώς μπορεί να κάνει αρκετά πιο εύκολη, την επιτήρηση και την διαχείριση αυτού του πολύπλοκου δικτύου και επίσης να συμβάλει στην αύξηση της ποιότητας υπηρεσίας. Η πρώτη εφαρμογή τεχνολογιών για την ενεργειακή κάλυψη 12 σπιτιών με αυτόνομα ελεγχόμενο σύστημα και χρήση ΑΠΕ (Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας) συναντάται στη Κύθνο το 2001 και έπειτα, με την ανάπτυξη εξειδικευμένης εφαρμογής ελέγχου συστήματος στο οποίο

διασυνδέονται και ΑΠΕ, στην Κρήτη το 2003. Από το 2016 έχει ξεκινήσει η εγκατάσταση έξυπνων μετρητών σε μεγάλους πελάτες χαμηλής τάσης (με ισχύ άνω των 55KVA) και αναμένεται άμεσα να αντικατασταθούν οι 7,5 εκ. ηλεκτρομηχανικοί μετρητές όλων των πελατών χαμηλής τάσης με έξυπνους.

Τη δεδομένη στιγμή, υπάρχουν προγράμματα ανάπτυξης στην Ελλάδα που αφορούν την αναβάθμιση δικτύων ηλεκτροδότησης στα νησιά του Αιγαίου, μετατρέποντας τα σε έξυπνα. Με την υλοποίηση των υποδομών του 5G Δικτύου στο Β. Αιγαίο, η μεταφορά πληροφορίας σε Cloud υποδομές θα είναι ταχύτερη και ασφαλέστερη. Το γεγονός αυτό θα ενισχύσει τα υφιστάμενα μοντέλα ανάπτυξης και θα ενισχύσει την ποιότητα τους.

Δημιουργία Κέντρου Ελέγχου Δικτύων νησιών: Το αντικείμενο του Έργου αφορά στη δημιουργία ενός νέου Κέντρου Ελέγχου Δικτύων Διανομής (ΚΕΔΔ) των Μη Διασυνδεδεμένων Νησιών (ΜΔΝ) μέσω προμήθειας και εγκατάστασης νέων συστημάτων Supervisory Control and Data Acquisition- Data Management System (SCADA-DMS), του απαραίτητου εξοπλισμού τηλεχειρισμών (Remote Transfer Units-RTUs) στους Υποσταθμούς (Υ/Σ) Υψηλής Τάσης /Μέσης Τάσης (ΥΤ/ΜΤ) καθώς επίσης και στη δημιουργία των απαραίτητων δομών υποστήριξης του νέου ΚΕΔΔ. Από το έργο αυτό θα υπάρξει, βελτίωση των δεικτών της ποιότητας της παρεχόμενης ηλεκτρικής ενέργειας System Average Interruption Duration Index (SAIDI) και System Average Interruption Frequency Index (SAIFI), μέσω τηλεχειρισμών σε διακόπτες επί των γραμμών Μέσης Τάσης (ΜΤ), εξοικονόμηση πόρων, συνεχή εποπτεία της κατάστασης των τηλεελεγχόμενων στοιχείων, μείωση της φόρτισης των εγκαταστάσεων και περιορισμός των απωλειών ισχύος.

Ανάπτυξη «Έξυπνων Νησιών»: Πιλοτική ανάπτυξη υποδομών λειτουργίας και διαχείρισης σε ένα ηλεκτρικό σύστημα Μη Διασυνδεδεμένου Νησιού, με στόχο τη μεγιστοποίηση της διείσδυσης ενέργειας από σταθμούς Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) και τη μέγιστη δυνατή μείωση του κόστους λειτουργίας του Ηλεκτρικού Συστήματος, διασφαλίζοντας ταυτόχρονα την επάρκεια κάλυψης της ζήτησης με αξιόπιστο, ασφαλή και οικονομικό τρόπο. Από το έργο αυτό θα υπάρξει, διασφάλιση της επάρκειας και της ποιότητας παρεχόμενης ηλεκτρικής ενέργειας και βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας, μέσω ένταξης εγγυημένης ισχύος και επικουρικών υπηρεσιών από καταναεμημένο (πλήρως ελεγχόμενο) Υβριδικό Σταθμό, που συνδυάζει Μονάδες ΑΠΕ (Αιολικά Πάρκα & Φωτοβολταϊκά) με Μονάδες Αποθήκευσης, περιβαλλοντικό όφελος (μείωση κατανάλωσης καυσίμου, μείωση εκπομπών αερίων ρύπων, μείωση στάθμης θορύβου, μείωση αποβλήτων κλπ.), μείωση της εξάρτησης από εισαγόμενους ορυκτούς πόρους, ελαχιστοποίηση κόστους, προώθηση νέων τεχνολογιών και καινοτομίας στη λειτουργία και διαχείριση απομονωμένων νησιωτικών συστημάτων και μικροδικτύων, ανάπτυξη τεχνογνωσίας και απόκτηση εμπειρίας. Το εν λόγω έργο έχει ολοκληρωθεί. [65]

Γεωργία:

Τα περισσότερα νησιά του Β. Αιγαίου έχουν τουλάχιστον από ένα προϊόν που έχει χαρακτηριστεί ως Π.Ο.Π (Προστατευόμενη Ονομασία Προέλευσης). Τα προϊόντα αυτά παράγονται από πρώτες ύλες που ευδοκιμούν καλλιεργούνται και συλλέγονται σε αυτά, όπως το γλυκό κρασί της Σάμου, το μοσχάτο κρασί της Λήμνου, η μαστίχα Χίου και το ούζο Μυτιλήνης.

Ένα μεγάλο τμήμα της οικονομίας των νησιών εξαρτάται από την παραγωγή των προϊόντων αυτών.

Η εφαρμογή IoT συσκευών όπως αισθητήρες για την εποπτεία υγρασίας του εδάφους και αισθητήρες που εφαρμόζουν μηχανική μάθηση για τον εντοπισμό ασθενικών των φυτών, έχουν τη δυνατότητα να συμβάλλουν στην αύξηση της παραγωγής των αγαθών και την μείωση του κόστους. Ένα ακόμα χαρακτηριστικό παράδειγμα εφαρμογής είναι η αξιοποίηση ιπτάμενων Drones για τον ψεκασμό φυτοφάρμακων στις αγροτικές καλλιέργειες όπως τα αμπελία. Σε πολλές περιπτώσεις λόγω μορφολογίας του εδάφους τα αμπελία είναι τοποθετημένα σε κλιμακωτά επίπεδα, οι επονομαζόμενες ‘πεζούλες’. [33] Τα drones έχουν τη δυνατότητα να ψεκάζουν και να εντοπίζουν πιθανούς κινδύνους στην καλλιέργεια ανεξάρτητα από το δυσπρόσβατο ανάγλυφο της περιοχής. Τα δεδομένα μπορούν να αποθηκεύουν και να επεξεργαστούν σε πραγματικό χρόνο χάρη στις γρήγορες ταχύτητες που προσφέρει το 5G δίκτυο και να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα άμεσα. Το παραπάνω παράδειγμα θα μπορούσε να αποτελεί αντικείμενο επιστημονικής φαντασίας, είναι όμως η πραγματικότητα που εφαρμόζεται με επιτυχία. Η παραπάνω τεχνική εφαρμόζεται ήδη σε έξυπνες αμπελοκαλλιέργειες της Ιταλίας αξιοποιώντας στο έπακρο τον ορισμό Γεωργία Ακρίβειας. Παρόμοια παραδείγματα θα μπορούσαν να εφαρμοστούν στα νησιά του Β. Αιγαίου αυξάνοντας την παραγωγή, μειώνοντας το κόστος της. Το τελικό προϊόν, έχοντας λιγότερα φυτοφάρμακα χάρη στον στενευμένο και βελτιστοποιημένο ψεκασμό είναι πιο υγιεινά αυξάνοντας την ποιοτική τους αξία και την ανταγωνιστική τους ισχύ. [10] [21] [39]

Αρκετές χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, όπως η Ιταλία, η Ισπανία και η Πορτογαλία δίνουν έμφαση στην έξυπνη αμπελουργία με συνέχεις έρευνες στο αντικείμενο αυτό. Τα ερευνητικά τους πλάνα και οι εφαρμογές που έχουν υλοποιηθεί, θα μπορούσαν να λειτουργήσουν ως μοχλός ανάπτυξης στα Νησιά του Β. Αιγαίου που παράγουν οίνους παγκοσμίου φήμης. Ορισμένα από αυτά που μπορούν να εφαρμοστούν στα Ελληνικά νησιά είναι τα παρακάτω :

- ECHORD Plus-Plus: είναι ένα project από την Ε.Ε. που εμπεριέχει επιμέρους τεχνολογίες που προωθούν το Smart Farming με σμήνη από drones, ρομποτικούς βραχίονες συλλογής καρπών και αισθητήρες εντοπισμού ασθενικών των φυτών. Στις τεχνικές αυτές εφαρμόζεται Cloud Computing, Επεξεργασία εικόνας, Μηχανική Μάθηση και δυνατότητα σύνδεσης με 5G δίκτυο.
- Vinerobot: Είναι μια εφαρμογή UVG (Unmanned Ground Vehicle) από την Ε.Ε. όπου βασικός σκοπός της είναι η εποπτεία της καλλιέργειας αμπελιών. Έχει τη δυνατότητα να κάνει έλεγχο της υγρασίας του εδάφους, της κατάστασης και του σχήματος των καρπών και την ανάπτυξη των φυτών. Στόχος είναι η βελτιστοποίηση του τελικού προϊόντος έτσι ώστε να αναβαθμιστεί η ποιότητα του οίνου που παράγεται από τις καλλιέργειες αυτές. Τεχνικές που χρησιμοποιούνται είναι η επεξεργασία εικόνας από κατάλληλους αισθητήρες και η μηχανική μάθηση για την επεξεργασία των δεδομένων που συλλέγονται από το έξυπνο σύστημα. [47]



Εικόνα 34. VINEROBOT έξυπνη εποπτεία αμπελοκαλλιέργειας Πηγή www.vinrobot.eu

Τουρισμός:

Τα νησιά του Β. Αιγαίου είναι πόλος έλξης τουρισμού με επισκέπτες από όλο τον κόσμο. Οι παράγοντες για το γεγονός αυτό ποικίλουν συμπεριλαμβάνοντας τη φυσική ομορφιά, την ιδιαίτερη γεωλογική μορφολογία, τα αρχαιολογικά εκθέματα και την πολιτισμική κληρονομιά που τα χαρακτηρίζει. Η ψηφιοποίηση των παραπάνω, θα δώσει νέα πνοή στον τουρισμό των νησιών αυξάνοντας την προέλευση των επισκεπτών. Η αναβαθμισμένη εμπειρία των ανθρώπων και η βελτιστοποίηση των υπηρεσιών που δέχονται είναι καταλυτικός παράγοντας για το γεγονός αυτό.

