



Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Ηπείρου

Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών

Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής Τ.Ε.



Πτυχιακή Εργασία

Τίτλος:

**Ασύρματα δίκτυα πέμπτης γενιάς (5G). Εφαρμογές ιατρικής στην
υπηρεσία του σύγχρονου ανθρώπου.**

Στάθης Δημήτριος (Α.Μ.: 16125)

Επιβλέπων Καθηγητής: Τσορμπατζόγλου Ανδρέας

Επίκουρος Καθηγητής

Άρτα, Σεπτέμβριος, 2022

Fifth generation (5G) wireless networks. Medical applications in the service of modern man.

Εγκρίθηκε από τριμελή εξεταστική επιτροπή

Άρτα, 29/09/2022

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

1. Επιβλέπων καθηγητής
Ανδρέας Τσορμπατζόγλου,

2. Μέλος επιτροπής
Κωνσταντίνος Αγγέλης,

3. Μέλος επιτροπής
Γεώργιος Τσουμάνης,

Περιεχόμενα

Περίληψη	7
Abstract.....	8
1. Εισαγωγή	9
2. Ιστορική Αναδρομή	11
2.1 Πρώτη Γενιά	11
2.2 Δεύτερη Γενιά	12
2.3 Τρίτη Γενιά	14
2.4 Τέταρτη Γενιά.....	15
3. 5 ^η Γενιά (5G).....	18
3.1 Εισαγωγή.....	18
3.2 Αρχιτεκτονική.....	19
3.3 Πλεονεκτήματα.....	21
3.4 Μειονεκτήματα.....	25
3.5 Συμπεράσματα.....	26
4. Internet of Things (IoT).....	28
4.1 Εισαγωγή.....	28
4.2 Αρχιτεκτονική.....	28
4.3 Εφαρμογές	30
4.3.1 Έξυπνο Σπίτι	30
4.3.2 Έξυπνες Πόλεις	31
4.3.3 Ιατρική.....	33
5. Internet of Things στηνυγεία	35
5.1 Εισαγωγή.....	35

5.2 Στελέχωση	35
5.3 Δομή/Χαρακτηριστικά	38
5.4 Εφαρμογές και Υπηρεσίες	40
5.4.1 Υπηρεσίες.....	41
5.4.2 Εφαρμογές	42
6. Ασφάλεια 5G και Internet of Things	44
6.1 Εισαγωγή.....	44
6.2 Ιδιωτικότητα και ασφάλεια	46
6.2.1 Κίνδυνοι	46
6.2.2 Λύσεις	49
6.3 Μελέτη	50
7 Σενάριο.....	52
8. Συμπεράσματα.....	55
Αναφορές.....	57
Εικόνες και Πίνακες	
Εικόνα 1. Συσκευή Πρώτης Γενιάς (1G).....	12
Εικόνα 2. Συσκευή Δεύτερης Γενιάς (2G)	13
Εικόνα 3. Συσκευή Τρίτης Γενιάς (3G)	15
Εικόνα 4. Συσκευή Τέταρτης Γενιάς (4G).....	16
Εικόνα 5. Σύγκριση 4G με 5G.....	18
Εικόνα 6. 5G Bands	20
Εικόνα 7. Πυκνό Κυψελωτό Δίκτυο	21
Εικόνα 8. Latency	22
Εικόνα 9. Ταχύτητα ανά Γενιά	23
Εικόνα 10. NetworkSlicing	24
Εικόνα 11. 5G και ασφάλεια.....	26
Εικόνα 12. 5G	27

Εικόνα 13. 5G και έξυπνο σπίτι	31
Εικόνα 14. Έξυπνη Πόλη	32
Εικόνα 15. Internet of Things και ασθενής.....	34
Εικόνα 16. IoT και υγεία	36
Εικόνα 17. Δομή IoT στην υγεία	37
Εικόνα 18. Εφαρμογές και υπηρεσίες με βάση το Latncy/Bandwidth	40
Εικόνα 19. 5G και Internet of Things	43
Εικόνα 20. Ασφάλεια InternetofThings	45
Εικόνα 21. Παράδειγμα HeatMap της στον χάρτη της Ευρώπης.....	47
Εικόνα 22. Επιθέσεις.....	49
Εικόνα 23. Αποτελέσματα Έρευνας.....	51
Εικόνα 24. Αισθητήρας Καρδιακής Προσβολής	54
Εικόνα 25. 5G και Internet of Things	57

Περίληψη

Στον σύγχρονο κόσμο η πληροφορία είναι το επίκεντρο της προσοχής και ένα αγαθό που αποδεικνύεται ανεκτίμητης αξίας με το πέρασμα του χρόνου. Η συλλογή της, η μεταφορά της, η επεξεργασία της και η αποθήκευση της είναι σημαντικό να γίνουν με τρόπο σωστό και ασφαλή για να εξασφαλιστούν τα επιθυμητά αποτελέσματα. Πολλές τεχνολογίες μπορούν να υποστηρίξουν αυτές τις απαιτήσεις με πρωτοπόρες να είναι η πέμπτη γενιά κυψελωτών δικτύων και το Internet of Things.

Σε αυτή τη πτυχιακή εργασία θα μελετηθεί η τεχνολογική εξέλιξη που οδήγησε στα τωρινά δεδομένα καθώς και τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα που τη συνοδεύουν. Ταυτόχρονα θα γίνουν αναφορές στους κινδύνους που ελλοχεύουν και στην ασφάλεια που πρέπει να παρέχεται από τους κατασκευαστές που προσφέρουν τα προϊόντα/υπηρεσίες, σε όλες τις μορφές που η πληροφορία μπορεί να υπάρξει. Και τελικά, θα γίνει μία υλοποίηση ενός σεναρίου που θα αποτυπώνει πώς αυτές οι τεχνολογίες θα χρησιμοποιηθούν στην συγκεκριμένη περίπτωση και θα την βοηθήσουν.

Abstract

In the modern world, the main attraction is the information and it is something that is tremendously value, as time goes by. Its collection, its transmission, its processing, and the storage is vital, in order to assure the wanted results. There are many technologies that can support the needs that are created with the 5th Generation of mobile networks combined with the Internet of Things.

In this thesis, will be presented the technological advances that lead to today's reality, as well as the pros and the cons that come with them. In the meantime, there will be presented reports on the dangers that are lurking and the security that the manufacturers must provide alongside their products/services, in all of the forms that the information can exist. Lastly, there will be an application of a scenario that captures how these technologies will be used in a certain situation and how will they assist.

1. Εισαγωγή

Η πτυχιακή εργασία αποτελεί ορόσημο στην ακαδημαϊκή πορεία του φοιτητή και είναι μέρος της αφομοίωσής του στον εργασιακό κόσμο. Προσομοιώνει το εργασιακό περιβάλλον και την ανάθεση και ολοκλήρωση ενός μεγάλου project σε ένα εύλογο χρονικό διάστημα, δίνοντας στον εν δυνάμει απόφοιτο την απαραίτητη διατριβή πάνω σε άγνωστο υλικό. Με αυτό το σκεπτικό η παρακάτω προσπάθεια έγινε με γνώμονα όλα τα θετικά που μπορεί να αφομοιώσει ο φοιτητής από αυτό και πραγματοποιήθηκε με σεβασμό στις αρχές και στην μέθοδο που πρέπει να ακολουθηθεί για την εκπόνησή της. Το κύριο θέμα αυτής, λοιπόν, είναι η κινητή τηλεφωνία και πόσο αυτή θα επηρεάσει την ανθρωπότητα στα επόμενα χρόνια.

Η κινητή τηλεφωνία αποτελεί σημαντικό μέρος της καθημερινότητας του σύγχρονου ανθρώπου και αποτελεί πλέον αναπόσπαστο μέρος αυτής. Από την πρώτη της εμφάνιση, μέχρι και σήμερα (4 γενιές – 1G, 2G, 3G, 4G) αποτελεί τον κύριο τρόπο απομακρυσμένης επικοινωνίας, άμεσης πληροφόρησης καθώς και άλλων δυνατοτήτων που καθίστανται αδύνατες με την απουσία των δικτύων αυτών. Έτσι, η πέμπτη γενιά θα σημάνει την έναρξη του συνδεδεμένου κόσμου, όπου τα πάντα θα αποτελούν τον κόμβο ενός δικτύου, ειδικά φτιαγμένο για την εξασφάλιση της ποιότητας της καθημερινότητας του ανθρώπου. Ως δίκτυο, θα προτιμηθεί το διαδίκτυο των πραγμάτων ή αλλιώς το Internet of Things το οποίο και θα αποτελέσει τη βάση για τη υλοποίηση των αυτοματισμών που σχεδιάζονται. Ιδιαίτερα, θα συναντηθεί πολύ και στον τομέα της υγείας καθώς μέσω μικροσυσκευών και άλλων αισθητήρων θα μπορέσει η πρόληψη των ασθενειών και η περίθαλψη των ασθενών να είναι άμεση και αποτελεσματική. Μέσω του πολλά υποσχόμενου 5G και του συνδυασμού του με το Internet of Things θα γίνουν πολύ μεγάλα βήματα όσον αφορά τον ασθενή και την αντιμετώπιση οποιουδήποτε προβλήματος. Μέχρι την υλοποίηση και την ενσωμάτωση αυτών, πρέπει να γίνουν πολλά βήματα για την εξασφάλιση της ασφάλειας και της ακεραιότητας των δεδομένων που καλούνται οι κατασκευαστές να διαχειριστούν. Σε γενικότερο βαθμό το εγχείρημα είναι πρώιμο και χρειάζεται αρκετή μελέτη για να μπορέσουν να υπάρξουν οι απαραίτητες εγγυήσεις ότι αυτό είναι ασφαλές, σίγουρο και αποτελεσματικό. Στα παρακάτω, λοιπόν, κεφάλαια θα γίνει μία πιο λεπτομερής ανάλυση και θα

καλυφθούν όλες οι οπτικές, θετικές και μηκαι παράλληλα θα γίνει μια προσπάθεια παραγωγής συμπερασμάτων και πορισμάτων σχετικά με την προτίμηση τους.

2. Ιστορική Αναδρομή

Η άφιξη των 5G δικτύων συστήνει μία νέα πραγματικότητα, γεμάτη με τεχνολογικές καινοτομίες, σχεδιασμένες για τη διευκόλυνση αλλά και την βελτίωση της καθημερινότητας του ανθρώπου. Ωστόσο, για να γίνει κατανοητή η σημασία ύπαρξης αυτών των δικτύων, αρκεί να γίνει μία αναδρομή από την πρώτη γενιά δικτύων και τους περιορισμούς που ήταν αιτία να εγκαταλειφθεί, μέχρι και την παρούσα, τέταρτη γενιά (4G), και τις νέες δυνατότητες που αυτή προσέφερε. Χωρίς αυτά τα απαραίτητα στάδια-γενιές η καθημερινότητα όπως την ξέρουμε θα ήταν εντελώς διαφορετική.

2.1 Πρώτη Γενιά

Κατά τη διάρκεια του δεύτερου παγκόσμιου πολέμου, επιτεύχθηκε η πρώτη ασύρματη επικοινωνία με την χρήση ενός τύπου ραδιοφώνων που λειτουργούσαν ως Walkie-Talkies, για την εξυπηρέτηση των στρατιωτικών αναγκών. Διαθέσιμα στο κοινό έγιναν για πρώτη φορά το 1946 στις ΗΠΑ με τα τηλέφωνα των αυτοκινήτων, όποια και σηματοδότησαν μια πρώιμη γενιά τηλεπικοινωνιακών δικτύων.

Ύστερα από σχεδόν 3 δεκαετίες τεχνολογικών εξελίξεων, λειτούργησε το πρώτο κινητό δίκτυο, στη Ιαπωνία, το οποίο αποτελούταν από 88 πύργους-σταθμούς που κάλυπταν όλους τους δρόμους και τις κινητές συσκευές που υπήρχαν σε αυτούς. Έτσι, το 1979, σηματοδοτήθηκε η πρώτη γενιά κινητών δικτύων και μέσα στην επόμενη πενταετία διαδόθηκε και στις υπόλοιπες χώρες, με την Αμερικάνικη Motorola να κατασκευάζει το πρώτο φορητό τηλέφωνο. Η πλειονότητα των αρχικών μοντέλων ζύγιζαν περίπου 3 με 4 κιλά και ήταν υπερβολικά ακριβά για ιδιωτική χρήση (το DynaTac της Motorola κόστιζε 3,995 δολάρια), γεγονός που καθιστούσε την τεχνολογία αυτή να συναντάται πιο συχνά σε επαγγελματικά περιβάλλοντα, παρά σε οικιακά. [1] [2]



Εικόνα 1. Συσκευή Πρώτης Γενιάς (1G)

Ωστόσο, οι περιορισμοί της πρώτης γενιάς δεν άργησαν να κάνουν την εμφάνιση τους. Αρχικά κύριο φαινόμενο ήταντο γεγονός ότι η ταχύτητα λήψης έφτανε μέχρι τα 2.4 Kbps, αριθμός μεγάλος για την εποχή αλλά πολύ μικρός για τις βλέψεις της καινοτομίας. Επίσης, δεν υπήρχε καμία ασφάλεια κατά την μετάδοση, αφού επέτρεπε σε τρίτους να παρεμβάλλονται σε κλήσεις μεταξύ δύο ατόμων. Τέλος, η σημαντικά χαμηλή ποιότητα ήχου, σε συνδυασμό με τη μικρή επιφάνεια κάλυψης, ανάγκασαν τους παρόχους να χρησιμοποιήσουν τους πόρους τους στην ανάπτυξη μίας νέας τεχνολογίας. [1] [2]

2.2 Δεύτερη Γενιά

Με γνώμονα τους περιορισμούς της προηγούμενης γενιάς, αναπτύχθηκε η δεύτερη γενιά (2G) κινητών δικτύων, η οποία έκανε την πρώτη της εμφάνιση το 1991. Τα κύρια προβλήματα που αντιμετώπισε ήταν η ταχύτητα, η ασφάλεια και η ποιότητα κλήσης. Ταυτόχρονα, έφερε και νέους τρόπους επικοινωνίας και ήταν η πρώτη φορά που οι επιχειρήσεις αλλά και ο καθημερινός άνθρωπος υιοθέτησαν τον όρο “κινητή τηλεφωνία”.

Αρχικά, η δεύτερη γενιά κινητών δικτύων έλυσε το πρόβλημα της ταχύτητας λήψης. Κατά τη διάρκεια λειτουργίας της, έφτασε μέγιστο τα 200Kbps, με

αποτέλεσμα να εμφανιστούν δύο νέες τεχνολογίες, τα SMS και MMS. Αυτές οι δυνατότητες επέτρεψαν σε 2 χρήστες να μπορούν να επικοινωνήσουν μέσω γραπτών μηνυμάτων, επιτρέποντας έτσι την ασύγχρονη επικοινωνία. Μέσω αυτής της επικοινωνίας των κινητών, υπήρξε η δυνατότητα μεταφοράς αρχείων από τη μία συσκευή στην άλλη, όπως ήχοι κλήσης και ειδοποιήσεων. Ταυτόχρονα, μέσω κρυπτογράφησης κλήσεων, λύθηκε ο παράγοντας ασφάλεια, καθώς με τον τρόπο αυτό αποτράπηκαν οι παρεμβολές από τρίτους. Τέλος, περιορίστηκε η παρουσία λευκών θορύβων (στατικών), αφού η ποιότητα κλήσεων αναβαθμίστηκε σημαντικά.



Εικόνα 2. Συσκευή Δεύτερης Γενιάς (2G)

Με αυτές τις νέες δυνατότητες, όπως είναι φυσικό, αυξήθηκαν και οι χρήστες της τεχνολογίας αυτής. Έτσι, πολύ σύντομα παρουσιάστηκε η πρώτη αδυναμία που σχετιζόταν με τη χωρητικότητα των διαύλων επικοινωνίας, των οποίων ο αριθμός δεν ήταν αρκετός για να καλύψει την αυξημένη ζήτηση από το καταναλωτικό κοινό. Όσο μεγάλωνε ο αριθμός των κατόχων κινητών συσκευών, τόσο αυξήθηκαν και οι ανάγκες για μεγαλύτερες ταχύτητες. Συμπερασματικά, το πρόβλημα που προέκυψε κατά τη διάρκεια αυτής της γενιάς είναι η αδυναμία υποστήριξης τόσο μεγάλου και ταυτόχρονου φόρτου κυκλοφορίας. [1] [2]

2.3 Τρίτη Γενιά

Η έναρξη της νέας χιλιετίας σήμανε και την τεχνολογική έκρηξη τόσο στον επιχειρηματικό κόσμο, όσο και στον καθημερινό άνθρωπο. Η πρώτη αυτή δεκαετία, έφερε στο προσκήνιο τεχνολογίες όπως το Bluetooth, τα USBFlashDrives και άλλες καινοτομίες που χαρακτηρίζουν την πορεία της τεχνολογίας μέχρι και σήμερα. [3] Έτσι, η τρίτη γενιά αναπτύχθηκε για να μπορέσει μαζί με αυτές τις συναρπαστικές, για την εποχή, καινοτομίες να δημιουργήσει μία νέα πραγματικότητα.

