

**Ανάπτυξη Δικτύου Πέμπτης Γενιάς (5g) και το Αντίκτυπο
που θα έχει στο Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT)**

Περιεχόμενα

Ανάπτυξη Δικτύου Πέμπτης Γενιάς (5g) και το Αντίκτυπο που θα έχει στο Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT)	1
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	3
ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ.....	3
ABSTRACT.....	4
KEYWORDS.....	4
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	5
1η ΕΝΟΤΗΤΑ: « 5G ».....	7
1.1 Τι είναι Δίκτυο και πώς Πραγματοποιείται μια Κλήση.....	7
1.2 Τι είναι G και η Εξέλιξη έως και το 5g.....	9
Δίκτυο Πρώτης Γενιάς (1G)	9
Δίκτυο Δεύτερης Γενιάς (2G)	12
1.3 Το 5G στην Καθημερινότητα και τις Συσκευές μας.....	16
2η ΕΝΟΤΗΤΑ: «INTERNET of THINGS».....	18
2.1 Ορισμός του Internet of Things	18
2.2 Η Χρήση του Internet of Things	18
2.3 Ιστορική Ανασκόπηση και Εξέλιξη	32
3η ΕΝΟΤΗΤΑ: « INTERNET OF THINGS ΚΑΙ 5G ».....	42
3.1 Προκλήσεις IoT	43
3.2 Προκλήσεις 5G	45
3.3 Χαρακτηριστικά 5G και οι Αξίες/Εφαρμογές τους	47
3.4 Ο Αντίκτυπος του 5G στο IoT	51
3.5 Το Μέλλον του IoT	52
3.6 Πτυχές του IoT σε Ενημερωμένες Τεχνολογίες 5G.....	53
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	54

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Επί του παρόντος, ένα αποσυνδεδεμένο σύστημα αποτελεί σημαντική πρόκληση για τις τεχνολογίες IoT. Η ικανότητα του 5G να μεταδίδει δεδομένα πιο γρήγορα και να υποστηρίζει περαιτέρω συνδέσμους μπορεί να ωφεληθεί αμέσως για να αντιμετωπίσει την παρούσα πρόκληση και να απλοποιήσει τον έλεγχο της συνδεδεμένης συσκευής. Αντίθετα, χρησιμοποιώντας δίκτυα 4G/LTE, το 5G θα μπορεί να επεξεργάζεται δεδομένα γρήγορα, κάτι που ήταν μια πρόκληση για τις λύσεις IoT. Η συνέπεια ήταν μεγάλες καθυστερήσεις από την αποστολή δεδομένων έως τη λήψη τους. Χρησιμοποιώντας το δίκτυο 5G, περισσότεροι χρήστες θα μπορούσαν να στέλνουν συνεχώς περισσότερες πληροφορίες χωρίς φόβο υπερπληθυσμού του δικτύου, κάτι που είχε ως αποτέλεσμα καθυστερήσεις στο παρελθόν. Η συνδεσιμότητα 5G θα επιτρέψει σε όλους να συνειδητοποιήσουν τη δύναμη της τεχνολογίας IoT. Τώρα, οι δυνατότητες του IoT είναι τεράστιες, αλλά η πιθανή συνδεσιμότητα θα πραγματοποιηθεί με την τεχνολογία 5G. Χρησιμοποιώντας αισθητήρες, οι "έξυπνες" εφαρμογές μπορούν εύκολα να μεταδώσουν δεδομένα ακόμα και από χιλιάδες μίλια μακριά. Σε αυτό το άρθρο, συζητάμε τον αντίκτυπο και τη σημασία του 5G στο IoT με τις εφαρμογές του. Καθώς το IoT είναι πιο καθιερωμένο και απαραίτητο, λόγω της ταχείας ανάπτυξης του 5G, συζητάμε την καθιέρωση και την αναγκαιότητα του IoT έναντι του 5G. Τέλος, εστιάζουμε στην πτυχή του IoT στην ενημερωμένη τεχνολογία 5G.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ

4G/LTE · 5G · Internet of Things · Ασφάλεια · Τεχνητή νοημοσύνη.

ABSTRACT

Currently, a disconnected system is a major challenge for IoT technologies. 5G's ability to transmit data faster and support further links can be immediately leveraged to address this challenge and simplify connected device control. Instead, using 4G/LTE networks, 5G will be able to process data quickly, which has been a challenge for IoT solutions. The consequence was long delays from sending data to receiving it. Using the 5G network, more users could continuously send more information without fear of overcrowding the network, which has resulted in delays in the past. 5G connectivity will enable everyone to realize the power of IoT technology. Now, the potential of IoT is huge, but the potential connectivity will be realized with 5G technology. Using sensors, "smart" applications can easily transmit data even from thousands of miles away. In this article, we discuss the impact and importance of 5G on IoT with its applications. As IoT is more established and necessary due to the rapid development of 5G, we discuss the establishment and necessity of IoT versus 5G. Finally, we focus on the IoT aspect of the updated 5G technology.

KEYWORDS

4G/LTE • 5G • Internet of Things • Security • Artificial Intelligence.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία χρόνια, το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) έχει αλλάξει το διάχυτο μέτρο, συμπεριλαμβανομένης μιας μεγάλης συλλογής ενσωματωμένων εφαρμογών που καλύπτουν διαφορετικούς τύπους αισθητήρων.

Ένας μεγάλος αριθμός δραστηριοτήτων αναμένεται να αυξηθεί στις σειρές προϊόντων που βασίζονται στο IoT τα επόμενα χρόνια, προγραμματίζοντας έως και δισεκατομμύρια συσκευές με μέσο όρο 6–7 συσκευές ανά άτομο έως το 2020 (Sinha, R.S., 2017). Οι ανησυχίες σχετικά με το πρωτόκολλο επιλύθηκαν την τελευταία δεκαετία, η σύγκλιση αλληλεπίδρασης κυβερνο-φυσικής και συσκευής με συσκευή (D2D) των αισθητήρων και των συστημάτων που βασίζονται σε αισθητήρες αυξάνεται τώρα. Πολλή συζήτηση για το 5G της πέμπτης γενιάς δικτύων κινητής επικοινωνίας έχει γίνει πρόσφατα. Καθώς κάθε νέα γενιά έρχεται, και συνοδεύεται από μεγαλύτερη χωρητικότητα και ταχύτερες συνδέσεις. Τα προβλεπόμενα οφέλη περιλαμβάνουν:

- Βελτιωμένη κάλυψη: μέσω των πύργων 4G και LTE, οι πύργοι κινητής τηλεφωνίας 5G θα έχουν βελτιωμένη χωρητικότητα, η οποία διασφαλίζει ότι περισσότερα τηλέφωνα θα συνδέονται (Ortiz, S. 2007) ταυτόχρονα.
- Μειωμένη καθυστέρηση: Το 5G εξαλείφει σημαντικά τον χρόνο καταγραφής και τις καθυστερήσεις στην αποστολή και λήψη πληροφοριών.
- Ταχύτερη σύνδεση: εκτιμάται ότι οι ταχύτητες 5G είναι περίπου 10× μεγαλύτερες από ό,τι είναι πλέον εφικτές οι συνδέσεις 4G.

Υποσχέθηκε ότι η επερχόμενη τεχνολογία ασύρματου δικτύου 5G θα αποκρίνεται, θα είναι γρήγορη και θα είναι αποδοτική (Liu, J., 2017). Ενώ οι ταχύτερες λήψεις και η ανεπαρκής καθυστέρηση που προσφέρονται μέσω του 5G θα προσελκύσουν χρήστες κινητών τηλεφώνων, δεν αρκεί απλώς να εξηγήσει το τεράστιο κόστος που εκτιμά το Bloomberg στα 200 δισεκατομμύρια το χρόνο.

Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων εξακολουθεί να είναι ένας κλάδος που μπορεί να τα δει όλα αυτά διαφορετικά, όπως απεικονίζεται στο Σχ. 1. Σύμφωνα με προβλέψεις της Bain και της εταιρείας, η αγορά B2B IoT έφτασε τα 300 δισεκατομμύρια το 2020. Και οι συνολικές επενδύσεις IoT το 2022, με βάση στα αποτελέσματα της IDC, έφτασε τα 1,2 τρισεκατομμύρια (Liu, X., 2016). Οι ερευνητές, οι μηχανικοί και οι επιστήμονες αντιμετωπίζουν διαφορετικές προκλήσεις όσον αφορά την ανάπτυξη συστημάτων που βασίζονται στο IoT με ασύρματες επικοινωνίες 5G. Κυρίως η πρόοδος του υπολογιστικού νέφους και του υπολογισμού ομίχλης της επέκτασής του, με τον

πολλαπλασιασμό των έξυπνων συσκευών IoT μπορεί να επεκταθεί περαιτέρω. Καθώς οι τεχνολογίες IoT, δηλαδή η επικοινωνία από μηχανή σε μηχανή, και οι έξυπνες αναλύσεις δεδομένων αναμένεται να επηρεάσουν το 5G. Αυτή η ερευνητική πρόκληση μας βοηθά να σχεδιάσουμε ένα νέο σύστημα με την παρουσία των έξυπνων συσκευών IoT και των εφαρμογών τους.

Το δίκτυο 5G θα συμβάλει κυρίως στη δημιουργία του Διαδικτύου των Πραγμάτων ως αναπόσπαστο μέρος του κόσμου, θέτοντας τα θεμέλια για να ξεκλειδώσει πλήρως τις δυνατότητές του.

Η πρόσφατη τεχνολογία κινητής τηλεφωνίας δεν έχει ίσο χώρο για 20,4 δισεκατομμύρια συνδεδεμένες συσκευές και ρυθμίζει την ανταλλαγή δεδομένων χωρίς μικρές καθυστερήσεις (Velev, D.G. 2011). Οι ολοένα και πιο αναδυόμενες τεχνολογίες του IoT αποκάλυψαν ένα εντυπωσιακό βήμα σε πέντε βασικούς τομείς στη διακοπή της τεχνολογίας:

- Ανίχνευση—Τερματικά σημεία του IoT,
- Επικοινωνία—Επικοινωνία IoT,
- Ασφαλές—Ασφαλές IoT,
- Κατανόηση—πληροφορίες και αναλύσεις IoT,
- Υποκριτική—Τεχνητό IoT (AI).

Το 5G υπόσχεται ένα τεράστιο, φιλικό οικοσύστημα IoT, με τεράστιες βελτιώσεις σε σχέση με την τρέχουσα χωρητικότητα του 4G. Είναι ικανό να καλύψει έως και 100 φορές περισσότερες συνδεδεμένες συσκευές ανά μονάδα επιφάνειας σε σύγκριση με το 4G LTE. Η ιδέα του IoT είναι να έχει ετερογενής συνδεδεμένες συσκευές που συλλέγουν τις πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο για περιορισμένο χρονικό διάστημα. Εξάλλου, η συνεχής μετάδοση δεδομένων συμβάλλει στην εξάντληση της διάρκειας ζωής της μπαταρίας τόσο του δικτύου όσο και των τηλεφώνων. Το νέο κυψελοειδές δίκτυο θα έχει 90% μείωση της ρουτίνας ενέργειας του δικτύου για έως και 10 χρόνια διάρκεια ζωής της μπαταρίας για τηλέφωνα IoT χαμηλής κατανάλωσης. Οι επιχειρήσεις και οι καταναλωτές εφαρμογών είναι ενθουσιώδεις για τις προοπτικές που αναπτύχθηκαν το 2019 και το 2020 (Bonomi, F., 2012).

1η ΕΝΟΤΗΤΑ: « 5G »

1.1 Τι είναι Δίκτυο και πώς Πραγματοποιείται μια Κλήση

Με τον όρο Δίκτυο Κινητής Τηλεφωνίας, ορίζουμε το σύνολο των συμμετεχόντων που έχει στόχο να πραγματοποιήσει μία ανταλλαγή ραδιοκυμάτων, για την ολοκλήρωση μιας κλήσης μέσω κινητού τηλεφώνου, την αποστολή ενός γραπτού μηνύματος, ή την πρόσβαση στο διαδίκτυο. Το σύνολο αυτό αποτελείται από: α) τις μη μεταβλητών θέσεων κεραίες, β) τις βάσεις – κέντρα που ελέγχουν τον δρόμο που θα ακολουθήσει το σήμα, γ) τους διαύλους επικοινωνίας, δ) τις συσκευές που έχουν δράση εντός του δικτύου (Guowang M 2016).

Ένα κυψελοειδές δίκτυο ή ένα δίκτυο κινητής τηλεφωνίας είναι ένα δίκτυο επικοινωνίας όπου η σύνδεση προς και από τους τερματικούς κόμβους είναι ασύρματη. Το δίκτυο κατανέμεται σε χερσαίες περιοχές που ονομάζονται «κύτταρα», η καθεμία εξυπηρετείται από τουλάχιστον έναν πομποδέκτη σταθερής θέσης (συνήθως τρεις τοποθεσίες κυψέλης ή σταθμούς πομποδέκτη βάσης). Αυτοί οι σταθμοί βάσης παρέχουν στην κυψέλη την κάλυψη δικτύου που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μετάδοση φωνής, δεδομένων και άλλων τύπων περιεχομένου. Μια κυψέλη χρησιμοποιεί συνήθως διαφορετικό σύνολο συχνοτήτων από γειτονικές κυψέλες, για να αποφύγει παρεμβολές και να παρέχει εγγυημένη ποιότητα υπηρεσιών σε κάθε κυψέλη (Guowang M 2016).

Όταν ενώνονται μεταξύ τους, αυτά τα κύτταρα παρέχουν ραδιοκάλυψη σε μια ευρεία γεωγραφική περιοχή. Αυτό επιτρέπει σε πολλούς φορητούς πομποδέκτες (π.χ. κινητά τηλέφωνα, tablet και φορητούς υπολογιστές εξοπλισμένους με μόντεμ κινητής ευρυζωνικότητας, τηλεειδοποιητές κ.λπ.) να επικοινωνούν μεταξύ τους και με σταθερούς πομποδέκτες και τηλέφωνα οπουδήποτε στο δίκτυο, μέσω σταθμών βάσης, ακόμη και αν Οι πομποδέκτες κινούνται μέσα από περισσότερες από μία κυψέλες κατά τη διάρκεια της μετάδοσης (Golio, M 2018).

Τα κυψελωτά δίκτυα προσφέρουν μια σειρά από επιθυμητά χαρακτηριστικά: (Guowang M 2016)

Περισσότερη χωρητικότητα από έναν μεγάλο πομπό, αφού η ίδια συχνότητα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για πολλαπλούς συνδέσμους, εφόσον βρίσκονται σε διαφορετικά κελιά

Οι κινητές συσκευές καταναλώνουν λιγότερη ενέργεια από ό,τι με έναν μόνο πομπό ή δορυφόρο, καθώς οι πύργοι κινητής τηλεφωνίας είναι πιο κοντά (Sahay, S 2019).

Μεγαλύτερη περιοχή κάλυψης από έναν επίγειο πομπό, καθώς μπορούν να προστεθούν επιπλέον πύργοι κυψέλης επ' αόριστον και δεν περιορίζονται από τον ορίζοντα

Δυνατότητα χρήσης σημάτων υψηλότερης συχνότητας (και συνεπώς περισσότερο διαθέσιμο εύρος ζώνης / ταχύτεροι ρυθμοί δεδομένων) που δεν μπορούν να διαδοθούν σε μεγάλες αποστάσεις.

Οι μεγάλοι πάροχοι τηλεπικοινωνιών έχουν αναπτύξει κυψελωτά δίκτυα φωνής και δεδομένων στο μεγαλύτερο μέρος της κατοικημένης χερσαίας περιοχής της Γης. Αυτό επιτρέπει τη σύνδεση κινητών τηλεφώνων και φορητών υπολογιστικών συσκευών στο δημόσιο τηλεφωνικό δίκτυο μεταγωγής και δημόσια πρόσβαση στο Διαδίκτυο. Τα ιδιωτικά κυψελωτά δίκτυα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για έρευνα (Asif, S 2018) ή για μεγάλους οργανισμούς και στόλους, όπως αποστολή για τοπικούς φορείς δημόσιας ασφάλειας ή εταιρεία ταξί (Sahay, S 2019).

Η διαδικασία που ακολουθείται για να ολοκληρωθεί μια τηλεφωνική κλήση είναι απλή. Η συσκευή που χρησιμοποιείται για να κάνει την κλήση, αποστέλλει ένα σήμα μέσω ραδιοκυμάτων στην κοντινότερη κεραία. Από την κεραία, το σήμα κατευθύνεται στην κοντινότερη βάση ψηφιακής τηλεφωνίας. Με τον ίδιο τρόπο και ακολουθώντας την ακριβώς αντίθετη διαδρομή, το σήμα καταλήγει στον παραλήπτη και ολοκληρώνεται η κλήση.

Μέσω του προαναφερόμενου συνόλου και της διαδικασίας, επιτυγχάνεται η συνεχής κάλυψη όλων των συσκευών που συνδέονται στο δίκτυο, ώστε να μπορούν να πραγματοποιούνται κλήσεις αέναα και αδιάκοπα. Λόγω του αυξημένου αριθμού χρηστών που επιθυμούν να βρίσκονται διαρκώς συνδεδεμένοι στο δίκτυο με πολλές συσκευές, συναντάμε μεγάλο αριθμό σταθερών κεραιών σε περιοχές όπως πόλεις ή περιοχές με μεγάλο πληθυσμό (Pauli, Volker 2010).

1.2 Τι είναι G και η Εξέλιξη έως και το 5g

Δίκτυο Πρώτης Γενιάς (1G)

Η πρώτη τεχνολογία που χρησιμοποιήθηκε για την επικοινωνία ασύρματα μεταξύ δύο συσκευών ονομάστηκε 1G, δηλαδή δίκτυο πρώτης γενιάς. Βασιζόταν σε αναλογική τεχνολογία και βασικό της γνώρισμα είναι ότι για πρώτη φορά, μπορούσε να μεταδοθεί φωνή από μία συσκευή σε μία άλλη (Shi, Mingtao 2007).

Οι τεχνολογίες κινητών επικοινωνιών πρώτης γενιάς (1G) είχαν περιορισμένη χωρητικότητα, εξυπηρετώντας μόνο εξειδικευμένες αγορές για τον στρατό, ορισμένες κρατικές υπηρεσίες και χρήστες ειδικών βιομηχανιών (π.χ. υλοτόμοι, εργοδηγοί κατασκευών, μεσίτες και διασημότητες). Στις δεκαετίες του 1960 και του 1970, αυτή η υπηρεσία ήταν γεωγραφικά περιορισμένη και η κινητή συσκευή ήταν πολύ μεγάλη, επομένως συνήθως τοποθετούνταν σε αυτοκίνητα ή φορτηγά. Το μικρότερο ήταν ένα μοντέλο χαρτοφύλακα. Αυτή η μορφή κινητών επικοινωνιών δεν ήταν έτοιμη για μαζική ανάπτυξη, λόγω (1) της περιορισμένης ικανότητας εξυπηρέτησης του γενικού πληθυσμού, (2) της περιορισμένης τεχνολογικής ικανότητας για κάλυψη μεγάλων περιοχών, (3) του μεγάλου μεγέθους της κινητής συσκευής και (4) οι υψηλές τιμές των κινητών συσκευών και τα τιμολόγια.

Στη δεκαετία του 1970, οι χώρες εξακολουθούσαν να επικεντρώνονται στη δημιουργία δικτύου σταθερών επικοινωνιών σε εθνικό επίπεδο και όχι σε δίκτυα κινητής τηλεφωνίας για λίγους πελάτες. Τουλάχιστον στις ανεπτυγμένες χώρες, οι πάροχοι υπηρεσιών κινητής τηλεφωνίας που ήταν κρατικά γραφεία PTT (Ταχυδρομείο, Τηλεγραφία και Τηλεφωνία) ή μονοπωλιακές εταιρείες όπως η AT&T ανέπτυξαν ή υιοθέτησαν οποιεσδήποτε διαθέσιμες τεχνολογίες για την παροχή υπηρεσιών κινητής τηλεφωνίας κατά τις δεκαετίες του 1960 και του 1970 χωρίς να εξετάζουν την τυποποίηση της τεχνολογίας για το πιθανό μέλλον αγορές. Ως εκ τούτου, η υπάρχουσα αυτοοργανωμένη διαμόρφωση του κλάδου πριν από το 1G κατακερματίστηκε και κυριαρχούνταν από μονοπωλιακά PTTs ή εταιρείες που είχαν στενές σχέσεις με τις κυβερνήσεις (Shi, Mingtao 2007).

Ένα σημαντικό πράγμα που διαφοροποίησε τις τεχνολογίες κινητών επικοινωνιών 1G από προηγούμενες τεχνολογίες ήταν η κυψελοειδής τεχνολογία. Οι τεχνολογίες κινητών επικοινωνιών πριν από την εποχή 1G επικεντρώθηκαν στην ανάπτυξη ενός ισχυρού συστήματος σταθμών βάσης που θα μπορούσε να στείλει σήματα όσο το δυνατόν περισσότερο για να καλύψει τη μεγάλη περιοχή. Η κάλυψη του μεμονωμένου σταθμού βάσης ήταν περίπου 50 μίλια ή περισσότερο, κάτι που ήταν αρκετό για να καλύψει τις περισσότερες μητροπολιτικές περιοχές εκείνη την εποχή. Δεδομένων των ζωνών συχνοτήτων σε μια μητροπολιτική περιοχή, ο πολύ περιορισμένος αριθμός συνδρομητών έπρεπε να χρησιμοποιεί ταυτόχρονα τα κανάλια κινητής επικοινωνίας. Για παράδειγμα, σε ολόκληρη τη μητροπολιτική περιοχή της Νέας Υόρκης το 1976, μόνο δώδεκα κανάλια εξυπηρετούσαν 543 συνδρομητές. Έτσι, οι περισσότεροι χρήστες ξόδεψαν σημαντικό χρόνο περιμένοντας να αποκτήσουν ένα κανάλι (Garrard, 1998).