Στα νησιά του Β. Αιγαίου υπάρχουν εκθέματα αρχαιολογικού ενδιαφέροντος όπως οι αρχαίοι ναοί της Ήρας και της Αφροδίτης στη Σάμο. Τα κτίσματα με την πάροδο των αιώνων έχουν καταστραφεί αλλά σύμφωνα με τα ευρήματα και τις ιστορικές αναφορές υπάρχει δυνατότητα ανασκευής τους ψηφιακά. Ο επισκέπτης θα μπορούσε με την εφαρμογή Επαυξημένης Πραγματικότητας (Augmented Reality) ενώ βρίσκεται ανάμεσα στα ερείπια να μπορεί να δει πληροφορίες αλλά ακόμη και τον ίδιο τον ναό όπως ήταν στην αρχαιότητα, στο σημείο που χτίστηκε αρχικά. Με τη χρήση του 5G δικτύου και τις ταχύτητες που προσφέρει αυτό θα είναι εφικτό, εξυπηρετώντας μεγάλο πλήθος επισκεπτών ταυτόχρονα.

Στο δυτικό τμήμα της Λέσβου υπάρχει το παγκοσμίου φήμης απολυμένο δάσος και το αντίστοιχο εκσυγχρονισμένο μουσείο που περιέχει εκθέματα και εκπαιδευτικό υλικό για την γεωλογία και την φυσιολογία του τόπου. Το εν λόγω μουσείο μπορεί να αναβαθμιστεί με εφαρμογές Εικονικής Πραγματικότητας (Virtual Reality), προσφέροντας μοναδική εμπειρία στους επισκέπτες προβάλλοντας εικόνες και προσωποποιημένα περιβάλλοντα ανάλογα με την προτίμηση του κάθε χρήστη. [31]

Εκπαίδευση:

Η ανάπτυξη εκπαίδευσης στα ακριτικά νησιά του Β. Αιγαίου και ειδικά το επίπεδο της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης επιβάλλεται για την βελτιστοποίηση του βιοτικού και μορφωτικού επιπέδου των κατοίκων τους. Οι ευκαιρίες που έχουν οι μαθητές στα νησιά αυτά είναι πολλές φορές περιορισμένες λόγω της έλλειψης διδακτικού προσωπικού για μεγάλα χρονικά διαστήματα κατά τη διάρκεια της σχολικής περιόδου.

Με την εφαρμογή IoT συσκευών όπως έξυπνες αίθουσες διδασκαλίας και διαδραστικών πινάκων συνδεδεμένων στο διαδίκτυο, ψηφιοποιείται η εκπαίδευση των μαθητών. Υπάρχουν περιπτώσεις όπου αναπληρωτές καθηγητές καταφθάνουν στα σχολεία μετά από μήνες αφότου έχει ξεκινήσει η σχολική χρονιά περιορίζοντας το χρονικό διάστημα που απομένει για την ολοκλήρωση της ύλης που πρέπει να καλυφθεί όπως ορίζει το Υπουργείο Παιδείας. Ένας τρόπος επίλυσης του προβλήματος αυτού είναι το μάθημα να διεξάγεται σε ομάδες μαθητών διαδικτυακά εντός της αίθουσας από καθηγητές που δεν παρευρίσκονται με φυσικό τρόπο στον χώρο. Όπως αναφέρουν έρευνες, η διαδικτυακή εκπαίδευση που εφαρμόστηκε για λόγους ασφάλειας της υγείας κατά την περίοδο της πανδημίας του Covid-19 είχε μέτρια διδακτικά αποτελέσματα. Κυρίως λόγος ήταν η κακή ποιότητα του διαδικτύου και η καθυστέρηση που υπήρχαν στην πλατφόρμα εκπαίδευσης. Αυτό το πρόβλημα μπορεί να επιλυθεί με την εφαρμογή του 5G δικτύου μετατρέποντας την διαδικασία σε πιο παραγωγική και την διεξαγωγή των μαθημάτων σε ομαλότερη σε σχέση με αυτή των ετών 2020 και 2021.

Περιβάλλον:

Η προστασία του περιβάλλοντος των νησιών του Β. Αιγαίου είναι μείζονος σημασίας. Φυσικές καταστροφές και ανθρώπινες εκούσιες ή ακούσιες ενέργειες όπως εμπρησμοί, ταλανίζουν τις επιμέρους κοινότητες ειδικά κατά τους θερινούς μήνες.

Οι εφαρμογές IoT έχουν την δυνατότητα εποπτείας και πρόληψης εμπρησμών με τη χρήση σμηνών Drones και αισθητήρων, συλλέγοντας πληροφορίες σε cloud και με την χρήση 5G δικτύου μπορούν σε πραγματικό χρόνο να ενημερώσουν τις αρμόδιες αρχές για άμεση κινητοποίηση. Με την εφαρμογή της μηχανικής μάθησης με αλγορίθμους εντοπισμού επικίνδυνων καιρικών φαινομένων σε τοπικό επίπεδο, υπάρχει η δυνατότητα αποφυγής υλικών ζημιών και απώλειας τραυματισμών ανθρώπων.

Συνοψίζοντας, το σύνολο των παραπάνω εφαρμογών που μπορούν να υλοποιηθούν στα νησιά του Β. Αιγαίου, επιφέρει ανάπτυξη, ευημερία, επενδύσεις και ποιοτικότερο βιοτικό επίπεδο στους κατοίκους. Η ασφάλεια και οι καινοτόμες υπηρεσίες που παρέχονται με τα συστήματα αυτά είναι λόγος για επιχειρήσεις και ιδιώτες να επενδύσουν χρήματα, αυξάνοντας την οικονομία του τόπου.

7

Ερωτηματολόγιο : Το 5G και το Internet of Things στα Ελληνικά Δεδομένα

7.1 Έρευνα και η δομή της.

Στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας, υλοποιήθηκε έρευνα με την μορφή ερωτηματολογίου που αφορά τις γνώσεις και γνώμη που έχουν οι Έλληνες γύρω από το Διαδίκτυο των Αντικειμένων, το δίκτυο 5G καθώς και τις συσκευές που το υποστηρίζουν σήμερα.

Το ερωτηματολόγιο που χρησιμοποιήθηκε ήταν στην Ελληνική γλώσσα. Η δομή του ήταν με ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής έτσι ώστε να είναι πιο απλό και κατανοητό στους συμμετέχοντες. Οι ερωτήσεις αφορούν την γνώση επιφανειακού επιπέδου για το τι είναι το 5G και το IoT, την χρήση και κατοχή συσκευών που τα υποστηρίζουν, την ασφάλεια και τους πιθανούς κινδύνους που ενδέχεται να επιφέρουν και την συμβολή της εφαρμογής τους στην οικονομία και την καθημερινότητα του ανθρώπου. Το ηλεκτρονικό ερωτηματολόγιο υλοποιήθηκε με στην πλατφόρμα Google Forms. Η δημοσίευση και η διανομή του έγινε με τη χρήση μέσων κοινωνικής δικτύωσης (Facebook, LinkedIn κ.α.) και με την αποστολή ηλεκτρονικής αλληλογραφίας (e-mail). Η διανομή των email έγινε σε ακαδημαϊκά ιδρύματα και επιχειρήσεις που εδρεύουν στην Ελλάδα.

Στην παρούσα έρευνα η κύρια μέθοδος συλλογής δεδομένων μέσω ερωτήσεων, υλοποιείται με την ‘Ποσοτική Μέθοδο’ και αναπαράσταση των αποτελεσμάτων με Κυκλικά Διαγράμματα (Pie Charts). Οι ερωτήσεις που απαρτίζουν το ερωτηματολόγιο, έχουν απλή δομή, είναι κλειστού τύπου και το περιεχόμενο δεν εμβαθύνει σε συνθέτους τεχνικούς όρους, έτσι ώστε ο μέσος αναγνώστης να είναι σε θέση να κατανοήσει και να συμμετέχει με ευκολία σε αυτό. Όλες οι ερωτήσεις ήταν υποχρεωτικό να απαντηθούν για να ολοκληρώσει κάποιος το ερωτηματολόγιο. Το

γεγονός αυτό αποσκοπεί στο να εξαχθούν συνδυαστικά τα δεδομένα μεταξύ τους για τα βέλτιστα δυνατά συμπεράσματα. Οι απαντήσεις που δόθηκαν είναι ανώνυμες για την προστασία των προσωπικών δεδομένων των συμμετεχόντων.

7.2 Ερωτήσεις και περιεχόμενο Ερωτηματολογίου

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται οι ερωτήσεις που αποτελούν το ερωτηματολόγιο καθώς και οι απαντήσεις που είχαν τη δυνατότητα να απαντήσουν οι συμμετέχοντες. Οι ερωτήσεις έγιναν έπειτα από εκτεταμένη μελέτη βιβλιογραφίας του αντικειμένου που διαπραγματεύεται η εν λόγω διπλωματική εργασία.

Το σύνολο των ερωτήσεων είναι σκόπιμα μικρό σε αριθμό έτσι ώστε να ολοκληρώνεται η διαδικασία σε σύντομο χρονικό διάστημα. Είναι αποδεδειγμένο ότι η σύντομη αλλά περιεκτική διαδικασία ερωτηματολογίων δίνει την ευκαιρία στον συμμετέχοντα να κατανοήσει και να απαντήσει το σύνολο των ερωτήσεων με ειλικρίνεια και αφοσίωση.