Η πιο σημαντική αναβάθμιση που έφερε το 3G ήταν η αύξηση στην ταχύτητα, καθώς βοήθησε να αναπτυχθούν οι βιντεοκλήσεις, η συνεχής μετάδοση (streaming) βίντεο και μουσικής μέσω των κινητών συσκευών. Με τη μέγιστη ταχύτητα που έφτασε η τρίτη γενιά, τα 2Mbps, έδωσε κατ' αρχήν την δυνατότητα προβολής απλών HTML ιστοσελίδων, και επιπλέον εισήγαγε μια σπουδαία καινοτομία, καθώς σηματοδότησε έναν νέο τρόπο αναζήτησης πληροφοριών. Ταυτόχρονα, ξεκίνησε να υποστηρίζεται η περιαγωγή (roaming), όπου η κινητή συσκευή μπορεί να αλλάξει γεωγραφική τοποθεσία και η μεταγωγή, κατά την οποία με τρόπο αυτόματο, εύκολο και γρήγορο δύνανται να επιλέξει η συσκευή ποιος είναι ο πιο κατάλληλος πύργος επικοινωνίας που ταυτόχρονα ικανοποιεί τον χρήστη όσο αφορά την ποιότητα της κλήσης και εξασφαλίζει την βελτιστοποιημένη χρήση των διαθέσιμων πόρων. Την ίδια δεκαετία στιγμάτισαν εταιρίες όπως η BlackBerry και η Apple, όπου εκμεταλλεύτηκαν, τα περιορισμένα, για τις σημερινές ευρείες δυνατότητες, πλεονεκτήματα που η νέα γενιά προσέφερε.

Συμπερασματικά, η τρίτη γενιά έπαιξε κομβικό ρόλο στην εξοικείωση του χρήστη με τις νέες τεχνολογίες, καθώς κατάφερε να μηδενίσει τις αποστάσεις ενώ η παράλληλη πρόσβαση στις πληροφορίες κατέστη άμεση με λίγους περιορισμούς. Γρήγορα ωστόσο έφτασε τα όρια της, λόγω της μειωμένης μέγιστης ταχύτητας και της έλλειψης υποστήριξης μεγάλου όγκου πελατών.



Εικόνα 3. Συσκευή Τρίτης Γενιάς (3G)

2.4 Τέταρτη Γενιά

Λύση στους περιορισμούς της προηγούμενης γενιάς, ήρθε να δώσει η τέταρτη (4G), που με τη σειρά της μεγάλωσε τον αριθμό ταυτόχρονων συνδέσεων και ταυτόχρονα στο ξεκίνημα της αύξησε τη μέγιστη ταχύτητα στα 12.5 Mbps. Με αυτόν τον τρόπο η δεκαετία του 2010 έφερε μια νέα τεχνολογική και κοινωνική επανάσταση με την επέκταση των κοινωνικών δικτύων(socialmedia)οπότε και εισήχθη για πρώτη φορά η έννοια του συνδεδεμένου κόσμου.

Με τις νέες δυνατότητες που προσφέρει η 4G τεχνολογία, δόθηκε η δυνατότητα στους παρόχους και στις τεχνολογικές εταιρίες να αναπτύξουν ποικίλες εφαρμογές και διάφορες άλλες υλοποιήσεις, γεγονός που εγκαθίδρυσε τα SocialMedia μέσα στο κοινωνικό γίνεσθαι, όπως το Facebook, το Twitter,Instagram, το LinkedIn.ο.κ.. Μέσω αυτής της πολύ γρήγορης σύνδεσης του ανθρώπου στο διαδίκτυο, αναπτύχθηκαν νέες δράσεις όπως οι τηλεσυναντήσεις, η τηλεϊατρική και γενικότερα όλες οι εφαρμογές που απαιτούν μεγάλη ροή πληροφοριών. Έτσι, η συνεχής μετάδοση μουσικής, βίντεο και ταινιών βρήκαν έδαφος ανάπτυξης και υπηρεσίες όπως το Netflix και το Spotifyαποτέλεσανμία τολμηρή επένδυση για εκείνη την εποχή, η οποία όμως αποδείχθηκε με το πέρασμα του χρόνουκερδοφόρα, τόσο στην οικονομία όσο και στην εξέλιξη της τεχνολογίας των κινητών δικτύων.

Σημαντικά επωφελήθηκε και το e-commerce ή οι διαδικτυακές αγορές, κάνοντας έτσι την πρόσβαση σε υλικά και αγαθά πολύ πιο εύκολη και άμεση χωρίς σημαντικούς γεωγραφικούς περιορισμούς. Παράδειγμα αυτών των εξελίξεων είναι η Amazon, εταιρία που αντιπροσωπεύει την άνθιση του ηλεκτρονικού εμπορίου και των δυνατοτήτων που αυτό προσφέρει.[4]



Εικόνα 4. Συσκευή Τέταρτης Γενιάς (4G)

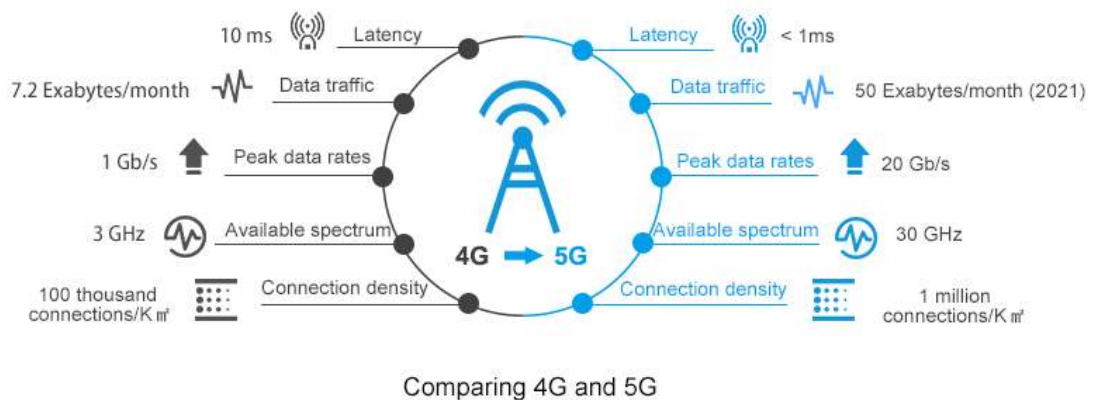
Συμπερασματικά, οι τηλεπικοινωνίες και τα κινητά δίκτυα έχουν επιδράσει σε μεγάλο βαθμό στην καθημερινότητα και την επικοινωνία του ανθρώπου. Τα τελευταία 40 χρόνια μέχρι και σήμερα (μια δεκαετία περίπου για κάθε γενιά) έχουν βελτιώσει την ποιότητα ζωής του, με τρόπους μη εφικτούς από καμία άλλη τεχνολογία. Εστιάζοντας στο σήμερα, η σύνδεση στο διαδίκτυο είναι εξασφαλισμένη, σε μεγάλο βαθμό, ανεξαρτήτως γεωγραφικής θέσης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ο τομέας της ιατρικής να αρχίσει να βασίζεται όλο και περισσότερο στα κυβελωτά δίκτυα, κυρίως στοχευμένος στην συνεχή παρακολούθηση της φυσικής κατάστασης του χρήστη μέσω έξυπνων ρολογιών και άλλων αισθητήρων που εξασφαλίζουν ότι ο άνθρωπος μπορεί να γνωρίζει ανά πάσα στιγμή πληροφορίες για την υγεία του. Η ευκολία και η σημασία των συνδεδεμένων προϊόντων στο διαδίκτυο έφεραν τον όρο Internet of Things, που έχει ελκύσει την προσοχή τόσο των

αγοραστών, όσο και των κατασκευαστών. Όμως ο αριθμός των συσκευών είναι τεράστιος (πλησιάζει τις 14.4 δισεκατομμύρια συσκευές το 2022 [5]) και το 4Gδίκτυο αδυνατεί να υποστηρίξει το μεγάλο μέγεθος πληροφοριών που απαιτεί το “δίκτυο των πραγμάτων”. Για αυτόν τον λόγο, ξεκίνησε η ανάπτυξη της επόμενης γενιάς δικτύων, με στόχο την γρήγορη και αξιόπιστη υποστήριξη των συσκευών αυτών. Άμεση επίδραση θα έχει και στην ιατρική, καθώς θα μπορούν να υποστηριχθούν απομακρυσμένες εξετάσεις και επεμβάσεις, γεγονός που θα φέρει ένα τέλος στους τυχόν γεωγραφικούς περιορισμούς που παρεμβάλλουν στην έκβαση μίας ειδικής ιατρικής περίπτωσης.

3. 5^η Γενιά (5G)

3.1 Εισαγωγή

Όπως και οι προηγούμενες γενιές κινητών δικτύων, έτσι και η πέμπτη εξασφαλίζει μεγάλες ταχύτητες που μαζί με την δυνατότητα υποστήριξης πολλών συσκευών ταυτόχρονα, προκαλούν ενθουσιασμό και αγωνία για το τι επιφυλάσσει το μέλλον.



Εικόνα 5. Σύγκριση 4G με 5G

Συγκεκριμένα, μειώνεται σε μεγάλο βαθμό ο χρόνος απόκρισης του δικτύου, δηλαδή το χρονικό διάστημα που απαιτείται για μεταφερθεί ένα πακέτο δεδομένων από τον αποστολέα προς τον δέκτη. Επίσης, η ταχύτητα είναι θεωρητικά 20 φορές μεγαλύτερη από την τέταρτη γενιά, γεγονός που κάνει την πρόσβαση στο διαδίκτυο άμεση. Τέλος, η χωρητικότητα των συνδεδεμένων συσκευών αυξάνονται από 1 εκατομμύριο σε ένα τετραγωνικό χιλιόμετρο, σε 10 εκατομμύρια, βελτίωση που καθιστά την χρήση πολλών συσκευών ταυτόχρονα σε ένα μικρό γεωγραφικό μήκος όχι μόνο εφικτή αλλά και επιδιώξιμη. [6]

Όπως κάθε προηγούμενη γενιά, έτσι και η πέμπτη προσφέρει νέες δυνατότητες οι οποίες αποτελούν βάσεις για τεχνολογικά επιτεύγματα που θα επηρεάσουν και θα συνδράμουν ώστε καθημερινότητα του ανθρώπου να είναι ευκολότερη τόσο σε χρόνο όσο και σε ποιότητα. Μία από αυτές είναι και το Internet of Things (IoT) ή το διαδίκτυο των πραγμάτων, το οποίο αποτελεί ένα δίκτυο που απαρτίζεται από

μικρές συσκευές. Μέσα σε αυτές ενσωματώνονται αισθητήρες για κάθε πιθανή μέτρηση, που μαζί με ειδικά σχεδιασμένα λογισμικά αποτελούν την σύνθεση ενός κόμβου του δικτύου αυτού. Έτσι, λόγω του όγκου των πληροφοριών που προκύπτει από τη χρήση αυτών των συνδεδεμένων συσκευών οι δυνατότητες της τέταρτης γενιάς παύουν να είναι αρκετές για να υποστηρίξουν τις απαιτήσεις αυτής της τεχνολογίας.[7]

3.2 Αρχιτεκτονική

Η κύρια διαφορά με τις προηγούμενες γενιές δικτύων είναι ότι η πέμπτη λειτουργεί με διαφορετική αρχιτεκτονική προσέγγιση. Για να καταφέρουν να επιτευχθούν οι ταχύτητες που αυτή υπόσχεται χρειάζονται νέες μέθοδοι μεταφοράς σήματος και αναβάθμιση του υπάρχοντος hardware σε πομπούς και δέκτες.

Αρχικά, το φάσμα των συχνοτήτων χωρίζεται σε τρεις μπάντες, την χαμηλή, την μεσαία και την υψηλή. Η χαμηλή μπάντα είναι αυτή που βρίσκεται κάτω από το 1GHz και χρησιμοποιείται για να μπορέσουν να καλυφθούν μεγαλύτερες γεωγραφικές εκτάσεις μεταξύ πομπού και δέκτη. Θεωρητικά σε αυτές τις συχνότητες το 5G θα υποστηρίζει μεγαλύτερες ταχύτητες από τις προηγούμενες γενιές ακόμη και αν βρίσκεται στην ίδια μπάντα με αυτές. Η επόμενη μπάντα, η μεσαία, είναι αυτή που βρίσκεται από 1 μέχρι 6GHz και είναι η ενδιάμεση κατάσταση, στην οποία σχεδόν ισορροπείται η μεγάλη χωρητικότητα των καναλιών με τις μεγάλες αποστάσεις. Δηλαδή, η απόσταση μεταξύ πομπού και δέκτη είναι μικρότερη από της χαμηλής μπάντας ενώ οι ταχύτητες είναι σημαντικά μεγαλύτερες, οπότε και ο τελικός χρήστης θα καταλάβει σε σημαντικό βαθμό τη βελτίωση που προσφέρει η επόμενη γενιά δικτύων. Τέλος, το σημαντικότερο πλεονέκτημα που προσφέρει η 5G τεχνολογία είναι η τρίτη μπάντα, η υψηλή ή γνωστή και ως MillimeterWave. Σε αυτό το φάσμα συχνοτήτων (24GHz – 40 GHz), με την υποστηριζόμενη ταχύτητα αυξάνεται εκθετικά ο αριθμός των χρηστών που μπορούν να συνδεθούν και να επωφεληθούν ταχύτητες μεγαλύτερες από 3Gbps. Ακριβώς όμως επειδή είναι αρκετά υψίσυχνα σήματα, η υποστηριζόμενη απόσταση

μεταξύ πομπού και δέκτη είναι πολύ μικρή, ίσως και μικρότερη από 1,5 χιλιόμετρο.

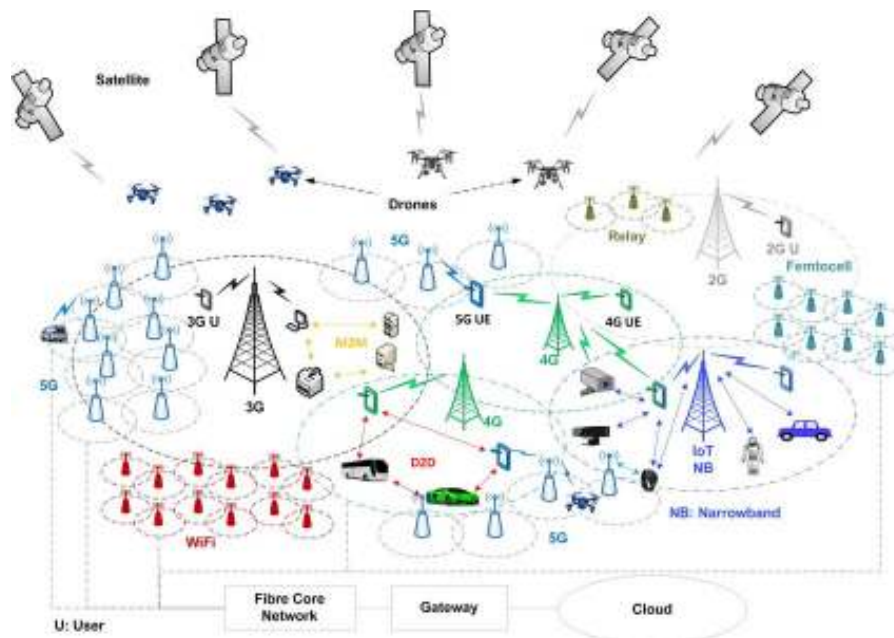
[8]



Εικόνα 6. 5G Bands

Ένα νέο γνώρισμα, είναι και μία τεχνική πολλαπλής πρόσβασης που ονομάζεται Beam-Division Multiple Access (BDMA) η οποία λειτουργεί με την νοοτροπία ότι ο σταθμός εκπομπής δημιουργεί μία ξεχωριστή ακτίνα για κάθε δέκτη που τον ακολουθεί σε όλη την πορεία του. Όλοι οι δέκτες επικοινωνούν όταν βρίσκονται εντός οπτικής επαφής με τον σταθμό εκπομπής και μέσω αυτής της τεχνικής επιτρέπεται η ταυτόχρονη εκπομπή δεδομένων σε πολλούς χρήστες. [9] Παράλληλα με την BDMA παραμένει και η Code-Division Multiple Access (CDMA) τεχνική που συναντιόταν και στις προηγούμενες γενιές και λειτουργεί πια με διαφορετική φιλοσοφία. Συγκεκριμένα, κάθε κινητή συσκευή έχει ενσωματωμένο έναν πομπό και έναν ευαίσθητο δέκτη που μπορεί να λειτουργήσει αμφίδρομα. Για την επικοινωνία χρησιμοποιείται ένας μοναδικός κώδικας με αποτέλεσμα να μπορούν ταυτόχρονα να επικοινωνούν πολλοί χρήστες στις ίδιες συχνότητες χωρίς να επηρεάζουν η μία την άλλη. Αυτή η τεχνική βελτιώνει σημαντικά την ποιότητα των υπηρεσιών (QoS) και δίνει πολλές προοπτικές στη διαχείριση όγκου πληροφορίας και απαιτήσεις δικτύου. Έτσι, ο συνδυασμός αυτών των τεχνικών καθιστά τις δυνατότητες του 5G πολλά υποσχόμενες. [10]

Για τη στελέχωση ενός 5G δικτύου χρειάζεται εκτός από αναβάθμιση των υπαρχόντων κεραιών πομπού και δέκτη, και τοποθέτηση μεγαλύτερου αριθμού αυτών σε μικρότερη γεωγραφική ακτίνα. Η χρήση διαφόρων τύπων κεραιών κρίζεται απαραίτητη για την υποστήριξη των διαφορετικών συχνοτήτων που χρησιμοποιούνται από την 5^η γενιά δικτύων. Κυρίως για την τρίτη μπάντα (MillimeterWave), και για την στελέχωση των κυψελωτών δικτύων που πρέπει να δημιουργηθούν, η χρήση πολλών κεραιών σε μικρή γεωγραφική ακτίνα αποτελεί την μόνη λύση στην επίτευξη των δυνατοτήτων των 5G δικτύων.