Η κυτταρική ιδέα ήταν μια ριζοσπαστική ιδέα όταν διατυπώθηκε το 1947, επειδή όπως αναφέρθηκε, οι περισσότερες έρευνες επικεντρώθηκαν στη μετάδοση ενός σήματος όσο το δυνατόν περισσότερο, ενώ η κυτταρική ιδέα πρότεινε να περιοριστεί σκόπιμα η εμβέλεια μιας μετάδοσης σήματος (Garrard, 1998). Κάθε περιορισμένη περιοχή θα είχε έναν σταθμό βάσης, ο οποίος ονομαζόταν «κελί». Με αυτόν τον τρόπο, οι ίδιες συχνότητες που χρησιμοποιούνται σε μια κυψέλη θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν σε διαφορετικές κυψέλες, έτσι τα συστήματα που βασίζονται σε αυτήν την ιδέα θα επέτρεπαν την επαναχρησιμοποίηση των συχνοτήτων για περισσότερους συνδρομητές σε μια περιοχή (Garrard, 1998). Έτσι προέκυψε το όνομα «κινητό τηλέφωνο».

Χρειάστηκαν πολλά χρόνια για να εφαρμοστεί αυτή η ιδέα, επειδή οι απαραίτητες τεχνολογίες και η δομή για την υποστήριξη αυτής της ιδέας έγινε η βασική αρχιτεκτονική του συστήματος κινητών επικοινωνιών που εξηγήθηκε προηγουμένως. Έτσι, χρειάζονταν όλα τα συστήματα που αναφέρονται στην αρχιτεκτονική (Shi, Mingtao 2007).

Καθώς επιλύθηκαν τα αναδυόμενα προβλήματα, οι κινητές επικοινωνίες 1G που βασίζονται σε αναλογικές και κυψελοειδείς τεχνολογίες έγιναν εμπορικά βιώσιμες κατά τη δεκαετία του 1980 σε ανεπτυγμένες χώρες (π.χ. χώρες της Δυτικής Ευρώπης, Ιαπωνία και ΗΠΑ). Για παράδειγμα, μια υπηρεσία κινητών επικοινωνιών 1G εισήχθη

το 1981 για τις αγορές της Σουηδίας και της Ολλανδίας, το 1982 για τις αγορές της Νορβηγίας και της Φινλανδίας και το 1983 για την αγορά των ΗΠΑ.

Βασισμένοι στην αναλογική τεχνολογία, Ιάπωνες μηχανικοί ξεκίνησαν να δημιουργούν το δίκτυο το 1979, ενώ σε διάστημα πέντε ετών, όλη η Ιαπωνία είχε πρόσβαση στο δίκτυο και κατ' επέκταση, μπορούσε ο καθένας να πραγματοποιεί κλήσεις. Το μοντέλο του δικτύου που χρησιμοποιήθηκε στην Ιαπωνία δεν ήρθε στην Ευρώπη μέχρι το 1981, ενώ το πρώτο λειτουργικό δίκτυο στην αντίπερα όχθη του Ατλαντικού, εντοπίζεται το 1983 (Shi, Mingtao 2007).

Το 1984, μια εταιρεία που πρωταγωνίστησε στην δημιουργία του δικτύου που γνωρίζουμε, δηλαδή του κυψελοειδούς δικτύου, έδωσε για πρώτη φορά πρόσβαση στο σύνολο κυψελών που είχε στήσει. Χωρίζοντας την περιοχή που ήθελε να λάβει πρόσβαση σε συνδέσεις, δημιουργώντας δηλαδή τις λεγόμενες «κυψέλες», φτιάχνοντας βάσεις που έκαναν την σύνδεση μεταξύ των δύο συσκευών που ήθελαν να επικοινωνήσουν, και παίρνοντας ένα ισχυρό εκπέμπων σήμα, η επικοινωνία ήταν πλέον γεγονός. Το όνομα της εταιρείας αυτής ήταν Bell Labs. Η ισχύς που είχε το παραγόμενο σήμα από την κάθε συσκευή, καθιστούσε δυνατό το να πραγματοποιούνται πολλαπλές κλήσεις ταυτόχρονα μέσα στο κυψελοειδές δίκτυο (Shi, Mingtao 2007).

Η πρώτη γενιά δικτύου, αν και επαναστατική, είχε αρκετά προβλήματα. Μαζί με το δίκτυο άρχισαν να παράγονται και να διατίθενται στο κοινό οι πρώτες κινητές συσκευές. Το μεγάλο βάρος και ο όγκος τους, η πολύ μικρή χωρητικότητα μπαταρίες, η απουσία χρήσης δεδομένων, τα ανύπαρκτα πρωτόκολλα ασφαλείας και η ελάχιστη μνήμη που διέθεταν οι συσκευές, αποτελούσαν μερικά από τα βασικά προβλήματα που μελετήθηκαν. Όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό, τα προβλήματα αυτά θα υπήρχαν και στην συμμετοχή των συσκευών στο δίκτυο. Οι συσκευές είχαν πρόσβαση στο δίκτυο, αλλά μόνο για κλήσεις που περιείχαν φωνητικό υπόβαθρο. Η σύνδεση τους αν και γινόταν, παρατηρούνταν πολλαπλές αποσυνδέσεις από το δίκτυο, ενώ η φωνή που μετέδιδε ο πομπός, έφτανε αλλοιωμένη ή παραποιημένη στο ακουστικό του δέκτη.

Μία δεύτερη γενιά δικτύου και γενικότερα κινητής επικοινωνίας ήταν απαραίτητη, και οι άνθρωποι που ανέλαβαν να την αναπτύξουν, δεν άργησαν να κάνουν το επόμενο βήμα (Shi, Mingtao 2007).

Δίκτυο Δεύτερης Γενιάς (2G)

Οι ανάγκες και οι απαιτήσεις των χρηστών του δικτύου, επέβαλαν την μετάβαση από αναλογική τεχνολογία σε ψηφιακή. Αυτό επέτρεπε να μην περιορίζεται η επικοινωνία σε φωνητικά μηνύματα και κλήσεις, αλλά πλέον όλοι είχαν πρόσβαση σε ανταλλαγή δεδομένων εντός του δικτύου. Η πρώτη χώρα που εφάρμοσε αυτή την μετάβαση είναι η Φινλανδία, στα μέσα του 1991.

Η ανάπτυξη του δικτύου και η εξέλιξη σε νέα γενιά, έλυσε αρκετά από τα προβλήματα που υπήρχαν στο πρώτο πρότυπο δικτύου. Το ψηφιακό σήμα και η τεχνολογία έλυσαν πολλά μειονεκτήματα που συναντήσαμε σε σχέση με την προϋπάρχουσα αναλογική τεχνολογία. Οι χρήστες πλέον, μπορούσαν να επικοινωνήσουν με γραπτά μηνύματα (Short Messaging Service – SMS) και μηνύματα που συνοδεύονταν από οπτικό υλικό (Multimedia Messaging Service – MMS). Ορατή ήταν και η διαφορά ενέργειας που απαιτούνταν για να γίνουν οι παραπάνω ενέργειες. Οι συσκευές πλέον εξοπλιζόνταν με μεγαλύτερης χωρητικότητας μπαταρίες, ενώ σπαταλούσαν πολύ λιγότερη ενέργεια για να επικοινωνήσουν. Οι κλήσεις πλέον είχαν πολύ καλύτερη απόδοση, ενώ τα επίπεδα ασφαλείας ήταν πλέον σε πολύ καλύτερα πλαίσια, μιας και στα κείμενα εφαρμόζονταν ψηφιακές κωδικοποιήσεις. Η παραγωγή σήματος ήταν ακόμη σε υψηλά επίπεδα και αυτό δεν θα άλλαζε για πολλά χρόνια ακόμα (Hall, Kat. 2020).

Η τεχνολογία της δεύτερης γενιάς έγινε ευρέως γνωστή και οι χρήστες που ήθελαν να συμμετέχουν στα δίκτυα που είχαν δημιουργηθεί, διαρκώς πολλαπλασιάζονταν. Υπήρχαν διαρκείς αναβαθμίσεις που οδηγούσαν σε υποκατηγορίες του 2G, όπως το 2.5G ή το 2.75G. Οι τεχνολογίες αυτές είχαν μικρές βελτιώσεις σε ταχύτητα και ποιότητα του δικτύου, αλλά δεν μπόρεσαν να ορίσουν καινοτομίες ώστε να αλλάξουν το υπάρχον καθεστώς δικτύου. Βασικό γνώρισμά τους είναι ότι αποτέλεσαν γόνιμο έδαφος για την επόμενη τεχνολογία που χρησιμοποιήθηκε για πολλά χρόνια και χαρακτηρίζεται έως και σήμερα ως το μεγαλύτερο βήμα στην τεχνολογία κινητού δικτύου, το 3G. Μερικά σημαντικά στοιχεία που βρίσκαμε σε αυτές τις τεχνολογίες είναι η ταχύτερη αποστολή μέσων με εικόνες και πρόσβαση στο διαδίκτυο και σε διευθύνσεις E-mail. Η αποστολή υλικού με κινούμενη εικόνα και ήχο, παρέμενε αδύνατο επίτευγμα (Hall, Kat.2020).

Ένα από τα μειονεκτήματα της τεχνολογίας του 2G και των υποκατηγοριών του ήταν ότι εκτός της κάλυψης του δικτύου, η συσκευή δεν μπορούσε να συμμετέχει σε κλήσεις, ενώ δεν μπορούσε να δεχτεί ούτε γραπτά μηνύματα. Δηλαδή, αν η συσκευή

δεν βρισκόταν στην περιοχή που κάλυπτε η κυψέλη του δικτύου, τότε δεν μπορούσε να συμμετέχει σε αυτό.

Δίκτυο Τρίτης Γενιάς (3G)

Με την έλευση της δεύτερης γενιάς και την εδραίωση της σαν ισχύουσα τεχνολογία για την ανταλλαγή δεδομένων, το κοινό που ήθελε να αποκτήσει πρόσβαση στις παροχές που υπήρχαν στο δίκτυο, διαρκώς πολλαπλασιαζόταν. Οι χρήστες άρχισαν να επιθυμούν ανταλλαγή δεδομένων, μεγαλύτερες ταχύτητες στην ανταλλαγή των δεδομένων τους, καλύτερη ποιότητα στις επικοινωνίες τους και μεγαλύτερη κάλυψη σε περιοχές που δεν υπήρχε. Οι ανάγκες αυτές οδήγησαν στην δημιουργία νέων τεχνολογιών και εν τέλει νέας γενιάς επικοινωνιών. Η γενιά αυτή ήταν η Τρίτη σε σειρά γενιά και από αυτό το χαρακτηριστικό πήρε το όνομα της. Βασικά γνωρίσματα της εξέλιξης αυτής ήταν οι λύσεις που δόθηκαν στα θέματα που αναφέρθηκαν προτύτερα, αλλά και οι καινοτομίες που δημιουργήθηκαν λόγω της πρόσβασης σε μεγάλες ταχύτητες μετάδοσης και ανταλλαγής δεδομένων. Όσοι συμμετείχαν στο δίκτυο είχαν πλέον πρόσβαση σε παροχές όπως ταχύτατη σύνδεση στο διαδίκτυο, μπορούσαν να μεταφέρουν εικόνα και ήχο από την συσκευή τους σε όλους στο δίκτυο, αντάλασσαν φωνητικά και γραπτά μηνύματα σε πολύ γρήγορο χρόνο, ενώ η ποιότητα και η κάλυψη του δικτύου, ήταν φανερά καλύτερη σε όλα τα σημεία του πλανήτη (Amadeo, Ron 2022).

Ήταν πλέον φανερό ότι η τεχνολογία του 3G είχε έρθει για να μείνει και το αποτέλεσμα της τεχνολογίας αυτής, ήταν η ραγδαία αύξηση στην ζήτηση για πρόσβαση στο δίκτυο από νέους χρήστες. Μία πλειοψηφία τεχνολογικών δυνατοτήτων που σήμερα θεωρείται απαραίτητη προϋπόθεση στην αγορά ενός κινητού τηλεφώνου, εδραιώθηκαν με την άφιξη αυτής της τεχνολογίας. Δυνατότητες όπως το GPS (Global Positioning System), παιχνίδια στο διαδίκτυο, βιντεοκλήσεις και υπηρεσίες πολυμέσων (τηλεοπτικές σειρές και ταινίες), MobileTv. Όλες αυτές οι νέες δυνατότητες θα αποτελούσαν πυλώνα για χρόνια μετά. Το 1998 ήταν η χρονιά που παρουσιάστηκε το 3G στον κόσμο και θα ήταν ο μεγαλύτερος σταθμός στις τηλεπικοινωνίες ως τότε, ενώ θα ήταν και ο προάγγελος για τα επόμενα χρόνια και τις επόμενες τεχνολογίες (Amadeo, Ron 2022).

Καμία μετάβαση όμως δεν έρχεται χωρίς προβλήματα και μειονεκτήματα. Η έλευση του 3G ήταν ιστορική, αλλά και τα προβλήματα που δημιούργησε ήταν πολλά.

Η τεράστια ζήτηση για συσκευές που μπορούσαν να έχουν πρόσβαση στις καινοτομίες που παρουσίασε η τεχνολογία αυτή, είχε ως αποτέλεσμα την ραγδαία αύξηση στις τιμές των συσκευών. Πολλές εταιρείες υπερκοστολογούσαν τις συσκευές τους με σκοπό το κέρδος. Ο όγκος των συσκευών υπερπολλαπλασιάστηκε, ενώ και η εκπομπή του σήματος ήταν πολύ υψηλή, με αποτέλεσμα να είναι βλαβερά για τον ανθρώπινο εγκέφαλο. Πολλές συσκευές κρίθηκαν ως «βλαβερές» και αποσύρθηκαν από την παραγωγή. Αυτό το «καμπανάκι» όμως, ήταν και ένας από τους βασικούς λόγους της δημιουργίας και εξέλιξης της επόμενης γενιάς τεχνολογιών. Η τέταρτη γενιά ήταν στα σκαριά και θα ήταν ένας σταθμός στον οποίο θα παρέμενε η εξέλιξη των δικτύων για πολλά χρόνια (Amadeo, Ron 2022).

Δίκτυο Τέταρτης Γενιάς (4G)

Τα δίκτυα 2ης και 3ης γενιάς είχαν κατακτήσει τον κόσμο. Οι χρήστες ήταν απόλυτα συμβιβασμένοι με την ιδέα και την χρήση των τηλεπικοινωνιών, και αυτός ο συμβιβασμός δημιούργησε την ανάγκη για χρήση περισσότερων δεδομένων. Ο όγκος των δεδομένων που ανταλλάσσονταν ήταν ήδη υψηλός και έπρεπε παρόλα αυτά, να γίνει υψηλότερος. Φυσικό επακόλουθο ήταν βέβαια και η αύξηση του ρυθμού μετάδοσης αυτών των δεδομένων (Hall, Kat. 2022).

Ήταν οι πρώτοι μήνες του 2010, όταν το 4G έκανε την εμφάνιση του. Πλέον όσοι χρήστες είχαν πρόσβαση στο δίκτυο 4ης γενιάς, απολάμβαναν μεγαλύτερες ταχύτητες, αποστολή και λήψη πολλών πακέτων δεδομένων, πρωτόκολλα όπως LTE Advanced και WiMAX, καθώς επίσης και μεταβαλλόμενο εύρος ζώνης για καλύτερη συνδεσιμότητα στο δίκτυο. Οι σταθμοί – βάσεις έγιναν περισσότερη και η ισχύς τους αρκετά μεγαλύτερη. Τα πλεονεκτήματα που προσέφερε η αλλαγή της τεχνολογίας που επήλθε, χωρίς να έχουν πληθώρα καινοτομιών και νέων δυνατοτήτων, γέμισαν τα κενά που απαιτούνταν στις τηλεπικοινωνίες. Το 4G ήταν δυνατό και ήταν ακριβώς ό,τι χρειαζόταν το πλήθος των συσκευών που συμμετείχαν στο ευρύτερο δίκτυο (Hall, Kat. 2022).

Τα πλεονεκτήματα αυτής της αλλαγής γενιάς παρατηρούνται κυρίως σε βελτιώσεις σε στοιχεία που ήδη προϋπήρχαν στα πρότυπα των δικτύων που γνωρίζαμε. Μόνο που τώρα, ήταν όλα πιο δυνατά, όλα πιο γρήγορα, και όλα με μεγαλύτερη ακρίβεια και αξιοπιστία. Ο χρήστης μπορούσε να μεταπηδήσει από την περιαγωγή του δικτύου που βρισκόταν στο επόμενο, σε αστραπιαίο χρόνο. Η ισχύς του σήματος που λάμβανε η

κάθε συσκευή ήταν τεράστια σε σχέση με τις προγενέστερες, ενώ ελάχιστα σημεία του πλανήτη δεν είχαν πρόσβαση σε κάποιο σταθμό δικτύου. Τέλος, οι ταχύτητες που συναντούσαμε στα ασύρματα δίκτυα ήταν τεράστιες. Η τεχνολογία του LTE Advanced υποστήριζε και ταχύτητες έως 1 Gigabit ανά δευτερόλεπτο, που για την δεδομένη εποχή αποτελούσε ταχύτητα ρεκόρ για μαζικής χρήσης δικτύου συσκευές (Hall, Kat.2022).

Μαζί με τα πλεονεκτήματα που επήλθαν, βρέθηκε χώρος και για την δημιουργία και ανάπτυξη διάφορων εφαρμογών και υπηρεσιών που καρπώθηκαν τις νέες λειτουργίες του δικτύου. Τηλεπαρουσίες και βιντεοκλήσεις πραγματοποιούνταν πλέον χωρίς κανένα πρόβλημα, οπουδήποτε υπήρχε πρόσβαση στο δίκτυο τέταρτης γενιάς. Άρχισαν να δημιουργούνται συσκευές όπως ρολόγια, γυαλιά, αυτοκίνητα και πολλές άλλες συσκευές, οι οποίες χαρακτηρίζονταν ως «έξυπνες». Συνδέονταν δηλαδή ανεξάρτητα στο δίκτυο και έδιναν την δυνατότητα στους χρήστες να μπορούν να κάνουν ενέργειες με άλλες συσκευές που ήταν επίσης συνδεδεμένες στο δίκτυο. Ήταν οι προάγγελοι των «έξυπνων» σπιτιών ή αυτοκινήτων που ξέρουμε και σήμερα. Δύο χαρακτηριστικά παραδείγματα τέτοιων εφαρμογών είναι οι κάμερες ασφαλείας και τα κλιματιστικά χώρου. Με την άφιξη αυτών των συσκευών, ο καθένας μπορούσε να δει σε πραγματικό χρόνο τι «βλέπει» η κάμερα ασφαλείας του, ή να ρυθμίσει το κλιματιστικό να ενεργοποιηθεί ή να απενεργοποιηθεί μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Μεγάλη άνθιση συναντήσαμε και στις εφαρμογές που επιδεικνύουν την τοποθεσία. Συσκευές όπως GPS, μετρητές καρδιακών παλμών δείχνουν πόσο σημαντική ήταν η πρόσβαση σε τέτοιες εφαρμογές. Αν κοιτάξει κανείς το πόσο χρησιμοποιούνται μέχρι και σήμερα στην καθημερινότητα μας, μπορεί εύκολα να καταλάβει πόσο μεγάλο επίτευγμα ήταν. Όπως μπορούμε να καταλάβουμε, η συγκεκριμένη αλλαγή στον τρόπο που βλέπαμε τις τηλεπικοινωνίες και την ανταλλαγή δεδομένων, θα μπορούσε να είναι και μόνιμη. Όλοι όσοι συμμετείχαν στο δίκτυο ικανοποιούνταν από τις υψηλές ταχύτητες του, οι συσκευές πλέον μπορούσαν να έχουν και άλλες λειτουργίες μιας και ήταν ανεξάρτητες, η χρήση από τον κόσμο ήταν διαρκής και αδιάκοπη, και διαρκώς μπορούσε κανείς να ελέγξει το πού βρίσκεται ή πού θέλει να κατευθυνθεί. Αυτό που οδήγησε στην δημιουργία των τηλεπικοινωνιών που ξέρουμε σήμερα και χρησιμοποιούμε, είναι η διαρκής ανάπτυξη και η «δίψα» για περισσότερα. Ο δρόμος ήταν στρωμένος πλέον με γερές βάσεις και η αλλαγή ήταν πλέον στα σκαριά. Ο επόμενος σταθμός είναι ο σημαντικότερος και ο πλέον γνωστός σε όλους (Hall, Kat.2022).

1.3 Το 5G στην Καθημερινότητα και τις Συσκευές μας

Με την εφαρμογή του 5G στα smartphone μας, ανοίγει η δυνατότητα χρήσης του 5G στην καθημερινότητά μας. Για παράδειγμα, οι δυνατότητες για έξυπνες πόλεις αυξάνονται όσο προχωρά η τεχνολογία. Σε αυτό το σενάριο, οι έξυπνες πόλεις θα επωφεληθούν από έξυπνους αισθητήρες και ενεργοποιητές. Οι αισθητήρες χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση των κρίσιμων παραμέτρων του περιβάλλοντος, των μηχανών και του ανθρώπου. Οι ενεργοποιητές εκτελούν μια έξοδο για τον έλεγχο κάποιας εξωτερικής συσκευής ως απόκριση στο σήμα του αισθητήρα. Σε μια έξυπνη πόλη, το 5G μπορεί να υποστηρίξει αυτοκίνητα αυτόνομης οδήγησης. μπορεί επίσης να περιμένουμε την ανάπτυξη νέων εφαρμογών, συμπεριλαμβανομένων των επιτηρητών ποιότητας αέρα, της έξυπνης στάθμευσης, της απόκρισης έκτακτης ανάγκης, της διαχείρισης της κυκλοφορίας και ούτω καθεξής. Όλα αυτά θα αύξαναν σημαντικά την ποιότητα ζωής (Vella, H 2020).