Ερωτήσεις:

- 1) Γνωρίζετε τι είναι το 5G Δίκτυο;
- 2) Είστε κάτοχος συσκευής κινητού τηλεφώνου;
- 3) Έχετε συσκευή (πχ κινητό τηλέφωνο) που να υποστηρίζει την 5G τεχνολογία;
- 4) Ποιος είναι ο κύριος παράγοντας που θα σας απέτρεπε να αποκτήσετε μια συσκευή 5G (πχ κινητό τηλέφωνο) ;
- 5) Έχετε προσωπική εμπειρία από τη χρήση 5G δικτύου στην Ελλάδα ή στο Εξωτερικό;
- 6) Πιστεύετε ότι το 5G θα επιφέρει ανάπτυξη στην οικονομία της Ελλάδας ;
- 7) Ποιον τομέα πιστεύετε ότι θα επηρεάσει το 5G περισσότερο;
- 8) Διατηρείτε το βραδύ ανοιχτές συσκευές που ανήκουν σε κάποιο δίκτυο (πχ Wi-Fi Router, Ασύρματος Εκτυπωτής, Smart TV)
- 9) Θεωρείτε το 5G επικίνδυνο για την υγεία του ανθρώπου;
- 10) Θα σας ενδιέφερε να μάθετε περισσότερα για το 5G;
- 11) Γνωρίζετε τι είναι το IoT (Internet of Things – Διαδίκτυο των Αντικειμένων) ;
- 12) Έχετε βιώσει κάποια προσωπική εμπειρία με κάποια συσκευή που να υποστηρίζει IoT (Smart Home, Smart Watch, Smart επίθεμα υγείας κτλ.) ;
- 13) Έχετε στη κατοχή σας κάποια συσκευή που να υποστηρίζει IoT;
- 14) Αν υπήρχε η δυνατότητα, τι είδους Συσκευές / Υπηρεσίες IoT θα θέλατε να υπάρχουν στην περιοχή που μένετε ;
- 15) Θεωρείτε ότι η ανάπτυξη 5G Δικτύων θα βοηθήσει στην υλοποίηση IoT / Smart υποδομών στην Ελλάδα;
- 16) Μόνιμη διαμονή σας
- 17) Εύρος Ηλικίας
- 18) Επίπεδο Σπουδών

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι απαντήσεις που είχε τη δυνατότητα να επιλέξει ο κάθε συμμετέχοντας στο εν λόγω ερωτηματολόγιο. Οι εικόνες που ακολουθούν, αποτελούν το σύνολο του ερωτηματολογίου στην μορφή που δημοσιεύθηκε κατά τους μήνες Απρίλιο και Μάιο του 2022.



The screenshot shows a survey interface with a header image featuring the text '5G' and various IoT-related icons. Below the header, the title '5G και Internet of Things' is displayed. The survey description states it is an anonymous questionnaire for a diploma thesis on 5G and IoT in Greece. A login field shows an email address ending in '@gmail.com' with a note that it has not been shared. A red asterisk indicates a required field. The first question asks if the respondent knows what 5G is, with three radio button options: 'Ναι', 'Όχι', and 'Δεν είμαι σίγουρος/η για να εκφέρω γνώμη'. The second question asks if the respondent owns a mobile device, with three radio button options: 'Ναι (Smartphone)', 'Ναι (Non-Smart / απλή συσκευή με πλήκτρα)', and 'Όχι'.

5G και Internet of Things

Ανώνυμο ερωτηματολόγιο, στα πλαίσια Διπλωματικής Εργασίας Μεταπτυχιακών Σπουδών , για την τεχνολογία του 5G Δικτύου και Internet of Things στην Ελλάδα

 @gmail.com (δεν κοινοποιήθηκε)
Εναλλαγή λογαριασμού 

* Απαιτείται

Γνωρίζετε τι είναι το 5G Δίκτυο; *

☐ Ναι

☐ Όχι

☐ Δεν είμαι σίγουρος/η για να εκφέρω γνώμη.

Είστε κάτοχος συσκευής κινητού τηλεφώνου; *

☐ Ναι (Smartphone)

☐ Ναι (Non-Smart / απλή συσκευή με πλήκτρα)

☐ Όχι

Εικόνα 35. Ερωτήσεις 1 και 2

Έχετε συσκευή (πχ κινητό τηλέφωνο) που να υποστηρίζει την 5G τεχνολογία; *

☐ Ναι

☐ Όχι

☐ Δεν γνωρίζω αν η συσκευή μου υποστηρίζει τέτοιου είδους τεχνολογία

Ποιος είναι ο κύριος παράγοντας που θα σας απέτρεπε να αποκτήσετε μια συσκευή 5G (Πχ κινητό τηλέφωνο) *

☐ Έχω ήδη τέτοιου τύπου συσκευές

☐ Το υψηλό χρηματικό κόστος απόκτησης της

☐ Δεν υπάρχουν υποδομές 5G στην περιοχή που διαμένω

☐ Δεν υπάρχει λόγος απόκτησης γιατί δεν μου χρειάζεται στην προσωπική / επαγγελματική ζωή

☐ Το θεωρώ επικίνδυνο

☐ Είναι πολύ νωρίς για να γνωρίζω αν θα μου προσφέρει κάτι

☐ Δεν γνωρίζω τις δυνατότητες που έχει το 5G.

☐ Άλλο: _____

Εικόνα 36. Ερωτήσεις 3 και 4

Έχετε προσωπική εμπειρία από χρήση 5G δικτύου στην Ελλάδα ή στο Εξωτερικό; *

☐ Ναι (Στην Ελλάδα)

☐ Ναι (Στο Εξωτερικό)

☐ Όχι

☐ Δεν γνωρίζω

Πιστεύετε ότι το 5G θα επιφέρει ανάπτυξη στην οικονομία της Ελλάδας (μέσω της ανάπτυξης της τεχνολογίας) *

☐ Ναι

☐ Όχι (θα δημιουργήσει περισσότερα προβλήματα από ότι οφέλη)

☐ Δεν θα επηρεάσει την οικονομία ιδιαίτερα

☐ Δεν γνωρίζω

Εικόνα 37. Ερωτήσεις 5 και 6

Ποιον τομέα πιστεύετε ότι θα επηρεάσει το 5G περισσότερο; *

☐ Βιομηχανία

☐ Τομέας Υγείας

☐ ΜΜΕ

☐ Παροχές Υπηρεσιών

☐ Ψυχαγωγία / Παιχνίδια / Αθλητισμός

☐ Αυτοκίνηση

☐ Κανένα από τα παραπάνω

☐ Δεν γνωρίζω

☐ Άλλο: _____

Διατηρείτε το βράδυ ανοιχτές συσκευές που ανήκουν σε κάποιο δίκτυο (πχ WiFi Router, Ασύρματος Εκτυπωτής, Smart Tv) *

☐ Ναι

☐ Όχι

☐ Ορισμένες φορές

☐ Δεν διαθέτω τέτοιες συσκευές

Εικόνα 38. Ερωτήσεις 7 και 8

Θεωρείτε το 5G επικίνδυνο για την υγεία του ανθρώπου; *

☐ Ναι

☐ Όχι (Δεν γνωρίζω τους λόγους)

☐ Όχι (Τηρώντας τα πρότυπα της ΕΕ, το 5G είναι λιγότερο επιβλαβές ακόμα και από το WiFi δίκτυο του σπιτιού μας)

☐ Δεν γνωρίζω

Θα σας ενδιέφερε να μάθετε περισσότερα για το 5G; *

☐ Ναι (Σε ακαδημαϊκό επίπεδο)

☐ Ναι (Σε προσωπικό επίπεδο. Είναι το επόμενο βήμα στις τηλεπικοινωνίες και καλό είναι να γνωρίζουμε τι μας προσφέρει)

☐ Όχι

Γνωρίζετε τι είναι το IoT (Internet of Things - Διαδίκτυο των Αντικειμένων); *

☐ Ναι (Έχω ακούσει για αυτό)

☐ Ναι (Χρησιμοποιώ συσκευές / αισθητήρες για επαγγελματική ή προσωπική χρήση)

☐ Όχι

Εικόνα 39. Ερωτήσεις 9, 10 και 11

Έχετε βιώσει κάποια προσωπική εμπειρία με κάποια συσκευή που να υποστηρίζει IoT (Smart Home, Smart Watch, Smart επίθεμα υγείας κτλ.) ; *

☐ Ναι

☐ Όχι , δεν είχα ποτέ προσωπική επαφή με τέτοιες συσκευές.

Έχετε στην κατοχή σας κάποια συσκευή που να υποστηρίζει IoT ; *

☐ Όχι

☐ Smart Watch / Smart Αθλητικός εξοπλισμός

☐ Smart Aircondition / Smart Θερμοστάτης

☐ Smart Ψυγείο

☐ Smart TV

☐ Smart Car

☐ Smart Camera

☐ Smart Ασφάλεια σπιτιού (πχ Αισθητήρες κίνησης / Θραύσης τζαμιών κτλ.)

☐ Smart Πυρασφάλεια (Ανιχνευτής καπνού που ειδοποιεί το κινητό)

☐ Smart Φωτισμός σπιτιού

☐ Έξυπνη Συσκευή ελέγχου Υγείας (Πχ Έλεγχος Ζαχάρου με δυνατότητα αυτόματης ενημέρωσης του επιβλέποντος ιατρού)

☐ Δεν γνωρίζω αν οι συσκευές που έχω, έχουν τέτοιες δυνατότητες.

☐ Άλλο: _____

Εικόνα 40. Ερωτήσεις 12 και 13

Αν υπήρχε η δυνατότητα, τι είδους Συσκευές / Υπηρεσίες IoT θα θέλατε να υπάρχουν στην περιοχή που μένετε ; *

☐ Έξυπνος χώρος Parking

☐ Έξυπνα Μέσα Μαζικής Μεταφοράς (Λεωφορεία χωρίς οδηγό κτλ.)

☐ Αυτοκίνητα I.X. που οδηγούν μόνα τους

☐ Έξυπνη διαχείριση απορριμμάτων (πχ Έξυπνοι κάδοι που ενημερώνουν τις αρμόδιες αρχές με ενσωματωμένους αισθητήρες)

☐ Δεν γνωρίζω τις δυνατότητες που μπορούν να έχουν τέτοιες υπηρεσίες

☐ Άλλο: _____

Θεωρείτε ότι η ανάπτυξη 5G Δικτύων θα βοηθήσει στην υλοποίηση IoT / Smart υποδομών στην Ελλάδα ; *

☐ Ναι , σε μεγάλο βαθμό

☐ Ναι , αλλά και με τις υφιστάμενες υποδομές Δικτύων τηλεπικοινωνιών θα μπορούσε ήδη να έχει αναπτυχθεί περισσότερο το IoT στην Ελλάδα.