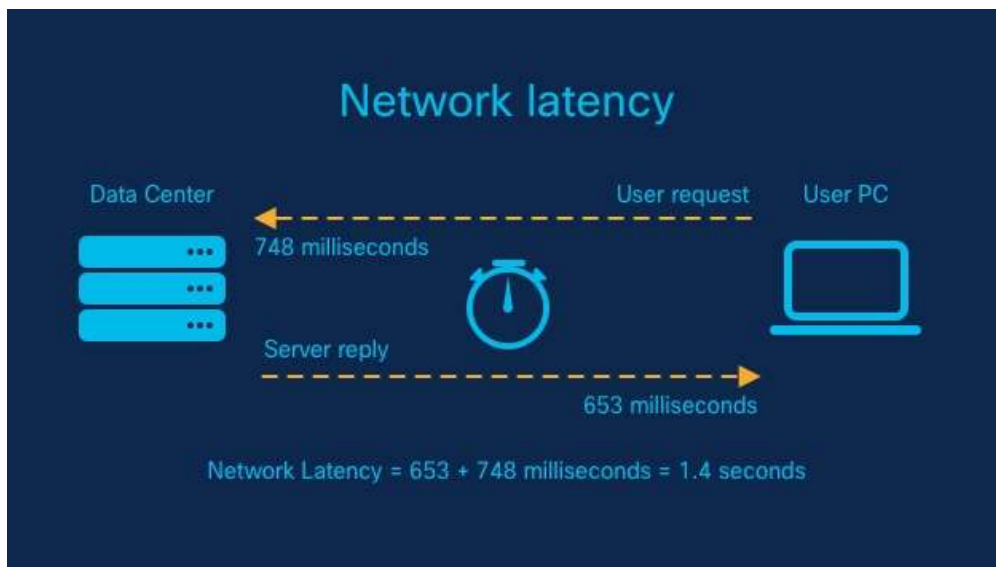


Εικόνα 7. Πυκνό Κυψελωτό Δίκτυο

3.3 Πλεονεκτήματα

Όπως σημειώθηκε και παραπάνω, στην εισαγωγή του κεφαλαίου, τα πλεονεκτήματα που φέρνει η πέμπτη γενιά κινητών δικτύων είναι πολύ σημαντικά σε έναν κόσμο που η πληροφορία είναι το κύριο ενδιαφέρον και του ανθρώπου αλλά και των μεγάλων βιομηχανιών. Κύριο μέλημα λοιπόν για την επίτευξη ενός δικτύου που συλλέγει δεδομένα και πληροφορίες είναι σε πρώτο χρόνο η σωστή συλλογή τους, σε δεύτερο η άρτια μεταφορά τους και τελικά η γρήγορη επεξεργασία τους. Το 5G, λοιπόν συμβάλει στον κλάδο της μεταφοράς των

δεδομένων και το επιτυγχάνει με σημαντική βελτίωση σε σύγκριση με οποιονδήποτε άλλον διαθέσιμο τρόπο έχει να διαθέσει η τεχνολογία. Πρώτον, ο όρος latency ή αλλιώς ο χρόνος απόκρισης του δικτύου είναι μικρότερος από την προηγούμενη γενιά δικτύων έως και 10 φορές.



Εικόνα 8. Latency

Το γεγονός αυτό επιτρέπει τη σύνδεση πολλών συσκευών στο ίδιο παράλληλα δίκτυο/χώρο χωρίς να σπαταληθούν μεγάλα ποσά για τη στελέχωση τους και χωρίς να υπάρχει η ανάγκη για συμβιβασμούς στην ταχύτητα που χρειάζονται οι συσκευές αυτές, ώστε να ανταποκριθούν σε κάποιο ερέθισμα που δέχονται είτε από τον άνθρωπο είτε από κάποια άλλη συσκευή.

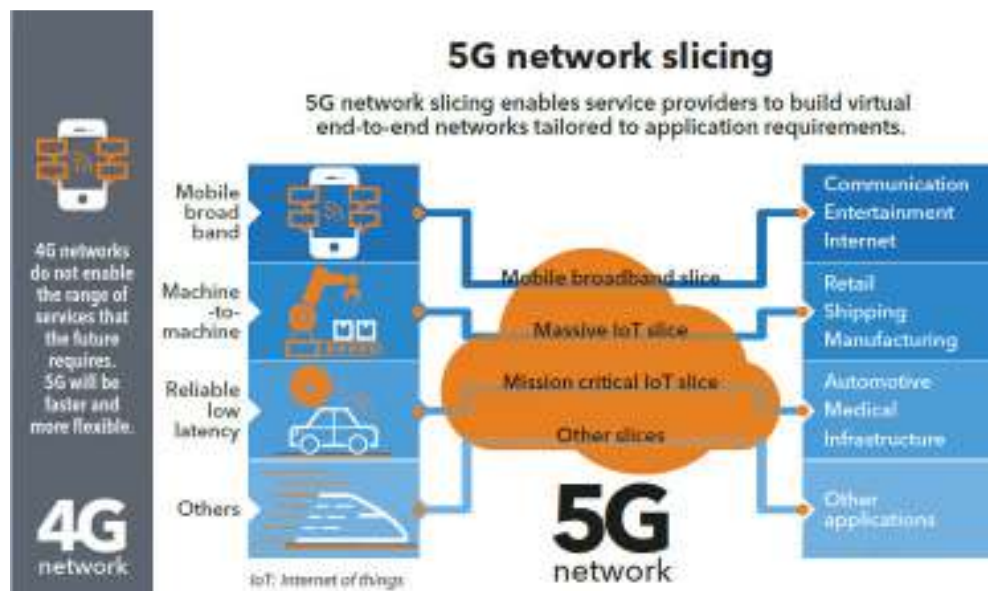
Ένα ακόμη γνώρισμα του 5G είναι η αναβάθμιση που προσφέρει όσον αφορά την μέγιστη ταχύτητα στις μεταφορές δεδομένων μέσα στο δίκτυο του. Με τον μεγάλο όγκο πληροφορίας που συλλέγεται και ζητάται από το διαδίκτυο, η ταχύτητα μεταφοράς συμβάλλει σημαντικά στην υποστήριξη των απαιτήσεων του δικτύου και συγκριτικά με την προηγούμενη γενιά που το μέγιστο ήταν το 1Gbps, αυτή η γενιά υπόσχεται ταχύτητες από 10 Gbps έως και 15 με 20 Gbps.



Εικόνα 9. Ταχύτητα ανά Γενιά

Η σημαντική αυτή αύξηση καθιστά τις απομακρυσμένες ενέργειες τόσο γρήγορες που δίνουν νέες δυνατότητες στους κατασκευαστές να εκμεταλλευτούν. Για παράδειγμα, με αυτό το χαρακτηριστικό, ο χρήστης θα έχει όλες τις φωτογραφίες, εφαρμογές και ευαίσθητες πληροφορίες του στο cloud, καταργώντας έτσι την ανάγκη για τοπική αποθήκευσή τους και αποκλείοντας τον παράγοντα τυχόν βλάβης από ατύχημα ή από αστοχία του υλικού που θα οδηγήσει στην απώλεια των αρχείων του. Έτσι, ακριβώς επειδή όλοι οι υπολογισμοί και η επεξεργασία των δεδομένων πραγματοποιούνται στο cloud, εκμεταλλευόμενοι τους πόρους που προσφέρουν οι κατασκευαστές του, αποποιείται ο τελικός χρήστης της ανάγκης απόκτησης ακριβού εξοπλισμού για την ικανοποίηση των αναγκών του. Επίσης, σε αυτήτη γενιά δικτύων επεκτείνεται και η μέγιστη χωρητικότητα ταυτόχρονης σύνδεσης συσκευών στο ίδιο δίκτυο και συγκεκριμένα θα καταφέρει να εξυπηρετεί ταυτόχρονα 1.000.000 συσκευές ταυτόχρονα σε μία ακτίνα ενός χιλιομέτρου. Αυτή η αναβάθμιση στον μέγιστο αριθμό, θα βοηθήσει σημαντικά και το Internet of Things, ακριβώς επειδή δίνεται η δυνατότητα υποστήριξης περισσότερων συσκευών σε κοντινό χώρο. Σε αυτή ωστόσο την τεχνολογία, θα γίνει πιο αναλυτική προσέγγιση και σε επόμενη ενότητα.

Τέλος, μία πολύ χρήσιμη δυνατότητα που προσφέρεται και απευθύνεται κυρίως στους διαχειριστές και σχεδιαστές τέτοιων δικτύων είναι το NetworkSlicing ή διαμοιρασμός του δικτύου σε μικρότερα υποδίκτυα γνωστά και ως subnetwork για καλύτερη εξυπηρέτηση των αιτημάτων ανάλογα με την συσκευή και τον όγκο της πληροφορίας καθώς και την αμεσότητα που χρειάζεται να επιτευχθεί. Με αυτήν την κατηγοριοποίηση θα μπορέσει να πραγματοποιηθεί ο διαχωρισμός μεταξύ μηνυμάτων μεγαλύτερης και μικρότερης σημασίας και παράλληλα να δρομολογηθούν με τη σωστή προτεραιότητα.



Εικόνα 10. NetworkSlicing

Με αυτόν τον τρόπο κρίσιμα μηνύματα όπως κάποιο έκτακτο γεγονός με την υγεία ενός ατόμου (π.χ. καρδιακή προσβολή, εγκεφαλικό) θα έχει προτεραιότητα σε σύγκριση με μία υπενθύμιση για την προσωπική άθληση του χρήστη, διαμορφώνοντας έτσι ένα άρτιας λειτουργίας δίκτυο, στοχευμένο στον κεντρικό χρήστη.[11]

3.4 Μειονεκτήματα

Παρόλα τα θετικά που προσφέρει το 5G, όπως κάθε νέα τεχνολογία έτσι και σε αυτή την περίπτωση, υπάρχουν και ορισμένα αρνητικά και κάποιες δυσκολίες κατά την υλοποίησή του. Αυτά είναι και τα κριτήρια για το αν η τεχνολογία προχωρήσει και αναπτυχθεί όπως προβλέπεται, δηλαδή αν τελικά τα πλεονεκτήματα υπερκαλύπτουν τα μειονεκτήματα. Στην περίπτωση του 5G, σε θεωρητικό επίπεδο, η ανάπτυξη του επιφυλάσσει περισσότερα οφέλη από τις όποιες αρνητικές επιπτώσεις μπορεί να επιφέρει, οπότε είναι μία τεχνολογία που είναι σχεδόν βέβαιο ότι θα προτιμηθεί για το παρόν και το μέλλον. Ωστόσο δεν παύουν να υπάρχουν και οι προβληματισμοί για τον τρόπο που μπορεί να υλοποιηθεί μία τέτοια τεχνολογία. Αρχικά, και ίσως και το μεγαλύτερο ζήτημα που προκύπτει από την αναβάθμιση αυτή είναι τα υλικά που πρέπει να χρησιμοποιηθούν. Βάση της αρχιτεκτονικής του 5G (βλέπε 3.1) για την υλοποίησή του, θα χρειαστεί να γίνουν αντικαταστάσεις αρκετού από τον υπάρχοντα εξοπλισμό και πολλές παραπάνω προσθήκες για να μπορέσουν να υποστηρίξουν τις δυνατότητες που αυτό υπόσχεται, κυρίως όσο αφορά το MillimeterWave. Μαζί με το πλήθος των κεραιών που πρέπει να τοποθετηθούν, υπάρχει και η προεργασία που πρέπει να συμβεί προκειμένου να γίνει μία μόνιμη εγκατάσταση. Η τελευταία θα γίνει με γνώμονα την γεωγραφική τοποθεσία, τυχόν φυσικά εμπόδια αλλά και οποιοδήποτε άλλο πρόβλημα που θα εμφανιστεί λόγω της μορφολογίας της κάθε περιοχής. Ακριβώς επειδή ο κάθε χώρος θα χρειαστεί ξεχωριστή μελέτη και υλοποίηση, θα παρατηρηθεί στα μεγάλα αστικά κέντρα να έχουν 5G ορισμένα σημεία και άλλα να υπάρχει μία καθυστέρηση. Το ίδιο θα συμβεί και στις αγροτικές περιοχές όπου λόγω εμποδίων η αλλαγή θα είναι όχι μόνο ακριβή αλλά και χρονοβόρα. Επίσης, με τους μέχρι τώρα τρόπους ασφάλειας του ο έλεγχος πραγματοποιούταν από κόμβο σε κόμβο, ακριβώς επειδή ο αριθμός μεταξύ τους ήταν μικρός, οπότε η ασφάλεια εξασφαλιζόταν καθ' αυτόν τον τρόπο. Ωστόσο το 5G βασίζεται στη συνεργασία πολλών δικτυακών κόμβων (ακόμη και τελικές συσκευές), γεγονός που κάνει τον μέχρι τώρα τρόπο ελέγχου ασφαλείας αργό, ακριβό και μη παραγωγικό. Ως αποτέλεσμα, μαζί με το "λανσάρισμα" της νέας γενιάς κινητών δικτύων θα πρέπει να υπάρξει και ένας νέος τρόπος ασφάλειας της μεταφοράς της πληροφορίας. Ακόμη, πολλές IoT συσκευές με σκοπό την ταχύτητα θυσιάζουν την ασφάλεια και

την ακεραιότητα των συστημάτων, πληγώνοντας με αυτόν τον τρόπο και την όλη υλοποίηση του δικτύου. Αυτό επεκτείνεται και παρατηρείται το φαινόμενο ότι λόγω της προσθήκης τεράστιου αριθμού νέων συσκευών και μικροσυσκευών (αισθητήρων κ.ο.κ.) ο έλεγχος κάθε συσκευής είναι σχεδόν αδύνατος, δημιουργώντας και άλλο ένα πρόβλημα όσον αφορά ασφαλή απόκτηση και μεταφορά των δεδομένων. Όμως αν βρεθεί λύση σε αυτά τα προβλήματα το 5G θα δημιουργήσει μία νέα πραγματικότητα για τον άνθρωπο όπου το κέντρο της θα είναι η συνδεσιμότητα και η πληροφορία.[12]



Εικόνα 11. 5G και ασφάλεια

3.5 Συμπεράσματα

Καταληκτικά, η πέμπτη γενιά δικτύων είναι πολλά υποσχόμενη και στη θεωρία θα προκαλέσει επανάσταση στον τρόπο που ο σύγχρονος άνθρωπος αντικρίζει την καθημερινότητά του. Λόγω των υψηλών ταχυτήτων και του χαμηλού χρόνου απόκρισης οι κατασκευαστές θα μπορέσουν να δημιουργήσουν συσκευές και σενάρια που θα ωφελούν άμεσα τον άνθρωπο όσον αφορά την φυσική και ψυχική του υγεία καθώς και ό,τι άλλο μπορεί να βελτιωθεί μέσω τέτοιων τεχνολογικών επιτευγμάτων αλλά και σε άλλους τομείς που δεν τον επηρεάζουν άμεσα αλλά έμμεσα και μετά από παρέλευση εύλογου χρόνου (λ.χ. βιομηχανίες, έρευνες κ.ο.κ.).

Ωστόσο υπάρχουν ακόμη προβληματισμοί σχετικά με την πρακτική υλοποίηση των κινητών αυτών δικτύων που οι υπεύθυνοι αυτής της απόπειρας καλούνται να λύσουν. Αφότου αυτά επιλυθούν, θα μπορέσουν να αναδύονται νέες εφαρμογές όπως αυτή των InternetofThings, που θα αναλυθεί με μεγαλύτερη λεπτομέρεια στο επόμενο κεφάλαιο.