Επιπλέον, το 5G μπορεί να είναι επωφελές για τα εργοστάσια. Στα ρομπότ μπορούν να δοθούν εντολές μέσω ασύρματου δικτύου 5G για να ολοκληρώσουν εργασίες με υψηλότερα επίπεδα απόδοσης και παραγωγικότητας. Στον ιατρικό κλάδο, το 5G μπορεί να υποστηρίξει την εξ αποστάσεως χειρουργική με χειρουργούς ρομπότ που ελέγχονται σε πραγματικό χρόνο από επαγγελματίες χειρουργούς από την άλλη άκρη του κόσμου. Στον κλάδο της υγειονομικής περίθαλψης, το 5G θα επέτρεπε στους ανθρώπους να παρακολουθούν και να φροντίζουν τους ηλικιωμένους εξ αποστάσεως, κάτι που επίσης θα βοηθούσε στην αντιμετώπιση καταστάσεων έκτακτης ανάγκης όταν είναι απαραίτητο (Aggarwal, P.2019).

Ωστόσο, υπάρχουν ορισμένα πιθανά ζητήματα σχετικά με το 5G. Για παράδειγμα, μπορεί να υπάρξει αυξημένη αποψίλωση των δασών λόγω νέων κυψελωτών πύργων που κατασκευάστηκαν για να υποστηρίξουν την τεχνολογία. Επιπλέον, η τεχνολογία 5G είναι δαπανηρή και εξακολουθεί να βρίσκεται υπό έρευνα. Μια άλλη πτυχή που πρέπει να ληφθεί υπόψη είναι ότι ορισμένες χώρες δεν διαθέτουν ακόμη τους πόρους για να υποστηρίξουν αυτήν την τεχνολογία.

Αν και υπάρχουν πιθανά προβλήματα σχετικά με το 5G, η ανάπτυξη του 5G είναι μια από τις σημαντικότερες τεχνολογικές εξελίξεις τα επόμενα 5 χρόνια και θα ανοίξει τη δυνατότητα σε καινοτόμο τεχνολογία πέρα από τη σημερινή μας φαντασία.

2η ΕΝΟΤΗΤΑ: «INTERNET of THINGS»

2.1 Ορισμός του Internet of Things

Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων, ή IoT, είναι ένα σύστημα αλληλένδετων υπολογιστικών συσκευών, μηχανικών και ψηφιακών μηχανών, αντικειμένων, ζώων ή ανθρώπων που παρέχονται με μοναδικά αναγνωριστικά (UID) και τη δυνατότητα μεταφοράς δεδομένων μέσω ενός δικτύου χωρίς να απαιτείται από άνθρωπο σε- αλληλεπίδραση ανθρώπου ή ανθρώπου με υπολογιστή (Abarúa, R., 2019).

Ένα πράγμα στο διαδίκτυο των πραγμάτων μπορεί να είναι ένα άτομο με εμφύτευμα παρακολούθησης καρδιάς, ένα ζώο φάρμας με αναμεταδότη βιοτσιπ, ένα αυτοκίνητο που έχει ενσωματωμένους αισθητήρες για να ειδοποιεί τον οδηγό όταν η πίεση των ελαστικών είναι χαμηλή ή οποιοδήποτε άλλο φυσικό ή ανθρωπογενές αντικείμενο στο οποίο μπορεί να εκχωρηθεί μια διεύθυνση Πρωτοκόλλου Διαδικτύου (IP) και μπορεί να μεταφέρει δεδομένα μέσω δικτύου.

Όλο και περισσότερο, οι οργανισμοί σε διάφορους κλάδους χρησιμοποιούν το IoT για να λειτουργούν πιο αποτελεσματικά, να κατανοούν καλύτερα τους πελάτες για να παρέχουν βελτιωμένη εξυπηρέτηση πελατών, να βελτιώνουν τη λήψη αποφάσεων και να αυξάνουν την αξία της επιχείρησης (Abarúa, R., 2019).

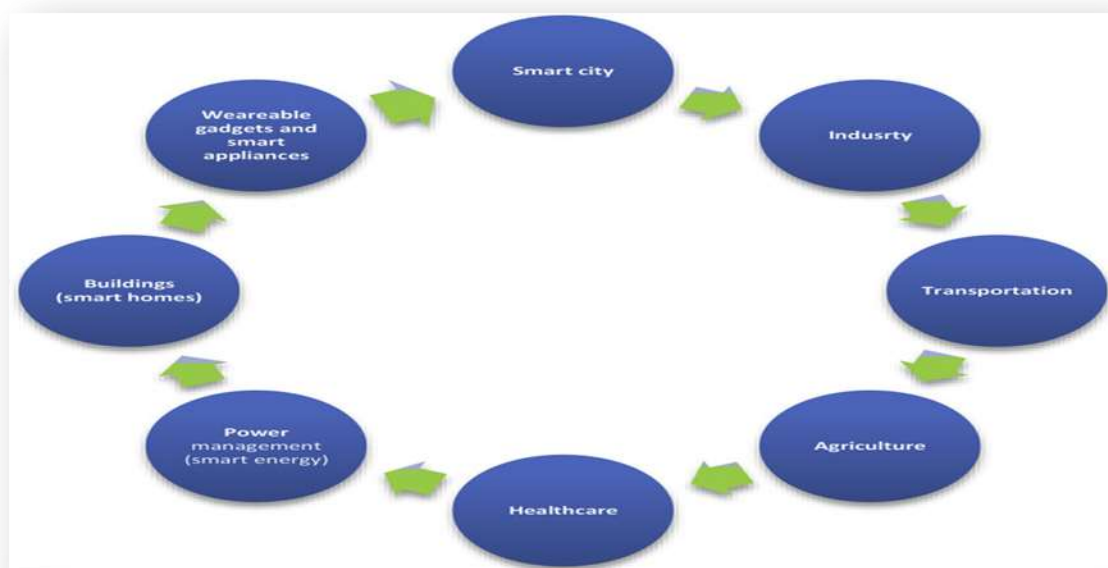
2.2 Η Χρήση του Internet of Things

Οι τομείς εφαρμογής του IoT είναι ποικίλοι και με βάση τις τρέχουσες διαθέσιμες τεχνολογικές λύσεις, οι τομείς εφαρμογών που αντιπροσωπεύονται περισσότερο φαίνονται στο Σχήμα 2.2.1. Οι πιο σημαντικοί και πιο προοδευτικοί τομείς εφαρμογής του IoT σχετίζονται με τη βιομηχανία (Osterrieder et al., 2020) και την έννοια της έξυπνης πόλης (Sivanageswara Rao et al., 2020), σε σχέση με τον αριθμό των υλοποιηθέντων έργων.

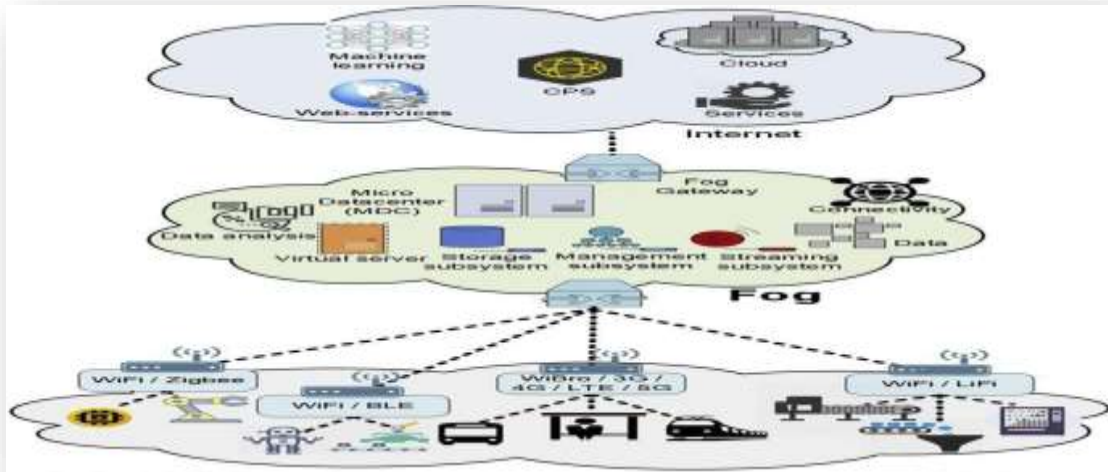
Η μεταφορά (Porru et al., 2020), η έξυπνη διαχείριση ενέργειας στα κτίρια (Douglas et al., 2020) ή η διαχείριση των δικτύων ηλεκτρικής ενέργειας (Martín-Loro et al., 2020), καθώς και ο τομέας της γεωργίας (Villa-Henriksen et al., 2020) είναι επίσης ελπιδοφόρες, έχοντας σημαντικές δυνατότητες.

Η ανάπτυξη συγκεκριμένων περιοχών εφαρμογής IoT εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από διάφορους βασικούς παράγοντες όπως:

- ❖ γενικές διαθέσιμες εξελίξεις στα ηλεκτρονικά εξαρτήματα,
- ❖ διαθέσιμες λύσεις λογισμικού και φιλικό προς τον χρήστη περιβάλλον,
- ❖ λύσεις που σχετίζονται με τεχνολογίες αισθητήρων και απόκτηση δεδομένων,
- ❖ ποιότητα δικτύου, δηλαδή συνδεσιμότητα δικτύου και υποδομή,
- ❖ επαρκής παροχή ενέργειας για την παραγωγή και λειτουργία συσκευών IoT.



Εικόνα 2.2.1 Τομείς εφαρμογής των τεχνολογιών IoT.



Εικόνα 2.2.2 Γενική έννοια της βιομηχανικής εφαρμογής IoT (Aazam et al., 2018).

IoT στη βιομηχανία

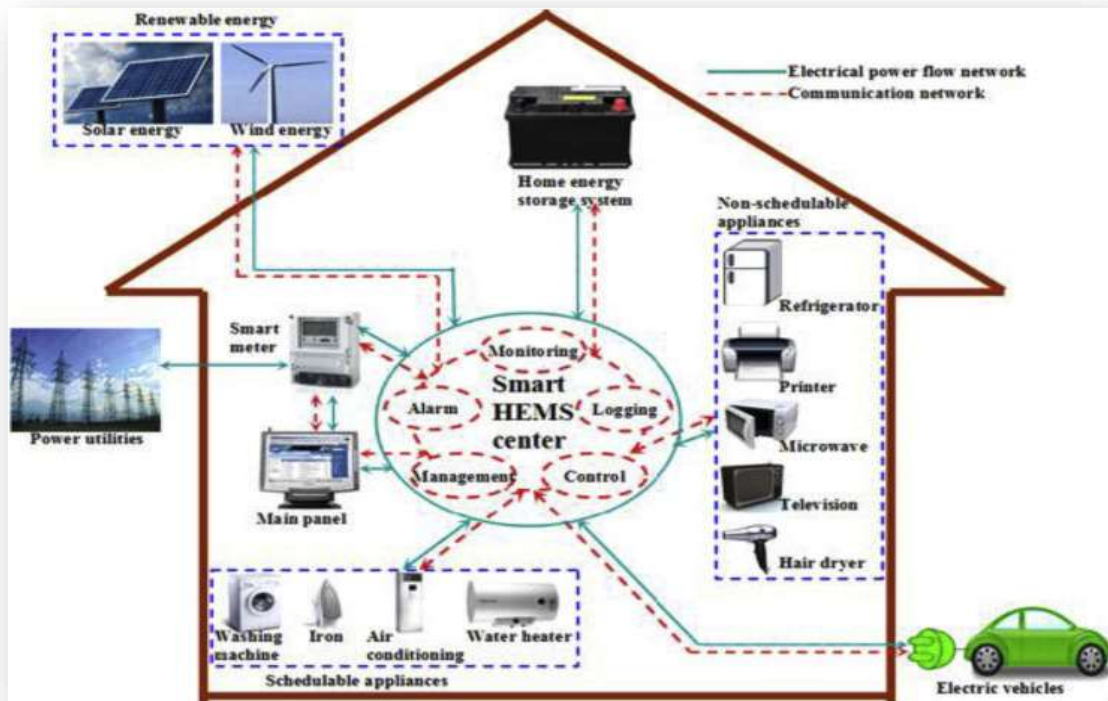
Η εφαρμογή τεχνολογιών IoT σε βιομηχανικές εφαρμογές θα επέτρεπε την αύξηση της αποτελεσματικότητας όσον αφορά τη διαδικασία παραγωγής και θα εξασφάλιζε αποτελεσματικότερη επικοινωνία και δικτύωση μεταξύ χειριστών και μηχανών, Εικόνα 2.2.2 . Τέλος, θα επέτρεπε για πιο ανταγωνιστικές εταιρείες στην αγορά με πιο αποτελεσματικό ποιοτικό έλεγχο με ελαχιστοποίηση των ζημιών. Ένα κρίσιμο χαρακτηριστικό θα ήταν η ανάπτυξη, ο σχεδιασμός και η ενσωμάτωση διαφόρων χρήσιμων αισθητήρων στις βιομηχανικές εφαρμογές (Li et al., 2020b), για τη διαμόρφωση ολοκληρωμένων και αποτελεσματικών συστημάτων διαχείρισης. Απαιτούνται εντονότερες ερευνητικές προσπάθειες για την αποτελεσματική εφαρμογή των τεχνολογιών IoT στον κλάδο και για την καλύτερη κατανόηση του τρόπου με τον οποίο οι τεχνολογίες IoT θα μπορούσαν να εφαρμοστούν σε συγκεκριμένους κλάδους όπου θα ήταν δυνατά οφέλη. Η πρόοδος είναι ζωτικής σημασίας με την έννοια του τρόπου σύνδεσης διαφορετικών βιομηχανικών αισθητήρων, χρήσης και επεξεργασίας των συλλεγόμενων διαφόρων δεδομένων για την ενεργοποίηση βελτιωμένων βιομηχανικών διεργασιών.

IoT στην έννοια της έξυπνης πόλης

Ο ρόλος των τεχνολογιών IoT στην έννοια της έξυπνης πόλης (Janik et al., 2020) είναι κρίσιμος για τη γεφύρωση των ήδη αναφερθέντων παγκόσμιων προκλήσεων υποδομής στις πόλεις, οι οποίες συνδέονται με την τρέχουσα αύξηση του πληθυσμού στις πόλεις. Οι τεχνολογίες IoT σε έξυπνες πόλεις θα επέτρεπαν τη χρήση διαφορετικών συσκευών, οι οποίες θα αύξαναν την ποιότητα ζωής στις πόλεις καθώς και την αποτελεσματικότητα διαφορετικών καθημερινών υπηρεσιών όπως μεταφορά, ασφάλεια (επιτήρηση), έξυπνη μέτρηση, έξυπνα ενεργειακά συστήματα, έξυπνη διαχείριση νερού, κ.λπ. Διαφορετικές συσκευές ανίχνευσης θα λάμβαναν πληροφορίες, οι οποίες θα επεξεργάζονταν προς αποτελεσματικές και χρήσιμες λύσεις. Το κύριο όφελος των τεχνολογιών IoT στις έξυπνες πόλεις θα κατευθυνόταν στον έγκαιρο εντοπισμό διαφορετικών προβλημάτων ή βλαβών υποδομής (όπως προβλήματα κυκλοφοριακής συμφόρησης, παροχή ενέργειας, έλλειψη νερού, συμβάντα ασφαλείας κ.λπ.). Στις έξυπνες πόλεις, πολλοί αισθητήρες εγκαθίστανται και συνδέονται με πολλές άλλες συσκευές μέσω του Διαδικτύου, οι οποίοι παρέχουν πληροφορίες στους χρήστες όπως για παράδειγμα χώρους στάθμευσης, τυχόν δυσλειτουργίες, ηλεκτρική βλάβη και πολλά άλλα ζητήματα. Η ανάπτυξη αυτών των τεχνολογιών θα βοηθούσε στην καθοδήγηση των πόλεων προς τα έξυπνα δίκτυα, την έξυπνη υγειονομική περίθαλψη, τις έξυπνες αποθήκες, τις έξυπνες μεταφορές, την έξυπνη διαχείριση απορριμμάτων, τις έξυπνες κοινότητες κ.λπ. Υπάρχουν διαφορετικές προκλήσεις εφαρμογής προς την ιδέα της έξυπνης πόλης, Εικόνα 2.2.3 και θα πρέπει να επιλυθούν για διάφορες εφαρμογές, (Εικόνα 2.2.4).



Εικόνα 2.2.3 Διαφορετικές προκλήσεις στην έννοια της Έξυπνης Πόλης (Bhagya et al., 2018).



Εικόνα 2.2.4 Διάφορα συστήματα διαχείρισης έξυπνων σπιτιών (Zhou et al., 2016).

Οι πιο παρούσες προκλήσεις υλοποίησης συνδέονται με την αποτελεσματική ενσωμάτωση διαφορετικών τεχνολογιών ανίχνευσης, την ανάπτυξη κατάλληλης υποδομής δικτύου, την εκπαίδευση του πληθυσμού, τη διερεύνηση της πτυχής της βιωσιμότητας, όπως το αποτύπωμα άνθρακα κ.λπ.

Η εφαρμογή των τεχνολογιών IoT σε έξυπνα σπίτια, (Moniruzzaman et al., 2020), στο πλαίσιο της έννοιας της έξυπνης πόλης επιτρέπει την αύξηση της ποιότητας ζωής σε οικιστικές εγκαταστάσεις, φέρνοντας νέες και ελκυστικές τεχνολογικές λύσεις. Τόσο η εξοικονόμηση ενέργειας όσο και η εξοικονόμηση κεφαλαίων θα μπορούσαν να επιτευχθούν με πιο αποτελεσματική διαχείριση χρόνου, κάτι που είναι πολύτιμο χαρακτηριστικό στο σημερινό οικονομικό μας σύστημα. Διαφορετικές επιλογές ελέγχου είναι δυνατές στην έννοια του έξυπνου σπιτιού και επιτρέπουν την αποτελεσματική ενσωμάτωση των τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στα σπίτια (Σταύρακας και Φλάμιος, 2020) και την αποτελεσματική εξισορρόπησή τους (αποτελεσματική προσφορά και ζήτηση).

IoT στη γεωργία

Η αποτελεσματική γεωργική παραγωγή είναι μια αναγκαιότητα για τον πληθυσμό μας για την πρόληψη της πιθανής έλλειψης πόρων τροφίμων σε μελλοντικούς όρους που προκαλείται από διαφορετικούς παράγοντες (Hussain et al., 2020). Ο πρώτος παράγοντας είναι η συνεχής αύξηση του πληθυσμού, όπως τονίστηκε ήδη, ο δεύτερος συνδέεται με ζητήματα κλιματικής αλλαγής (Yang et al., 2020), που προκαλεί μείωση των αποδόσεων σημαντικών καλλιεργειών ή ορισμένες περιοχές γίνονται ακόμη και ακατάλληλες για αποτελεσματικές αγροτική παραγωγή. Το θέμα της σπατάλης τροφίμων είναι ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα (Keng et al., 2020), αφού έχει γίνει παγκόσμιο πρόβλημα, ειδικά στις ανεπτυγμένες οικονομίες. Υπολογίζεται ότι πάνω από το 28% των διαθέσιμων γεωργικών περιοχών είναι «αποθηκευμένο» για σπατάλη τροφίμων και δυστυχώς περισσότεροι από 800·106 άνθρωποι πεινούν επί του παρόντος, (Fao.org, 2020). Η εφαρμογή τεχνολογιών IoT στη γεωργία μπορεί ασφαλώς να βοηθήσει στην εξασφάλιση επαρκών απαιτήσεων τροφίμων και στην αύξηση της αποτελεσματικότητας των διαδικασιών γεωργικής παραγωγής γενικά. Διάφορα χρήσιμα δεδομένα σχετικά με τις καλλιέργειες θα μπορούσαν να συλλεχθούν και να χρησιμοποιηθούν για την παρακολούθηση της απόδοσης και τον εντοπισμό πιθανών ασθενειών εκ των προτέρων που μπορούν να μειώσουν σημαντικά τις αποδόσεις συγκεκριμένων καλλιεργειών. Η παρακολούθηση του εδάφους και των θρεπτικών στοιχείων θα εξορθολογίσει τις διαδικασίες γεωργικής παραγωγής και θα οδηγήσει σε εξοικονόμηση νερού που είναι πολύτιμη σε ορισμένες συγκεκριμένες γεωγραφικές περιοχές, η οποία θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί μέσω έξυπνων συστημάτων άρδευσης (Xin et al., 2020). Θα μπορούσε επίσης να διασφαλιστεί μια πιο ακριβής σπορά και γενικά η διαχείριση των καλλιεργειών γονιμότητας, Εικόνα 2.2.5. Υπάρχουν ορισμένα ζητήματα που συνδέονται με την αποτελεσματική εφαρμογή των τεχνολογιών IoT στη γεωργική παραγωγή. Θα πρέπει να αναπτυχθούν διαφορετικές τεχνολογίες ανίχνευσης και παρακολούθησης και θα πρέπει να παρέχεται καλύτερη εκπαίδευση των αγροτών (δηλαδή ανάπτυξη τυπικών εκπαιδευτικών ενοτήτων για τους αγρότες). Λόγω του μεγάλου όγκου δεδομένων που συλλέγονται, οι αγρότες θα μπορούσαν ενδεχομένως να κατακλυστούν, (Ec.europa, 2017). Ως εκ τούτου, υπάρχει ανάγκη για την ανάπτυξη τυπικών εκπαιδευσεων (εκπαιδευτικές ενότητες) για αγρότες σε συνδυασμό με την ανάπτυξη πιο φιλικών προς τον χρήστη λύσεων λογισμικού.



Εικόνα 2.2.5 Το IoT στη γεωργική παραγωγή από την οπτική γωνία του αγρότη.

Η εφαρμογή των τεχνολογιών IoT στον αγροτικό τομέα θα οδηγούσε σε προϊόντα που θα μπορούσαν να τροποποιήσουν δραστικά τις τρέχουσες διαδικασίες παραγωγής στη γεωργία (Shafi et al., 2020) (Εικόνα 2.2.5).