☐ Όχι, είναι ανεξάρτητο σε μεγάλο βαθμό και εξαρτάται κυρίως από άλλους παράγοντες (Οικονομικούς, τεχνολογικής κατάρτισης, παιδείας κτλ.)

☐ Δεν γνωρίζω

☐ Άλλο: _____

Εικόνα 41. Ερωτήσεις 14 και 15

Μόνιμη διαμονή σας *

☐ Ελλάδα

☐ Εξωτερικό

Εύρος Ηλικίας *

☐ 12-16

☐ 17-25

☐ 25-35

☐ 35-45

☐ 45-60

☐ 60+

Επίπεδο Σπουδών *

☐ Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση

☐ Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση

☐ Απόφοιτος Πανεπιστημίου / ΑΤΕΙ

☐ Απόφοιτος Ιδιωτικού Ιδρύματος Επαγγελματικής Κατάρτισης (ΙΕΚ)

☐ Κάτοχος Μεταπτυχιακού Τίτλου

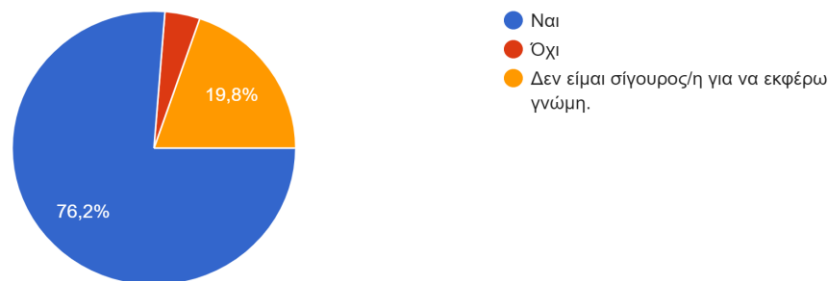
☐ Διδακτορικές Σπουδές

☐ Άλλο: _____

Εικόνα 42. Ερωτήσεις 16, 17 και 18

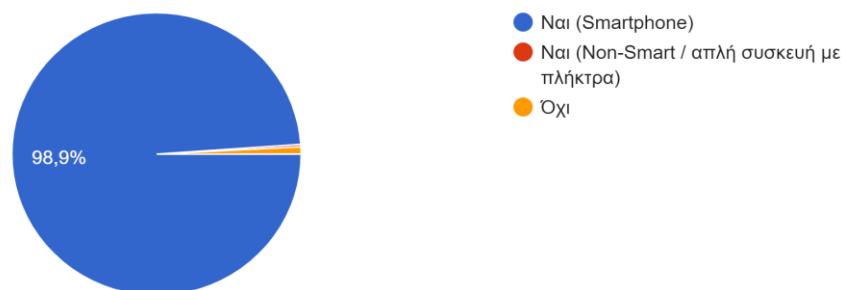
Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται οι απαντήσεις και τα ποσοστά αποτελεσμάτων που έδωσαν οι συμμετέχοντες σε μορφή Κυκλικών Διαγραμμάτων.

Γνωρίζετε τι είναι το 5G Δίκτυο;
724 απαντήσεις



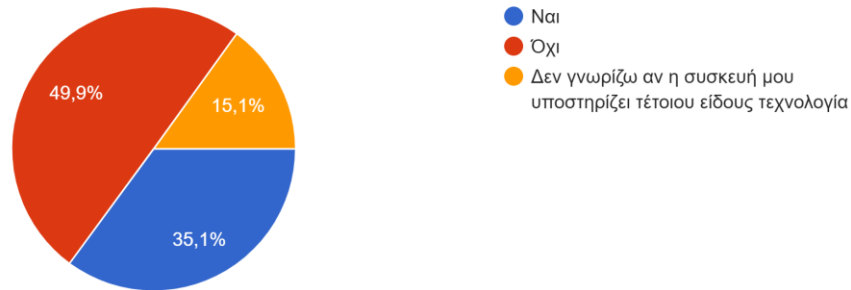
Εικόνα 43. Στατιστικά αποτελέσματα 1ης Απάντησης

Είστε κάτοχος συσκευής κινητού τηλεφώνου;
724 απαντήσεις



Εικόνα 44. Στατιστικά αποτελέσματα 2ης Απάντησης

Έχετε συσκευή (πχ κινητό τηλέφωνο) που να υποστηρίζει την 5G τεχνολογία;
724 απαντήσεις



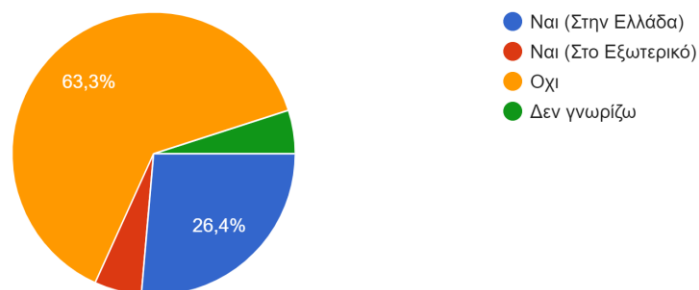
Εικόνα 45. Στατιστικά αποτελέσματα 3ης Απάντησης

Ποιος είναι ο κύριος παράγοντας που θα σας απέτρεπε να αποκτήσετε μια συσκευή 5G (Πχ κινητό τηλέφωνο)
724 απαντήσεις



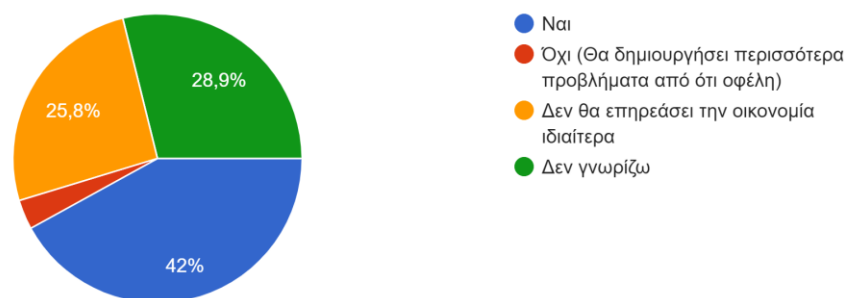
Εικόνα 46. Στατιστικά αποτελέσματα 4ης Απάντησης

Έχετε προσωπική εμπειρία από χρήση 5G δικτύου στην Ελλάδα ή στο Εξωτερικό;
724 απαντήσεις



Εικόνα 47. Στατιστικά αποτελέσματα 5ης Απάντησης

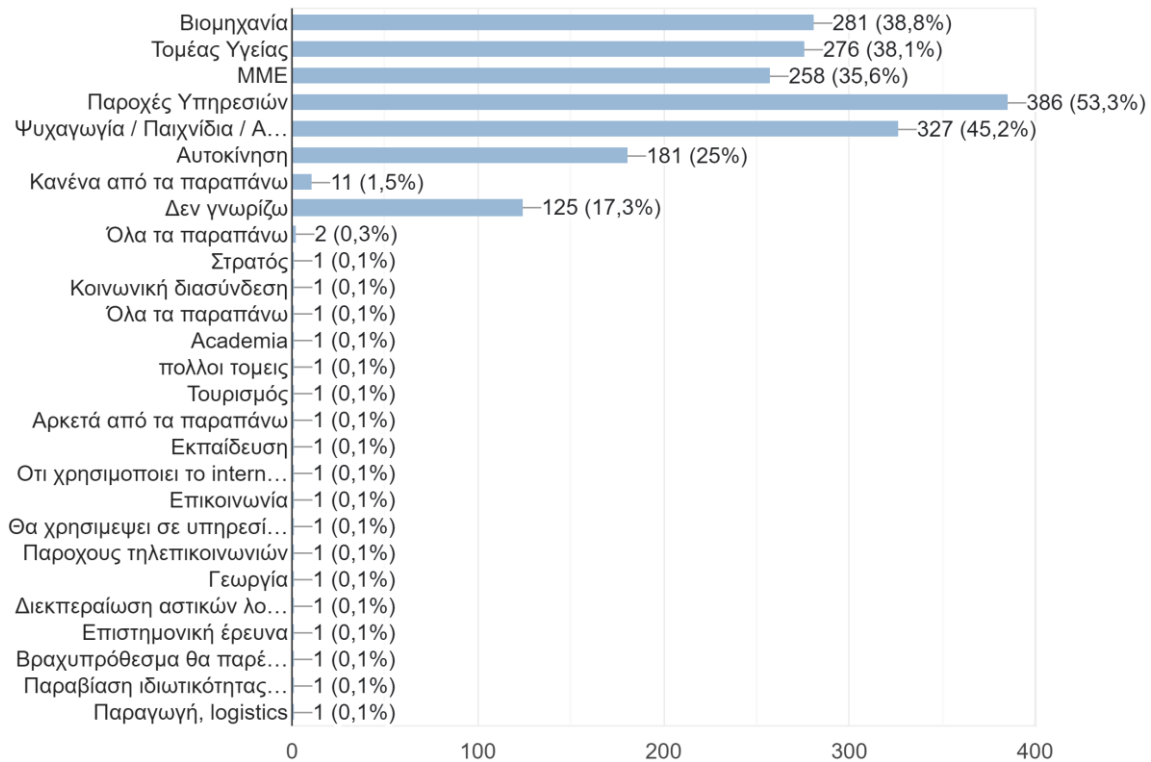
Πιστεύετε ότι το 5G θα επιφέρει ανάπτυξη στην οικονομία της Ελλάδας (μέσω της ανάπτυξης της τεχνολογίας);
724 απαντήσεις



Εικόνα 48. Στατιστικά αποτελέσματα 6ης Απάντησης

Ποιον τομέα πιστεύετε ότι θα επηρεάσει το 5G περισσότερο;