Εικόνα 12. 5G

4. Internet of Things (IoT)

4.1 Εισαγωγή

Το διαδίκτυο των πραγμάτων ή αλλιώς το Internet of Things, είναι ένα δίκτυο συσκευών, αισθητήρων και διαφόρων άλλων μικροεπεξεργαστών, που μέσω μοναδικών ταυτοτήτων, μπορούν να επικοινωνούν αμφίδρομα χωρίς καμία ανθρώπινη παρέμβαση. Ο όρος “πράγματα”, αναφέρεται σε οποιαδήποτε από αυτές δικτυακές συσκευές που ανήκουν στις παραπάνω κατηγορίες και συνδέονται σε αυτό το δίκτυο με σκοπό την μεταφορά της πληροφορίας που είτε συνέλεξαν είτε επεξεργάστηκαν. Με αυτόν τον τρόπο, επιτυγχάνεται ένα μεγαλύτερο δίκτυο, σχεδιασμένο να εξυπηρετεί τις καθημερινές ανάγκες του ανθρώπου, από την ιατρική του εικόνα και την οδήγηση μέχρι και την αυτοματοποίηση των σπιτιών. Οι βλέψεις και για το εγγύς μέλλον είναι η ενσωμάτωση όλο και περισσότερων καθημερινών πράξεων σε αυτό το αυτοματοποιημένο περιβάλλον με σκοπό την απλοποίηση τους. Από αυτό το δίκτυο, ξεκινούν να επωφελούνται οι μεγάλες βιομηχανίες για τον αυτοματισμό των γραμμών παραγωγής, η ιατρική για παρακολούθηση της κατάστασης του ασθενή καθ’ όλη τη διάρκεια της ημέρας και για εξ αποστάσεως επεμβάσεις ακόμη και στον πρωτογενή τομέα παραγωγής, όπως τη γεωργία και η αλιεία. Γενικότερα, η χρήση αυτού του δικτύου είναι ευρεία και εύκολα εκμεταλλεύσιμη από πολλούς τομείς, γεγονός που καθιστά αυτή την τεχνολογία πολύ χρήσιμη.[13]

4.2 Αρχιτεκτονική

Η αρχιτεκτονική του IoT ακριβώς επειδή συναντάται σε πολλούς τομείς, δεν μπορεί να είναι κοινή για όλες τις εφαρμογές. Το γεγονός ότι είναι υβριδικό, είναι και το γνώρισμα που κάνει αυτή την τεχνολογία σύνθετη. Ωστόσο μπορεί να γίνει μία προσέγγιση σχετικά με τις απαιτήσεις που μπορεί να υπάρχουν, όσον αφορά την υποδομή, την ασφάλεια, την ενσωμάτωση κ.α.. Αρχικά, στην υποδομή υπάγεται όλη η μελέτη που απαιτείται και ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται για να υλοποιηθεί το δίκτυο αυτό, από το καλώδιο μεταφοράς δεδομένων και τροφοδοσίας μέχρι και τους τελικούς αισθητήρες. Με αυτόν τον τρόπο, η μελέτη

και η υλοποίηση του δικτύου αυτού γίνεται με τον πιο συμφέροντα τρόπο από οικονομική αλλά και από δομική άποψη, καταφέροντας έτσι να παρέχουν όλες τις απαραίτητες μετρήσεις και συλλογές δεδομένων, σε πολύ γρήγορο χρόνο και με υψηλή αξιοπιστία. Η προεργασία περιλαμβάνει όλους τους παράγοντες που μπορεί να επηρεάσουν την υλοποίηση του, από τα κατάλληλα πρωτόκολλα που θα χρησιμοποιηθούν μέχρι και τα φυσικά εμπόδια που μπορεί να αποτρέπουν τις κατάλληλες μετρήσεις και μεταφορές δεδομένων. Έπειτα, υπάρχει η πολύ σημαντική κατηγορία της ασφάλειας κατά την συλλογή και μεταφορά των ευαίσθητων πληροφοριών που ανακτώνται σε αυτό το περιβάλλον/δίκτυο. Οι κακόβουλες επιθέσεις όπως το hacking και η παράνομη παρακολούθηση των προσωπικών δεδομένων είναι οι πιο κοινές και οι πιο δύσκολες στην αντιμετώπιση, καθώς είναι συνεχείς, πολύπλοκες και στοχευμένες σε διαφορετικά μέσα κάθε φορά (κατά τη συλλογή, κατά τη μεταφορά ή κατά την επεξεργασία τους).

Ένας κοινός τρόπος αντιμετώπισης αυτών των επιθέσεων που είναι και ο ίσως πιο διαδεδομένος είναι η κρυπτογράφηση της πληροφορίας με διάφορους αλγόριθμους, με τον πιο ευρέως διαδεδομένο να είναι ο Advanced Encryption Standard (AES) και τον αμέσως επόμενο, τον RSA. Ο AES αλγόριθμος, χρησιμοποιεί ένα κλειδί για να κρυπτογραφήσει και να αποκρυπτογραφήσει το μήνυμα, το οποίο είναι σταθερού μεγέθους αλλά μπορεί να λάβει τιμές από τρία διαφορετικά εύρη, (0-128, 0-192, 0-256). Για να μπορέσει ο παραλήπτης να διαβάσει το μήνυμα θα πρέπει να γνωρίζει αυτό το μοναδικό και πολύ δύσκολο να χακαριστεί κλειδί, καθιστώντας έτσι αυτόν τον τρόπο πιο θεμιτό λόγω της απλότητας του αλλά ταυτόχρονα και για τη δυσκολία που προκαλεί στις κακόβουλες προσπάθειες παράνομης απόκτησης των ευαίσθητων αυτών πληροφοριών. Έτσι, ο τομέας της ασφάλειας παραμένει προτεραιότητα στη στελέχωση του διαδικτύου των πραγμάτων και κύριος προβληματισμός για το μέλλον των κινητών δικτύων. [14] Ένας ακόμη σημαντικός παράγοντας για την οργάνωση ενός τέτοιου δικτύου είναι η ενσωμάτωση των πραγμάτων/συσκευών με το κατάλληλο λογισμικό για την ορθή λειτουργία της συλλογής των δεδομένων αλλά και για την δημιουργία κατάλληλων συνδέσεων μεταξύ τους, με στόχο τη συλλογή, μεταφορά και επεξεργασία αυτού του μεγάλου όγκου πληροφορίας. Για να πετύχει

η ενσωμάτωση, οι επιχειρήσεις θα πρέπει να παραμετροποιήσουν κατάλληλα τα διαχειριστικά τους προγράμματα για να συμβαδίζουν όχι μόνο με τις εσωτερικές συσκευές αλλά και με τις συσκευές που υπάρχουν στον περιβάλλοντα χώρο. Τέλος, ίσως το πιο περίπλοκο κομμάτι του InternetofThings, είναι κατά ποιον τρόπο θα γίνει η επεξεργασία και η χρήση των δεδομένων που συλλέγονται. Με τη βοήθεια πολύπλοκων αλγορίθμων καθώς και με την συμβολή της τεχνητής νοημοσύνης και του MachineLearning, η ανάλυση των δεδομένων που έχουν ληφθεί καθίσταται εφικτή και γρήγορη, γεγονός που βοηθά τους διαχειριστές του cloud να έχουν πιο αποτελεσματικούς τρόπους μεταφοράς και επεξεργασίας δεδομένων.[15]

4.3 Εφαρμογές

Όπως προαναφέρθηκε, το IoT μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πολλούς διαφορετικούς τομείς, από απλές καθημερινές πράξεις μέχρι και μεγάλους βιομηχανικούς αυτοματισμούς. Ακόμη επεκτείνεται και ενσωματώνεται σε οδικά δίκτυα, σε ολόκληρες πόλεις, σε δημόσια και ιδιωτικά κτήρια, σε μεγάλες γραμμές παραγωγής κ.ο.κ..

4.3.1 Έξυπνο Σπίτι

Η ίσως πιο αισθητή παρέμβαση του διαδικτύου των πραγμάτων στην καθημερινότητα του ανθρώπου είναι η ενσωμάτωση του στις λειτουργίες του σπιτιού. Με διάφορες έξυπνες λειτουργίες, διευκολύνει σε μεγάλο βαθμό τις απλές καθημερινές πράξεις που με την απουσία αυτού δεν είναι εφικτές. Καταρχάς, οι εφαρμογές του InternetofThings όσον αφορά το σπίτι, είναι πάρα πολλές και μπορούν να είναι από κάτι πολύ απλό όπως ένας διακόπτης ή μία πρίζα, μέχρι και διάφορα σενάρια σχετικά με τη θέρμανση του χώρου σε συγκεκριμένες ώρες. Με την ενσωμάτωση διακοπών και πριζών στο διαδίκτυο των πραγμάτων, ο χρήστης μπορεί μέσω μίας εφαρμογής στο κινητό να χειρίζεται και να αυξομειώνει την ένταση του φωτισμού, να ενεργοποιεί και να απενεργοποιεί συσκευές εξ αποστάσεως και να παρακολουθεί καταναλώσεις συσκευών όπως ο θερμοσίφωνα και το πλυντήριο. Μία ακόμη εφαρμογή είναι οι κλειδαριές του σπιτιού καθώς, η

πρόσβαση σε αυτό αποκτά νέες δυνατότητες με απομακρυσμένο κλείδωμα και ξεκλείδωμα καθώς και αρχείο με το άτομο που εισέρχεται ή εξέρχεται και τότε συμβαίνει αυτό. Ακόμη, [16]



Εικόνα 13. 5G και έξυπνο σπίτι

4.3.2 Έξυπνες Πόλεις

Αρχικά, ίσως η πιο αισθητή στον άνθρωπο υιοθέτηση του IoT είναι η στελέχωση των πόλεων με διάφορους αισθητήρες και συσκευές κάνοντάς τες με αυτόν τον τρόπο “έξυπνες”. Όσον αφορά την μετακίνηση, σκοπός των βιομηχανιών αυτοκίνησης είναι η ενσωμάτωση αισθητήρων και άλλων μετρητών για αμφίδρομη επικοινωνία μεταξύ οχημάτων, φαναριών ακόμη και πεζών. Με αυτόν το τρόπο, οι δρόμοι είναι πιο ασφαλείς από τυχόν ατυχήματα που προκύπτουν από ανθρώπινο παράγοντα, λύνεται το πρόβλημα της κυκλοφοριακής συμφόρησης και της καθυστέρησης στο οδικό δίκτυο. Ταυτόχρονα εξυπηρετούνται πιο εύκολα και πιο

γρήγορα οι ανάγκες της πόλης, -(π.χ. η μεταφορά δεμάτων, η μαζική μεταφορά, η εξυπηρέτηση πεζών και ποδηλάτων) καθιστώντας έτσι την καθημερινή μετάβαση του ανθρώπου από και προς τον προορισμό του, πιο ασφαλή, πιο ομαλή και πιο ευχάριστη. Ακόμη, μπορούν να ενσωματωθούν σε συγκεκριμένα και ελεγχόμενα σημεία της πόλης ή σε στέγες κτηρίων, έξυπνα ηλεκτρικά δίκτυα που θα βοηθήσουν στην πιο περιβαλλοντικά ευσυνείδητη παραγωγή ενέργειας. Έτσι, η κατανάλωση και η κατανομή ενέργειας καθίσταται ελεγχόμενη, κατευθυνόμενη και ειδικά φτιαγμένη για τις ανάγκες κάθε πόλης/περιοχής. Σημαντική βελτίωση μπορεί να παρατηρηθεί και στη διαχείριση των απορριμμάτων καθώς με την απόκτηση κάδων που ανιχνεύουν το πόσο γεμάτος είναι, δίνουν την δυνατότητα για βέλτιστο υπολογισμό των διαδρομών του απορριμματοφόρου και αποτρέπονται περιττές επισκέψεις σε άδειους κάδους. Επιπλέον, ακόμη μία εφαρμογή του δικτύου αυτού είναι η προσθήκη διάφορων αισθητήρων και άλλων συσκευών μέσα σε δημόσια κτήρια όπως σχολεία, μουσεία κ.ο.κ. με σκοπό την επιτήρηση της κατάστασης των κτηρίων καθώς και την εξοικονόμηση ενέργειας.



Εικόνα 14. Έξυπνη Πόλη

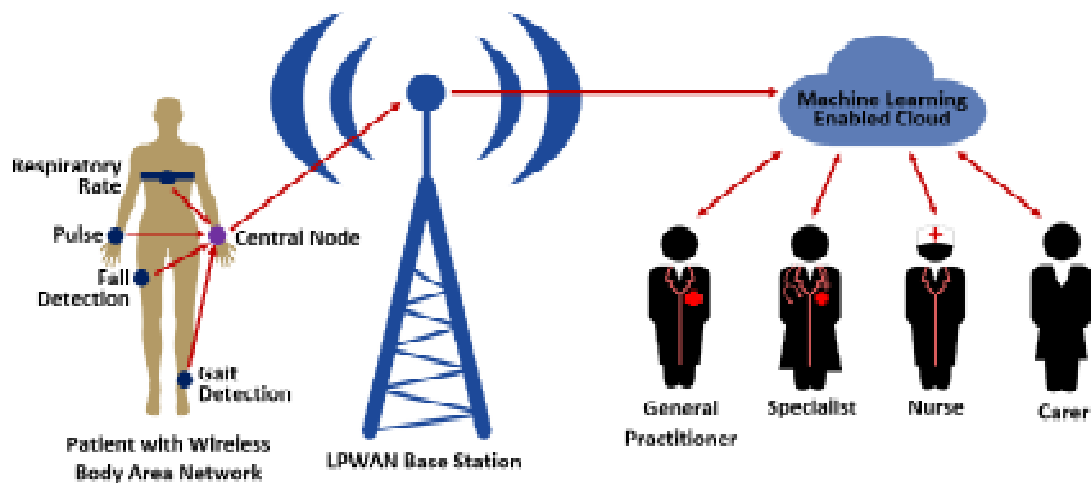
Τέλος, ένα παράδειγμα έξυπνης πόλης αποτελεί η Νέα Υόρκη, όπου μέσω του CTV (ConnectedVehicle) μειώνει σημαντικά τους ετήσιους αριθμούς θανάτων και ατυχημάτων που προκαλούν τραυματισμούς αλλά και μεγάλα κόστη στην επισκευή δημόσιας περιουσίας από ζημιές που προκλήθηκαν από τα ατυχήματα.[17][18]

4.3.3 Ιατρική

Ο τομέας της ιατρικής ανέκαθεν εκμεταλλευόταν τις τεχνολογικές εξελίξεις λόγω των αυξημένων απαιτήσεων που υπάρχουν σε αυτόν τον τομέα. Έτσι με την βοήθεια της τεχνολογίας, ο ιατρικός κλάδος σκοπεύει να έχει ήδη αρχίσει να χρησιμοποιεί το Internet of Things με πολλούς τρόπους. Αρχικά, οι νοσοκομειακοί χώροι μπορούν εξοπλιστούν με αισθητήρες για τον έλεγχο της ποιότητας του αέρα και εντοπισμό πιθανών μολύνσεων στις επιφάνειες ή ακόμη και στην ατμόσφαιρα. Επίσης, μπορούν με άλλου τύπου αισθητήρες να επιτηρούν την κατάσταση των φαρμάκων, φαγητών και οτιδήποτε άλλο που χρήζει καθημερινής επιτήρησης για την άρτια λειτουργία του. Ακόμη, με τη βοήθεια GPS αισθητήρων μπορεί το νοσοκομείο να παρακολουθεί σε ζωντανό χρόνο την τοποθεσία του εξοπλισμού που υπάρχει μέσα στους χώρους τους αλλά και τυχόν δανεισμένο σε ασθενείς εκτός αυτού. Με αυτόν τον τρόπο εξασφαλίζεται η ποιοτική περίθαλψη μεγάλου αριθμού ασθενών με λιγότερη ανθρώπινη προσπάθεια και παρέμβαση και χαμηλότερο κόστος συντήρησης.

Εξίσου μεγάλος τομέας της ιατρικής που μπορεί να εκμεταλλευτεί αυτές τις καινοτομίες είναι η σχέση του ασθενή και του θεράποντα γιατρού. Μέσω διάφορων μικρών συσκευών που εφαρμόζονται σε διάφορα μέρη του σώματος του ασθενή και με διάφορους τρόπους (π.χ. φοριούνται), μπορούν να ενημερώνουν και να δίνουν και στον γιατρό αλλά και στον ίδιο μία πιο ολοκληρωμένη εικόνα σχετικά με την κατάσταση της υγείας του ανά πάσα στιγμή μέσα στην ημέρα του. Οι μετρήσεις που είναι υπεύθυνες να συλλέξουν οι συσκευές είναι κυρίως αυτές που είναι ζωτικής σημασίας, όπως η αρτηριακή πίεση, καρδιακοί παλμοί, αναπνοές ανά λεπτό, τον κορεσμό του οξυγόνου (SpO_2) κ.ο.κ.. Ακόμη, μπορούν να βοηθήσουν τον ασθενή να κρατάει πιο σωστές μετρήσεις σχετικά με την ποσότητα του φαγητού

που καταναλώνει, πόσες θρεπτικές ουσίες δέχεται από τις μερίδες που καταναλώνει και διάφορες υπενθυμίσεις σχετικά με τους στόχους άθλησης που μπορεί να έχουν θέσει με τον υπεύθυνο γιατρό/φυσικοθεραπευτή/γυμναστή του. Αυτές οι προσθήκες βοηθούν σε μεγάλο βαθμό στην πρόβλεψη και πρόληψη τυχόν προβλημάτων υγείας που μπορεί να προκύψουν. Επιπλέον, το πλήρες ιστορικό είναι στην διάθεση των γιατρών και σε περίπτωση που προκύψει τυχόν πρόβλημα για πιο σωστή και στοχευμένη προσέγγιση σχετικά με το ζήτημα που καλούνται να αντιμετωπίσουν.[19] Όπως δείχνει και η παρακάτω εικόνα, η παρακολούθηση της υγείας του ασθενή, γίνεται άμεσα, εξ αποστάσεως (χωρίς έξοδα για το νοσοκομείο όπως δέσμευση κρεβατιού, φαγητό κ.ο.κ) και με πλήρη εικόνα για την υγεία του ασθενούς.