IoT στη διαχείριση απορριμμάτων

Η διαχείριση των απορριμμάτων προς μια ιδέα της κυκλικής οικονομίας (Fan et al., 2019) είναι ένα ζωτικής σημασίας τρέχον πρόβλημα πληθυσμού, όπου σίγουρα υπάρχει ένας ρόλος για τις τεχνολογίες IoT που θα μπορούσαν να βοηθήσουν στην παροχή πιο αποτελεσματικής διαχείρισης απορριμμάτων σε συγκεκριμένους τομείς (Voca και Ribic, 2020) και ανακύκλωση διαφορετικών περιορισμένων πόρων, (Qiu et al., 2020). Επί του παρόντος, αναπτύσσονται διάφορες τεχνολογικές λύσεις για την υποστήριξη της έννοιας της έξυπνης διαχείρισης απορριμμάτων (Das et al., 2019). Ορισμένα από αυτά είναι ήδη διαθέσιμα στην αγορά για ευρεία εφαρμογή, (Iot.farsite, 2020). Οι λύσεις που αναπτύχθηκαν κατευθύνονται κυρίως στην έξυπνη παρακολούθηση των κάδων απορριμμάτων (Dhana Shree et al., 2019), δηλαδή ανίχνευση στάθμης πλήρωσης κάδων, ανίχνευση θερμοκρασίας και πυρκαγιάς, εμφάνιση κραδασμών και κλίση κάδων, παρουσία χειριστών απορριμμάτων, υγρασία απορριμμάτων, Τοποθεσία θέσης GPS κ.λπ. Γενικά, τα έξυπνα συστήματα διαχείρισης απορριμμάτων μπορούν να υποστηριχθούν αποτελεσματικά από συσκευές IoT, Εικόνα 2.2.6 . Οι τεχνολογίες IoT θα μπορούσαν επίσης να χρησιμοποιηθούν για τον έξυπνο συντονισμό των απορριμματοφόρων (Idwan et al., 2020) και οι εταιρείες κοινής ωφελείας αποβλήτων

θα μπορούσαν να διασφαλιστούν με αυτόν τον τρόπο, ο οποίος θα ακολουθούσε μείωση των επιβλαβών εκπομπών (ρύπων) που δημιουργούνται από τα απορριμματοφόρα , (Kozina et al., 2020). Από την άποψη των έξυπνων τεχνολογιών, η σωστή και βασισμένη στο IoT διαχείριση αποβλήτων ηλεκτρονικών αποβλήτων είναι πολύ σημαντική (Kang et al., 2020) για την εξασφάλιση επαρκών πρώτων πόρων για την παραγωγή ηλεκτρονικού εξοπλισμού, όπως έχει ήδη τονιστεί. Οι τεχνολογίες IoT θα μπορούσαν επίσης να χρησιμοποιηθούν για τη μείωση των απορριμμάτων τροφίμων μέσω έξυπνων συσκευών και μιας αναπτυγμένης δομής διαχείρισης με αυτή την έννοια (Liegeard και Manning, 2020).



Εικόνα 2.2.6 Το IoT στο έξυπνο σύστημα διαχείρισης απορριμμάτων, (Quamtra, 2020).

Καινοτόμες τεχνολογικές λύσεις βασισμένες στο IoT αναμένεται να αναπτυχθούν τα επόμενα χρόνια, ειδικά από την άποψη της έννοιας της έξυπνης πόλης και που θα μπορούσαν να υποστηρίξουν έξυπνα συστήματα διαχείρισης απορριμμάτων και μια ιδέα κυκλικής οικονομίας.

IoT στην υγειονομική περίθαλψη

Ένα προκλητικό πεδίο εφαρμογής των τεχνολογιών IoT έχει εντοπιστεί στο σύστημα υγειονομικής περίθαλψης γενικά, μέσω της έννοιας της ηλεκτρονικής υγείας, (Farahani et al., 2020). Η αύξηση της ποιότητας των υπηρεσιών των συστημάτων υγειονομικής περίθαλψης θα μπορούσε να αξιοποιηθεί μέσω της υποστήριξης IoT (κυρίως συλλογή δεδομένων υγείας ασθενών) και τέλος με τη βελτίωση της ασφάλειας και της φροντίδας των ασθενών, καθώς θα μπορούσε επίσης να οδηγήσει σε αύξηση του προσδόκιμου ζωής των ασθενών. Υπάρχει τεράστιο δυναμικό στις έξυπνες ιατρικές συσκευές για διαφορετικούς σκοπούς (Para et al., 2020) που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παρακολούθηση διαφόρων ζωτικών και πολύτιμων ανθρώπινων λειτουργιών όπως ο καρδιακός ρυθμός, η θερμοκρασία του δέρματος, η παρακολούθηση της κίνησης κ.λπ. Απομακρυσμένη παρακολούθηση της υγείας είναι επίσης μια ενδιαφέρουσα προοπτική που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί με την κατάλληλη υποστήριξη συσκευών και προϊόντων IoT. Η πρόβλεψη διαφορετικών συμπτωμάτων και η πρόληψη δυνητικά επικίνδυνων καταστάσεων και ασθενειών για τη ζωή θα μπορούσε γενικά να ενεργοποιηθεί (Muthu et al., 2020). Η βοήθεια προς τους ηλικιωμένους θα μπορούσε επίσης να διασφαλιστεί με την παρακολούθηση της γενικής κατάστασης υγείας και της διατροφικής κατάστασης του ασθενούς (Nivetha et al., 2020), η οποία θα υποστηρίζεται μέσω συσκευών IoT. Η αποκατάσταση μετά από μια σοβαρή ασθένεια θα μπορούσε επίσης να υποστηριχθεί αποτελεσματικά με τεχνολογίες IoT, ειδικά σε περιπτώσεις περιστάσεων αποκατάστασης στο σπίτι, (Bisio et al., 2019). Ένα από τα κύρια ζητήματα και προκλήσεις σε αυτό το συγκεκριμένο πεδίο εφαρμογών IoT θα ήταν η διασφάλιση της κατάλληλης ασφάλειας στον κυβερνοχώρο λόγω πιθανών επιθέσεων που θα μπορούσαν να συμβούν στα συστήματα παρακολούθησης της υγειονομικής περίθαλψης (John et al., 2019). Αναμένεται σημαντική πρόοδος τα επόμενα χρόνια στον τομέα της ανάπτυξης λογισμικού για συστήματα υγειονομικής περίθαλψης, ιδίως στα νοσοκομεία. Συγκεκριμένα, διαφορετικές συσκευές θα μπορούσαν να συνδεθούν μέσω προηγμένων λύσεων λογισμικού, όπως για παράδειγμα συσκευές μαγνητικής τομογραφίας ή αξονικής τομογραφίας και να συνδεθούν με εργαστηριακά δεδομένα για τη δημιουργία ενός έξυπνου συστήματος πληροφοριών νοσοκομείων. Η προσέγγιση που αναφέρθηκε προηγουμένως θα επέτρεπε την καλύτερη αντιμετώπιση των ασθενών, τον εντοπισμό ιατρικών προτεραιοτήτων και την

υποστήριξη του ιατρικού προσωπικού στην παρακολούθηση και τις αποφάσεις θεραπείας. Τα συστήματα IoT θα μπορούσαν επίσης να χρησιμοποιηθούν σε νοσοκομεία για την αποτελεσματική συντήρηση μεγάλου αριθμού ιατρικών συσκευών (Shamayleh et al., 2020). Το κόστος του εξοπλισμού θα μπορούσε να μειωθεί στα νοσοκομειακά συστήματα λόγω της έγκαιρης ανίχνευσης σοβαρών δυσλειτουργιών του εξοπλισμού που θα μπορούσαν να επηρεάσουν την ακρίβεια συγκεκριμένων μετρήσεων από ιατρικές συσκευές. Η ανάπτυξη έξυπνων και βασισμένων λύσεων IoT σε συστήματα υγειονομικής περίθαλψης θα μπορούσε επίσης να είναι πολύ χρήσιμη στην περίπτωση σοβαρών παγκόσμιων πανδημικών καταστάσεων (συλλογή δεδομένων και γρήγορη ποικιλομορφία δεδομένων, πόροι ιατρικού προσωπικού και πόρων, ιατρική διαλογή κ.λπ.), όπως είναι η πρόσφατη κατάσταση του κορωνοϊού που έχει απειλήσει σοβαρά τον παγκόσμιο πληθυσμό, (WHO, 2020). Ο τομέας της υγειονομικής περίθαλψης είναι ίσως ένας από τους πιο απαιτητικούς τομείς για το IoT, επομένως αναμένεται σημαντική πρόοδος το επόμενο έτος με σοβαρά οφέλη για τον πληθυσμό.

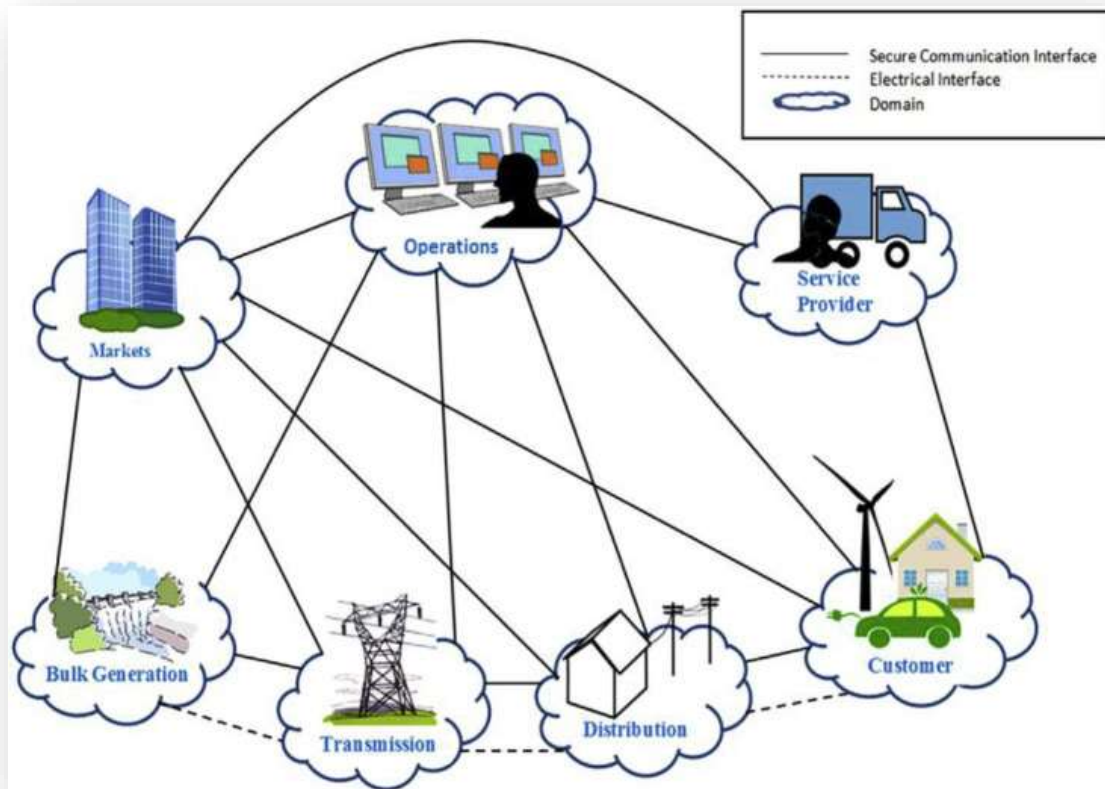
IoT στις μεταφορές

Οι τρόποι μεταφοράς θα αλλάξουν σημαντικά τις επόμενες δεκαετίες, (Jonkeren et al., 2019), ειδικά λόγω της αναμενόμενης αυξανόμενης εφαρμογής ηλεκτρικών αυτοκινήτων στην αγορά, (Capuder et al., 2020). Η επερχόμενη απαγόρευση των οχημάτων με βάση το Diesel λόγω περιβαλλοντικών ζητημάτων (Li et al., 2020c) και τελικά η ανάπτυξη εναλλακτικών τεχνολογιών μεταφοράς, όπως τα οχήματα με βάση το υδρογόνο για παράδειγμα (Ajanovic and Haas, 2019), θα άλλαζε τη μορφή των μελλοντικών συστημάτων μεταφορών. Γενικά, υπάρχει ζήτηση για πιο κατάλληλες περιβαλλοντικά επιλογές μεταφοράς που ήδη αναπτύσσονται σταδιακά με αναμενόμενη διείσδυση στην αγορά. Απαιτείται μια απαραίτητη ανάπτυξη της υποδομής μεταφορών για συγκεκριμένες τεχνολογίες οχημάτων για να διασφαλιστεί η επιθυμητή αυτονομία του οχήματος. Σήμερα, το IoT αναδύθηκε στην έννοια του «διαδικτύου των οχημάτων» (Shen et al., 2020), που απλώς αποδεικνύει τις δυνατότητές του σε αυτόν τον σημαντικό τομέα. Ο πιο σημαντικός τομέας εφαρμογής IoT είναι στην περίπτωση της έννοιας του έξυπνου αυτοκινήτου (οχήματα), (Chugh et al., 2020). Η ιδέα του έξυπνου αυτοκινήτου εξετάζει τη χρήση και τη βελτιστοποίηση διαφορετικών εσωτερικών λειτουργιών στο αυτοκίνητο που υποστηρίζονται από

τεχνολογίες IoT. Η εφαρμογή του IoT θα αναβαθμίσει την εμπειρία του οδηγού και θα αυξήσει την άνεση και την ασφάλεια. Συγκεντρώνονται συγκεκριμένα δεδομένα στο έξυπνο αυτοκίνητο και συσχετίζονται με τις κύριες παραμέτρους λειτουργίας, όπως πίεση ελαστικών, τροφοδοσία καυσίμου, έγκαιρη ανίχνευση πιθανών βλαβών, δείκτες τακτικής συντήρησης κ.λπ. Γενικά, βελτιωμένη εξυπηρέτηση καθώς και προστιθέμενη αξία για τους πελάτες θα μπορούσε να επιτευχθεί με στοχευμένη χρήση των τεχνολογιών IoT, η οποία τελικά μπορεί να βελτιώσει τον ανταγωνισμό στην αυτοκινητοβιομηχανία μεταξύ των κατασκευαστών οχημάτων. Η προκλητική πτυχή της εφαρμογής του IoT είναι στην περίπτωση των αυτόνομων οχημάτων, (Padmaja et al., 2019). Η τοποθεσία, η κατεύθυνση καθώς και μια προγραμματισμένη διαδρομή του αυτόνομου οχήματος θα μπορούσαν να υποστηριχθούν αποτελεσματικά με το IoT γενικά καθώς και με την παρακολούθηση των συστημάτων ασφαλείας για αυτόνομα οχήματα (Bylykbashi et al., 2020). Το πιο σημαντικό ζήτημα με τα αυτόνομα οχήματα είναι η πρόληψη και η αποφυγή ατυχημάτων οχημάτων με σύγκρουση, τα οποία θα μπορούσαν να επιλυθούν με στοχευμένη χρήση συσκευών IoT (Abdou et al., 2019). Η έξυπνη στάθμευση είναι επίσης επί του παρόντος ένας από τους πιο αναπτυσσόμενους τομείς του IoT όταν εξετάζουμε τον τομέα των μεταφορών γενικά. Παρέχονται διάφορες ερευνητικές προσπάθειες με αυτή την έννοια με κύριο στόχο να επιτραπεί η πιο πρόσφατη κατάσταση του διαθέσιμου χώρου στάθμευσης, ο έλεγχος και η παρακολούθηση διαφορετικών χρήσιμων πληροφοριών χώρων στάθμευσης σε πραγματικό χρόνο (Luque-Vega et al., 2019). Και πάλι, η ανάπτυξη των τεχνολογιών αισθητήρων, δηλαδή των έξυπνων αισθητήρων στάθμευσης είναι πολύ σημαντική για την αποτελεσματική και ακριβή εξυπηρέτηση, (Perkoníć et al., 2020a). Η συντήρηση και η πρόληψη αστοχιών διαφορετικών οχημάτων θα μπορούσε επίσης να υποστηριχθεί από το IoT (Saki et al., 2020), το οποίο θα μπορούσε να βελτιώσει την ασφάλεια και τη διάρκεια ζωής των οχημάτων. Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα όσα αναφέρθηκαν προηγουμένως, οι τεχνολογίες IoT θα μπορούσαν να αλλάξουν εντελώς την εμπειρία οδήγησης και γενικά να βελτιώσουν την ποιότητα των συστημάτων μεταφοράς από διάφορες πτυχές.

IoT σε έξυπνα δίκτυα και διαχείριση ενέργειας

Η ενεργειακή μετάβαση (Biresselioglu et al., 2020) έχει καταστεί αναγκαιότητα λόγω των πιθανών ελλείψεων των πόρων ορυκτών καυσίμων σε μελλοντικούς όρους και για τη μείωση των διαφορετικών επιπτώσεων της ρύπανσης που σχετίζονται με τη χρήση διαφόρων τεχνολογιών που βασίζονται σε ορυκτά καύσιμα, (Bielski et. al., 2020). Δεδομένου ότι έχει ήδη λάβει χώρα μια πιο εντατική εφαρμογή τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, η αποτελεσματική και προηγμένη διαχείριση ενέργειας των ηλεκτρικών δικτύων έχει γίνει μια σημαντική πτυχή. Η αποτελεσματική διαχείριση της ζήτησης με ακριβείς και ευέλικτες τεχνολογίες έξυπνης μέτρησης είναι βασικοί παράγοντες για την έξυπνη διαχείριση ενέργειας σε έξυπνα δίκτυα (Mendes et al., 2020). Ο σημαντικότερος ρόλος των τεχνολογιών IoT στα έξυπνα δίκτυα είναι η εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας (Rishav et al., 2019), με αποτελεσματική διανομή ηλεκτρικής ενέργειας, Εικόνα 2.2.6. Η συλλογή συγκεκριμένων δεδομένων δικτύου μέσω συσκευών IoT και αργότερα η ανάλυσή τους με το κατάλληλο λογισμικό, θα μπορούσε να συμβάλει στη βελτίωση της αξιοπιστίας και της αποτελεσματικότητας του δικτύου. Η οικονομική πτυχή της ηλεκτρικής ενέργειας θα μπορούσε επίσης να βελτιωθεί με το IoT λόγω της ήδη αναφερθείσας βελτίωσης της απόδοσης, όπως τονίστηκε προηγουμένως. Θα μπορούσαν να εξασφαλιστούν χρήσιμα οφέλη τόσο για τους πελάτες όσο και για τον πάροχο υπηρεσιών.



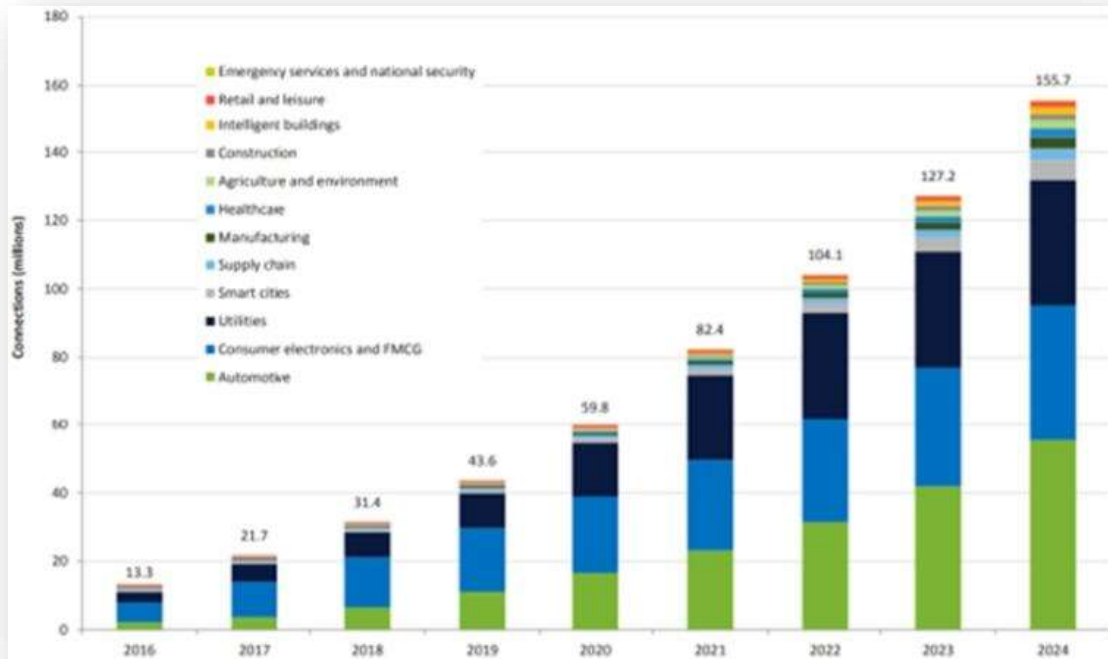
Εικόνα 2.2.6 Έννοια των έξυπνων δικτύων (Tuballa και Lochinvar Abundo, 2016).

Η διαχείριση από την πλευρά της ζήτησης στα νοικοκυριά είναι επίσης ένας σημαντικός τομέας εφαρμογής του IoT, (Rahimi et al., 2020). Τα σπίτια είναι συνήθως εξοπλισμένα με διαφορετικές συσκευές που γίνονται όλο και πιο προηγμένες, δημιουργώντας τη δυνατότητα για αποτελεσματική λειτουργία με τη ρύθμιση του IoT, (Tawalbeh et al., 2019). Η αποτελεσματική και έξυπνη πρόβλεψη των απαιτήσεων ηλεκτρικής ενέργειας για τα νοικοκυριά θα μπορούσε επίσης να υποστηριχθεί αποτελεσματικά από τις τεχνολογίες IoT, (Nils et al., 2020). Μια αναμενόμενη υψηλότερη διείσδυση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στα νοικοκυριά μέσω υβριδικών ενεργειακών συστημάτων για παράδειγμα (Gagliano et al., 2019), θα απαιτούσε επίσης μια στρατηγική έξυπνης λειτουργίας που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί από το IoT μέσω ολοκληρωμένων έξυπνων νανοδικτύων (Kalair et al., 2020). Η ανάπτυξη προϊόντων και τεχνολογιών IoT στην έξυπνη διαχείριση ενέργειας αναμένεται να επιτρέψει ακριβείς προβλέψεις και διαφορετικές στρατηγικές φορτίου στην περίπτωση της παραγωγής ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Pawar et al., 2020).