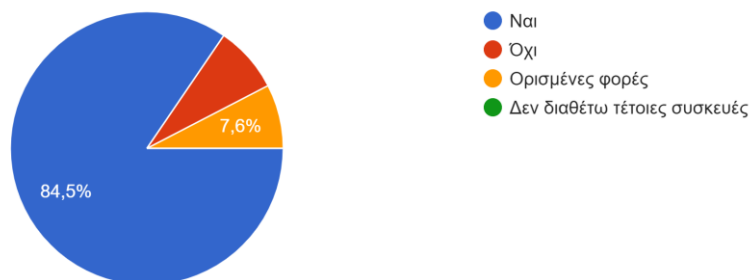
724 απαντήσεις



Εικόνα 49. Στατιστικά αποτελέσματα 7ης Απάντησης

Διατηρείτε το βράδυ ανοιχτές συσκευές που ανήκουν σε κάποιο δίκτυο (πχ WiFi Router, Ασύρματος Εκτυπωτής, Smart Tv)

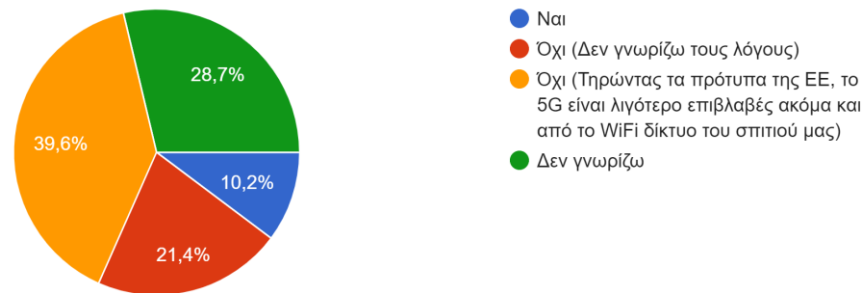
724 απαντήσεις



Εικόνα 50. Στατιστικά αποτελέσματα 8ης Απάντησης

Θεωρείτε το 5G επικίνδυνο για την υγεία του ανθρώπου;

724 απαντήσεις



Εικόνα 51. Στατιστικά αποτελέσματα 9ης Απάντησης

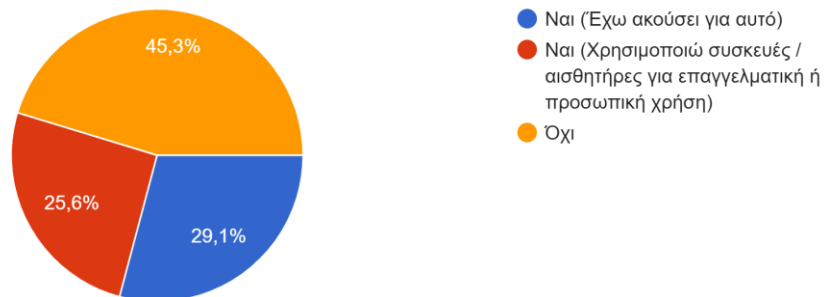
Θα σας ενδιέφερε να μάθετε περισσότερα για το 5G;

724 απαντήσεις



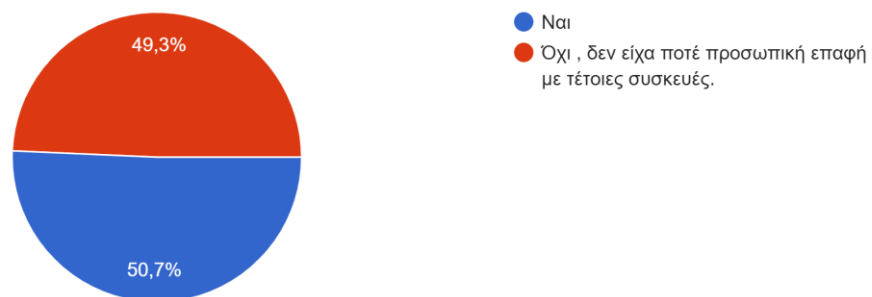
Εικόνα 52. Στατιστικά αποτελέσματα 10ης Απάντησης

Γνωρίζετε τι είναι το IoT (Internet of Things - Διαδίκτυο των Αντικειμένων) ;
724 απαντήσεις



Εικόνα 53. Στατιστικά αποτελέσματα 11ης Απάντησης

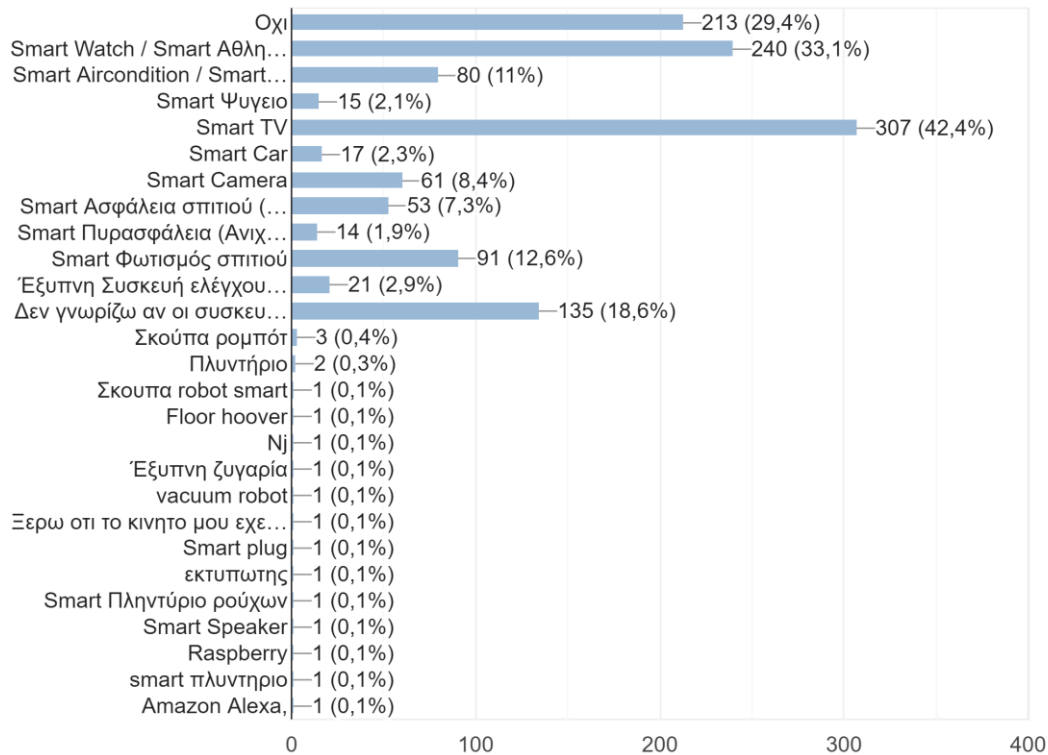
Έχετε βιώσει κάποια προσωπική εμπειρία με κάποια συσκευή που να υποστηρίζει IoT (Smart Home, Smart Watch, Smart επίθεμα υγείας κτλ.) ;
724 απαντήσεις



Εικόνα 54. Στατιστικά αποτελέσματα 12ης Απάντησης

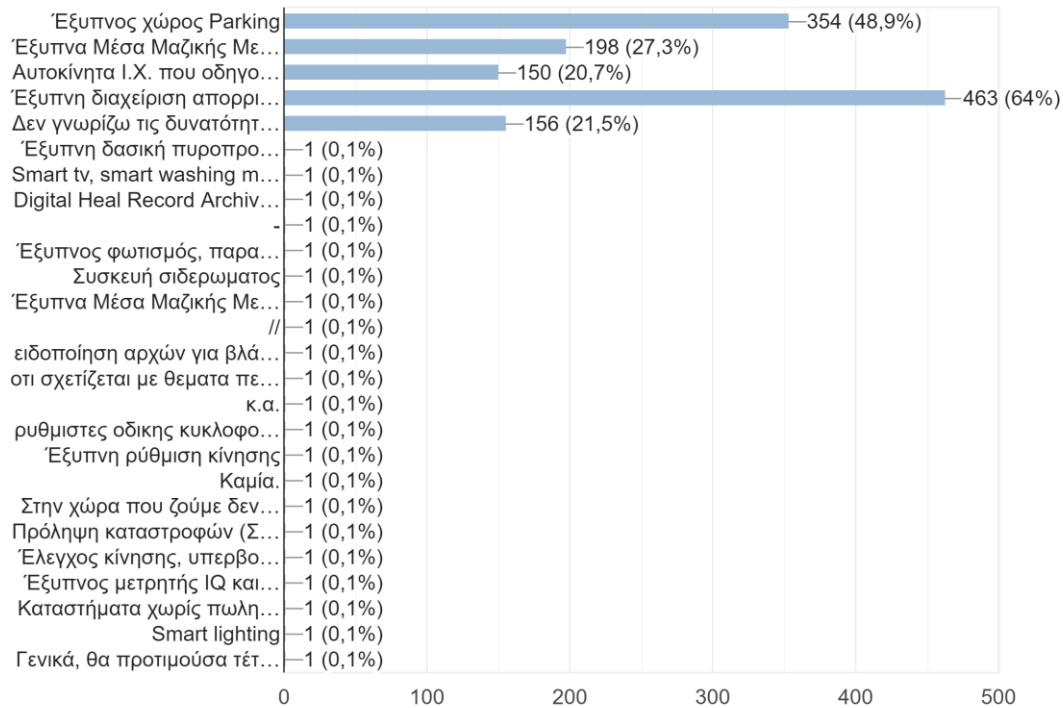
Έχετε στην κατοχή σας κάποια συσκευή που να υποστηρίζει IoT ;

724 απαντήσεις



Εικόνα 55. Στατιστικά αποτελέσματα 13ης Απάντησης

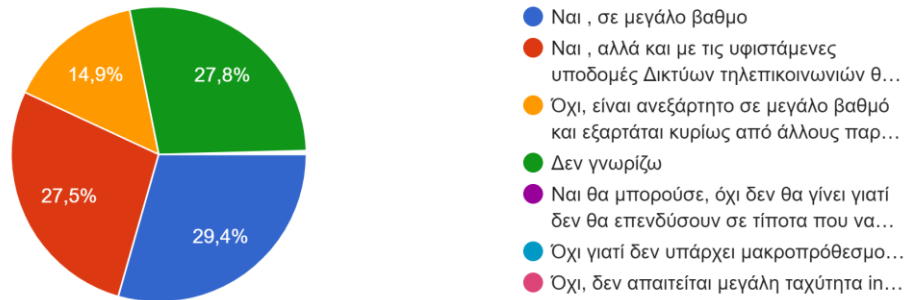
Αν υπήρχε η δυνατότητα, τι είδους Συσκευές / Υπηρεσίες IoT θα θέλατε να υπάρχουν στην περιοχή που μένετε ;
724 απαντήσεις