Εικόνα15. Internet of Things και ασθενής

5. Internet of Things στηνυγεία

5.1 Εισαγωγή

Το Internet of Things θα αποδειχθεί πολύ χρήσιμο στον τομέα της υγείας καθώς θα λύσει πολλά προβλήματα που παρουσιάζονται τώρα. Κάποια από αυτά είναι η αμεσότητα, δηλαδή το πόσο γρήγορα ο θεράπων γιατρός θα μπορεί να συλλέξει δεδομένα και να αξιολογήσει καταστάσεις, η διαθεσιμότητα, δηλαδή η δυνατότητα του ασθενή να μπορεί να έχει πρόσβαση ανά πάσα στιγμή σε φάρμακα, γιατρούς κ.ο.κ. από όλον τον κόσμο. Ωστόσο για την στελέχωση και καθίδρυση του δικτύου αυτού, θα πρέπει να γίνουν σημαντικά βήματα και έρευνες πάνω στην ασφάλεια των δεδομένων, όσον αφορά τη μεταφορά, την αποθήκευση και επεξεργασία τους, καθώς και το πώς θα δομηθεί, ποια θα είναι η αρχιτεκτονική του, ποια πρωτόκολλα θα χρησιμοποιηθούν και ποιο λογισμικό θα προτιμηθεί εν τέλει, για να ταιριάξει με τα υλικά που θα χρησιμοποιούνται από τους κατασκευαστές. Θα πρέπει έτσι να πραγματοποιηθεί μια γενική και παγκόσμια συμφωνία για το πώς θα υλοποιηθεί το Internet of Things και πως θα μπορέσουν να κάνουν το λανσάρισμα του όσο πιο μαλάγ γίνεται, όχι δυσνόητο και εύχρηστο για τον τελικό χρήστη. Και όλα αυτά θα πρέπει να συμβούν με προβλέψεις στη συνεχή επεκτασιμότητα του καθώς και στη διαρκή ενημέρωση των υλικών και του λογισμικού και ευελιξία αυτών, έτσι ώστε να μπορεί να καλύψει τυχόν ανάγκες που μπορεί να προκύψουν στα επόμενα χρόνια από την υιοθέτηση του και χρήση στην καθημερινότητα.

5.2 Στελέχωση

Τα δίκτυα αυτά μέσω ειδικών αισθητήρων και άλλων μηχανημάτων θα συλλέγουν πολλών ειδών δεδομένα, που μετράνε συνεχώς τις ζωτικές ενδείξεις του ανθρώπου σε όλες τις καταστάσεις που βρίσκεται στην διάρκεια της καθημερινότητας του, με αποτέλεσμα να δημιουργείται τεράστιος όγκος των πληροφοριών. Αυτά τα δίκτυα, θα εξασφαλίσουν την πρόληψη ασθενειών με ανάλυση διάφορων μοτίβων και δεδομένων που χωρίς την ύπαρξη των αισθητήρων μπορεί να μην γινόταν αντιληπτές, θα μπορέσουν να συμβάλλουν στην αντιμετώπιση χρόνιων παθήσεων που μέχρι τώρα καθίσταται δύσκολο λόγω

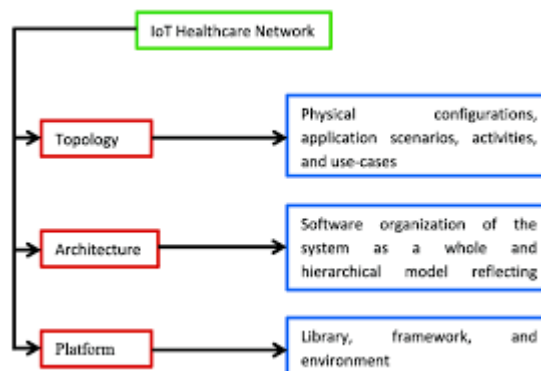
έλλειψης κατάλληλων δεδομένων. Επίσης, σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης, όπου ο χρήστης μπορεί να μην είναι σε δυνατότητα να στείλει σήμα κινδύνου προς τον θεράποντα γιατρό ή κάποιο κέντρο έκτακτης βοήθειας για την αντιμετώπιση οποιουδήποτε προβλήματος άμεσα και αποτελεσματικά καθώς θα υπάρχουν τα στοιχεία και πως προκλήθηκε αυτό, αποτελεί ένα σενάριο που με την απουσία τέτοιων συστημάτων είναι σχεδόν αδύνατο. Τέλος, μέσω του cloud και των ταχυτήτων του 5G υποστηρίζεται και η δυνατότητα της επιτήρησης του ασθενούς σε 24ωρη βάση και ανά πάσα στιγμή, ενισχύοντας έτσι την ενεργή και διαρκή προσπάθεια καλύτερης υποστήριξης και εξυπηρέτησης του ανθρώπου. Ωστόσο, αυτά τα παραδείγματα είναι μόνο η αρχή όσον αφορά τι έχει επιτευχθεί και τι επιφυλάσσει το κοντινό μέλλον όπου το κεντρικό ενδιαφέρον είναι η σωματική και η ψυχική κατάσταση και γενικότερα η ευημερία του τελικού χρήστη.



Εικόνα 16. IoT και υγεία

Έχοντας ως γνώμονα τις παραπάνω εφαρμογές, οι υπεύθυνοι για την ανάπτυξη και συντήρηση αυτών των συστημάτων και δικτύων έχουν αρκετά πράγματα να σκεφτούν ως προς την σχεδίαση του, την υλοποίηση του και την ομαλή υιοθέτηση

του από τον τελικό χρήστη αλλά και από τον πάροχο των υπηρεσιών αυτών. Αρχικά θα πρέπει να γίνουν οι απαραίτητες μελέτες όσον αφορά την αρχιτεκτονική, την τοπολογία και την πλατφόρμα που θα προτιμηθεί, καθώς θα πρέπει να λάβουν υπόψιν παράγοντες, όπως τις ιδιομορφίες του περιβάλλοντος που εφαρμόζονται, την υποστήριξη ήδη υπάρχοντων συσκευών, τη συνύπαρξη με άλλες τεχνολογίες και τυχόν προβλήματα που μπορεί να προκύψουν καθώς θα εφαρμοστεί σε παγκόσμια κλίμακα. Έτσι, είναι σημαντική η εφαρμογή κανόνων τόσο για την εγκαθίδρυση τέτοιων συστημάτων αλλά και για την ομαλή υιοθέτηση αυτών από τον καθημερινό άνθρωπο. Γενικότερα, μεγαλύτερη πρόκληση είναι να καταφέρουν να κάνουν την πέμπτη γενιά καθώς και το Internet of Things (ειδικά στην υγεία), όσο δυνατόν πιο υβριδικό, δηλαδή πιο εύκολα προσαρμόσιμο και ευέλικτο για να καλύψει έτσι τις διάφορες απαιτήσεις κάθε χώρας και ιδιαίτερα του τελικού χρήστη, καθώς θα απευθύνεται επί των πλείστων σε αυτόν. Επίσης μεγάλο κομμάτι αυτών των τεχνολογιών είναι η ασφάλεια των συστημάτων και των δεδομένων που αυτά κουβαλούν, βοηθώντας έτσι την υποστήριξη περισσότερων ανθρώπων με τρόπο που εμπνέει εμπιστοσύνη και σιγουριά. Συμπερασματικά, υπάρχουν πολλοί τομείς να εξερευνηθούν και πολλές βελτιώσεις να πραγματοποιηθούν για την εκμετάλλευση των πλεονεκτημάτων που προσφέρουν αυτές οι δυο νέες προσπάθειες, ώστε να μπορέσουν να ανταπεξέλθουν στις απαιτήσεις που δημιουργήθηκαν όταν έκαναν πραγματικότητα την πολυαναμενόμενη εμφάνιση τους.



Εικόνα 17. Δομή IoT στην υγεία

Για μία πιο ολοκληρωμένη προσέγγιση ως προς την δομή και τη λειτουργία του στοχευμένου στην υγεία Internet of Things, θα χωριστούν τα επόμενα κεφάλαια με τρόπο τέτοιο ώστε να μπορέσει να γίνει αντιληπτό και από κάποιον που ειδικά δεν θα το καταλάβαινε.

5.3 Δομή/Χαρακτηριστικά

Αρχικά, ένα χαρακτηριστικό που αφορά τη δομή του δικτύου είναι η τοπολογία του, το πως δηλαδή θα αφομοιωθούν όλες οι ιδέες του σχεδιαστή σε επίπεδο υλικών (κατάλληλες συσκευές σχετικά με τη συλλογή πληροφοριών και μεταφορά τους), σε παραμετροποιήσεις (σωστοί κώδικες, εύκολα επεκτάσιμοι και εξελίξιμοι και γενικότερα κατάλληλα ρυθμισμένες συσκευές για κάθε υλοποίηση) και άλλες εφαρμογές που αφορούν τον συνδυασμό της νέας γενιάς δικτύων και το διαδίκτυο των πραγμάτων. Ένα παράδειγμα αποτελεί το παρακάτω: Ένα δίκτυο αισθητήρων συλλέγει ένα μεγάλο σύνολο ζωτικών μετρήσεων από έναν τελικό χρήστη όσον αφορά την θερμοκρασία του σώματος του, την αρτηριακή του πίεση, τον κορεσμό του οξυγόνου στο αίμα και δημιουργεί μια τοπολογία IoT. Αυτό το δίκτυο, λοιπόν συλλέγει τα σήματα με συγκεκριμένη μορφή και πρέπει να τα μετατρέψει στην κατάλληλη ώστε να μπορούν να μεταφερθούν με ασφάλεια και ταχύτητα και παράλληλο με τέτοιο τρόπο που να εξυπηρετεί τα συστήματα που υπάρχουν ήδη. Μετά τη μεταφορά τους, τα δεδομένα αποθηκεύονται και επεξεργάζονται σε κόμβους μέσα στο διαδίκτυο που με τη σειρά τους δίνουν πρόσβαση στους επιθυμητούς χρήστες (τον τελικό χρήστη, τον θεράποντα γιατρό, τον υπεύθυνο των συστημάτων για λόγους βελτίωσης των υπηρεσιών) για να προβούν στις κατάλληλες πράξεις για την πρόληψη και την αντιμετώπιση των προβλημάτων. Με αυτές τις υλοποιήσεις δίνονται νέες δυνατότητες. Πόσο μπορεί να επηρεάσει θετικά ο γιατρός την φυσική και ψυχική υγεία τού χρήστη σε καθημερινό επίπεδο και γενικότερα όλο αυτό το δίκτυο συμβάλλει σε μεγάλο βαθμό στον κύριο στόχο που στοχεύει να επιτεύξει αυτή η υλοποίηση, που αναφέρθηκε και πριν. Ακόμη μία υλοποίηση είναι μία IoT συσκευή η οποία θα μπορεί, μέσω διάφορων μετρήσεων και με γνώμονα τις απαιτήσεις του χρήστη, να χορηγήσει τα κατάλληλα φάρμακα και οποιαδήποτε άλλη ιατρική χορήγηση μπορεί να χρειάζεται εκείνη τη στιγμή.

Αυτό είναι πιο πολύπλοκο από ότι φαίνεται καθώς η πρέπει να είναι σωστές οι μετρήσεις και οι ενδείξεις που συλλέγονται, ώστε να βρίσκεται η πηγή του προβλήματος και η λύση του να είναι τελικά η χορήγηση του κατάλληλου φαρμάκου καθώς και η σωστή δοσολογία. Τελικά αυτές οι υλοποιήσεις είναι πιο περίπλοκες από ότι εξ αρχής φαίνεται, καθώς υπάρχουν πολλά στάδια για την εξυπηρέτηση του τελικού στόχου και το κάθε στάδιο πρέπει να είναι γρήγορο, λειτουργικό και αλάνθαστο κάθε φορά που χρησιμοποιείται. Και αυτό απευθύνεται μόνο σε έναν τελικό χρήστη. Το 5G και InternetofThings έχουν βλέψεις να μπορούν να υποστηρίξουν και να εξυπηρετήσουν όλον τον κόσμο, όπου συγκαταλλέγονται ο άνθρωπος, οι μικροσυσκευές και οποιοσδήποτε άλλος από τους δισεκατομμύρια κόμβους.

Ταυτόχρονα, οι σχεδιαστές αυτών των δικτύων και συστημάτων θα πρέπει να συγκαταλλέγουν στην έρευνά τους και την συνολική αρχιτεκτονική αυτών. Πρέπει δηλαδή, να οργανώσουν το κομμάτι του λογισμικού των συστημάτων και τις προτεραιότητες των πακέτων μέσα σε αυτό. Κομβικής σημασίας είναι η επιλογή των σωστών πρωτόκολλων επικοινωνίας που θα προτιμηθούν για την στελέχωση τους. Το 5G προσφέρει πολύ σημαντική λύση στο “πρόβλημα” της μεταφοράς των δεδομένων και διευκολύνει σε μεγάλο βαθμό την υλοποίηση του κυρίως λόγω των χαρακτηριστικών του. Καταρχάς θα παρέχει τεράστια ταχύτητα μεταξύ των κόμβων και με αυτόν τον τρόπο θα εξασφαλίζεται η αμεσότητα της μεταφοράς. Συμβάλλει σε αυτό ωστόσο, και η απόκριση του δικτύου, γιατί όταν ένας κόμβος από όταν συλλέγει δεδομένα και προετοιμάζεται να τα στείλει μέχρι και να τα αποδεσμεύσει χρειάζεται λιγότερο από 1ms και με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται ο στόχος που μέχρι τώρα φάνταζε άπιαστος. Δηλαδή ο σχεδόν μηδενισμός του χρόνου που χρειάζεται ο ένας κόμβος να λάβει, να επεξεργαστεί και να ξαναστείλει τα πακέτα σε όλα τα σημεία του δικτύου. Επίσης, ζωτικής σημασίας αποδεικνύεται και το μέγεθος των ταυτόχρονων συνδέσεων που μπορεί να υποστηρίξει που ανέρχεται στις 1.000.000 ανά κυβικό χιλιόμετρο, οπότε ικανοποιείται και το πρόβλημα του μεγάλου αριθμού συσκευών σε μικρό χώρο. Γενικότερα, το 5G καλύπτει πολλές από τις ανάγκες και λύνει πολλά προβλήματα που προκύπτουν κάνοντας το έτσι, κύριο υποψήφιο για την χρήση του κατά την υιοθέτηση του διαδικτύου των πραγμάτων. Ο

συνδυασμός τους οδηγεί τον άνθρωπο ένα βήμα πιο κοντά στην ψηφιοποίηση της καθημερινότητας με τα θετικά και αρνητικά που αυτή σηματοδοτεί.

Τελικά μεγάλο μέρος της έρευνας αυτής είναι και η επιλογή της σωστής πλατφόρμας που θα χρησιμοποιείται. Πιο συγκεκριμένα, θα πρέπει να προσέξουν ποιες βιβλιοθήκες θα είναι αυτές που θα εξυπηρετούν καλύτερα τον σκοπό στον οποίο θα αποβλέπουν. Αυτό είναι το μέρος που θα γίνει περισσότερο αντιληπτό από τον τελικό χρήστη καθώς εδώ συγκαταλέγεται η εφαρμογή που θα χρησιμοποιείται και το περιβάλλον αυτής. Σε αυτό το στάδιο ο κάθε κατασκευαστής θα μπορεί να προτιμήσει κάτι διαφορετικό από τους υπόλοιπους και αυτό θα είναι το στοιχείο που θα τους διαφοροποιήσει από τον ανταγωνισμό.

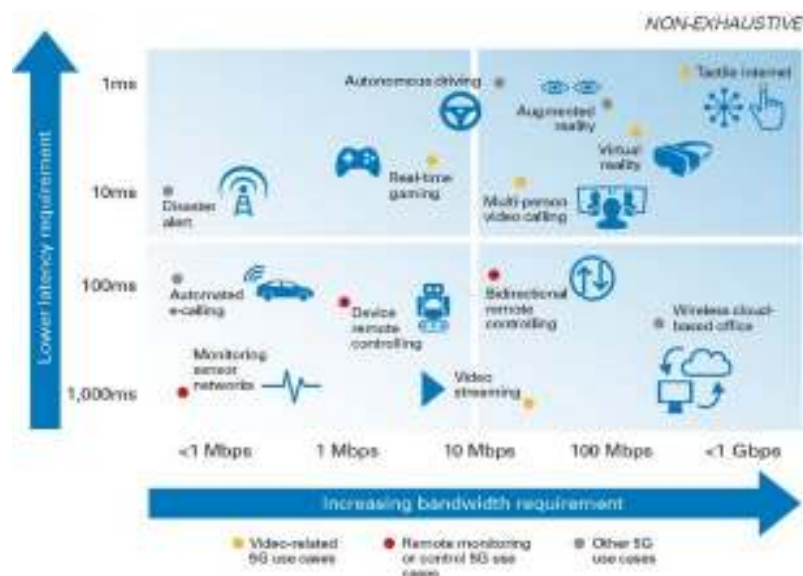


Figure 3: Advanced applications enabled by 5G

Εικόνα 18. Εφαρμογές και υπηρεσίες με βάση το Latncy/Bandwidth

5.4 Εφαρμογές και Υπηρεσίες

Οι εφαρμογές και οι υπηρεσίες που το IoT προσφέρει είναι αμέτρητες από την μια και περιορισμένες μόνο από την τεχνολογία και τεχνογνωσία του άνθρωπο από την άλλη. Τα όρια τους είναι αρκετά λεπτά και πολλές φορές ταυτίζονται όποτε η πιο σωστή διαφοροποίηση που μπορεί να γίνει είναι ότι οι υπηρεσίες μπορεί να

είναι μία έννοια αυτόνομη αλλά αρκετές φορές αποτελεί πάτημα για ανάπτυξη των εφαρμογών που ο σχεδιαστής επιθυμεί. Με τη διαφοροποίηση αυτή ξεκάθαρη, στην περίπτωση της υγείας, οι υπηρεσίες που προσφέρονται είναι πολλές, οπότε θα γίνει μια σύντομη αναφορά σε μερικές από αυτές.