Τα κύρια θέματα και οι προκλήσεις που αναλύθηκαν παραπάνω αντικατοπτρίζουν απλώς τη σημασία των συσκευών IoT στα έξυπνα δίκτυα και τη διαχείριση ενέργειας.

2.3 Ιστορική Ανασκόπηση και Εξέλιξη

Η πρόοδος στις τεχνολογίες ημιαγωγών και σμίκρυνσης οδήγησε σε αξιοσημείωτη μείωση του μεγέθους των υπολογιστών που φέρνουν τη διάχυση στην κύρια τεχνολογία. Σήμερα, ένας διαρκώς αυξανόμενος αριθμός καθημερινών αντικειμένων είναι προικισμένοι με τεχνολογίες ανίχνευσης, οι οποίες συνδέονται άψογα με άλλες συσκευές, μέσω Διαδικτύου, για να στέλνουν δεδομένα, να ανταποκρίνονται σε εισροές ή να ενεργούν αυτόνομα, παρέχοντας διάφορες υπηρεσίες σε πραγματικό χρόνο. Αυτή η διασύνδεση καθημερινών αντικειμένων, ή έξυπνων «πράξεων», είναι δυνητικά μία από τις πιο σημαντικές τεχνολογίες που προκαλούν αναστάτωση του 21ου αιώνα. Σύμφωνα με μια έκθεση της Cambridge Consultants (Εικόνα 2.3.1), υπήρχαν περίπου 13,3 εκατομμύρια συνδέσεις IoT στο Ηνωμένο Βασίλειο το 2016 και αναμένεται να αυξηθεί με σύνθετο ετήσιο ρυθμό ανάπτυξης (CAGR) περίπου 36% σε 155,7 εκατομμύρια συνδέσεις στο τέλος του 2024. Επιπλέον, σύμφωνα με εκθέσεις έρευνας αγοράς, η αγορά IoT γνωρίζει σημαντική ανάπτυξη με την ABI Research (ABI Research, Home Automation Systems Market Data 2Q 2015, HS Research IoT Devices and Connectivity Intelligence Service 2016) να προβλέπει CAGR 44,9% στις αποστολές για ψηφιακές οικιακές συσκευές μεταξύ 2011-2020. Επιπλέον, μια έκθεση BCC Research¹ προέβλεψε ότι το τμήμα υλικού IoT αναμένεται να αυξηθεί από 6,5 δισεκατομμύρια δολάρια το 2017 σε 17,3 δισεκατομμύρια δολάρια το 2022 με CAGR 21,7% για αυτήν την περίοδο, ενώ το τμήμα υπηρεσιών προβλέπεται να αυξηθεί από 6,5 δισεκατομμύρια δολάρια σε 17,3 δισεκατομμύρια δολάρια σε CAGR 21,7% για την ίδια περίοδο. Η προβολή δείχνει τον πιθανό αντίκτυπο του Διαδικτύου των πραγμάτων στον τομέα της αγοράς στο σύνολό του.



Εικόνα 2.3.1. Προβλέψεις συνδέσεων ανά τομέα μεταξύ 2016 και 2024 (T. Winchcomb, 2017).

Πριν προχωρήσουμε, θα ήταν χρήσιμο να διευκρινιστεί με μεγαλύτερη ακρίβεια τι σημαίνει η φράση «Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων». Για παράδειγμα, ανάλογα με το πλαίσιο χρήσης, μπορεί να θεωρηθεί ότι αφορά (φυσικό) υλικό και αντικείμενα ή το Διαδίκτυο ή τα δίκτυα ή την πραγματική επικοινωνία. Εναλλακτικά, μπορεί να σημαίνει ότι πρόκειται για την αίσθηση, την επεξεργασία ή την ικανότητα λήψης αποφάσεων. Σε διαφορετικό επίπεδο, μπορεί να θεωρηθεί ότι αφορά δεδομένα ή πληροφορίες. Από μια διαφορετική οπτική γωνία, θα μπορούσε κανείς να το περιγράψει ως ένα νέο μοντέλο επεξεργασίας που οδηγεί στη βελτίωση της αποτελεσματικότητας μιας συγκεκριμένης επιχειρηματικής λειτουργίας ή στη βελτίωση της ποιότητας της ζωής των ανθρώπων. Έχουν υπάρξει πολλές ερμηνείες της έννοιας, ωστόσο δεν υπάρχει ακόμη ένας καθολικός ορισμός στον οποίο συμφωνούν όλοι οι ειδικοί. Τέλος, σε τι διαφέρει το Διαδίκτυο των πραγμάτων από παρόμοιες κινήσεις όπως η διάχυτη πληροφορική, η ευφυΐα περιβάλλοντος, η πανταχού παρούσα πληροφορική και τα ευφυή περιβάλλοντα (T. Winchcomb, 2017).

Φάσεις ανάπτυξης του Διαδικτύου των πραγμάτων

Έχοντας εισαγάγει το Διαδίκτυο των Πραγμάτων, θα διερευνήσουμε τώρα πώς η ιστορική εξέλιξη του Διαδικτύου των Πραγμάτων θα μπορούσε να χαρακτηριστεί σε φάσεις, καθεμία με τα δικά της χαρακτηριστικά. Η ανάλυσή μας βασίζεται σε μια μελέτη περισσότερων από σαράντα ορισμών και αφηγήσεων από δημοσιευμένη βιβλιογραφία κατά την περίοδο 2005–2017 (περίοδος 12 ετών). Για να ολοκληρώσουμε αυτήν την εργασία, αναλύσαμε δεδομένα χρησιμοποιώντας κοινές λέξεις-κλειδιά με βάση τη φύση, τα χαρακτηριστικά, τις λειτουργίες και τις δυνατότητες του Διαδικτύου των πραγμάτων. Από την ανάλυσή μας συμπεράνουμε ότι είναι δυνατό να χαρακτηριστεί η ανάπτυξή του σε πέντε διακριτές φάσεις. Η πρώτη φάση, πριν από το 2005, ήταν όταν το Διαδίκτυο των πραγμάτων βρισκόταν στα σπάργανά του και το έργο ήταν σε μεγάλο βαθμό διερευνητικό και ad-hoc χαρακτήρα.

Πρώτη φάση 2005–2008 (η περίοδος συσκευών και συνδεσιμότητας)

Οι πιο συχνές φράσεις κλειδιά που προέκυψαν από τη μελέτη αυτής της περιόδου ήταν: «επικοινωνία», «δίκτυο», «διασύνδεση», «φυσικά και εικονικά αντικείμενα», «πράγματα», «ταυτότητες» και «υπολογισμός». Δεδομένου ότι η κεντρική έκθεση ITU (ITU 2005) δημοσιεύτηκε στην αρχή αυτής της φάσης, η ιδέα του IoT θεωρήθηκε σχετικά νέο κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου. Σύμφωνα με τον οργανισμό «Internet World Stats», μεταξύ 15% και 24% του παγκόσμιου πληθυσμού ήταν, εκείνη την εποχή, συνδεδεμένο στο Διαδίκτυο με κύριες δραστηριότητές του να στέλνουν και να λαμβάνουν email ή να χρησιμοποιούν διάφορες υπηρεσίες αποθήκευσης για την ανακάλυψη πληροφοριών. Το Cloud Computing βρισκόταν στα σπάργανα κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, αφού ο όρος δεν υπήρχε ακόμη, με τέτοιο συγκεντρωτισμό των υπολογιστών και των πληροφοριών να θεωρούνται ως εφαρμογές των αρχιτεκτονικών πελάτη-διακομιστή. Ήταν η εποχή που εμφανίστηκε για πρώτη φορά το παράδειγμα «Εξαφανιζόμενος Υπολογιστής», κυρίως ως μέρος ενός προγράμματος χρηματοδότησης της έρευνας της EE (V. Callaghan, 2001). Δημιουργήθηκαν κοινότητες όπως το Ubiquitous and Pervasive Computing και το Intelligent Environments/Ambient Intelligence. Η έννοια του IoT σε αυτήν την περίοδο ερμηνεύτηκε ουσιαστικά ως «μετατροπή καθημερινών αντικειμένων σε ενσωματωμένους υπολογιστές», για «παροχή ταυτότητας στο αντικείμενο» και

«σύνδεσή του στο Διαδίκτυο» (δηλαδή απομακρυσμένη πρόσβαση και έλεγχος). Οι τεχνολογίες που χαρακτηρίζουν αυτήν την περίοδο ήταν το Dallas Semiconductor's Tini Board, το οποίο κυκλοφόρησε στο εμπόριο ως η πρώτη εμπορική συσκευή «ενσωματωμένου Διαδικτύου» στον κόσμο (J. Chin 2003). Την ίδια περίοδο, εμφανίστηκε η έννοια των «ενσωματωμένων πρακτόρων» που επέτρεψε την υλοποίηση της αποκεντρωμένης νοημοσύνης του περιβάλλοντος (V. Callaghan 2005).

Φάση δεύτερη 2009–2011 (η περίοδος από μηχανή σε μηχανή)

Μεταξύ 2009 και 2011, οι βιομηχανίες και οι ακαδημαϊκοί άρχισαν να συνειδητοποιούν τις δυνατότητες του Διαδικτύου των Πραγμάτων με μια αύξηση των προσπαθειών ανάπτυξης και εφαρμογής της ιδέας. Στη μελέτη μας για αυτήν την περίοδο, προέκυψαν αρκετές νέες φράσεις κλειδιά: «υποδομή», «πληροφορίες», «δεδομένα», «υπηρεσίες», «συλλήψεις», «αίσθηση», «φυσική και εικονική», «επικοινωνία», «διαλειτουργικότητα», «απρόσκοπτη ενσωμάτωση», «απρόσκοπτη επικοινωνία», «διαδικασίες», «αυτόνομα» και «ελεγχόμενο από απόσταση». Αυτή η περίοδος βελτιώθηκαν σταδιακά οι τεχνολογικές πλατφόρμες για να υποστηρίξουν τη βασική λειτουργικότητα του Internet-of-Things. Δίκτυα και πρότυπα δημιουργήθηκαν για να υποστηρίξουν τους διάφορους τρόπους επικοινωνίας που εμπλέκονται (ETSI document 2016, ETSI Technical Specification 2010, C. Gomeza, 2018). Ένας από αυτούς τους τρόπους επικοινωνίας, το Machine-to-Machine (M2M), υιοθετήθηκε ως βάση για το Industrial Internet-of-Things, το οποίο ήταν τόσο σημαντικό που χρησιμοποιήθηκε για την κατηγοριοποίηση αυτής της φάσης. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, υπήρξε μια μετατόπιση της εστίασης μακριά από τα θέματα υλικού και συνδεσιμότητας της πρώτης φάσης, στο λογισμικό, τα δεδομένα, τις πληροφορίες και τις υπηρεσίες. Παρατηρήθηκε επίσης αυξημένη έμφαση στην ικανότητα επεξεργασίας και στον τηλεχειρισμό. Η έννοια του Διαδικτύου των Πραγμάτων άρχισε να απογειώνεται πιο γρήγορα προς το τέλος αυτής της περιόδου.

Φάση τρίτη 2012–2014 (η περίοδος HCI)

Μεταξύ 2012 και 2014, η τεχνολογία συνέχισε να προοδεύει, επιταχύνοντας περαιτέρω την εμπορική υιοθέτηση της ιδέας του IoT. Παραδείγματα τέτοιων τεχνολογικών εξελίξεων περιελάμβαναν (α) αναγνώριση αντικειμένων (π.χ. Ηλεκτρονικοί Κωδικοί

Προϊόντων (EPC) (D. Brock, 2018) και IPv6 (M. Lorenz, 2011, D. Vadhia 2004) και (β) συνδεσιμότητα δικτύου (M. Rave, 2014, SiliconAngle, 2018). Σημαντικές εξελίξεις σημειώθηκαν στον τομέα της ΑΕΙ. Για παράδειγμα, τα παραδείγματα Προγραμματισμού Τελικού Χρήστη άρχισαν να προσελκύουν την προσοχή για να αντιμετωπίσουν τις ανάγκες ενδυνάμωσης των χρηστών σε αυτήν την ψηφιακή επανάσταση (J. Chin 2012, M. Littman 2018, N. Streitz, 2018). Εκτός από τις προηγούμενες λέξεις-κλειδιά, οι πιο συχνές νέες φράσεις που αποκαλύφθηκαν σε αυτή τη φάση ήταν: «άνθρωπος», «αλληλεπίδραση», «έξυπνος», «σύνδεση ανθρώπων, διαδικασιών, δεδομένων και πραγμάτων», «συνδεδεμένος» και «βελτίωση της ποιότητας ». Από αυτά συνάγεται ότι η έννοια του Διαδικτύου των πραγμάτων είχε εξελιχθεί από πληροφορίες και υπηρεσίες (της δεύτερης φάσης) για να συμπεριλάβει χρήστες. Το όραμα για τη διασύνδεση των μέχρι τότε χωριστών συστημάτων σιλό άρχισε επίσης να αναδύεται, καθώς και η ενδυνάμωση των χρηστών μέσω παραδειγμάτων όπως το Pervasive-interactive-Programming (PiP) που επέτρεπε στους τελικούς χρήστες όχι μόνο να συναρμολογούν υλικό, αλλά και να προγραμματίζουν το συνεργατικό λογισμικό λειτουργικότητα τέτοιων συστημάτων, η οποία ήταν μια βασική πτυχή για να γίνουν εξατομικευμένα και πιο έξυπνα (J. Chin 2012).

Σκέψεις για το μέλλον του Internet-of-Things

Έχοντας αναλογιστεί το παρελθόν και το παρόν, τώρα στρέφουμε την προσοχή μας στο μέλλον. Φυσικά αυτή είναι μια περιοχή γεμάτη εικασίες καθώς κανείς δεν μπορεί να προβλέψει το μέλλον αξιόπιστα. Η πρόκληση της ουσιαστικής συζήτησης για το μέλλον του Διαδικτύου των πραγμάτων είναι ένας από τους οδηγούς πίσω από τα εργαλεία μελλοντικής χύτευσης, όπως το Πρωτότυπο Επιστημονικής Φαντασίας που συζητήθηκε ωρίτερα σε αυτό το άρθρο. Είναι σαφές ότι, ενώ μπορεί να μην είμαστε σε θέση να προβλέψουμε το μέλλον με βεβαιότητα, υπάρχουν ορισμένα σχόλια που μπορούμε να κάνουμε με ελάχιστο φόβο αντιφάσεων, όπως η παρατήρηση ότι το Internet-of-Things έχει γνωρίσει κάποια εξαιρετική ανάπτυξη τα τελευταία χρόνια, μια τάση που είναι πολύ πιθανό να συνεχιστεί (V. da Costa-Pereira 2013). Για παράδειγμα, αυτά που εκτιμήθηκαν για τον αριθμό συνδεδεμένων συσκευών το 2020 είναι της τάξης των 21 έως 75 δισεκατομμυρίων, με σχετική αγοραία αξία της τάξης των 60 τρισεκατομμυρίων δολαρίων. Κατά συνέπεια, υπάρχει ένα τεράστιο κίνητρο για τις

εταιρείες, τους ερευνητές και τους πολίτες να αναζητήσουν ευκαιρίες να εμπλακούν σε αυτήν την ταχέως αναπτυσσόμενη αγορά. Η πολύπλοκη και ταχέως εξελισσόμενη δυναμική του Διαδικτύου των πραγμάτων δημιουργεί δύσκολες προκλήσεις που με τη σειρά τους μπορούν να αντιπροσωπεύουν ευκαιρίες που παρακινούν ερευνητές και επιχειρηματίες. Για παράδειγμα, υπάρχουν πολλά πρότυπα δικτύου και πρωτοκόλλων, μια μυριάδα διαφορετικών συσκευών που παράγονται (από διαφορετικούς ανθρώπους και οργανισμούς), ένας ανοιχτός και αυξανόμενος αριθμός εφαρμογών και τεράστιες ποσότητες δεδομένων που παράγονται. Στο ένα άκρο, το αναπόφευκτο χάος μιας ταχέως αναπτυσσόμενης τεχνολογίας προσελκύει εγκληματίες που εκμεταλλεύονται την κακή σχεδίαση και οργάνωση ορισμένων υφιστάμενων συστημάτων Internet-of-Things για να παραβιάσουν συσκευές, παραβιάζοντας τις για δικούς τους σκοπούς. Για να καταδείξουμε αυτό το σημείο, το 2016 είδε την πρώτη σημαντική χρήση κακόβουλου λογισμικού για πρόσβαση σε συσκευές Internet-of-Things χρησιμοποιώντας προεπιλεγμένα ονόματα χρήστη και κωδικούς πρόσβασης (η πιο ευρέως αναφερόμενη χρήση είναι η ενορχήστρωση επιθέσεων DoS). Έτσι, μια σημαντική ευκαιρία για έρευνα θα σχετίζεται με την εμπιστοσύνη, το απόρρητο και την ασφάλεια στο Internet-of-Things (και η δυναμική φύση της ασφάλειας σημαίνει ότι είναι πιθανό να παραμείνει ένας τομέας έντονης έρευνας για αρκετό καιρό στο μέλλον). Η πολυπλοκότητα είναι επίσης μια ευκαιρία, καθώς, για παράδειγμα, αυτό δημιουργεί τη δυνατότητα χρήσης τεχνητής νοημοσύνης για τη μείωση του γνωστικού φόρτου του χρήστη, διευκολύνοντας τον να αξιοποιήσει τις δυνατότητες του Διαδικτύου των πραγμάτων. Παραδείγματα σε αυτό το έγγραφο έδειξαν ότι είναι δυνατή η δημιουργία εργαλείων που μειώνουν σημαντικά το γνωστικό φορτίο στους χρήστες, αλλά χρειάζεται περισσότερη δουλειά για να τελειοποιηθούν τέτοιες τεχνικές (και να εφευρεθούν νέες) ώστε να διασφαλιστεί ότι δεν παρεμποδίζεται η πρόοδος στο Internet-of-Things. Ομοίως, ο τεράστιος όγκος των μεγάλων δεδομένων που είναι ικανό να παράγει το Διαδίκτυο των πραγμάτων δημιουργεί μια πρόκληση για τη δημιουργία νέων αναλυτικών τεχνικών καθώς και ευκαιρίες για τους επιχειρηματίες να εκμεταλλευτούν τις εμπορικές δυνατότητες. Το Internet-of-Things προχωρά την ανάλυση δεδομένων από την ενασχόληση με σχετικά αργά εξελισσόμενα (αν είναι μεγάλα) σύνολα δεδομένων, σε τεράστιους όγκους δεδομένων που συλλέγονται από φυσικούς αισθητήρες που αλλάζουν σε πραγματικό χρόνο, τα οποία αποτελούν σημαντικές προκλήσεις για τους ερευνητές. Διαφορετικά αρχιτεκτονικά παραδείγματα παραπέμπουν επίσης. Επί του παρόντος, το μεγαλύτερο μέρος του λογισμικού

ανάλυσης και διαχείρισης αναπτύσσεται σε κεντρικούς διακομιστές (το Cloud), αλλά αυτό έχει ευπάθειες (μια κεντρική εξάρτηση) και περιορισμούς απόδοσης (π.χ. επεκτασιμότητα, λανθάνουσα κατάσταση) που περιορίζουν την απόδοση σε πραγματικό χρόνο και έχουν οδηγήσει σε παραδείγματα όπως το Fog ή Edge computing που κατανέμει τους υπολογισμούς πιο κοντά στο επίπεδο επινοήσεως του Internet-of-Things. Προηγούμενα παραδείγματα όπως οι «ενσωματωμένοι πράκτορες» κατάφεραν ακόμη και να διανείμουν την τεχνητή νοημοσύνη σε συσκευές τελικού χρήστη (M. Ball 2012, V. Callaghan, 2002) κάνοντας εφικτά οράματα όπως το Ευφυές Περιβάλλον (V. Callaghan 2013) και το Περιβάλλον Νοημοσύνης (E. Aarts 2009, B. de Ruyter 2004). Η ολοένα και πιο περίπλοκη διασυνδεσιμότητα του Διαδικτύου των πραγμάτων μπορεί επίσης να οδηγήσει σε αστάθειες του συστήματος, τις οποίες οι ερευνητές δυσκολεύονται να κατανοήσουν (V. Zamudio 2009). Έτσι, η έρευνα για την αρχιτεκτονική του Διαδικτύου των πραγμάτων, τα παραδείγματα Τεχνητής Νοημοσύνης, τον Προγραμματισμό Τελικού Χρήστη, τα ζητήματα απορρήτου και αποδοχής είναι πιθανό να παραμείνουν καυτά θέματα για αρκετό καιρό ακόμη. Τέλος, προτού αφήσουμε τη συζήτηση για τις ευκαιρίες έρευνας, αξίζει να επισημάνουμε ευρύτερες προκλήσεις που σχετίζονται με τη μεταφορά της έρευνας από τα εργαστήρια στην αγορά. Για παράδειγμα, νωρίτερα σε αυτό το άρθρο περιγράψαμε μερικές πολλά υποσχόμενες προσεγγίσεις για να δώσουμε στους χρήστες περισσότερο έλεγχο στα συστήματα Internet-of-Things (π.χ. Pervasive-interactive-Programming (J. Chin, 2006, J. Chin 2008) και Adjustable Autonomy (M. Ball 2012), αλλά είναι σαφές ότι Η υιοθέτηση στην αγορά δεν είναι απλώς ένα ζήτημα της ποιότητας της επιστήμης, αλλά μάλλον ένα θέμα που εκτείνεται σε θέματα αποδοχής, μάρκετινγκ και εμπορικών θεμάτων. Έτσι, η εμπορευματοποίηση της ερευνητικής εργασίας είναι μια εξίσου αξιόλογη οδός έρευνας, μια πρόκληση που έχει εντοπιστεί και αντιμετωπιστεί από τους ερευνητές των σχολών επιχειρήσεων (P. Zheng 2016).