Εικόνα 56. Στατιστικά αποτελέσματα 14ης Απάντησης

Θεωρείτε ότι η ανάπτυξη 5G Δικτύων θα βοηθήσει στην υλοποίηση IoT / Smart υποδομών στην Ελλάδα ;

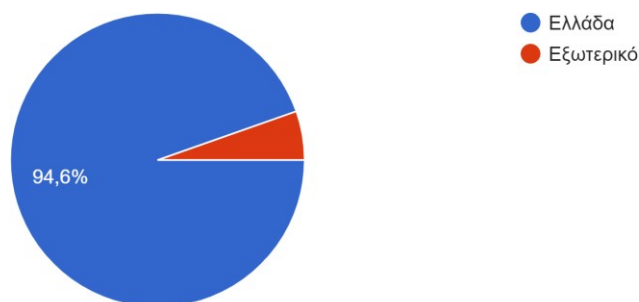
724 απαντήσεις



Εικόνα 57. Στατιστικά αποτελέσματα 15ης Απάντησης

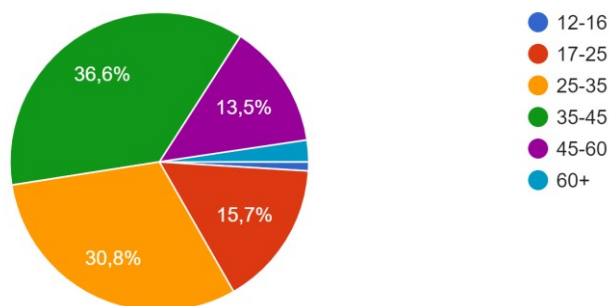
Μόνιμη διαμονή σας

724 απαντήσεις



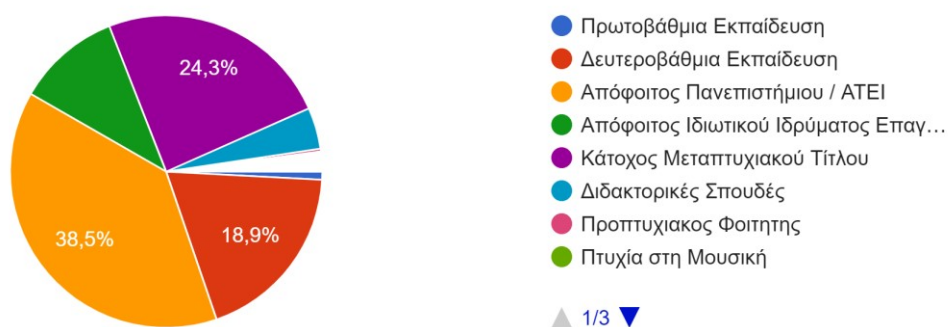
Εικόνα 58. Στατιστικά αποτελέσματα 16ης Απάντησης

Εύρος Ηλικίας
724 απαντήσεις



Εικόνα 59. Στατιστικά αποτελέσματα 17ης Απάντησης

Επίπεδο Σπουδών
724 απαντήσεις



Εικόνα 60. Στατιστικά αποτελέσματα 18ης Απάντησης

7.3 Συμπεράσματα Αποτελεσμάτων Ερωτηματολογίου

Τα συμπεράσματα που εξάγονται από τις απαντήσεις που δοθήκαν είναι ενθαρρυντικά για το μέλλον της Ελλάδας στον τομέα της εφαρμογής νέων τεχνολογιών, όπως το 5G και οι συσκευές IoT. Στην πλειοψηφία τους οι συμμετέχοντες γνωρίζουν τι είναι το 5G έστω και επιφανειακά. Έχουν στην κατοχή τους smartphone συσκευή η οποία όμως σε μεγάλο ποσοστό δεν υποστηρίζει πρόσβαση στο 5G δίκτυο. Το δείγμα τείνει να είναι αντιπροσωπευτικό σύμφωνα με τις τάσεις της αγοράς κινητής τηλεφωνίας κατά τη διάρκεια διεξαγωγής του ερωτηματολογίου. Οι πωλήσεις συσκευών κινητών τηλεφώνων που υποστηρίζουν 5G δίκτυο, εκτιμάται να αυξηθούν κατά το 4^ο τμήμα του 2022 στην Ελλάδα, σύμφωνα με τις εκτιμήσεις των παρόχων κινητής τηλεφωνίας.

Η απουσία εμπειρίας και βιωμάτων χρήσης 5G δικτύου από τους συμμετέχοντες αντικατοπτρίζεται πλήρως από την έλλειψη κατοχής συσκευής κινητού τηλεφώνου που την υποστηρίζει, καθώς και την μικρή κάλυψη 5G δικτύου στην Ελλάδα κατά τη διάρκεια διεξαγωγής της έρευνας.

Θετικό είναι το γεγονός ότι η πλειοψηφία αναγνωρίζει τα οφέλη του 5G δικτύου στην Ελληνική οικονομία, δίνοντας έμφαση στην ανάπτυξη της Βιομηχανίας, της ψυχαγωγίας και τις παροχές υπηρεσιών.

Τέθηκαν ερωτήσεις για την σύγκριση επίγνωσης κίνδυνου και τις προφυλάξεις των κατόχων συσκευών που εκπέμπουν κάποιο είδος ακτινοβολίας, με τις τάσεις απόρριψης του 5G ως επικίνδυνο για την υγεία του ανθρώπου. Η έλλειψη τεχνικών γνώσεων αντικατοπτρίζεται στις απαντήσεις που δοθήκαν. Στην πλειοψηφία τους οι συμμετέχοντες ενδιαφέρονται να καλύψουν τις απορίες τους και να διευρύνουν τις γνώσεις τους για το 5G δίκτυο.

Είναι αξιόλογο να αναφερθεί ότι οι συμμετέχοντες στην πλειοψηφία τους δεν γνωρίζουν τι είναι το Διαδίκτυο των Αντικειμένων (Internet of Things) ως ορολογία, παρόλο που έχουν στην κατοχή τους έξυπνες συσκευές όπως Smart TV και Smart Wearables. Επίσης η πρωτοβουλία τους να προσθέσουν IoT συστήματα που δεν είχαν συμπεριληφθεί στο ερωτηματολόγιο, είναι ενθαρρυντική διότι υπάρχουν ενδείξεις αναγνώρισης της αξίας και οφελών που μπορούν να προσφέρουν στην Ελλάδα.

Οι συμμετέχοντες είναι μόνιμοι κάτοικοι της Ελλάδας κατά ένα συντριπτικό ποσοστό, κυμαίνονται στις ηλικίες 25 έως και 45 ετών και έχουν στη κατοχή τους τίτλους σπουδών τριτοβάθμιας εκπαίδευσης.

8

Συμπεράσματα, Προκλήσεις,

Μελλοντική Εργασία

Η 4^η Βιομηχανική Επανάσταση είναι πραγματικότητα και η ανθρωπότητα εξελίσσεται τεχνολογικά σε καθημερινή βάση. Η δύναμη της επικοινωνίας είναι το εφόδιο που επιτρέπει την υλοποίηση της εξέλιξης αυτής. Στην σύγχρονη εποχή την σκυτάλη της επικοινωνίας έχει αναλάβει η κινητή τηλεφωνία. Το δίκτυο 5G είναι ο οδηγός και το μέσο που επιτρέπει την ψηφιοποίηση των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων, αναβαθμίζοντας το βιοτικό επίπεδο, την ασφάλεια και την ευημερία της κοινωνίας. Αυτό είναι εφικτό διότι το 5G εξασφαλίζει τις εξαιρετικά υψηλές ταχύτητες, την ελάχιστη καθυστέρηση στην αποστολή δεδομένων και την πρωτοφανή ποιότητα υπηρεσιών που μπορεί να προσφέρει σε σύγκριση με οτιδήποτε άλλο έχει χρησιμοποιήσει ο άνθρωπος για τη χρήση αυτή.

Η λογισμικοποίηση (Softwareization) των υφιστάμενων διαδικασιών και η εφαρμογή νέων τεχνικών όπως το SDN, NFV και η εκτεταμένη χρήση του Cloud και των ψηφιακών υποδομών που στεγάζονται σε αυτό, είναι ορισμένες από τις δομές που επιτρέπουν την υλοποίηση του 5G. Το κόστος υλοποίησης είναι οικονομικό, η εγκατάσταση λειτουργική και εργονομική στην χρήση και στις παραμετροποιήσεις της.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θέσει ως προτεραιότητα την υλοποίηση και επίσπευση της κάλυψης 5G δικτύων για την βέλτιστη εξυπηρέτηση των κρατών μελών της. Η δράση αυτή γίνεται με έρευνες, χρηματοδοτήσεις, επιδοτούμενα προγράμματα και συνεργασία με ιδιωτικούς φορείς, έτσι ώστε το χρονοδιάγραμμα που έχει οριστεί να ολοκληρωθεί χωρίς καθυστερήσεις. Οι απαιτήσεις που ορίζονται είναι απαραίτητο να εφαρμοστούν για να υπάρξει το βέλτιστο δυνατό αποτέλεσμα σύμφωνα με τις προδιαγραφές που έχουν οριστεί από τους οργανισμούς όπως η 3GPP και η 5G-PPP στην Ευρώπη.