5.4.1 Υπηρεσίες

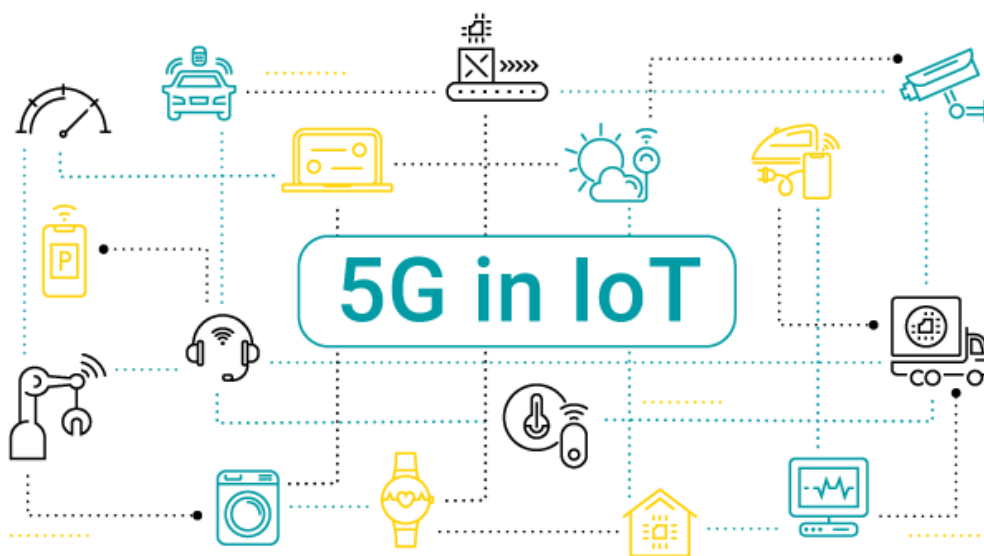
Αρχικά, μία υπηρεσία που θα ευνοήσει κυρίως την τρίτη ηλικία και ανθρώπους με κινητική δυσκολία είναι η Χωροταξικά Υποβοηθούμενη Διαβίωση(AmbientAssistedLiving), η οποία ουσιαστικά εξασφαλίζει την ευημερία καθώς και την υποστήριξη του χρησιμοποιώντας συστήματα τεχνητής νοημοσύνης και RFID, NFC ραδιοσυχνοτήτων. Με αυτά, ο ασθενής έχει στην κατοχή του μηχανήματα που τον εξυπηρετούν ανάλογα με το τι θέλει ή τι χρειάζεται (μέσω αισθητήρων) και ταυτόχρονα επικοινωνεί με τον ανάλογο γιατρό/άνθρωπο που τον υποστηρίζει. Επίσης, στην ίδια κατηγορία συγκαταλέγεται και η κοινωνική υγεία (CommunityHealthcare) δηλαδή ένα δίκτυο απαρτιζόμενο από συσκευές και αισθητήρες που προορίζεται για ένα περιορισμένης ακτίνας μέρος μίας πόλης που για την εύκολη κατανόηση του μπορεί να συγκριθεί με ένα μεγάλο εικονικό νοσοκομείο. Εκεί οι κόμβοι του δικτύου (αισθητήρες και άλλες συσκευές) συνεργάζονται για τη συλλογή, επεξεργασία κα μετάδοση των δεδομένων υγείας των χρηστών. Με αυτόν τον τρόπο, διάφοροι φορείς υγείας μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους και απευθείας με τον ασθενή, προσφέροντας την αμεσότητα που πολλές περιστάσεις απαιτούν. Μία ακόμη υπηρεσία είναι και αυτή που επεκτείνεται και σε νεότερη ηλικία, κυρίως στα παιδιά. Μέσω αυτής μπορούν να ελέγχουν την σωματική και ψυχική του κατάσταση του κάθε παιδιού με πολλά μέσα αλλά βασικά με τη χρήση αισθητήρων τοποθεσίας και εγκεφαλικής ανάλυσης. Επίσης, αναλύονται συνεχώς μοτίβα συμπεριφοράς που μπορεί να προβλέψουν τυχόν ξεσπάσματα ή ψυχικά προβλήματα που μπορεί να προκύψουν λόγω κοινωνικής ή ενδοοικογενειακής καταπίεσης, προσφέροντας έτσι μία πιο αρμονική ανατροφή των νέων σε ένα πιο ισορροπημένο περιβάλλον.

5.4.2 Εφαρμογές

Στο κομμάτι των εφαρμογών, το IoT στοχεύει και λύνει προβλήματα υγείας με βάση τις ζωτικές ενδείξεις του ανθρώπινου οργανισμού. Αυτό θα λύσει τα χέρια για πολλές ασθένειες που συναντώνται συχνά και χρήζουν ειδικής μεταχείρισης και συνεχούς παρακολούθησης. Πρώτο και χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι ο διαβήτης, όπου ο ασθενής θα πρέπει να καταγράφει αρκετές φορές μέσα στη μέρα τα επίπεδα περιεκτικότητας σακχάρου στο αίμα, μέσω συγκεκριμένης συσκευής. Έπειτα αν αυτά τα επίπεδα είναι εκτός κάποιων προκαθορισμένων ορίων θα πρέπει να επικοινωνήσει με τον θεράποντα γιατρό για πιθανές χορηγήσεις φαρμάκων για καταπολέμηση αυτού. Με το IoT όλη η διαδικασία αυτοματοποιείται, δηλαδή συλλέγονται δεδομένα συνέχεια και ασταμάτητα μέσα στη μέρα με αισθητήρες, εκεί μεταφέρονται σε ένα κεντρικό σύστημα όπου επεξεργάζονται και παίρνονται οι κατάλληλες αποφάσεις για την αντιμετώπιση του προβλήματος. Ταυτόχρονα μένει ενήμερος και ο γιατρός, οπότε, μπορεί ανά πάσα στιγμή να παρέμβει και να βοηθήσει με κάποιο τρόπο την κατάσταση. Μία ακόμη πάθηση που απασχολεί μεγάλο μέρος του πληθυσμού, είναι η αυξημένη αρτηριακή πίεση που επιφυλάσσει πολλούς κινδύνους ειδικά όταν το συγκεκριμένο άτομο έχει μία καθημερινότητα γεμάτη από άγχος και πίεση, φαινόμενο συχνό στην εποχή μας. Στις περισσότερες περιπτώσεις θα πρέπει ο άνθρωπος να καταλάβει από κάποια συμπτώματα ότι μπορεί να υποφέρει από υψηλή αρτηριακή πίεση, με αποτέλεσμα να απευθυνθεί στον σχετικό γιατρό, και να προτείνουν μία θεραπεία που ταιριάζει στην κάθε περίπτωση. Αυτός ο τρόπος πρόληψης και αντιμετώπισης του προβλήματος, είναι ο μέχρι τώρα προτιμητέος και ο πιο σίγουρος για το επιθυμητό αποτέλεσμα. Με το IoT και το 5G ενισχύεται σημαντικά η πρόληψη αυτού του προβλήματος καθώς ο ασθενής θα παρακολουθείται σε καθημερινή βάση και θα αναλύονται όλες οι ενδείξεις που μπορεί να έχουν ως κατάληξη αυτήν την πάθηση. Με αυτόν τον τρόπο ο γιατρός ή κάποιο σύστημα τεχνητής νοημοσύνης μπορεί να προτείνει κάποια αλλαγή στην καθημερινότητα του (στο φαγητό, ύπνο, διαχείριση άγχους κ.ο.κ.) ή κάποια μέτρα προφύλαξης για την αποφυγή εμφάνισης αυτής της πάθησης. Εκτός όμως από την πρόληψη, ο άνθρωπος μπορεί να βοηθηθεί και στην αντιμετώπιση αυτής στην περίπτωση εμφάνισης της, αποτελώντας έτσι πολύ σημαντικό πλεονέκτημα για την ευημερία του και την πιθανή αναστολή εξέλιξης της

ασθένειας. Ταυτόχρονα, μαζί με τα προηγούμενα, το IoT μπορεί να βοηθήσει τον χρήστη στην παρακολούθηση και άλλων ζωτικών ενδείξεων όπως είναι ο κορεσμός του οξυγόνου στο αίμα και τι σημαίνουν τα όρια του σε κάθε ηλικία, η διαρκής παρακολούθηση της θερμοκρασίας του σώματος και που οφείλεται η κάθε αλλαγή, πως αυτή μεταφράζεται.

Συμπερασματικά, το IoT σε συνδυασμό με το 5G θα παρέχουν μια πλατφόρμα για να μπορέσουν οι άνθρωποι να εξασφαλίσουν στον εαυτό τους μια πιο ποιοτική καθημερινότητα από όλους τους τομείς, σε ψυχικό, πνευματικό και σωματικό επίπεδο. Θα δώσουν λύσεις σε προβλήματα που με την απουσία τους δεν υπάρχουν και δεν θα υπήρχαν, αλλά όλα αυτά τα πλεονεκτήματα έρχονται και με ένα βάρος από τη μεριά των κατασκευαστών και του τελικού χρήστη. Κύριο μέλημα και των δύο είναι η ασφάλεια των δεδομένων σε όλα τα στάδια που αυτά βρίσκονται, είτε κατά τη συλλογή, κατά τη μεταφορά, ή κατά την επεξεργασία και αποθήκευση τους. [20]



Εικόνα19. 5Gκαι Internet of Things

6. Ασφάλεια 5G και Internet of Things

6.1 Εισαγωγή

Στο μεγάλο αυτό εγχείρημα της ενσωμάτωσης έξυπνων συσκευών στην καθημερινότητα του ανθρώπου γεννιούνται αρκετά πλεονεκτήματα, που όπως είναι φυσικό με τη σειρά τους φέρνουν και μια σειρά διαχειριστικών και λειτουργικών προκλήσεων που καλούνται οι κατασκευαστές να αντιμετωπίσουν. Μία από αυτές είναι και η ασφάλεια των δεδομένων που διαπερνά όλα τα επίπεδα που αυτά βρίσκονται. Για την καλύτερη κατανόηση αυτών, θα γίνει μία αναφορά στα στάδια που περνάει μία πληροφορία καθώς και τους κινδύνους που ελλοχεύουν πίσω από αυτά.

Το πρώτο στάδιο είναι η συλλογή των δεδομένων από τον χρήστη. Σε αυτό, θα πρέπει καταρχάς η πληροφορία να συλλέγεται χωρίς λάθη και πραγματικά να ανήκει στο πρόσωπο που στοχεύει. Αυτή η διαδικασία είναι εξαιρετικά σημαντική, καθώς αν από την αρχή τα δεδομένα είναι λάθος, τότε σπαταλούνται σημαντικοί πόροι σε παρακάτω στάδια αλλά και παίρνονται λάθος αποφάσεις. Η ακεραιότητα των δεδομένων κατά τη συλλογή τους είναι ζωτικής σημασίας και αυτή δοκιμάζεται και στο επόμενο στάδιο, δηλαδή σε αυτό της μεταφοράς. Κατά τη διάρκεια αυτής μπορεί να γίνουν αρκετές προσπάθειες μετατροπής, υποκλοπής, παράκαμψης ή ακόμη και καταστροφής αυτών από κακόβουλους χρήστες για εξυπηρέτηση δικών τους σκοπών. Για αυτόν τον λόγο θα πρέπει τα πρωτόκολλα επικοινωνίας να είναι στιβαρά και χωρίς κενά ασφαλείας και γενικότερα έτοιμα να αντιμετωπίσουν οποιασδήποτε μορφής επίθεση, εξασφαλίζοντας έτσι την ακεραιότητα και την εχεμύθεια των δεδομένων αυτών. Θα πρέπει όλοι οι κόμβοι του δικτύου να έχουν κάποιου είδους αναγνωριστικά για την μεταξύ τους αυθεντικοποίηση, και για την αντίληψη λάθους στην περίπτωση που αυτό εμφανιστεί ή σε περίπτωση που υπάρχει μία τυχόν παραβίαση ασφαλείας να μπορούν να την αναγνωρίσουν. Επίσης, τα πιο μεγάλα και επικίνδυνα προβλήματα μπορεί να υπάρξουν κατά την επεξεργασία τους, καθώς εκεί τα δεδομένα βρίσκονται στην πιο ευάλωτη τους μορφή και οποιοσδήποτε που έχει πρόσβαση μπορεί είτε να τα κλέψει είτε να τα τροποποιήσει σε καταστροφικό βαθμό. Σε αυτό το στάδιο, οι κατασκευαστές καλούνται να χρησιμοποιήσουν μέχρι και την τελευταία δικλείδα ασφαλείας για να

εξασφαλίσουν την γνησιότητα των ευαίσθητων πληροφοριών, διατηρώντας ταυτόχρονα την υψηλή ταχύτητα που χρειάζεται αυτό το δίκτυο για να υποστηρίξει τις εφαρμογές που αυτό υπόσχεται.



Εικόνα 20. Ασφάλεια InternetofThings

Η αντιμετώπιση αυτών των προβλημάτων, όμως απαιτεί εκτός από συνεχή προσπάθεια από το μέρος του κατασκευαστή για ανάπτυξη κατάλληλων αλγορίθμων και κωδίκων, και πολύ σύγχρονα συστήματα και μηχανήματα για να υποστηρίξουν τον υψηλό ρυθμό επεξεργασίας που περνάει από αυτά. Αυτά τα συστήματα μπορεί να χρειάζονται περισσότερη μνήμη και επεξεργαστική ισχύ από αυτή που τα μέχρι τώρα μηχανήματα μπορούν να προσφέρουν, ζητώντας έτσι μία άμεση αναβάθμιση των δυνατοτήτων τους. Συνήθως όμως, για να μπορέσουν να υπάρξουν αυτές οι αναβαθμίσεις, απαιτείται και μεγάλη κατανάλωση ενέργειας, που για τους κεντρικούς κόμβους όπου η παροχή ρεύματος είναι συνεχής και η εύκολη πρόσβαση δεν θα είναι πρόβλημα. Η δυσκολία είναι όταν αυτά τα συστήματα θα πρέπει να βρεθούν σε σημεία όπου οι προηγούμενες συνθήκες δεν θα ισχύουν και το παραμικρό κέρδος στην κατανάλωση είναι ζωτικής σημασίας,

καθώς η παροχή της βρίσκεται από μπαταρίες και ανανεώσιμες πηγές, τεχνολογίες που ακόμη δεν μπορούν να υποστηρίξουν τις ανάγκες αυτές. Επίσης, θα χρειαστεί πολύ χρόνος για την υλοποίηση αυτών των δικτύων, καθώς θα πρέπει στην έρευνα για την ανάπτυξη αυτών να συμπεριλάβουν και τις ανάγκες για την επεκτασιμότητα τους, αφού θα υπάρχουν συνεχείς προσθήκες και διαγραφές συσκευών από αυτό. Με αυτό το γεγονός υπόψιν θα πρέπει τα συστήματα να είναι απολύτως υβριδικά και να κάνουν κάθε αλλαγή στην τοπολογία να φαίνονται απολύτως φυσικά και να μην διακόπτουν τη φυσική ροή της σύνδεσης μεταξύ τους. [20]

6.2 Ιδιωτικότητα και ασφάλεια

6.2.1 Κίνδυνοι

Όπως αναφέρθηκε και στα προηγούμενα κεφάλαια τα ιατρικά δεδομένα του χρήστη είναι η πολυτιμότερη και άκρως προσωπική πληροφορία που αυτός έχει, γεγονός που σημαίνει ότι θα πρέπει να γίνουν οι ανάλογες προσπάθειες να είναι πάντα ακεραίες, ασφαλείς και η διαχείριση τους να γίνεται με δική τους συγκατάθεση. Αυτή τη στιγμή, οι πληροφορίες αυτές ανήκουν στους κατασκευαστές που είναι υπεύθυνοι για τη συλλογή τους και ο χρήστης μπορεί να δει μόνο ένα μέρος αυτής ή τα αποτελέσματα που αντλούνται από αυτά, μέσω γραφημάτων και εικόνων. Μέσω αυτής της πρακτικής τα δεδομένα ανήκουν σε αυτούς οπότε είναι στην υπόληψη του κατασκευαστή για το πως θα τα χειριστεί και έχει και το δικαίωμα να τα πουλήσει σε όποιο τρίτο πρόσωπο αυτός επιλέξει. Για αυτές τις διαδικασίες ο κατασκευαστής φροντίζει να ενημερώνει τον χρήστη μέσω όρων και προϋποθέσεων που θα πρέπει ο τελευταίος να συμφωνήσει προτού ξεκινήσει να χρησιμοποιεί τις υπηρεσίες που αυτός προσφέρει. Ωστόσο, η πιο προτιμητέα πρακτική είναι ο άνθρωπος να μπορεί να ελέγξει και ορίσει που στέλνονται τα προσωπικά του δεδομένα, καθώς και να είναι ενήμερος των κινδύνων που μπορεί να υπάρχουν από λανθασμένη επιλογή κοινοποίησης τους.