Εκτός από ευκαιρίες για έρευνα των υποκείμενων τεχνολογιών, υπάρχουν επίσης ανοίγματα για τη δημιουργία νέων εφαρμογών. Το Διαδίκτυο των πραγμάτων διαδραματίζει ήδη θεμελιώδη ρόλο στη δημιουργία των λεγόμενων έξυπνων σπιτιών, τα οποία, αρχικά, επικεντρώνονταν σε μεγάλο βαθμό στην παροχή φροντίδας (J.C. Augusto, 2018). Ωστόσο, οι εφαρμογές για έξυπνα σπίτια είναι πολύ ευρύτερες από αυτό. Για παράδειγμα, οι επιχειρήσεις κοινής ωφελείας διερευνούν επί του παρόντος τη δυνατότητα συνδυασμού έξυπνων οικιακών τεχνολογιών που βασίζονται στο Διαδίκτυο των πραγμάτων με αναλυτικά δεδομένα μεγάλων δεδομένων,

δημιουργώντας έννοιες όπως «ενεργειακά σύννεφα», όπου οι συσκευές Διαδικτύου των πραγμάτων χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση και τη διαχείριση της χρήσης ενέργειας σε τόσο σε επίπεδο σπιτιού όσο και σε επίπεδο κοινότητας. Αυτή θεωρείται ως μια πιο εύκολη αγορά Internet-of-Things στην ανάπτυξη, καθώς η εξοικονόμηση ενέργειας είναι ευπρόσδεκτη τόσο από τους πελάτες όσο και από τις εταιρείες. Πέρα από την ενεργειακή αγορά, υπάρχουν πολλές άλλες εταιρείες που προσέχουν τομείς αυτής της αναδυόμενης αγοράς (π.χ. λαμπτήρες Philips Hue, αλληλεπίδραση ομιλίας Amazon Alexa κ.λπ.), που συναγωνίζονται για μια αγορά που εκτιμάται ότι θα αξίζει περίπου 53 δισεκατομμύρια δολάρια έως το 2020. Συστάδες έξυπνων κατοικιών, έξυπνα εργοστάσια ή γραφεία και έξυπνα αυτοκίνητα συνθέτουν τις ονομαζόμενες έξυπνες πόλεις, οι οποίες είναι πυκνοκατοικημένες με συσκευές Internet-of-Things που δημιουργούν πολυάριθμες νέες ευκαιρίες για έρευνα και εμπόριο. Η ρομποτική σε διάφορες μορφές είναι μια άλλη μεγάλη επερχόμενη ευκαιρία για το Internet-of-Things με πολυάριθμες εταιρείες που εκτελούν έργα πριν από την αγορά για να εξερευνήσουν, για παράδειγμα, την πιθανή αγορά για οικιακά ρομπότ (οικιακούς υπαλλήλους). Για παράδειγμα, η Intel ξεκίνησε ένα έργο που ονομάζεται «Ρομπότ του 21ου αιώνα», όπου οι πιθανοί πελάτες μπορούσαν να συμμετάσχουν στο σχεδιασμό ενός οικιακού ρομπότ. Αυτό ήταν μέρος μιας σκόπιμης στρατηγικής για τη σάρωση του ορίζοντα σε αναζήτηση νέων ευκαιριών προϊόντων στο Διαδίκτυο των πραγμάτων με βάση τη χρήση της μεθοδολογίας Πρωτοτύπων Επιστημονικής Φαντασίας που χρησιμοποιούσε τη γραφή ιστορίας ως τρόπο που του επέτρεπε να επικοινωνεί με τους πελάτες του (B.D. Johnson, 2014). Όπως καταδείχθηκε σε μία από τις περιπτώσιολογικές μελέτες που παρουσιάστηκαν νωρίτερα σε αυτό το έγγραφο, πέρα από τους φυσικούς χώρους υπάρχει αυξανόμενη εστίαση στη μικτή πραγματικότητα όπου οι πραγματικές συσκευές Διαδικτύου των πραγμάτων αλληλεπιδρούν με εικονικά αντικείμενα, η μικτή πραγματικότητα υπερβαίνει την επαυξημένη πραγματικότητα σε αυτό Δεν σταματά στην επικάλυψη εικονικών πληροφοριών στον πραγματικό κόσμο, αλλά επεκτείνεται σε μια περιοχή όπου πραγματικές και εικονικές εκδηλώσεις δικτυωμένων αντικειμένων υπολογιστή (π.χ. φυσικές συσκευές IoT και εικονικές συσκευές IoT) μπορούν να συνεργαστούν σαν να ήταν μέρος ενός ολόκληρου συστήματος. Για παράδειγμα, ο Davies (2012) διερεύνησε τη σύνδεση αντικειμένων σε παιχνίδια υπολογιστή στην οθόνη με πραγματικά αντικείμενα στο τοπικό φυσικό περιβάλλον (π.χ. φώτα σπιτιού), αναμειγνύοντας έτσι τις πραγματικότητες για αυξημένες εμπειρίες για τους διαδικτυακούς παίκτες. Όπως

αναφέρθηκε προηγουμένως, ο Pena-Rios (2014) έχει εξερευνήσει χρησιμοποιώντας ιδέες μικτής πραγματικότητας για τη δημιουργία διαδικτυακών εργαστηρίων μηχανικής και, πιο πρόσφατα, συνεργάστηκε με την BT για να αναπτύξει παρόμοιες τεχνικές για την υποστήριξη του εργατικού δυναμικού τους. Αυτός ο τομέας είναι ακόμη πολύ σε αρχικό στάδιο και έτσι προκαλεί πολλές ευκαιρίες για ερευνητές και εταιρείες. Φυσικά, πολλές εφαρμογές Internet-of-Things έχουν τη δυνατότητα να δημιουργήσουν τεράστιους όγκους δεδομένων, μεγάλα δεδομένα. Παρά τις πρόσφατες οπισθοδρομήσεις στην κατάχρηση προσωπικών δεδομένων, πρόσφατες ανακοινώσεις από την Ευρωπαϊκή Ένωση υποδηλώνουν ότι επιθυμούν να υποστηρίξουν την εμπορευματοποίηση των δεδομένων του Διαδικτύου των πραγμάτων για να πυροδοτήσει μια ευρωπαϊκή οικονομία δεδομένων, η οποία, όσον αφορά τις επενδύσεις, υστερεί κατά ορισμένους στην αμερικανική βιομηχανία. 10 ποσοστιαίες μονάδες. Η ανάπτυξη των μεγάλων δεδομένων που υπόσχεται το Internet-of-Things ασκεί ήδη πίεση στα κέντρα δεδομένων ώστε να είναι σε θέση να προσφέρουν την απόδοση που απαιτείται για την εξυπηρέτηση του τεράστιου πληθυσμού των συσκευών Internet-of-Things. Ως αποτέλεσμα, υπάρχει μια αυξανόμενη ανάγκη για πιο σύνθετες αρχιτεκτονικές Internet-of-Things για την υποστήριξη των νέων γενεών εφαρμογών. Ένα παράδειγμα, που αναφέρθηκε προηγουμένως, είναι το edge-computing, όπου μέρος του υπολογιστικού φορτίου για την εξυπηρέτηση συσκευών Internet-of-Things μετακινείται σε μικρότερους (αλλά ισχυρούς) υπολογιστές στην τοποθεσία των εν λόγω συσκευών τελικού σημείου, κατανέμοντας φορτία, αυξάνοντας αξιοπιστία και καλύτερη απόκριση λανθάνουσας κατάστασης (ενώ απολαμβάνετε ασφάλεια cloud, επεκτασιμότητα, διαμόρφωση, ανάπτυξη και διαχείριση).

Παρουσιάστηκε η Πρωτοτυποποίηση Επιστημονικής Φαντασίας ως μέσο για την εισαγωγή κάποιας ευφάνταστης σκέψης στη διαδικασία καινοτομίας του Διαδικτύου των πραγμάτων. Έτσι, ίσως, είναι σωστό να ολοκληρώσουμε εξετάζοντας εν συντομία δύο παραδείγματα χρήσης του για την προώθηση του οράματος του Διαδικτύου των πραγμάτων. Το πρώτο παράδειγμα είναι από το διάσημο Κέντρο Τεχνικής Έρευνας VTT της Φινλανδίας όπου, υπό την καθοδήγηση της Tiina Kymäläinen, χρησιμοποιούν τη μεθοδολογία για να διερευνήσουν πώς το Διαδίκτυο των πραγμάτων, σε συνδυασμό με την ευφυΐα περιβάλλοντος, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία εργοστασίων του μέλλοντος. Το έργο τους δεν προώθησε απλώς τη σκέψη σχετικά με τις δυνατότητες για νέες τεχνολογίες, αλλά προώθησε επίσης τη μεθοδολογία εισάγοντας μια «βιντεοεικονογραφημένη» παραλλαγή του Πρωτότυπου

Επιστημονικής Φαντασίας (T. Kymäläinen, 2017). Το δεύτερο παράδειγμα είναι μάλλον πιο εικαστικό στη φύση, εξετάζοντας τον τρόπο με τον οποίο το Διαδίκτυο των πραγμάτων μπορεί να επηρεαστεί από τους νανο-υπολογιστές (κατασκευάζοντας πλήρως αυτόνομους υπολογιστές, οι οποίοι περιλαμβάνουν αισθητήρες και ενεργοποιητές, κατασκευασμένους σε διαστάσεις Νανομέτρων. Ένα πρωτότυπο επιστημονικής φαντασίας του 2014 υπέθεσε ότι τέτοιες συσκευές μεγέθους νανομέτρου θα μπορούσαν να ψεκαστούν σε επιφάνειες ή να εμφυτευθούν σε βιολογικά συστήματα για τη δημιουργία νέων τύπων εφαρμογών Internet-of-Things (V. Callaghan 2014). Ενώ η τελευταία λέξη της τεχνολογίας δεν επέτρεπε την κατασκευή τέτοιων συστημάτων, ένα σχετικό έργο δημιούργησε μια εξελιγμένη προσομοίωση που επέτρεψε τη δοκιμή των ιδεών, ως μέρος μιας βαθιάς νανο-υπολογιστή για ψεκασμό σε τοίχους για τη δημιουργία διαδραστικών επιφανειών (A.M. King, 2008). Η δουλειά που βασίζεται σε ιδέες υπολογιστών νανοκλίμακας μπορεί να ανιχνευθεί πίσω στο 1997 όταν οι Kristofer Pister, Joe Kahn και Bernhard Boser, όλοι από το Πανεπιστήμιο της Καλιφόρνια στο Μπέρκλεϋ, έθεσαν μια ιδέα για αυτό που ονόμασαν «Smart Dust» στον αμερικανικό στρατό. ως τρόπος παρακολούθησης κινήσεων σε πεδίο μάχης. Από τότε υπήρξε μεγάλο ενδιαφέρον για τα οφέλη που προκύπτουν από τη συγχώνευση των ιδεών Smart-Dust με το Διαδίκτυο των πραγμάτων. Για παράδειγμα, η «Cambridge Consultants» παρείχε πρόσφατα μερικά ενδιαφέροντα παραδείγματα πιθανών εφαρμογών, για το «Smart Dust» προτείνοντας «Τα βουνά θα μπορούσαν να σπαρθούν με μικροσκοπικούς αισθητήρες θερμοκρασίας για να λειτουργήσουν ως σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης χιονοστιβάδων – και τα χωράφια θα μπορούσαν να ψεκαστούν με έξυπνη σκόνη για να δίνουν πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο σχετικά με τη θερμοκρασία του εδάφους και την περιεκτικότητα σε υγρασία. Στο σπίτι, η έξυπνη βαφή σε ένα δωμάτιο θα μπορούσε να μετρήσει τη θερμοκρασία, την υγρασία ή τον θόρυβο – ενώ θα μπορούσατε να εκτυπώσετε τις δικές σας έξυπνες ετικέτες ρούχων που θα μπορούσαν να συνδέονται με εξατομικευμένους κύκλους πλύσης» (J. Twentyman, 2017). Άλλα παραδείγματα περιλαμβάνουν ένα έργο της ΕΕ που εξέτασε τη δυνατότητα έγχυσης συσκευών Nano στο ανθρώπινο σώμα για ιατρική διάγνωση και αποκατάσταση (S. Bellis, 2004). Το κίνημα του τεχνολογικού Singularity εικάζει εδώ και καιρό τη χρήση μιας τέτοιας τεχνολογίας για την ενίσχυση της ικανότητας του ανθρώπινου εγκεφάλου (V. Callaghan, 2016), οδηγώντας δυνητικά σε μια διευρυμένη μορφή του Διαδικτύου των πραγμάτων που μπορεί να περιλαμβάνει ζώα και ανθρώπους. ένα Διαδίκτυο των

Πάντων! Σαφώς, όπως έδειξαν οι συζητήσεις στις προηγούμενες ενότητες αυτού του άρθρου, οι νέες τεχνολογικές εξελίξεις έχουν τη δυνατότητα να μεταμορφώσουν τη ζωή των ανθρώπων τόσο με καλούς όσο και με κακούς τρόπους. Έτσι, κατά την ανάπτυξη του Διαδικτύου των πραγμάτων, είναι σημαντικό να ασκείται ορθή ηθική κρίση, όπου ένα εργαλείο όπως το Πρωτότυπο Επιστημονικής Φαντασίας και η κατανόηση των ζητημάτων αποδοχής από τους χρήστες, μπορεί να είναι ιδιαίτερα χρήσιμο, καθώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί όχι μόνο για επιθυμητά μέλλοντα αλλά και για δυστοπικά μέλλοντα που θα θέλαμε να αποφύγουμε (V. Callaghan, 2015). Σαφώς, ενώ οποιαδήποτε συζήτηση για το μακροπρόθεσμο μέλλον του Διαδικτύου των Πραγμάτων δεν μπορεί να είναι παρά μια ευχάριστη εικασία, μπορούμε να πούμε ότι, με βάση τις υπάρχουσες τάσεις που η βραχυπρόθεσμη αγορά του Διαδικτύου των Πραγμάτων πρόκειται να αναπτυχθούν και να αποτελέσουν πηγή καινοτομίας για αρκετό καιρό ακόμη.

3η ΕΝΟΤΗΤΑ: « INTERNET OF THINGS ΚΑΙ 5G »

3.1 Προκλήσεις IoT

Το IoT προσφέρει τα πάντα συστήματα με την απαίτηση λογισμικού και ένας μεγάλος αριθμός στοιχείων πρέπει να είναι προσβάσιμος με χαμηλό κόστος. Επομένως, τα προβλήματα του IoT και τα βασικά κριτήρια είναι τα εξής:

1. Ενεργειακή απόδοση: Τρία σημαντικά στάδια είναι η συγκομιδή, η συζήτηση και η κατανάλωση του οικοσυστήματος IoT που απαιτούν ενέργεια. Πρέπει να διερευνηθούν νέες ενεργειακά αποδοτικές λύσεις (Singh, D. 2017). Οι τεχνολογίες συγκομιδής και οι μικρές μπαταρίες συμβάλλουν στην εξοικονόμηση ενέργειας. Ωστόσο, το πρόβλημα παρουσιάζεται όταν η εφαρμογή πραγματοποιείται σε μια απομακρυσμένη περιοχή όπου η πρόσβαση είναι μια εργασία που καταναλώνει προσπάθεια και η επαναφόρτιση ή η αντικατάσταση μπαταριών είναι μια άλλη αδύνατη εργασία. Όταν δημιουργηθεί άμεση επικοινωνία μεταξύ των συσκευών IoT, η κατανάλωση ενέργειας μπορεί να μειωθεί. Η τοπική συνδεσιμότητα επιτυγχάνεται με τη χρήση ασύρματων τεχνολογιών τυποποίησης μικρής εμβέλειας και υιοθετούνται ασύρματες πύλες για την παροχή απομακρυσμένης συνδεσιμότητας στο Διαδίκτυο. Το σύγχρονο κυψελοειδές δίκτυο LTE-A συνεισφέρει ακόμη σε ενεργειακά αποδοτικές λύσεις δικτύωσης.

2. Επεκτασιμότητα: Τεράστια στατιστικά στοιχεία για έξυπνες συσκευές είναι υπεύθυνα να αποτελούν μέρος του επερχόμενου κόσμου του IoT, οδηγώντας σε μειονεκτήματα της τρέχουσας υποδομής δικτύου.

Υπάρχουν πολλά μειονεκτήματα που πρέπει να αντιμετωπιστούν στα συστήματα IoT που βασίζονται σε 5G, αν και ορισμένες πρόσφατες εργασίες πραγματοποιούνται από το 3GPP για την υποστήριξη του MTC στο LTE-A. Αναμένουμε ότι η αρχιτεκτονική IoT βάσει ποσοστού θα περιλαμβάνει την εξάλειψη του πλεονάσματος στην πρόσβαση σύνδεσης διατηρώντας αποτελεσματική κατανομή πόρων ραδιοφώνου και αποτελεσματικό χειρισμό της επικοινωνίας δεδομένων μικρού μεγέθους με την υπόθεση της υψηλής απόδοσης της συσκευής (Singh, D. 2017).

3. Ανθεκτικότητα: Η δυναμική ουσία του ασύρματου οικοσυστήματος IoT διασφαλίζει τη λειτουργία του συστήματος κάτω από δύσκολες συνθήκες, συμπεριλαμβανομένων των ελλείψεων στη συνδεσιμότητα με την υποδομή δικτύου. Σε αντίθεση με τις επιτυχίες μετάδοσης του τριχοειδούς δικτύου, λόγω συνωστισμένων περιστατικών, καταστάσεων αποτυχίας κόμβου δικτύου, όχι και τόσο καλών ασύρματων, στις συνθήκες δικτύωσης και πολλές καταστροφικές περιστάσεις, είναι

πιθανό να προκύψει απρόβλεπτη έλλειψη βάσης υποδομής. Εκτός από την έλλειψη πρόσβασης σε δικτυακή υποδομή, η εγγενής δυναμική φύση των ασύρματων περιβαλλόντων IoT συχνά χρειάζεται διαβεβαιώσεις σταθερότητας της συσκευής υπό σκληρές συνθήκες (Singh, D. 2017).

4. Διαλειτουργικότητα: Τα εξαιρετικά ετερογενή τεχνουργήματα γεμίζουν το IoT, καθένα από τα οποία έχει συγκεκριμένες λειτουργίες που είναι προσβάσιμες μέσω της δικής του γλώσσας και ενός δικτύου, που ένα από τα κύρια κριτήρια, είναι ο χειρισμός αυτής της εγγενούς ποικιλομορφίας, η οποία παρέχει αποτελεσματικές λύσεις για την απρόσκοπτη ενοποίηση συσκευών, τεχνολογιών και υπηρεσιών (Tudzarov, A. 2011). Από την άποψη της επικοινωνίας, η ευελιξία του IoT θα λάβει το φάσμα των ραδιοτεχνολογιών που εμπλέκονται στην υποστήριξη συσκευών χαμηλής κατανάλωσης. Στο δίκτυο 5G, όλες οι εξελισσόμενες τάσεις υποστηρίζονται από τη συνδεσιμότητα εφαρμογών IoT. Για αυτά τα κυβελωτά δίκτυα επόμενης γενιάς χρειάζονται έναν αποτελεσματικό μηχανισμό για τη διαχείριση ετερογενών δυνατοτήτων δεδομένων, καθώς διαχειρίζεται διαφορετικές ραδιοτεχνολογίες και ολοκληρωμένη διαχείριση κινητικότητας κ.λπ.

5. Επικοινωνίες ομάδας: Σε καθολικά περιβάλλοντα IoT, τα δεδομένα που παρέχονται από ένα μεμονωμένο αντικείμενο ενδέχεται να μην είναι αρκετά αξιόπιστα ή χρήσιμα για να υποστηρίξουν συγκεκριμένες εφαρμογές και την απαιτούμενη ποιότητα των δεδομένων. Ταυτόχρονα, τα αυτόνομα συστήματα IoT μπορούν να έχουν πλεονεκτήματα στην ενεργοποίηση ταυτόχρονων ενεργειών σε πολλαπλές ενέργειες όπως το φως λαμπτήρων στο δρόμο σε μια έξυπνη πόλη. Η συνάφεια της επικοινωνίας ομάδας IoT περιλαμβάνει την τυποποίηση ενός πρωτοκόλλου εφαρμογής συσκευής περιορισμένων πόρων που βασίζεται στο IPv6 (Liu, J.,2017). Οι λύσεις Multicast και unicast-oriented μπορούν να παρέχουν ομαδικές επικοινωνίες.

Η πρώτη κατάσταση είναι η πιο δύσκολη επειδή το δίκτυο πρέπει να διευκολύνει την ταυτόχρονη μετάδοση πακέτων σε έναν αριθμό παραληπτών. Αυτό επιτρέπει τη μείωση της κυκλοφορίας του δικτύου και τη βελτίωση της αποτελεσματικής χρήσης των πόρων (Tudzarov, A. 2011).

6. Περιβάλλον δικτύου IoT που βασίζεται σε νέφος: Η υποστήριξη ενός δυναμικού συστήματος εκτέλεσης για πολύπλοκες εφαρμογές IoT είναι μια άλλη σημαντική πρόκληση. Τα εργαλεία επεξεργασίας και αποθήκευσης κατ' απαίτηση αναπτύσσονται παγκοσμίως με υποστήριξη από κέντρα δεδομένων.