Η Ελλάδα συμμετέχει ενεργά στην ανάπτυξη του 5G δικτύου. Οι πάροχοι κινητής τηλεφωνίας που εδρεύουν στη χώρα, υλοποιούν σταδιακά τις δεσμεύσεις που έχουν δώσει για την κάλυψη και την παροχή των υπηρεσιών τους. Είναι επιτακτική ανάγκη να ολοκληρωθούν το γρηγορότερο δυνατό τα απαραίτητα έργα για την εξάπλωση του δικτύου. Η περίοδος μετά την πανδημία του Covid-19 είναι κρίσιμη με κύριο χαρακτηριστικό την ανάκαμψη της οικονομίας σε συλλογικό αλλά και σε ατομικό επίπεδο. Τα προνόμια της χρήσης του 5G δικτύου και κατ' επέκταση των αναβαθμισμένων υπηρεσιών και συσκευών που το υποστηρίζουν, έχουν τη δυνατότητα να πέτυχουν το στόχο αυτό. Είναι στρατηγικής σημασίας ο τρόπος υλοποίησης, εκμετάλλευσης και χρήσης των συσκευών. Η προσωπική ασφάλεια, η προστασία του περιβάλλοντος και η ευημερία του ατόμου, έχουν πρωταγωνιστικούς ρόλους στην υιοθέτηση των εφαρμογών του Διαδικτύου των Αντικειμένων (Internet of Things), ενδυναμωμένου με τη χρήση και αξιοποίηση των δυνατοτήτων του 5G δικτύου.

Οι προκλήσεις που απαιτούνται σήμερα, ποικίλουν σε μορφολογία, περιεχόμενο και δομή. Για την υλοποίηση και εξάπλωση της κάλυψης του 5G δικτύου απαιτούνται πυκνά δίκτυα κεραιών. Στην Ελλάδα υπάρχουν γραφειοκρατικά προβλήματα τα οποία εμποδίζουν και καθυστερούν χαρακτηριστικά τις απαιτούμενες διαδικασίες για την εγκατάσταση κεραιοσυστημάτων και Σταθμών Βάσης. Η παγκόσμια οικονομική ύφεση επηρεάζει άμεσα την Ελλάδα, περιορίζοντας τις επενδύσεις και τα κεφάλαια που προορίζονται για έρευνα στο αντικείμενο αυτό. Η πανδημία του Covid-19 περιορίζοντας τις μετακινήσεις και την δια ζώσης επικοινωνία, καθυστέρησε σε παγκόσμια κλίμακα την ανάπτυξη του 5G δικτύου τα τελευταία 2 χρόνια. Τέλος κρίνεται απαραίτητη η διασφάλιση της ακεραιότητας, της προστασίας των προσωπικών δεδομένων και της ασφάλειας των χρηστών κατά τη μεταφορά πληροφορίας μέσω των νέων δικτύων τηλεπικοινωνιών. [9]

Η χρήση των υπηρεσιών του 5G είναι δεδομένο ότι θα αλλάξει ριζικά την επικοινωνία και γενικά την καθημερινότητα του ανθρώπου. Τα πλεονεκτήματα που έχει εν αντιθέσει με τα υφιστάμενα δίκτυα παλαιότερων γενεών όπως το 4G, είναι πολλαπλά και αδιαμφισβήτητα επηρεάζουν θετικά πληθώρα τομέων των ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Οι επερχόμενες αλλαγές στα δεδομένα τηλεπικοινωνιών της Ελλάδας έως το 2025 είναι κομβικής σημασίας για την εξέλιξη της τεχνολογικής ανάπτυξης της χώρας και κυρίως της νησιωτικής περιφέρειας. Η μελέτη της εξελικτικής πορείας του 5G καθώς και η περαιτέρω προσέγγιση στις επιμέρους διαδικασίες για την υλοποίηση και τους τομείς που απαρτίζουν το δίκτυο είναι αντικείμενα προς μελλοντική έρευνα. Η ενδελεχής μελέτη της τεχνολογίας και των τοπολογιών που δομείται το 5G δίκτυο καθώς και τα use cases που ήδη εφαρμόζονται στην Ευρωπαϊκή Ένωση και στην Ελλάδα κατά την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας, οδηγούν σε περαιτέρω ερευνητική δραστηριότητα. Ο σκοπός αυτής είναι η συνεισφορά στην μετάβαση των ανθρώπινων δραστηριοτήτων στα δίκτυα νέας γενιάς 5G και των υστερών του.

Βιβλιογραφία

- [1] B. Bertenyi, “5G Evolution: What’s Next?,” *IEEE Wirel. Commun.*, vol. 28, no. 1, pp. 4–8, 2021.
- [2] S. Henry, A. Alshaily, and E. S. Sousa, “5G is real: Evaluating the compliance of the 3GPP 5G new radio system with the ITU IMT-2020 requirements,” *IEEE Access*, vol. 8, pp. 42828–42840, 2020.
- [3] T. Abdulkabeer, “5G technology: Opportunities and challenges,” *SSRN Electron. J.*, 2021.
- [4] R. S. Abujassar, H. Yaseen, and A. S. Al-Adwan, “A highly effective route for real-time traffic using an IoT smart algorithm for Tele-surgery using 5G networks,” *J. Sens. Actuator Netw.*, vol. 10, no. 2, p. 30, 2021.
- [5] “Fuel for Innovation: Greece’s race to 5G,” *Accenture.com*, 22-Jul-2020. [Online]. Available: <https://www.accenture.com/gr-en/insights/communications-media/greece-race-5g>. [Accessed: 18-Jun-2022].
- [6] *Accenture.com*, 2021. [Online]. Available: https://www.accenture.com/_acnmedia/PDF-144/Accenture-5G-WP-EU-Feb26.pdf. [Accessed: 18-Jun-2022].
- [7] S. Narayanan, D. Tsolkas, N. Passas, and L. Merakos, “ADAM: An adaptive access mechanism for NB-IoT systems in the 5G era,” *IEEE Access*, vol. 9, pp. 109915–109931, 2021.
- [8] S. I. Yusifov, N. A. Ragimova, V. H. Abdullayev, and Z. B. Imanova, “5G technology: A new step to IoT platform,” *jinavj. inf. vis.*, vol. 1, no. 2, pp. 74–82, 2020.
- [9] N. Al-Falahy and O. Y. Alani, “Technologies for 5G Networks: Challenges and Opportunities,” *IT Prof.*, vol. 19, no. 1, pp. 12–20, 2017.
- [10] I. F. All, “IoT applications in agriculture,” *IoT For All*, 30-Jun-2020. [Online]. Available: <https://www.iotforall.com/iot-applications-in-agriculture>. [Accessed: 18-Jun-2022].
- [11] “Το πρώτο δοκιμαστικό δίκτυο 5G στην Ελλάδα, από την COSMOTE,” *Capital.gr*. [Online]. Available: <https://www.capital.gr/epixeiriseis/3331780/to-proto-dokimastiko-diktuo-5g-stin-ellada-apo-tin-cosmote>. [Accessed: 18-Jun-2022].
- [12] “Όλο το σχέδιο για το 5G στην Ελλάδα,” *Capital.gr*. [Online]. Available: <https://www.capital.gr/epixeiriseis/3552432/olo-to-sxedio-gia-to-5g-stin-ellada>. [Accessed: 18-Jun-2022].
- [13] L. H. Campbell, “Approaching the promise of 5G,” *Aust. j. telecommun. digit. econ.*, vol. 9, no. 3, pp. iii–v, 2021.
- [14] E. Cero, J. Baraković Husić, and S. Baraković, “IoT’s tiny steps towards 5G: Telco’s perspective,” *Symmetry (Basel)*, vol. 9, no. 10, p. 213, 2017.

-
- [15] V. Chetlapalli, H. Agrawal, K. S. S. Iyer, M. A. Gregory, V. Potdar, and R. Nejabati, “Performance evaluation of IoT networks: A product density approach,” *Comput. Commun.*, vol. 186, pp. 65–79, 2022.
 - [16] A. W. Dawson, M. K. Marina, and F. J. Garcia, “On the benefits of RAN virtualisation in C-RAN based mobile networks,” in *2014 Third European Workshop on Software Defined Networks*, 2014.
 - [17] “Europe 5G readiness index,” *Incites.eu*. [Online]. Available: <https://www.incites.eu/europe-5g-readiness-index>. [Accessed: 18-Jun-2022].
 - [18] Faisal, “C-RAN vs Cloud RAN vs VRAN vs O-RAN- A simple guide! -,” *Telcocloudbridge.com*, 17-Apr-2021. .
 - [19] D. Wang, D. Chen, B. Song, N. Guizani, X. Yu, and X. Du, “From IoT to 5G I-IoT: The next generation IoT-based intelligent algorithms and 5G technologies,” *IEEE Commun. Mag.*, vol. 56, no. 10, pp. 114–120, 2018.
 - [20] “Fronthaul,” *Viavisolutions.com*. [Online]. Available: <https://www.viavisolutions.com/en-us/fronthaul>. [Accessed: 18-Jun-2022].
 - [21] T. A. Gemtos, “Precision farming applications in cotton fields of Greece,” 2016.
 - [22] M. A. Matin, M. S. Sharawi, S. K. Goudos, and J. Zhu, “Guest editorial: Antenna systems for 5G and beyond,” *IEEE Commun. Mag.*, vol. 60, no. 1, pp. 12–13, 2022.
 - [23] J.-M. Frangos, “The Internet of Things will power the Fourth Industrial Revolution. Here’s how,” *World Economic Forum*, 24-Jun-2017. [Online]. Available: <https://www.weforum.org/agenda/2017/06/internet-of-things-will-power-the-fourth-industrial-revolution/>. [Accessed: 18-Jun-2022].
 - [24] E. P. Ivanova, T. B. Iliev, I. S. Stoyanov, and G. Y. Mihaylov, “Evolution of mobile networks and seamless transition to 5G,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 1032, no. 1, p. 012008, 2021.
 - [25] K. Katzis and H. Ahmadi, “Challenges implementing internet of things (IoT) using cognitive radio capabilities in 5G mobile networks,” in *Internet of Things (IoT) in 5G Mobile Technologies*, Cham: Springer International Publishing, 2016, pp. 55–76.
 - [26] I. Mesogiti *et al.*, “5G-VICTORI: Future railway communications requirements driving 5G deployments in railways,” in *Artificial Intelligence Applications and Innovations. AIAI 2021 IFIP WG 12.5 International Workshops*, Cham: Springer International Publishing, 2021, pp. 21–30.
 - [27] “The Morse telegraph,” *Nyu.edu*. [Online]. Available: <https://kimon.hosting.nyu.edu/physical-electrical-digital/items/show/1096>. [Accessed: 18-Jun-2022].
 - [28] N. Bhushan *et al.*, “Network densification: the dominant theme for wireless evolution into 5G,” *IEEE Commun. Mag.*, vol. 52, no. 2, pp. 82–89, 2014.
 - [29] *Speedtest.net*. [Online]. Available: <https://www.speedtest.net/ookla-5g-map>. [Accessed: 18-Jun-2022].
 - [30] “Open RAN, What is it?,” *Viavisolutions.com*. [Online]. Available: <https://www.viavisolutions.com/en-us/solutions/open-ran-o-ran>. [Accessed: 18-Jun-2022].
 - [31] R. Peng, Y. Lou, M. Kadoch, and M. Cheriet, “A human-guided machine learning approach for 5G smart tourism IoT,” *Electronics (Basel)*, vol. 9, no. 6, p. 947, 2020.
 - [32] D. Porcu *et al.*, “Demonstration of 5G solutions for smart energy grids of the future: A perspective of the Smart5Grid project,” *Energies*, vol. 15, no. 3, p. 839, 2022.
 - [33] J. Primicerio *et al.*, “A flexible unmanned aerial vehicle for precision agriculture,” *Precis. Agric.*, vol. 13, no. 4, pp. 517–523, 2012.