Γενικότερα, με την πρακτική που ακολουθείται τώρα, τα δεδομένα αποθηκεύονται σε μία βάση δεδομένων που ανήκει στον κατασκευαστή που είναι υπεύθυνος για τη συλλογή τους. Αυτό ανοίγει μία σειρά από νέα προβλήματα διότι

οι πληροφορίες είναι μαζεμένες σε ένα μέρος, όποτε με μία παραβίαση των συστημάτων, ο επιτιθέμενος αποκτά πρόσβαση σε πληθώρα πληροφοριών, μεγαλύτερη από αυτή που σκόπευε εξ αρχής. Παράδειγμα αποτελεί η επίσημη δήλωση του πενταγώνου των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής ότι μέσω παραβίασης των συστημάτων μίας εφαρμογής υγείας, αποκαλύφθηκε η τοποθεσία των στρατιωτών της που βρισκόταν στο Ιράκ και στη Συρία. Μέσω της λειτουργίας του Heatmap που στην ουσία δείχνει σε έναν δορυφορικό χάρτη με εναλλαγή χρώματος που βρίσκονται οι χρήστες ζωντανά. (βλ. εικόνα 21).



Εικόνα 21. Παράδειγμα HeatMap της στον χάρτη της Ευρώπης

Για καλύτερη αντίληψη των απειλών θα μπορούσε να καταλήξει σε 2 διαφορετικές κατηγορίες, σε εξωτερικές και εσωτερικές. Οι πρώτες είναι συνήθως αυτές που προέρχονται από επιθέσεις από τρίτους και χαρακτηρίζονται ως κακόβουλες, για παράδειγμα κάποιοι ιοί ή οποιαδήποτε άλλη προσπάθεια με σκοπό την καταστροφή ή την ανάκτηση των δεδομένων για προσωπικούς λόγους. Οι εσωτερικές από τη μεριά τους είναι οι απειλές που αφορούν τυχόν δυσλειτουργίες του λογισμικού που διαχειρίζεται τις πληροφορίες αυτές, ή αστοχίες υλικών, ή κάποιος άλλος λόγος αναπάντεχης απώλειας αυτών.

Ωστόσο, υπάρχουν και άλλες περιοχές όπου τα δεδομένα μπορεί να είναι ευάλωτα και αυτές αφορούν τόσο τον χρήστη όσο και τον κατασκευαστή. Ο πρώτος από την μεριά του θα πρέπει να παραμένει συνεχώς ενημερωμένος για τυχόν επιθέσεις ή κακόβουλες προσπάθειες υποκλοπής δεδομένων και με ποιόν τρόπο μπορούν να μεταμφιεστούν για να περάσουν απαρατήρητες από αυτόν. Εκτός από τις επιθέσεις αυτές, μπορεί ο χρήστης να χάσει την συσκευή ή να μην παρατηρήσει κάποια δυσλειτουργία της με αποτέλεσμα τα δεδομένα να συλλέγονται λανθασμένα ή μερικές φορές να μην συλλέγονται και καθόλου. Ένα επίσης πολύ σύνθηρες φαινόμενο που παρατηρείται συχνά ειδικά στο παρόν είναι ότι ο χρήστης συμφωνεί με τους όρους και τις προϋποθέσεις μιας εφαρμογής χωρίς να έχει διαβάσει ή να έχει κατανοήσει πλήρως τους κανονισμούς στους οποίους συμφωνεί. Αυτό είναι αρκετά επικίνδυνο για την ακεραιότητα των δεδομένων καθώς με αυτές τις συμφωνίες παραχωρεί τα δικαιώματα των ευαίσθητων πληροφοριών του στον υπεύθυνο της εφαρμογής και σε όποιον αυτός κρίνει κατάλληλο να τις έχει. Επίσης, ευκαιρία για αυτόν που επιτίθεται δίνεται κατά την μεταφορά τους από κόμβο σε κόμβο στο δίκτυο, αλλά και κατά τη μεταβίβαση προς και από το cloud. Μπορούν δηλαδή να πέσουν θύματα sniffing, που στη ουσία μέσω ενός λογισμικού αναλύονται τα πακέτα που περνάνε από το δίκτυο μαζί με τα περιεχόμενα τους και ότι χρήσιμες πληροφορίες μπορεί αυτά να μεταφέρουν ή άλλου είδους παρόμοιες επιθέσεις. Αυτές οι απόπειρες έχουν ως σκοπό πιο πολύ την παρακολούθηση των πακέτων παρά την παράκαμψη και την μετατροπή τους όσον αφορά το περιεχόμενο ή και τον παραλήπτη αυτών. Όταν οι χάκερ μπορούν να αλλάξουν τα δεδομένα που βρίσκονται στα πακέτα τότε έχουν όλο τον έλεγχο της πληροφορίας, διότι μπορούν να τη διαγράψουν, να την τροποποιήσουν ακόμη και ότι άλλο περιέχει και να την ανακατευθύνουν με τον χρήστη να βρίσκεται σε πλήρη άγνοια για το τι συνέβη. Αυτοί οι hacker λοιπόν αποτελούν το κύριο πρόβλημα για αυτούς που είναι υπεύθυνοι για την ασφάλεια και την ακεραιότητα των συστημάτων. Ακριβώς επειδή οι επιθέσεις μπορούν να πάρουν μέρος σε οποιοδήποτε σημείο στη ζωή του πακέτου ο κατασκευαστής θα πρέπει να προσφέρει ασφάλεια σε όλα αυτά τα επίπεδα με ξεχωριστό τρόπο για το καθένα, καθώς με την αδυναμία ενός επιπέδου μένει η υπόλοιπη προσπάθεια ημιτελής, και η παραβίαση αυτή θα είναι καταστροφική για τον γενικότερο στόχο. Άλλο ένα

ευάλωτο σημείο που μπορεί να βρεθούν οι πληροφορίες είναι όταν αυτές αποθηκεύονται στον ανάλογο κατασκευαστή. Με αυτόν τον τρόπο, που είναι και αυτός που επικρατεί, ο χρήστης εμπιστεύεται ότι ο φορέας αυτός έχει λάβει όλα τα απαραίτητα μέτρα ασφαλείας και ότι συμμορφώνονται με τις ανάλογες νομοθεσίες, χωρίς όμως να το γνωρίζουν πραγματικά. Αυτό είναι και ο προβληματισμός με το IoT διότι ένας κατασκευαστής που αναπτύσσει το προϊόν ή την υπηρεσία του σε μία συγκεκριμένη χώρα θα πρέπει να την κάνει κατάλληλη και νόμιμη για χρήση και στις υπόλοιπες χώρες που σκοπεύει να τα κυκλοφορήσει.



Εικόνα 22. Επιθέσεις

6.2.2 Λύσεις

Οι κίνδυνοι και τα προβλήματα ακολουθούν κάθε τεχνολογικό επίτευγμα οπότε και το 5G με το InternetofThings δεν αποτελούν εξαίρεση. Έχουν γίνει αρκετές μελέτες και αρκετοί σχεδιασμοί με γνώμονα τις δυσκολίες αυτές οπότε μπορεί να θεωρηθεί ότι η βιομηχανία έχει τη γνώση και την τεχνογνωσία να τις αντιμετωπίσει. Μία προσέγγιση για πιο εύκολη αντιμετώπιση των κινδύνων είναι η κατάληξη σε τρεις τελικούς στόχους, την εμπιστευτικότητα, την ακεραιότητα και την

διαθεσιμότητα. Αρχικά, με τον όρο εμπιστευτικότητα εννοείται η διαδικασία περιορισμού της πρόσβασης στα δεδομένα από ανθρώπους και μηχανήματα. Έτσι, για την ανάγνωση και τροποποίηση αυτών θα πρέπει γίνει μετά από την αρχική αυθεντικοποίηση του χρήστη που ζητά για να μπορέσουν να του ανατεθούν τα κατάλληλα δικαιώματα, καθώς δεν είναι αρκετό να κάνουν ανώνυμες τις πληροφορίες αυτές για την εξασφάλιση της ασφάλειας τους. Εξίσου ζωτικής σημασίας θεωρείται και η διατήρηση της ακεραιότητας των δεδομένων και συνήθως διαπιστώνεται με έλεγχο της ποιότητας και του όγκου της πληροφορίας πετυχαίνοντας με αυτόν τον τρόπο τον αρχικό σκοπό. Η διατήρηση αυτής είναι πολύ σημαντική αφού με βάση αυτά τα δεδομένα φτιάχνονται κώδικες και εκεί βασίζεται και το machine learning, λειτουργία που βοηθάει τα υπολογιστικά συστήματα να μαθαίνουν συνήθειες και με ποιον τρόπο ο άνθρωπος αντιδρά στα γύρω του ερεθίσματα. Τελικά, το στάδιο που δύσκολα υλοποιείται χωρίς τη χρήση του 5G, είναι η διαθεσιμότητα της πληροφορίας. Δηλαδή, πόσο γρήγορα θα μπορεί να δοθεί πρόσβαση στις πληροφορίες που ζητούνται από έναν κόμβο για να μπορέσει να διεκπεραιωθεί η διαδικασία που χρειάζεται και να μπορέσουν να κρατηθούν τα σάνταρ της ταχύτητας και της αξιοπιστίας που έχουν υποσχεθεί να προσφέρουν.

6.3 Μελέτη

Όπως προαναφέρθηκε ο τελικός χρήστης είτε βρίσκεται σε άγνοια είτε δεν αντιλαμβάνεται πλήρως τον τρόπο που οι πληροφορίες του χρησιμοποιούνται. Με γνώμονα αυτό το γεγονός, πραγματοποιήθηκε μία έρευνα με βάση τις δημογραφικές πληροφορίες 106 συμμετεχόντων όπου κλήθηκαν να απαντήσουν σε 18 ερωτήσεις σχετικά με την ασφάλεια και την ιδιωτικότητα τους. Τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας έδειξαν ότι παραπάνω από τους μισούς (51.89%) γνωρίζουν πόσο ευαίσθητες, σημαντικές και εμπιστευτικές είναι οι ιατρικές πληροφορίες τους. Ωστόσο, το ίδιο ποσοστό δεν γνώριζε βασικές πληροφορίες σχετικά τις πολιτικές και τους όρους που ο κατασκευαστής συλλέγει τα δεδομένα, και ένα ελαφρώς μεγαλύτερο ποσοστό (52.83%) βρίσκεται σε άγνοια σχετικά με το πως αυτά μεταφέρονται από αυτούς προς τον κατασκευαστή, πως αυτός τις αποθηκεύει καθώς και πως αυτά μεταφέρονται (ΑΝΑΦΟΡΑ). Για πιο αναλυτική μελέτη μπορεί ο

αναγνώστης να επισκεφθεί την παρακάτω πηγή για ακριβή δεδομένα. Τελικά η μελέτη αυτή καταλήγει στο πόρισμα ότι υπάρχει μία γενική άγνοια των ανθρώπων όσον αφορά τα προσωπικά τους δεδομένα και πως αυτά αποθηκεύονται, επεξεργάζονται και μεταφέρονται και υπάρχουν και αρκετά παραδείγματα που να υποστηρίζουν αυτό. Γενικότερα, πρέπει να γίνουν προσπάθειες και από τον χρήστη αλλά και από τους φορείς για συνεχή και σωστή ενημέρωση του για τους κινδύνους και τη σωστή χρήση των συστημάτων αυτών για μέγιστη απόδοση τους και την άντληση των πλεονεκτημάτων που υπόσχονται. [21]

	Strongly agree	Agree	Neutral	Disagree	Strongly disagree
I am aware of how my mobile health device encrypts sensitive data when transmitting to my phone or computer	19 (17.92%)	14 (13.21%)	27 (25.47%)	28 (26.42%)	18 (16.98%)
I know the types of information that is stored on or transmitted from my mobile health device	17 (16.04%)	20 (18.87%)	29 (27.36%)	23 (21.70%)	17 (16.04%)
I know whom to contact if I suspect an information security incident	15 (14.15%)	12 (11.32%)	19 (17.92%)	37 (34.91%)	23 (21.70%)
My sensitive/critical data are backed up on a routine basis and recovery is tested periodically	11 (10.38%)	20 (18.87%)	29 (27.36%)	27 (25.47%)	19 (17.92%)

Εικόνα 23. Αποτελέσματα Έρευνας

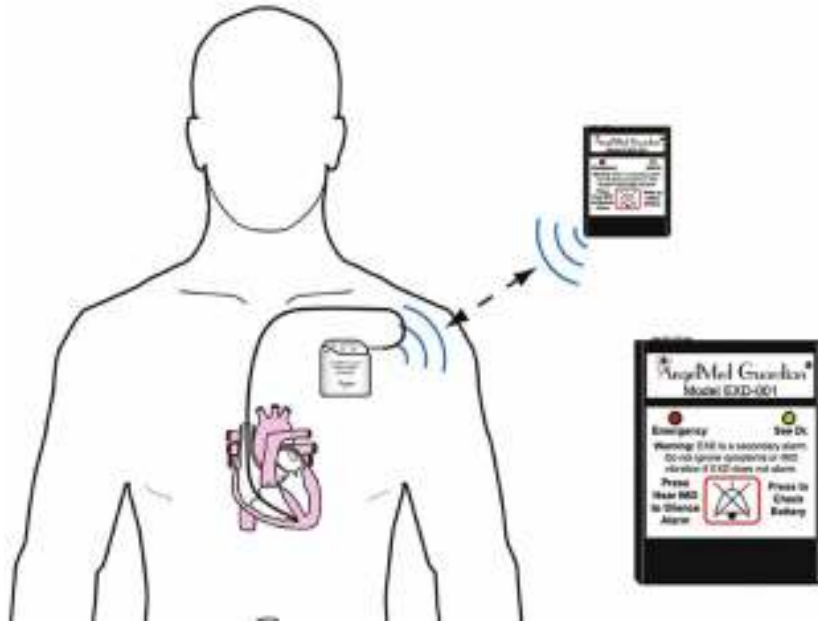
7 Σενάριο

Σε αρκετές επείγουσες ιατρικές καταστάσεις το Internet of Things και το 5G αποτελούν τον καλύτερο συνδυασμό για την άμεση και σίγουρη επίλυση του. Ένα πιθανό σενάριο όπου αυτό μπορεί να αποδειχθεί είναι η περίπτωση καρδιακού επεισοδίου. Σε αυτή την περίπτωση ο ασθενής αντιλαμβάνεται τα συμπτώματα του επεισοδίου όταν αυτό βρίσκεται σε προχωρημένο στάδιο και η γρήγορη μετάβαση σε εξειδικευμένους χώρους αντιμετώπισης τους όπως τα νοσοκομεία και τα κέντρα υγείας. Θα γίνει μία προσπάθεια ερμηνείας των σταδίων που ο ασθενής περνά καθώς και της διαδικασίας που οι ειδικοί ακολουθούν και τελικά πως τα συστήματα αυτά κάνουν τη διαδικασία πιο γρήγορη.