Η εικονικοποίηση συσκευών IoT, τα συμβάντα αισθητήρων δυναμικής επεξεργασίας, η διακωδικοποίηση εικόνας, η αναδιοργάνωση προσώπων, η αποθήκευση τεράστιου όγκου δεδομένων και η ανάλυση των μεγάλων δεδομένων δημιουργούν περισσότερες προκλήσεις στις πλατφόρμες IoT. Τα δίκτυα οχημάτων (Raya, M. 2007), και το Fog computing (Bonomi, F., 2012) εισήχθη για το IoT, καθώς αντιμετωπίζει αυτά τα ζητήματα μέσω υπηρεσιών cloud.

Οι λύσεις υπολογιστών αντιμετωπίζουν καθυστερήσεις στην επικοινωνία με απομακρυσμένα κέντρα δεδομένων λόγω κυκλοφοριακής συμφόρησης.

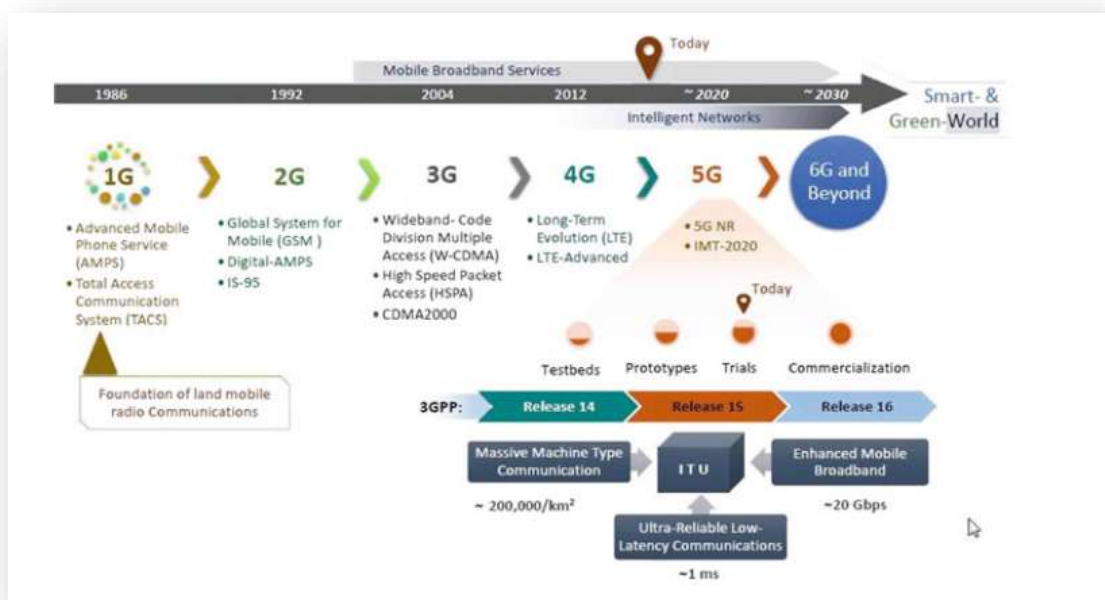
7. Υποστήριξη πολυμέσων IoT: Οι έξυπνες συσκευές πολυμέσων πρέπει επίσης να ενσωματωθούν πλήρως για την υποστήριξη υπηρεσιών πολυμέσων προκειμένου να υλοποιηθεί μια ισχυρή πλατφόρμα IoT.

Διαφορετικές περιπτώσεις χρήσης περιλαμβάνουν την τηλεϊατρική με υποβοηθούμενη περιβαλλοντική διαβίωση και φροντίδα ασθενών, τα ενσωματωμένα συστήματα παρακολούθησης έξυπνου σπιτιού, την προηγμένη διαδραστική έξυπνη παρακολούθηση πόλης που περιλαμβάνει επεξεργασία δεδομένων αισθητήρων σε πραγματικό χρόνο. Επιπλέον, το λεγόμενο «Multimedia Things Internet» (Singh, D., 2017) ενσωματώνει λειτουργίες και προδιαγραφές δικτύου που διαφέρουν από εκείνες του παραδοσιακού περιβάλλοντος IoT περιορισμένου σε πόρους. Τα πράγματα πολυμέσων προβλέπουν υψηλότερες υπολογιστικές δυνατότητες για τη διαχείριση των ροών πολυμέσων και, πάνω απ' όλα, η επικοινωνία επικεντρώνεται στο εύρος ζώνης, το jitter και το ποσοστό απώλειας για να διασφαλιστεί η αποδεκτή παράδοση περιεχομένου πολυμέσων. Η χαμηλή ενέργεια των ραδιοφωνικών συστημάτων δεν είναι κατάλληλα για την εξυπηρέτηση αυτών των τύπων κίνησης, αν και τα κυψελωτά δίκτυα προσφέρουν καλύτερη απόδοση για τις ροές των πολυμέσων. Ωστόσο, λαμβάνοντας υπόψη την πρόσθετη κίνηση που δημιουργείται από τα προϊόντα πολυμέσων, το 5G πρέπει να περιλαμβάνει νέες, αποτελεσματικές στρατηγικές για την ικανοποίηση τόσο του συστήματος όσο και των ανθρώπινων απαιτήσεων, π.χ. με τη χρήση προσωρινής αποθήκευσης δεδομένων άκρων και την παράδοση πληροφοριών εγγύτητας (Bonomi, F., 2012).

3.2 Προκλήσεις 5G

Στην ανάπτυξη 5G, οι πρώτες προκλήσεις περιλαμβάνουν: (Tudzarov, A. 2011)

- Χρήση διαφορετικών ζωνών συχνοτήτων: Στα δίκτυα 5G συνδυασμός καναλιών χαμηλού, μεσαίου και υψηλού. Όλες οι εταιρείες κινητής τηλεφωνίας αναμένεται να εφαρμόζουν υπηρεσίες 5G μέσω μικρότερης ζώνης φάσματος.
- 4G σε 5G Σταδιακή μετάβαση: Στη βιομηχανία, οι υπηρεσίες πρέπει να είναι 4G σε 5G, λόγω των κρίσιμων συνεχών απαιτήσεων της κατ' απαίτηση παράδοσης υλικού, λογισμικού και υπηρεσιών.
- Προετοιμασία του βασικού δικτύου: Η υλοποίηση των ρυθμίσεων 5G απαιτεί ουσιαστικές βελτιώσεις στα δίκτυα υπολογιστικού νέφους, στον τομέα της εικονικοποίησης και του MIMO.
- Διαλειτουργικότητα δεδομένων: Είναι πολύ σημαντικό να επιτευχθεί διαλειτουργικότητα μεταξύ στοιχείων χρήστη (UE) και εμπορικά αναπτυγμένων δικτύων 5G για την επικύρωση βασικής τεχνολογίας.
- Ίδρυση επιχειρηματικών μοντέλων 5G: Στις βιομηχανίες, τα επιχειρηματικά μοντέλα 5G πρέπει να είναι εφαρμογές χαμηλού κόστους και υψηλής απόδοσης, όπως απεικονίζεται στην Εικόνα 3.2.1 Ανάπτυξη μιας υποδομής δικτύου και ενός οικοσυστήματος εφαρμογών για να βοηθήσει ένα βιώσιμο επιχειρηματικό μοντέλο για υπηρεσίες 5G.



Εικόνα 3.2.1 Εξέλιξη της κινητής τεχνολογίας (Tudzarov, A. 2011).

3.3 Χαρακτηριστικά 5G και οι Αξίες/Εφαρμογές τους

Υπάρχουν ορισμένα χαρακτηριστικά του 5G μαζί με τις τιμές/εφαρμογές τους συνοψίζονται στον Πίνακα 3.3.1.

Πίνακας 3.3.1 Χαρακτηριστικά και εφαρμογή του 5G

Χαρακτηριστικά	Εφαρμογή
Χαρακτηριστικά δικτύου	Cloud computing, μηχανική λογισμικού, εικονικοποίηση, τεμαχισμός
Μέγιστος ρυθμός μετάδοσης δεδομένων	20 Gb/s
Μέγιστος έμπειρος ρυθμός δεδομένων	0.1 Gb/s
Ποσοστό αποτελεσματικότητας	3 φορές 4G
Αποτελεσματικότητα δικτύου	10–100 φορές 4G
Κυκλοφοριακή ικανότητα	10 Mb m2/s
Πυκνότητα συνδεσιμότητας	106 συσκευές/km2
Αφάνεια	1 ms
Κινητικότητα	500 km/h
Τεχνολογία	Cloud/fog/edge computing, τεράστιο MIMO, ευέλικτο πλαίσιο δομή, τεμαχισμός δικτύου
Σενάριο χρήσης	eMBB, URLLC and mMTC

5G στο IoT: Ένα ενιαίο δίκτυο για εκατομμύρια εφαρμογές

Με τις εμπορικές αναπτύξεις 5G να ξεκινούν σε όλο τον κόσμο, θα υπάρχει αυξανόμενο ενδιαφέρον γύρω από τα οφέλη που μπορεί να προσφέρει το 5G στο αυξανόμενο κίνημα του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT). Ένα σημαντικό εμπόδιο για την υλοποίηση των δυνατοτήτων και της υπόσχεσης του IoT είναι ότι χρησιμοποιούνται πολλαπλά, εξειδικευμένα δίκτυα για διαφορετικές περιπτώσεις

χρήσης IoT, από εφαρμογές που χρησιμοποιούν χαμηλούς ρυθμούς μεταφοράς δεδομένων έως εφαρμογές υψηλής σημασίας για την αποστολή που απαιτούν στιγμιαία μεταφορά δεδομένων. Το 5G, ωστόσο, προσφέρει μια λύση που επιτρέπει σε ένα μόνο δίκτυο να υποστηρίζει μυριάδες περιπτώσεις χρήσης IoT και να δημιουργεί οικονομίες κλίμακας (Raya, M. 2007).

Η σημασία του 5G στο IoT

Εν ολίγοις, η ανάπτυξη του IoT εκρήγνυται και η χρήση πολλαπλών εξειδικευμένων δικτύων για τη διαχείριση διαφόρων εφαρμογών IoT είναι δαπανηρή και δύσκολο να κλιμακωθεί. Απο το 2020–2030 σε μια περίοδο μόλις δέκα ετών, οι συσκευές IoT θα επεκταθούν κατά 40–140 δισεκατομμύρια και η αναβάθμιση IoT από 4G σε 5G είναι ισχυρή: τα σημερινά δίκτυα 4G, για παράδειγμα, μπορούν να φιλοξενήσουν έως και 6000 συσκευές NB-IoT σε ένα κύτταρο. Με το 5G, από την άλλη, ένα μόνο κύτταρο μπορεί να χειριστεί έως και ένα εκατομμύριο συσκευές. Οι εφαρμογές IoT που απαιτούν ελάχιστους ρυθμούς μεταφοράς δεδομένων μπορεί να έχουν ως αποτέλεσμα τεράστιους όγκους δεδομένων που μεταδίδονται μέσω δικτύων, και αυτό απαιτεί μεγάλη διαχείριση σύνδεσης για κάθε δίκτυο. Στο 5G, ωστόσο, αυτό δεν ισχύει: η προσέγγιση ενιαίου δικτύου του 5G είναι ήδη βελτιστοποιημένη για να χειρίζεται μαζικές μεταφορές δεδομένων σε μια εφαρμογή IoT ευρείας κλίμακας (Billinghurst, M 2002).

Εφαρμογή 5G μέσω IoT

Το 5G και το IoT μαζί θα βοηθούσαν επίσης να τοποθετηθεί κάθε προϊόν στα ράφια του Διαδικτύου. Τα καταναλωτικά προϊόντα δεν χρειάζεται να συνδέονται συνεχώς στο Διαδίκτυο ως συσκευές υλικού, αλλά μπορούν να στέλνουν και να λαμβάνουν δεδομένα για τον εαυτό τους ως συνδεδεμένα έξυπνα προϊόντα με βάση εμπειρίες που βασίζονται σε συμβάντα με πελάτες και άλλες οντότητες μέσω σάρωσης, συσκευών ανάγνωσης RFID, ετικετών NFC και άλλων (Alvi, S.A. 2015). Η τρέχουσα ασύρματη υποδομή δεν είναι ικανή να αντιμετωπίσει τόσες πολλές συσκευές δικτύου, αλλά το 5G θα τα καταφέρει. Οι έξυπνες συσκευασίες και οι ψηφιακές ετικέτες μπορούν να μεταμορφώσουν τον τρόπο με τον οποίο οι λιανοπωλητές διαχειρίζονται το απόθεμα και τα logistics και να παρέχουν μια εστία φαντασίας για να τα χρησιμοποιήσουν ως τρόπο αλληλεπίδρασης με τους καταναλωτές με δημιουργικό τρόπο. Το 4G δεν

διαχειρίζεται τη φόρτωση δεδομένων από τον συνεχώς αυξανόμενο αριθμό ηλεκτρονικών αισθητήρων και συνδεδεμένων συσκευών, περιορίζοντας αυτό που μπορεί να κάνει πραγματικά το IoT. Το 5G είναι το ιδανικό εργαλείο για το Internet of Things με την υψηλή ταχύτητα δεδομένων, τη χαμηλή καθυστέρηση, την αυξημένη κινητικότητα, τη χαμηλή κατανάλωση ενέργειας, την αποδοτικότητα κόστους και την ικανότητα χειρισμού πολύ μεγαλύτερων συσκευών. Το 5G μπορεί να παίξει σημαντικό ρόλο όχι μόνο στο να μεταμορφώνει τον τρόπο που επικοινωνούμε αλλά και στην αλλαγή της βιομηχανίας και της κοινωνίας.

Υπάρχουν πολλές εταιρείες στις οποίες το 5G καθώς και το IoT μπορούν να προκαλέσουν διακοπές μαζί, όπως:

Αυτοοδηγούμενα αυτοκίνητα: Οι αισθητήρες παράγουν μεγάλες ποσότητες δεδομένων για αυτοοδηγούμενα αυτοκίνητα, μέτρηση θερμοκρασίας, συνθήκες κυκλοφορίας, καιρικές συνθήκες, τοποθεσία GPS κ.λπ. Η συλλογή και η αφομοίωση κάθε ποσότητας δεδομένων απαιτεί μεγάλη ποσότητα ενέργειας.

Αυτά τα αυτοκίνητα αναμεταδίδονται επίσης σε μεγάλο βαθμό στη μετάδοση πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο προκειμένου να παρέχουν τις βέλτιστες υπηρεσίες. Ωστόσο, με επικοινωνία υψηλής ταχύτητας και χαμηλό λανθάνοντα χρόνο, αυτή η έξυπνη φροντίδα θα μπορεί να συλλέγει όλα τα είδη δεδομένων σε συνεχή βάση, συμπεριλαμβανομένων κρίσιμων για τον χρόνο δεδομένων στα οποία οι αλγόριθμοι θα λειτουργούν ανεξάρτητα για να παρακολουθούν την κατάσταση λειτουργίας του αυτοκινήτου και να βελτιώσουν μελλοντικά σχέδια (Alvi, S.A. 2015).

Υγειονομική περίθαλψη: Καθώς όλοι οι τύποι ιατρικών συσκευών τροφοδοτούνται από IoT, αλλαγές στις υπηρεσίες τους θα παρατηρηθούν και στον θεματικό τομέα. Παρά την κατάλληλη υποδομή υγειονομικής περίθαλψης, η σύνδεση IoT θα ωφελήσει σε μεγάλο βαθμό τις αγροτικές περιοχές και άλλες παρόμοιες απομακρυσμένες τοποθεσίες. Με τόσο χαμηλό λανθάνοντα χρόνο, γίνεται μια επιλογή για παροχή παγκόσμιας κλάσης σε υπηρεσίες υγειονομικής περίθαλψης όπως η εξ αποστάσεως χειρουργική (Stergiou, C., 2017).

3. Logistics: Η δικτύωση 5G θα βελτιώσει τις end-to-end λειτουργίες logistics με προηγμένους αισθητήρες παρακολούθησης IoT. Οι υψηλές ταχύτητες και η χαμηλή καθυστέρηση όχι μόνο θα επιτρέψουν τη λήψη δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, αλλά θα επιτρέψουν επίσης στην ενεργειακή απόδοση να παράγει περισσότερες διαφορετικές πληροφορίες σε όλα τα σημεία μιας αλυσίδας εφοδιασμού για πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα.

Ένας αγοραστής θα είχε πρόσβαση σε λεπτομερείς πληροφορίες, όπως πού αλιεύτηκε το ψάρι που μόλις αγόρασε, τη θερμοκρασία στην οποία υποβλήθηκε σε επεξεργασία κατά την επεξεργασία και κατά την παράδοση στον πωλητή (Chen, M., 2015).

4. Έξυπνες πόλεις: Το 5G θα επιτρέψει ευρύτερες εφαρμογές από τη διαχείριση νερού και απορριμμάτων έως έργα έξυπνων πόλεων, έλεγχο κυκλοφορίας έως βελτιωμένες εγκαταστάσεις για υγειονομική περίθαλψη.

Οι έξυπνες πόλεις θα επωφεληθούν από τα οφέλη του δικτύου νέας γενιάς καθώς όλο και περισσότερες συσκευές φτάνουν στις αστικές υποδομές. Το 5G όχι μόνο θα είναι σε θέση να χειριστεί το τεράστιο φορτίο δεδομένων, αλλά θα κάνει πραγματικότητα την ενσωμάτωση πολλαπλών έξυπνων συστημάτων που αλληλοεπιδρούν συνεχώς μεταξύ τους, φέρνοντας μια πραγματικά συνδεδεμένη πόλη πιο κοντά (Chen, M., 2015).

5. Λιανικό εμπόριο: Καθώς προσπαθούν να διαμορφώσουν τη δέσμευση και την εμπειρία των πελατών μέσω των κινητών τηλεφώνων, το λιανικό IoT θα έχει θετικό αντίκτυπο από την άφιξη του 5G. Η βελτιωμένη συνδεσιμότητα και ο μεγαλύτερος αριθμός συσκευών συνδεδεμένων στο δίκτυο θα επιτρέψουν σε νέους και καινοτόμους τρόπους προσέλκυσης των καταναλωτών να αλληλοεπιδρούν ταχύτερα με τους αγοραστές μέσω καλύτερης ψηφιακής σήμανσης. Με αυξημένη πραγματικότητα και εικονική πραγματικότητα, θα γίνει πιο δημοφιλής. Οι έμποροι λιανικής θα μπορούν να βελτιώσουν την εμπειρία αγορών εφαρμόζοντας πιο αποτελεσματικές δραστηριότητες πωλήσεων παντός καναλιού (Billinghurst, M., 2002).

6. Αυτοκίνητο: Είναι μία από τις κύριες χρήσεις του 5G που συνδέει αυτοκίνητα με την επαυξημένη πραγματικότητα (AR) και την εικονική πραγματικότητα (VR) (Billinghurst, M., 2002). Οι βελτιωμένες υπηρεσίες επικοινωνίας οχημάτων θα περιλαμβάνουν άμεση επικοινωνία μεταξύ οχήματος και πεζού και όχημα προς υποδομή, καθώς και επικοινωνία αυτόνομης οδήγησης που είναι φιλική προς το δίκτυο. Οι υποστηριζόμενες περιπτώσεις χρήσης θα επικεντρώνονται στην άνεση και την ασφάλεια του οχήματος, συμπεριλαμβανομένης της επικοινωνίας του σκοπού σε πραγματικό χρόνο, του σχεδιασμού διαδρομής, της οργανωμένης οδήγησης και των ενημερώσεων της κοινότητας.

7. Βιομηχανικό: Με την ενσωμάτωση της ασφάλειας 5G στην αρχιτεκτονική του βασικού δικτύου, θα παρέχουμε επίσης ένα εξαιρετικά ασφαλές δίκτυο για το βιομηχανικό IoT (Billinghurst, M., 2002).

3.4 Ο Αντίκτυπος του 5G στο IoT

Σήμερα, τα αποσυνδεδεμένα δίκτυα αποτελούν σημαντική πρόκληση για τις τεχνολογίες IoT. Η ικανότητα του 5G να μεταδίδει δεδομένα πιο γρήγορα και να επιτρέπει περισσότερες συνδέσεις θα βοηθήσει στην άμεση αντιμετώπιση αυτού του ζητήματος καθώς και στην απλοποίηση της διαχείρισης των συνδεδεμένων συσκευών. Αντίθετα, το 5G θα μπορεί να επεξεργάζεται δεδομένα γρήγορα χρησιμοποιώντας δίκτυα 4G/LTE, κάτι που ήταν μια πρόκληση για τις λύσεις IoT. Το αποτέλεσμα ήταν μια μεγάλη καθυστέρηση από τη στιγμή της αποστολής των δεδομένων έως τη στιγμή της λήψης τους. Η συνδεσιμότητα 5G θα επιτρέψει σε όλους να κατανοήσουν τη δύναμη της τεχνολογίας IoT. Προς το παρόν, οι δυνατότητες του IoT είναι τεράστιες, αλλά η πραγματική δικτύωση πρέπει να καρποφορήσει με την τεχνολογία 5G. Χρησιμοποιώντας αισθητήρες, οι «έξυπνες» εφαρμογές μπορούν εύκολα να μεταδώσουν δεδομένα ακόμα και από χιλιάδες μίλια μακριά. Οι επιπτώσεις σε ατομική και δημοτική κλίμακα είναι ατελείωτες. Η «έξυπνη» πόλη έχει γίνει πραγματικότητα που θα καρπωθεί τα οφέλη τόσο για τις τοπικές επιχειρήσεις όσο και για τους κατοίκους (Billingham, M., 2002).

Το 5G θα επιτρέψει στις εταιρείες που επενδύουν στην τεχνολογία IoT ή δημιουργούν πλατφόρμες βασισμένες στο IoT να έχουν πολλές από τις επιθυμητές προδιαγραφές. Η καλύτερη συνδεσιμότητα, η χαμηλότερη καθυστέρηση και η ταχύτερη σύνδεση σημαίνουν ότι περισσότεροι άνθρωποι μπορούν να μεταδίδουν περισσότερα δεδομένα ταυτόχρονα. Ως αποτέλεσμα, οι λύσεις IoT θα αναπτύξουν συνεχώς εταιρείες χωρίς να σκέφτονται τα αποσυνδεδεμένα δίκτυα που έχουν ταλαιπωρήσει τις εξελίξεις στο IoT μέχρι στιγμής.