-
- [34] A. Sciencetech, “Telephone network to computer network to mobile network to network of things - internet of things (IoT),” *Sciencetech Technologies Pvt. Ltd. Blog*, 06-Aug-2019. [Online]. Available: <https://www.sciencetechworld.com/blog/telephone-network-computer-network-mobile-network-network-things-internet-things-iot/>. [Accessed: 18-Jun-2022].
- [35] Siddiqi, Yu, and Joung, “5G ultra-reliable low-latency communication implementation challenges and operational issues with IoT devices,” *Electronics (Basel)*, vol. 8, no. 9, p. 981, 2019.
- [36] T. S.m, E&TC Department, Sandipani Technical Campus Faculty of Engineering, Latur, India, K. A.s, and D. R.d, “Future of Mobile Communication 5G: Perspectives, Challenges and Services,” *IOSR j. electron. commun. eng.*, vol. 9, no. 6, pp. 45–49, 2014.
- [37] T. Shitomi, T. Nakatogawa, A. Sato, K. Furuya, and M. Okano, “Spectral efficiency evaluation of an NR-based 5G terrestrial broadcast system for fixed reception,” *IEEE Trans. On Broadcast.*, vol. 68, no. 2, pp. 487–500, 2022.
- [38] “Use of internet of things in enterprises,” *Europa.eu*. [Online]. Available: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Use_of_Internet_of_Things_in_enterprises. [Accessed: 18-Jun-2022].
- [39] Y. Tang, S. Dananjayan, C. Hou, Q. Guo, S. Luo, and Y. He, “A survey on the 5G network and its impact on agriculture: Challenges and opportunities,” *Comput. Electron. Agric.*, vol. 180, no. 105895, p. 105895, 2021.
- [40] P. Trakadas *et al.*, “A cost-efficient 5G non-public network architectural approach: Key concepts and enablers, building blocks and potential use cases,” *Sensors (Basel)*, vol. 21, no. 16, p. 5578, 2021.
- [41] K. Trichias, P. Demestichas, and N. Mitrou, “Inter-PLMN mobility management challenges for supporting cross-border connected and Automated Mobility (CAM) over 5G,” *J. ICT Stand.*, pp. 113–146, 2021.
- [42] “Vodafone: Φτιάχνει κέντρο R&D στην Ελλάδα για Internet of Things και 5G,” *Capital.gr*. [Online]. Available: <https://www.capital.gr/epixeiriseis/3500829/vodafone-ftiaxnei-kentro-r-d-stin-ellada-gia-internet-of-things-kai-5g>. [Accessed: 18-Jun-2022].
- [43] Naftemporiki, “Ξεκίνησε ο ψηφιακός μετασχηματισμός της οικονομίας και της κοινωνίας,” *naftemporiki.gr*, 22-Dec-2020. [Online]. Available: <https://www.naftemporiki.gr/afieromata/story/1673054/ksekinise-o-psifiakos-metasximatismos-tis-oikonomias-kai-tis-koinonias>. [Accessed: 18-Jun-2022].
- [44] “Πρόγραμμα Τηλεϊατρικής Vodafone - Πιο κοντά στην έγκαιρη διάγνωση, πιο δυνατοί!,” *Vodafone*. [Online]. Available: <https://www.vodafone.gr/vodafone-ellados/arthra/programma-tileiatrikis/>. [Accessed: 18-Jun-2022].
- [45] “Χάρτης κάλυψης 5G παγκοσμίως,” *Nperf.com*. [Online]. Available: <https://www.nperf.com/el/map/5g>. [Accessed: 18-Jun-2022].
- [46] “Ψηφιακός μετασχηματισμός: σημασία, οφέλη και πολιτική της ΕΕ,” *Europa.eu*, 22-Apr-2021. [Online]. Available: <https://www.europarl.europa.eu/news/el/headlines/society/20210414STO02010/psifiakos-metaschimatismos-simasia-ofeli-kai-politiki-tis-ee>. [Accessed: 18-Jun-2022].
- [47] “VineRobot,” *Vinerobot.eu*. [Online]. Available: <https://www.vinerobot.eu/>. [Accessed: 18-Jun-2022].
- [48] K. Taylor-Smith, “Graphene’s role in 6G communications,” *AZoNano.com*, 21-May-2021. [Online]. Available: <https://www.azonano.com/article.aspx?ArticleID=5744>. [Accessed: 18-Jun-2022].
-

-
- [49] K. Khujamatov, D. Khasanov, E. Reypnazarov, and N. Akhmedov, “Existing technologies and solutions in 5G-enabled IoT for industrial automation,” in *Blockchain for 5G-Enabled IoT*, Cham: Springer International Publishing, 2021, pp. 181–221.
- [50] “Vodafone Giga Internet of Things,” *Vodafone*. [Online]. Available: https://www.vodafone.gr/business/products-solutions/giga-internet-of-things/?c_source=facebook&c_medium=paid-social&c_content=video&c_name=20200125-iot-customer-stories-linardakis&c_term=ad2&fbclid=IwAR3h1spKGfwie41-1CLSLIu9r4rn4qF87LRmVEZUWu4M1xxb2wsh36nKLkw. [Accessed: 18-Jun-2022].
- [51] “Joining innovation with expertise,” *Twiglobal.com*. [Online]. Available: <https://www.twiglobal.com/>. [Accessed: 21-Jun-2022].
- [52] “Μουσείο Μπενάκη: Το πρώτο 5G μουσείο στην Ελλάδα από την WIND,” *Capital.gr*. [Online]. Available: <https://www.capital.gr/epixeiriseis/3554694/mouseio-mpenaki-to-protos-5g-mouseio-stin-ellada-apo-tin-wind>. [Accessed: 21-Jun-2022].
- [53] A. Abdulghaffar, A. Mahmoud, M. Abu-Amara, and T. Sheltami, “Modeling and evaluation of software defined networking based 5G core network architecture,” *IEEE Access*, vol. 9, pp. 10179–10198, 2021.
- [54] D. Soldani and A. Manzalini, “Horizon 2020 and beyond: On the 5G operating system for a true digital society,” *IEEE Veh. Technol. Mag.*, vol. 10, no. 1, pp. 32–42, 2015.
- [55] Skoutas Dimitrios N., Nikolaos Nomikos, Demosthenes Vouyioukas, Charalabos Skianis, and Angelos Antonopoulos. “Hybrid resource sharing for QoS preservation in virtual wireless networks.” *Cloud and Fog Computing in 5G Mobile Networks: Emerging Advances and Applications* 70 (2017): 303.
- [56] K. Demertzis *et al.*, “Communication network standards for smart grid infrastructures,” *Network*, vol. 1, no. 2, pp. 132–145, 2021.
- [57] V. I. Tatsis, M. Karavolos, D. N. Skoutas, N. Nomikos, D. Vouyioukas, and C. Skianis, “Energy-aware clustering of CoMP-DPS transmission points,” *Comput. Commun.*, vol. 135, pp. 28–39, 2019.
- [58] M. Karavolos, V. I. Tatsis, D. N. Skoutas, N. Nomikos, D. Vouyioukas, and C. Skianis, “A Dynamic Hybrid Clustering Scheme for LTE-A networks employing CoMP-DPS,” in *2017 IEEE 22nd International Workshop on Computer Aided Modeling and Design of Communication Links and Networks (CAMAD)*, 2017, pp. 1–5.
- [59] E. Bogdani, D. Vouyioukas, N. Nomikos, D. N. Skoutas, and C. Skianis, “Single-point model of MIMO-UWB indoor systems using time-reversal transmission,” in *2017 IEEE International Conference on Communications (ICC)*, 2017, pp. 1–6.
- [60] K. Michail *et al.*, “A load and channel aware dynamic point selection algorithm for LTE-A CoMP networks,” in *2016 International Conference on Telecommunications and Multimedia (TEMU)*, 2016, pp. 1–5.
- [61] N. Nomikos, P. Makris, D. N. Skoutas, D. Vouyioukas, and C. Skianis, “Wireless femto-relays: A new model for small cell deployments,” *Int. j. wirel. netw. broadband technol.*, vol. 4, no. 1, pp. 45–61, 2015.

- [62] N. Nomikos *et al.*, “Relay selection for secure 5G green communications,” *Telecommun. Syst.*, vol. 59, no. 1, pp. 169–187, 2015.
- [63] N. Nomikos, D. N. Skoutas, and P. Makris, “Relay selection in 5G networks,” in *2014 International Wireless Communications and Mobile Computing Conference (IWCMC)*, 2014, pp. 821–826.
- [64] EETT, “Υπογραφή συμβάσεων παραχώρησης για τη χρήση φάσματος στις ζώνες 700 MHz, 2 GHz, 3400-3800 MHz και 26 GHz με σκοπό την ανάπτυξη δικτύων κινητών επικοινωνιών 5ης γενιάς (5G),” *Eett.gr*, 12-2020. [Online]. Available: https://www.eett.gr/opencms/opencms/admin/News_new/news_1365.html.
- [65] N. Hatziaargyriou, I. Margaritis, I. Stavropoulou, S. Papathanassiou, and A. Dimeas, “Noninterconnected island systems: The Greek case,” *IEEE Electrification Mag.*, vol. 5, no. 2, pp. 17–27, 2017.