Αρχικά, ο ασθενής είναι εξοπλισμένος με την απαραίτητη συσκευή (έξυπνο ρολόι) και με αισθητήρες ηλεκτροκαρδιογραφήματος και είναι κανονικά συνδεδεμένος στο διαδίκτυο των πραγμάτων. Αυτό σημαίνει ότι ο ίδιος παρακολουθεί την υγεία μέσω μίας εφαρμογής στην κινητή του συσκευή και ταυτόχρονα ζωντανά ενημερώνεται και ο ανάλογος γιατρός και οποιοσδήποτε άλλος που ο χρήστης επιθυμεί να έχει πρόσβαση σε αυτά. Για να επιτευχθεί η συνδεσιμότητα των συσκευών αυτών θα πρέπει να συνδεθούν στην κοντινότερη 5G κεραία για να φτάσουν την επιθυμητή ταχύτητα μεταφοράς. Με αυτό το δίκτυο ο χρόνος μεταφοράς των δεδομένων από το σημείο συλλογής (τοποθεσία του χρήστη) μέχρι το cloud είναι μηδενικός, πετυχαίνοντας έτσι το πρώτο βήμα στη προσπάθεια επίτευξης της αμεσότητας. Υποθετικά λοιπόν ο χρήστης βρίσκεται σε μία κατάσταση ηρεμίας στο σπίτι του. Οι μετρήσεις είναι φυσιολογικές οπότε γενικότερα δεν υπάρχει λόγος ανησυχίας ή κάποιο ερέθισμα που να προβληματίζει τον χρήστη. Μετά από λίγη ώρα ο ασθενής ξεκινά να ζαλίζεται ελαφρώς και να έχει μία μικρή λιποθυμική τάση, συμπτώματα που σε πρώτο στάδιο δεν προκαλούν κάποια ανησυχία σε αυτόν καθώς αυτά μπορεί να εμφανίζονται αρκετά συχνά. Αυτό όμως έχει ως αποτέλεσμα μία μικρή μεταβολή στη κατάσταση της καρδιάς, δηλαδή οι καρδιακοί παλμοί ξεκινούν να αυξάνονται πιο πολύ από τοσύννηθες. [22] Το έξυπνο ρολόι, που είναι αυτό που ανίχνευσε την αύξηση αυτή, στέλνει ένα πακέτο στο cloud που δίνει το έναυσμα για την έναρξη μίας διαδικασίας ελέγχου των ζωτικών μετρήσεων του χρήστη. Ο χρόνος που χρειάστηκε μέχρι τώρα είναι σχεδόν

μηδενικός, καθώς με τη χρήση του 5G ο χρόνος απόκρισης του δικτύου είναι λιγότερος από 1ms και η μεταφορά του πακέτου είναι αστραπιαία αφού το μέγεθος αυτού είναι πολύ εύκολα διαχειρίσιμο από τους πόρους του. Έτσι, ενεργοποιούνται οι αισθητήρες ηλεκτροκαρδιογραφήματος και ξεκινούν την ανίχνευση και καταγραφή ηλεκτρικών σημάτων που πηγάζουν από και προς την καρδιά, με στόχο την παρατήρηση κάποιας ασυνήθιστης μεταβολής. Με αυτή την εντολή ξεκινά μία μεγάλη ροή μετρήσεων οι οποίες θα πρέπει να συλλέγονται, να μεταφέρονται, να επεξεργάζονται και να συγκρίνονται με προηγούμενα δεδομένα, με στόχο τόσο τη αμεσότητα όσο και την ορθότητα του ώστε να μπορέσει να παράξει ένα πόρισμα για το αν ο ασθενής βρίσκεται σε κίνδυνο ή όχι. Όπως γίνεται αντιληπτό, αυτοί οι υπολογισμοί πρέπει να είναι σχεδόν ακαριαίοι, καθώς στην περίπτωση καρδιακής προσβολής ο χρόνος είναι υψίστης σημασίας. Το σύστημα λοιπόν αυτό, μπορεί να στείλει κάποια ειδοποίηση στον χρήστη, στον γιατρό ή σε κάποιον που επιθυμεί ο πρώτος. Σε αυτό το σημείο, στόχος είναι να υπάρχει μία τυποποιημένη διαδικασία αντιμετώπισης αλλά να μπορεί ο ασθενής να παραμετροποιήσει πως το θέλει αυτός, λ.χ. αν, ποιον και πότε θα ειδοποιήσει, πόσο έκτακτο θεωρείται κ.ο.κ.. Ακόμη, αν η δυσφορία είναι έντονη ή αν δεν αισθάνεται άνετα με τη διαδικασία μπορεί ο χρήστης ανά πάσα στιγμή να παρακάμψει τους αυτοματισμούς και να πάρει την κατάσταση στον έλεγχο του, δηλαδή να ειδοποιήσει τον θεράποντα γιατρό ή να καλέσει σε ένα κέντρο άμεσης βοήθειας κ.ο.κ.. Με αυτόν τον τρόπο συγκεκριμένη τεχνολογία δεν λειτουργεί παρεμβατικά, αλλά περισσότερο βοηθητικά και ο έλεγχος παραμένει εξ ολοκλήρου στον τελικό χρήστη. Με τη χρήση του Internet of Things και του 5G η διαδικασία της ενημέρωσης του νοσοκομείου ή κέντρου υγείας ή οποιουδήποτε άλλου ιδρύματος, καθίσταται ταχύτερη και αυτά τα πακέτα έχουν προτεραιότητα όσον αφορά όλα τα υπόλοιπα που χρησιμοποιούν το δίκτυο. Έτσι, εξασφαλίζεται η άμεση άφιξη των έκτακτων αυτών περιπτώσεων υγείας στους θεμιτούς προορισμούς για να εξυπηρετηθούν το συντομότερο. Επιπλέον, στην περίπτωση που ο ασθενής χρειαστεί έκτακτης ανάγκης όχημα, θα υπάρχει η δυνατότητα υπολογισμού χρόνου που θα χρειαστεί για να φτάσει σε αυτόν. Αυτή η δυνατότητα θα είναι αρκετά απλή και εύκολη, καθώς μέσω αισθητήρων GPS, διαρκούς ενημέρωσης κίνησης στον δρόμο και άλλων εφαρμογών θα μπορεί να γίνεται αυτός ο υπολογισμός και θα ενημερώνεται και ο χρήστης

συνεχώς. Τελικά, ο τελευταίος μπορεί να είναι σε επικοινωνία με τον γιατρό του και να του κοινοποιεί την κατάσταση που βρίσκεται και για πρώτη φορά ο γιατρός θα έχει πλήρη επίγνωση αυτής καθώς θα έχει και την πληροφορία από τους αισθητήρες.



Εικόνα 24. Αισθητήρας Καρδιακής Προσβολής

8. Συμπεράσματα

Η κινητή τηλεφωνία από την πρώτη της εμφάνιση έδειξε ότι είναι μία τεχνολογία που θα αποτελέσει μεγάλο πλεονέκτημα για τον άνθρωπο αν καταφέρει να την χαλιναγωγήσει. Ακόμη και στο τελειώς πρώιμο στάδιο, περίπου γύρω στον 2^ο παγκόσμιο πόλεμο έδωσε λύση στο πρόβλημα της απόστασης και της επικοινωνίας μεταξύ των στρατευμάτων. Με σχετικά γρήγορους ρυθμούς έγινε διαθέσιμο και στο ευρύ κοινό και η υιοθετήθηκε γρήγορα από τον καθημερινό άνθρωπο ειδικά όταν από αυτό συστήθηκαν λειτουργίες που χρησιμοποιούνται μέχρι σήμερα όπως τα SMS και τα MMS. Λίγο αργότερα, ήρθε η δυνατότητα streaming μουσικής και οι πρώτες ιστοσελίδες που σηματοδότησαν έτσι την αρχή της πρόσβασης της πληροφορίας από οποιαδήποτε γεωγραφική περιοχή και ενισχύθηκαν από την εμφάνιση της περιαγωγής. Φτάνοντας έτσι στο σήμερα, ο κόσμος είναι συνεχώς συνδεδεμένος και ο άνθρωπος έχει πρόσβαση σε ό,τι πληροφορία μπορεί να χρειαστεί και μπορεί να επικοινωνήσει με όποιον γνωστό τους ανεξάρτητα απόστασης. Συστήθηκε το ηλεκτρονικό εμπόριο καθώς ο χρήστης μπορεί από το κινητό του, χωρίς να βρίσκεται απαραίτητα στο σπίτι του να παραγγείλει οποιοδήποτε επιθυμεί. Οι ανάγκες ωστόσο ολοένα και μεγαλώνουν, με αποτέλεσμα το μέχρι τώρα δίκτυο κινητής τηλεφωνίας να δυσκολεύεται να τις υποστηρίξει. Έτσι, δημιουργήθηκε το 5G, ή το 5^{ης} γενιάς κινητό δίκτυο, το οποίο ενισχύει σημαντικά την ταχύτητα απόκρισης, μεταφοράς της πληροφορίας καθώς και το μέγεθος πληροφορίας και συσκευών που μπορεί να υποστηρίξει, καταφέροντας έτσι να ικανοποιήσει οποιαδήποτε απαίτηση μπορεί να υπάρξει στο εγγύς μέλλον. Τα πλεονεκτήματα που έρχονται με το 5G είναι πολύ σημαντικά και λύνουν πολλούς προβληματισμούς που έχουν δημιουργηθεί ως τώρα. Η επένδυση που πρέπει να γίνει σε εξοπλισμό, ανάπτυξη λογισμικού και έρευνες είναι πολύ μεγάλη, όχι μόνο σε χρηματική αξία αλλά και σε χρονικό επίπεδο, κάνοντας το έτσι μία πρώιμη τεχνολογία η οποία όμως αν κάνει πράξη την θεωρία, η καθημερινότητα του ανθρώπου θα αλλάξει για πάντα. Οι εξωφρενικά γρήγορες ταχύτητες θα ευνοήσουν την χρήση του cloud και του Internet of Things, γεγονός που θα δημιουργήσει έδαφος το οποίο μπορούν να εκμεταλλευτούν κατασκευαστές για ανάπτυξη εφαρμογών και υπηρεσιών με στόχο τον άνθρωπο. Τα αρνητικά ωστόσο υπάρχουν

και σε καμία περίπτωση δεν μπορούν να παραμεληθούν, καθώς μπορούν να μετατρέψουν μία τόσο ευνοϊκή κατάσταση σε μία καταστροφική πραγματικότητα. Ο κίνδυνος ανάκτησης ευαίσθητων και εμπιστευτικών πληροφοριών από μη εξουσιοδοτημένα άτομα και οργανισμούς είναι πραγματικός και πρέπει να γίνουν προσπάθειες περιορισμού του είτε μέσω λογισμικών και άλλων ευρεσιτεχνιών είτε μέσω ειδικής νομοθεσίας. Αυτά τα μέτρα αντιμετώπισης κρίνονται ζωτικής σημασίας καθώς θα διασφαλίσουν την ακεραιότητα των δεδομένων και την άρτια λειτουργία των συστημάτων αυτών και με αυτόν τον τρόπο πραγματοποιείται η επίτευξη των στόχων που είχαν θέσει, δηλαδή την προστασία και την καλύτερευση της υγείας του χρήστη. Μεγάλη βοήθεια προσφέρει σε αυτό το κίνημα και το Internet of Things καθώς μέσω αυτού του διαδικτύου θα μπορούν να υπάρχουν μικροσυσκευές που θα επικοινωνούν μεταξύ τους και θα μεταφέρουν μεγάλο όγκο δεδομένων σχετικά με την υγεία του χρήστη, σε όλα τα επίπεδα (ψυχικό, πνευματικό, σωματικό). Οι εφαρμογές που μπορούν να συναντηθούν είναι τα έξυπνα σπίτια και οι έξυπνες πόλεις. Γενικότερα όπου υπάρχει μεγάλο μέγεθος πληροφορίας το Internet of Things αποτελεί μία από τις πιο ολοκληρωμένες λύσεις. Πιο συγκεκριμένα, το διαδίκτυο των πραγμάτων θα αποτελέσει σημείο ορόσημο για την επόμενη ανάπτυξη όσον αφορά την εισχώρηση της τεχνολογίας στην υγεία. Θα είναι το μέσο για την άμεση επικοινωνία του χρήστη με το cloud και την έμμεση επικοινωνία του με τον γιατρό ή το λογισμικό που μπορεί να προτείνει λύσεις ή οποιονδήποτε άλλον έχει ορίσει ως υπεύθυνο για την επίβλεψη των πληροφοριών αυτών. Με αυτήν την επικοινωνία, θα παρακολουθούνται οι ζωτικές του λειτουργίες και θα επιβλέπονται κάποια προβλήματα που μπορεί να προκύψουν, κάνοντας έτσι προτεραιότητα την ευημερία του παρέχοντας του την προσοχή που χρειάζεται για την αποφυγή επιπλοκών. Ακόμη αυτοί οι αισθητήρες και οι συσκευές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την άθληση του και για τη διατροφή του, μέσω υπολογισμού άσκησης και παρατήρησης κατανάλωσης θερμίδων και θρεπτικών ουσιών ή οτιδήποτε άλλο που αυτός δέχεται από τις τροφές σε καθημερινό επίπεδο. Γενικότερα, με τη στελέχωση ενός δικτύου από αισθητήρες συλλέγονται, μεταφέρονται και επεξεργάζονται δεδομένα για την εξυπηρέτηση των αναγκών του χρήστη και προσφέρονται νέες υπηρεσίες και εφαρμογές που θα μπορούν να την υποστηρίξουν. Αυτό το δίκτυο όμως θα πρέπει σε όλα τα επίπεδα να προσφέρει ασφάλεια και σιγουριά στον χρήστη για να μπορέσει

να νιώσει έτοιμος να εμπιστευτεί τις πιο ευαίσθητες και προσωπικές του πληροφορίες. Στο στάδιο της συλλογής τους, στο στάδιο της μεταφοράς τους αλλά και σε αυτό της επεξεργασίας θα πρέπει να διατηρείται ακέραια η πληροφορία καθώς και απόρρητη και μη προσβάσιμη από τρίτους. Η διεργασία αυτή είναι κομβικής σημασίας, καθώς είναι η βάση στήριξης για την ομαλή λειτουργία της υλοποίησης του 5G με το Internet of Things. Οι κίνδυνοι είναι πολλοί, και μπορούν να εμφανιστούν σε οποιοδήποτε σημείο της διαδικασίας αυτής.



Εικόνα25. 5G και Internet of Things

Αναφορές

- [A. S. Chan, «XOXZO Blog,» 24 Ιούλιος 2018. [Ηλεκτρονικό]. Available:
1] <https://blog.xoxzo.com/2018/07/24/history-of-1g/>.
- [R. Galazzo, «CENGN,» 21 Σεπτέμβριος 2020. [Ηλεκτρονικό]. Available:
2] <https://www.cengn.ca/information-centre/innovation/timeline-from-1g-to-5g-a-brief-history-on-cell-phones/>.
- [K. Smith, «Business Insider,» 2 Αύγουστος 2012. [Ηλεκτρονικό]. Available:

- 3] <https://www.businessinsider.com/game-changing-tech-from-the-2000s-2012-8>.
- [4GON, «An Introduction to 4G Technology».
- 4]
- [M. Hasan, «State of IoT 2022:», 2022.
- 5]
- [Sopto, «Difference Between 4G and 5G Network,» 2019.
- 6]
- [ORACLE, What is IoT?.
- 7]
- [Nokia, «5G spectrum bands explained,» Nokia.
- 8]
- [electronicsforu.com, «How Does BDMA Technology Work in 5G Network?,»
- 9] 2018.
- [Δ. Μ. Παρασκευάς, «Εισαγωγή στην τεχνική πολυπλεξίας Code Division
- 10] Multiple Access - CDMA».
- [I. S. W. Congress, «ADVANTAGES OF 5G AND HOW WILL BENEFIT IOT,» 2019.
- 11]
- [kaspersky, «Is 5G Technology Dangerous? - Pros and Cons of 5G Network».
- 12]
- [A. S. Gillis, «What is the internet of things (IoT)?,» 2022.
- 13]
- [arcserve, «5 Common Encryption Algorithms and the Unbreakables of the
- 14] Future,» 2022.
- [TechTarget, «Ultimate IoT implementation guide for businesses».

15]

[S. Shea, «smart home or building (home automation or domotics),» 2020.

16]

[L. V. Andrea Zanella, «IEEE,» Φεβρουάριος 2014. [Ηλεκτρονικό].

17]

[I. Intelligence, «How IoT and smart city technology works: Devices,
18] applications and examples,» 2022.

[M. J. Dr. Rajashekhar Karjag, «What can IoT do for heathcare?».

19]

[D. K. M. H. K. M. H. K.-S. K. S. M. RIAZUL ISLAM, «IEEE Xplore,» 01 Ιούνιος
20] 2015. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7113786>.

[L. Cilliers, 2019. [Ηλεκτρονικό].

21]

[J. Roland, «Healthline,» 16 Σεπτέμβριος 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available:
22] <https://www.healthline.com/health/heart-rate-during-heart-attack>.

[M. A. M. Albreem, «IEEE,» 21 - 23 Απρίλιος 2015. [Ηλεκτρονικό].

23]

Εικόνες

Εικόνα 1 (<http://venkatsps.blogspot.com/2016/12/frequency-spectrum-1g-2g-3g-4g.html>)

Εικόνα 2 (<http://venkatsps.blogspot.com/2016/12/frequency-spectrum-1g-2g-3g-4g.html>)

Εικόνα 3 (<https://www.apple.com/newsroom/2017/09/the-future-is-here-iphone-x/>)

Εικόνα 4 (<https://www.apple.com/newsroom/2017/09/the-future-is-here-iphone-x/>)

Εικόνα 7 (<https://www.mononews.gr/oikonomia/ev-sto-5g-strefoun-to-endiaferon-tous-i-epichirisis>)

Εικόνα 8 (<https://www.bbva.ch/en/news/advantages-and-disadvantages-of-smart-cities/>)

Εικόνα9 (PDF: Internet of Things for Smart Healthcare: Technologies, Challenges, and Opportunities)

https://www.researchgate.net/figure/Ultra-dense-and-overlapping-HetNets-with-multi-types-of-connections-in-future-wireless_fig2_346916677

<https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/data-center/data-center-networking/what-is-low-latency.html>

<https://highvoltages.co/tech/how-fast-is-5g-5g-speeds-and-performance/>

<https://www.sdxcentral.com/5g/definitions/key-elements-5g-network/5g-network-slicing/>

<https://valueconnected.com/blog/how-the-internet-of-medical-things-benefits-healthcare/>

<https://www.adlittle.com/id-en/insights/prism/realizing-potential-internet-things-5g>

<https://www.avsystem.com/blog/5g-iot/>

<https://www.speranzainc.com/communication-security-in-iot/>

<https://www.joyofdata.de/blog/interactive-heatmaps-with-google-maps-api/>

<https://www.globalrailwayreview.com/article/85919/growth-of-big-data-and-cyber-threats/>

https://www.researchgate.net/figure/The-AngelMed-GuardianR-implanted-medical-device-IMD-and-external-device-EXD-The-IMD_fig1_254090956