Το 5G διευκολύνει την ανάπτυξη εφαρμογών IoT για να βοηθήσει όλους.

Δημιουργία οικοσυστήματος 5G—IoT

Το IoT θα έχει περισσότερες πιθανότητες να επεκτείνει τις δυνατότητες υπηρεσίες καθώς και αξιοπιστία καθώς περισσότεροι πόροι ανάπτυξης όπως το 5G εισέρχονται στην αγορά. Σύμφωνα με τη Statista, «Η εγκατεστημένη βάση των συσκευών Internet of Things αναμένεται να αυξηθεί σε σχεδόν 31 δισεκατομμύρια παγκοσμίως έως το 2020» (Stergiou, C. 2017), οι παράγοντες που απαιτούνται για τη δημιουργία ενός οικοσυστήματος 5G-IoT είναι οι εξής:

1. Αυτόματη παροχή ρεύματος: Οι μπαταρίες και τα καλώδια μπορεί να είναι μια βιώσιμη λύση ισχύος IoT τώρα, αλλά θα είναι σχεδόν αδύνατο να συμβαδίσουν καθώς ο τεράστιος όγκος του IoT επεκτείνεται παγκοσμίως. Μια αποτυχημένη ή εξαντλημένη μπαταρία μπορεί να κοστίσει τα έσοδα μιας εταιρείας και να αυξήσει τις ανησυχίες για την προστασία και την ευθύνη σε έναν αισθητήρα IoT, το M2M ή έναν εργοστασιακό αυτοματισμό. Είναι σημαντικό να έχετε ασύρματη τροφοδοσία χωρίς τακάκια και πάνω από την εμβέλεια.

2. Καινοτόμοι, ολοκληρωτές και υλοποιητές: Η εφαρμογή του 5G είναι σαφώς δαπανηρή. Οι εταιρείες χρειάζονται μια βραχυπρόθεσμη και μακροπρόθεσμη στρατηγική ανάπτυξης μαζί με τους ανθρώπους για να τις βοηθήσουν να συνειδητοποιήσουν πλήρως τα οφέλη, και με ασφάλεια (Chen, M. 2015).

3. Πρόγραμμα ηλεκτρονικής ανακύκλωσης: Κανονικά θα διατηρήσουμε τις οικιακές μας συσκευές και τον εξοπλισμό εργασίας για δεκάδες χρόνια. Με το IoT ενεργοποιημένο από το 5G και μια συνεχή και αυτόματη ασύρματη τροφοδοσία με αισθητήρα IoT, οι υπάρχουσες «μη έξυπνες» συσκευές θα καταστούν σύντομα απαρχαιωμένες και θα χρειάζονται ανακύκλωση. Οι Βιομηχανίες και οι κοινωνίες που προετοιμάζονται διαφορετικά γι' αυτό θα αποτελέσουν ευκαιρία να παρουσιαστεί μια πιθανή απειλή για το περιβάλλον.

3.5 Το Μέλλον του IoT

- Μέχρι το 2025, υπολογίζεται ότι υπάρχουν στην αγορά περισσότερες από 21 δισεκατομμύρια συσκευές IoT.
- Οι κυβερνοεγκληματίες θα συνεχίσουν τον ρόλο τους με συσκευές IoT μέσω επιθέσεων DoS και DDoS.
- Περισσότερες πόλεις θα φαίνονται πιο έξυπνες (Mishra, K.N., 2020).
- Η τεχνητή νοημοσύνη με δικτύωση θα έχει μεγαλύτερη πρόκληση στο επερχόμενο σενάριο.
- Οι δρομολογητές θα συνεχίσουν να γίνονται πιο ασφαλείς και πιο έξυπνοι.
- Αντί για 4G, τα δίκτυα 5G θα συνεχίσουν να τροφοδοτούν την ανάπτυξη του IoT.
- Τα δίκτυα οχημάτων, δηλαδή αυτοκίνητα, τρένα, λεωφορεία θα γίνουν ακόμα πιο έξυπνα (Chakraborty, C., 2013).

- Η άφιξη του 5G θα βοηθήσει στον έξυπνο οικιακό αυτοματισμό και θα ενεργήσει επίσης για να ανοίξει την πόρτα με ανησυχίες σχετικά με το απόρρητο και την ασφάλεια.
- Οι επιθέσεις DDoS που βασίζονται στο IoT θα δημιουργήσουν σημαντικό πρόβλημα στα δίκτυα (Rath, M 2018).
- Οι ανησυχίες για την ασφάλεια και το απόρρητο θα οδηγήσουν τη νομοθεσία και τη ρυθμιστική δραστηριότητα.

3.6 Πτυχές του IoT σε Ενημερωμένες Τεχνολογίες 5G

Υπάρχουν μερικές από τις διαφορετικές πτυχές του IoT που πρέπει να βελτιωθούν με την τεχνολογία 5G, οι οποίες είναι οι εξής:

Δεδομένα Ο πιο προφανής αντίκτυπος που θα έχει η εφαρμογή της τεχνολογίας 5G στο IoT είναι η ικανότητά του να μοιράζεται πολύ μεγαλύτερους όγκους δεδομένων με μεγαλύτερες ταχύτητες από το 4G. Η χρήση πιο προηγμένων τεχνικών επικοινωνίας, όπως το MIMO, για τη βελτίωση των δικτύων 5G διασφαλίζει ότι περισσότερες πληροφορίες μπορούν να αποσταλούν και να ανακτηθούν σε σχετικά σύντομο χρονικό διάστημα.

Πολυάριθμοι πομποί και δέκτες που διανέμονται σε μεγάλες περιοχές λειτουργούν πολύ καλύτερα από τη διανομή μεμονωμένων κεραιών. Ως εκ τούτου, η κάλυψη είναι συνήθως πιο δύσκολο να προσεγγίσετε απομακρυσμένες αγροτικές περιοχές ή μεγάλα κτίρια στο εσωτερικό που σίγουρα μπορούν να βελτιωθούν.

Μέγεθος Τα προηγούμενα χρόνια, το τεράστιο μέγεθος του IoT έχει βελτιωθεί σημαντικά καθώς αυτές οι συσκευές συνδέονται και δημιουργούνται πρόσθετες εφαρμογές. Η ικανότητα των δικτύων 5G να μεταδίδουν περισσότερα δεδομένα με μεγαλύτερες ταχύτητες θα εξουσιοδοτούσε περισσότερες συνδεδεμένες συσκευές να συνδέονται και να συνομιλούν μεταξύ τους στο δίκτυο. Η υψηλή καθυστέρηση ήταν ένα συνεχές πρόβλημα για εταιρείες με πολλαπλές συνδεδεμένες συσκευές, αλλά μετά την προσαρμογή του δικτύου 5G, οι εταιρείες μπόρεσαν να προσθέσουν πολλές περισσότερες συσκευές στο δίκτυό τους χωρίς να προκαλέσουν συμφόρηση και περαιτέρω προβλήματα καθυστέρησης.

Κατανάλωση ενέργειας Ένα άλλο ζήτημα που απασχολεί οργανισμούς και άτομα που σχεδιάζουν να εφαρμόσουν πολλαπλές συνδεδεμένες συσκευές σε ένα σύστημα. Για παράδειγμα, οι πρόσφατες εξελίξεις στο στενής ζώνης IoT επιτρέπουν το στενό εύρος

ζώνης που είναι βελτιστοποιημένο για εφαρμογές IoT χαμηλών ρυθμών δεδομένων. Αυτό θα ενδυναμώσει το δίκτυο με πολύ χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας και θα μειώσει επίσης την πίεση στη μετάδοση δεδομένων. Για πολλές βιομηχανικές και επιχειρηματικές δραστηριότητες, η επεκτασιμότητα είναι το κλειδί και οι τεχνολογίες 5G ελπίζουμε να καταστήσουν βιώσιμα αυτά τα νοητά αποτελέσματα (Mishra, K.N., 2020).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σε αυτή την εργασία εξετάστηκε έννοια του Διαδικτύου των πραγμάτων και την εξέλιξή του από το 1999, λαμβάνοντας μια έξυπνη συσκευή και με επίκεντρο τον χρήστη προοπτική. Χρησιμοποιώντας μια συστηματική μελέτη της δημόσιας βιβλιογραφίας, παρουσιάσαμε μια κατηγοριοποίηση πέντε φάσεων της ανάπτυξης του Διαδικτύου των Πραγμάτων από τις απαρχές του μέχρι σήμερα. Εξετάσαμε ορισμένα από τα ζητήματα και τις ιδέες στον τομέα των έξυπνων περιβαλλόντων και του σχεδιασμού με επίκεντρο τον χρήστη και της αποδοχής του Διαδικτύου των πραγμάτων. Καθώς ο χρόνος προχωρά, ο ρυθμός και η κλίμακα ανάπτυξης του Διαδικτύου των πραγμάτων, μαζί με την ποικιλία των τεχνολογιών, των εφαρμογών και των πλαισίων, θα είναι σίγουρα προκλήσεις, αλλά τέτοιες προκλήσεις είναι η τροφή

της καινοτομίας που θα πρέπει να οδηγήσει περαιτέρω την έρευνα σε αυτό περιοχή και να ενισχύσει τις εμπορικές ευκαιρίες.

Τα τελευταία χρόνια, σημειώθηκε αύξηση στην τεχνολογία κινητής ευρυζωνικότητας, τα δίκτυα 2G σχεδιάστηκαν για φωνητική επικοινωνία, τα δίκτυα 3G πρόσθεσαν φωνή και δεδομένα και το 4G πρόσφερε ώθηση στις ευρυζωνικές εμπειρίες που βασίζονται στο Διαδίκτυο. Το 5G συνδυάζοντας τις υπολογιστικές δυνατότητες δικτύωσης και φανταστείτε έναν κόσμο στον οποίο οι συνδεδεμένες συσκευές δεν χρειάζεται να αναλάβουν το υπολογιστικό φορτίο επειδή το δίκτυο στο οποίο επικοινωνούν είναι ικανό να επεξεργαστεί αρκετά. Το 5G θα βοηθήσει επίσης στην αξιοποίηση των δυνατοτήτων του IoT πολύ πέρα από αυτό που είναι δυνατό με τις σημερινές τεχνολογίες. Οι αλληλεπιδράσεις ανθρώπων και αντικειμένων θα αυξηθούν σε εντελώς νέα επίπεδα. Το 5G θα προσφέρει αμέτρητα οφέλη στο δρόμο για την αξιοποίηση των δυνατοτήτων του IoT. Το πλεονέκτημα της χρήσης ενιαίων δικτύων 5G θα αποδειχθεί πιο αποτελεσματικό, πιο οικονομικό και θα παρέχει οικονομίες κλίμακας σε μια μεγάλη ποικιλία περιπτώσεων χρήσης IoT. Το 5G πιστεύεται ότι έχει μεγαλύτερη ταχύτητα έως 10 Gbps, χαμηλότερη καθυστέρηση και μεγαλύτερη εκτεταμένη κάλυψη και αυξάνει την προστασία της κίνησης δεδομένων.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Guowang Miao; Jens Zander; Ki Won Sung; Ben Slimane (2016). *Fundamentals of Mobile Data Networks*. Cambridge University Press. ISBN 978-1107143210.

Golio, Mike; Golio, Janet (2018). *RF and Microwave Passive and Active Technologies*. CRC Press. pp. ix, I-1, 18–2. ISBN 9781420006728.

Sahay, Shubham; Kumar, Mamidala Jagadesh (2019). *Junctionless Field-Effect Transistors: Design, Modeling, and Simulation*. John Wiley & Sons. ISBN 9781119523536.

Asif, Saad (2018). *5G Mobile Communications: Concepts and Technologies*. CRC Press. pp. 128–134. ISBN 9780429881343.

Pauli, Volker; Naranjo, Juan Diego; Seidel, Eiko (December 2010). "Heterogeneous LTE Networks and Inter-Cell Interference Coordination" (PDF). Nomor Research. Archived from the original (PDF) on 3 September 2013. Retrieved 2 April 2012.

ABI Research, Home Automation Systems Market Data 2Q 2015. Market Research accessed via Silicon Labs site licence.

IHS Research IoT Devices and Connectivity Intelligence Service – Q2 2016: Market Research accessed via Silicon Labs site licence.

TU 2005, United Nation International Telecommunications Union – ITU, The Internet of Things, ITU Strategy and Policy Unit (SPU), Geneva, Switzerland, November 2005, 2005.

V. Callaghan, M. Colley, G. Clarke and H. Hagra, The cognitive disappearance of the computer: Intelligent artifacts and embedded agents, in: *Proceedings of the I3 2001, Workshop WS4 on Cognitive Versus Physical Disappearance*, Porto, Portugal, 2001.

J. Chin and V. Callaghan, Embedded-Internet devices: A means of realising the pervasive computing vision, in: *Proceedings of the IADIS International Conference WWW/Internet 2003, ICWI 2003*, Algarve Portugal, 2003.

V. Callaghan (ed.), *Intelligent embedded agents*, *Journal of Information Sciences* 171(4) (2005). Special issue: Intelligent embedded agents.

ETSI document, oneM2M Requirements Technical Specification, 2016, TS-0002-V2.7.1 http://www.onem2m.org/imaCges/files/deliverables/Release2/TS-0002-Requirements-V2_7_1.pdf.

ETSI Technical Specification 2010, Machine-to-Machine Communications (M2M); M2M Service Requirements, 2010, Technical Specification. ETSI TS 102 689 V1.1.1.

C. Gomeza, S. Chessab, A. Fleury, G. Roussos and D. Preuveneer, *Internet of Things: Trends and Comparison of Communication Technologies and Solutions for Enabling Smart Environments*, JAISE Anniversary Issue (2018).

- D. Brock, The Electronic Product Code (EPC), 2018, white paper.
- M. Lorenz, J. Müller, M. Schapranow, A. Zeier and H. Plattner, Discovery Services in the EPC Network, Hasso-Plattner-Institute, 2011. Available at: <https://www.intechopen.com/books/designing-and-deploying-rfid-applications/discovery-services-in-the-epc-network>. doi:10.5772/16658.
- D. Vadhia and R. Gupta, IPv6 Vs. EPC, Silicon Valley World Internet Center, 2004.
- M. Rave, Virtualization's Impact on Mobile Devices and the IoT, Embedded Computing Design, 2014.
- SiliconAngle, The Internet of Things needs a network of clouds, 2018, <https://siliconangle.com/2014/07/03/the-internet-of-things-needs-a-network-of-clouds/>
- J. Chin and V. Callaghan, A show me by example approach to teaching programming the Internet-of-Things in immersive, in: 2nd European Immersive Education Summit, Paris, 2012.
- M. Littman and S. Kortchmar, Internet of Things: The Path to a Programmable World, 2018. <http://footnote.co/the-path-to-a-programmable-world/>.
- M. Ball and V. Callaghan, Managing control, convenience and autonomy – a study of agent autonomy in intelligent environments, *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments* 12 (2012), 159–196. special issue on Agents and Ambient Intelligence – Achievements and Challenges in the Intersection of Agent Technology and Ambient Intelligence Edited by Tibor Bosse, Publisher, IOS Press. ISBN 978-1-61499-049-9.
- V. Callaghan, M. Colley, G. Clarke and H. Hagaras, A soft-computing based distributed artificial intelligence architecture for intelligent buildings, in: *Soft Computing Agents: New Trends for Designing Autonomous Systems*, V. Loia and S. Sessa, eds, *Studies in Fuzziness and Soft Computing*, Vol. 75, Springer-Verlag, 2002, pp. 117–145. doi:10.1007/978-3-7908-1815-4_5.
- E. Aarts and B. de Ruyter, New research perspectives on Ambient Intelligence, *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments* 1(1) (2009), 5–14.
- B. de Ruyter and E.H.L. Aarts, Ambient intelligence: Visualizing the future, in: *Conference: Proceedings of the Working Conference on Advanced Visual Interfaces, AVI 2004*, Gallipoli, Italy, May 25–28, 2004.
- V. Zamudio and V. Callaghan, Understanding and Avoiding Interaction Based Instability in Pervasive Computing Environments, *International Journal of Pervasive Computing and Communications* 5(2) (2009), 163–186. doi:10.1108/17427370910976043.
- V. Callaghan, Creative science: Injecting innovation into the IT industry, *Oxford Journals, ITNOW* 57(2) (2015), 52–55. doi:10.1093/itnow/bwv050.

- V. Callaghan, J. Miller, R. Yampolskiy and S. Armstrong (eds), *The Technological Singularity: Managing the Journey*, Frontiers Collection, Springer-Verlag, 2016.
- S. Bellis, D. Murphy, D. Harty, J. Barton, B. O’Flynn, K. Delaney, C. O’Mathuna, N. Drossos, A. Kameas, I. Mavrommatti, A. Pounds-Cornish, A. Holmes, M. Colley and V. Callaghan, *Medical EGadgets*, Ubicomp 2004, Nottingham, England.
- J. Twentyman, *Future of IoT Will Be ‘Smart Dust’*, Internet Of Business, 2017.
- A.M. King, V. Callaghan and G. Clarke, Using an amorphous computer for visual display applications in intelligent environments, in: *IET International Conference on Intelligent Environments*, Seattle, 2008, pp. 21–22.
- V. Callaghan, *Micro-Futures*, Creative-Science 2014, Shanghai Jiaotong University, 30th, June 2014.
- T. Kymäläinen, E. Kaasinen, J. Hakulinen, T. Heimonen, P. Mannonen, M. Aikala, H. Paunonen, J. Ruotsalainen and L. Lehtikunnas, A creative prototype illustrating the ambient user experience of an intelligent future factory, *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments* 9(1) (2017), 41–57. doi:10.3233/AIS-160417.
- A. Peña-Rios, V. Callaghan, M. Gardner and M.J. Alhaddad, *Using Mixed-Reality to Develop Smart Environments*, Intelligent Environments 2014, Shanghai Jiaotong University, China, 2014.
- M. Davies and V. Callaghan, *IWorlds: Generating artificial control systems for simulated humans using virtual worlds and intelligent environments*, *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments* 4(1) (2012), 5–27.
- B.D. Johnson, *21st Century Robot*, Maker Media, Inc (O’Reilly), 2014, ISBN bisbn9781449338206.
- J.C. Augusto, D. Kramer, U. Alegre, A. Covaci and A. Santokhee, The user-centred intelligent environments development process as a guide to co-create smart technology for people with special needs, *Universal Access in the Information Society* 17(1) (2018), 115–130, ISSN 1615-5289. doi:10.1007/s10209-016-0514-8.
- P. Zheng and V. Callaghan, A cooperative approach to academic entrepreneurial initiatives, *International Journal of Innovation* 4(1) (2016), 13–22. doi:10.5585/iji.v4i1.79.
- Abarúa, R., Cordero, C. V. and López, J. (2019), “Survey for Performance and Security Problems of Passive Side-channel Attacks Countermeasures in ECC”, *Cryptology ePrint Archive*, 2019, 10.
- Sinha, R.S., Wei, Y., Hwang, S.-H.: A survey on LPWA technology: LoRa and NB-IoT. *ICT Express* 3(1), 14–21 (2017)
- Ortiz, S.: 4G wireless begins to take shape. *Computer* 40(11), 18–21 (2007)
- Liu, J., Wan, J., Jia, D.Y., Zeng, B., Li, D., Hsu, C.-H., Chen, H.: High-efficiency urban-traffic management in context-aware computing and 5G communication. *IEEE Commun. Mag.* 55(1), 34–40 (2017)

- Liu, X., Effenberger, F.: Emerging optical access network technologies for 5G wireless. *IEEE/OSA J. Opt. Commun. Netw.* 8(12), B70–B79 (2016)
- Velev, D.G.: Internet of things: analysis and challenges. *Econ. Altern.* 2, 99–109 (2011)
- Bonomi, F., Milito, R., Zhu, J., Addepalli, S.: Fog computing and its role in the internet of things. In: *Proceedings of the First Edition of the MCC Workshop on Mobile Cloud Computing*, pp. 13–16. ACM (2012)
- Singh, D., Pattanayak, B.K., Satpathy, P.R.: Ambient energy harvesting and management on the sensor nodes in a wireless sensor network. *Int. J. Renew. Energy Res. (IJRER)* 7(4), 1869–1879 (2017)
- Tudzarov, A., Janevski, T.: Functional architecture for 5G mobile networks. *Int. J. Adv. Sci. Technol.* 32, 65–78 (2011)
- Raya, M., Hubaux, J.-P.: Securing vehicular ad hoc networks. *J. Comput. Secur.* 15(1), 39–68 (2007)
- Billinghamurst, M., Kato, H.: Collaborative augmented reality. *Commun. ACM* 45(7), 64–70 (2002)
- Alvi, S.A., et al.: Internet of multimedia things: vision and challenges. *Ad Hoc Netw.* 33, 87–111 (2015)
- Stergiou, C., Psannis, K.E.: Recent advances delivered by mobile cloud computing and internet of things for big data applications: a survey. *Int. J. Netw. Manage.* 27(3), e1930 (2017)
- Chen, M., Zhang, Y., Hu, L., Taleb, T., Sheng, Z.: Cloud-based wireless network: virtualized, reconfigurable, smart wireless network to enable 5G technologies. *Mob. Netw. Appl.* 20(6), 704–712 (2015)
- Mishra, K.N., Chakraborty, C.: A novel approach toward enhancing the quality of life in smart cities using clouds and IoT-based technologies. In: *Digital Twin Technologies and Smart Cities*, pp. 19–35. Springer, Cham (2020)
- Chakraborty, C., Gupta, B., Ghosh, S.K.: A review on telemedicine-based WBAN framework for patient monitoring. *Telemed. e-Health* 19(8), 619–626 (2013)
- Rath, M., Swain, J., Pati, B., Pattanayak, B.K.: Network security: attacks and control in MANET. In: *Handbook of Research on Network Forensics and Analysis Techniques*, pp. 19–37. IGI Global (2018)

