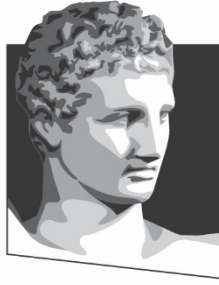


**ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΑΘΗΝΩΝ**



**ATHENS UNIVERSITY  
OF ECONOMICS  
AND BUSINESS**

**ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ  
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΔΙΠΛΩΜΑ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ  
(MSc)  
στην ΑΝΑΠΤΥΞΗ και ΑΣΦΑΛΕΙΑ  
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**“Ασύρματες Τεχνολογίες σε Εφαρμογές IoT”**

**Διονυσόπουλος Γεώργιος**

**P3341905**

**ΑΘΗΝΑ, 2021**

## Πρόλογος - Ευχαριστίες

Το θέμα της παρούσης διπλωματικής είναι οι «Ασύρματες Τεχνολογίες σε Εφαρμογές IoT» και γράφτηκε στα πλαίσια του Μεταπτυχιακού προγράμματος στην Ανάπτυξη και Ασφάλεια Πληροφοριακών Συστημάτων, της σχολής Επιστημών & Τεχνολογίας τη Πληροφορίας του Οικονομικού Πανεπιστημίου Αθηνών.

Το Internet of Things (IoT) ενσωματώνει πολλαπλά ασύρματα δίκτυα και τεχνολογίες μεγάλης και μικρής εμβέλειας. Αυτό ανοίγει πολλές επιχειρηματικές ευκαιρίες σε τομείς τόσο διαφορετικούς όπως η Τηλε-υγεία, οι έξυπνες πόλεις και τα έξυπνα σπίτια, μεταξύ πολλών άλλων. Η παρούσα βιβλιογραφική έρευνα αναλύει μερικές από τις σημαντικότερες εξελισσόμενες και ευέλικτες ασύρματες τεχνολογίες για εφαρμογές IoT. Ειδικότερα, εστιάζει στα ZigBee, 6LoWPAN, Bluetooth Low Energy, LoRa και στις διάφορες εκδόσεις του Wi-Fi, συμπεριλαμβανομένου του πρόσφατου πρωτοκόλλου IEEE 802.11ah. Οι διάφορες μελέτες αξιολογούν τις δυνατότητες και τις συμπεριφορές αυτών των τεχνολογιών σχετικά με διάφορες μετρικές, συμπεριλαμβανομένου του ρυθμού δεδομένων, του μεγέθους του δικτύου, των καναλιών RF, του εύρους ζώνης και της κατανάλωσης ενέργειας.

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω -από καρδιάς- τον καθηγητή μου κύριο Ξυλωμένο Γεώργιο για την συνεχόμενη επιστημονική καθοδήγηση κατά την συγγραφή του παρόντος πονήματος.

Όλους τους καθηγητές του τμήματος για τις γνώσεις που μου πρόσφεραν.

Τέλος ευχαριστώ την οικογένειά μου για την υπομονή και συμπαράστασή τους.

*Διονυσόπουλος Γεώργιος*

## Περίληψη

Το θέμα της παρούσης διπλωματικής είναι οι Ασύρματες τεχνολογίες σε Εφαρμογές IoT και αναλύεται ως εξής: Στο 1<sup>ο</sup> κεφάλαιο παρουσιάζονται γενικά στοιχεία του θέματος (τρόποι μεταφοράς δεδομένων στο cloud / νέφος, χρησιμότητα των νέων τεχνολογιών), δίνεται η επισκόπηση της διπλωματικής και της συμβολής της και τέλος το περίγραμμα της διπλωματικής. Στο 2<sup>ο</sup> κεφάλαιο καταγράφονται γενικά στοιχεία για το IoT, η ιστορία του, η λειτουργία του, η σπουδαιότητά του, τα πολλαπλά οφέλη του IoT για τους οργανισμούς, τα πρότυπα και τα πλαίσια του IoT και διάφορα ζητήματα ασφάλειας και απορρήτου. Το θέμα του 3<sup>ου</sup> κεφαλαίου είναι οι τάσεις και τα χαρακτηριστικά των τεχνολογιών των Εφαρμογών του IoT (νοημοσύνη, αρχιτεκτονική), η έννοια της ενεργοποίησης τεχνολογιών για το IoT, η διεργασία της διευθυνσιοδότησης, το επίπεδο εφαρμογής, η ασύρματη σύνδεση μικρής εμβέλειας, η ασύρματη μεσαία εμβέλεια, η ασύρματη σύνδεση μεγάλης εμβέλειας και το ενσύρματο δίκτυο. Στο 4<sup>ο</sup> κεφάλαιο παρουσιάζονται γενικά στοιχεία, το LPWAN (πλεονεκτήματα της τεχνολογίας, οι παράγοντες επιλογής κατάλληλης τεχνολογίας, σύγκριση τεχνολογιών και η σημασία της τυποποίησης), το Κυψελικό / Κινητό δίκτυο (3G/4G/5G), το Zigbee και άλλα πρωτόκολλα πλέγματος, το Wi-Fi 6, το Bluetooth 5.X, και το RFID. Στο 5<sup>ο</sup> κεφάλαιο καλύπτονται τα Έξυπνα σπίτια / Smart Home IoT (εφαρμογές Smart Home IoT, εμφάνιση του συστήματος Smart Home, Έξυπνος Οικιακός Αυτοματισμός), η Έξυπνη Πόλη (βασικά προγράμματα για εφαρμογές IoT σε έξυπνες πόλεις, παραδείγματα εφαρμογών IoT), τα αυτοκινούμενα οχήματα (διαχείριση στόλου, συνδεδεμένα αυτοκίνητα, σύστημα συντήρησης αυτοκινήτου, αυτόνομα οχήματα, infotainment – ψυχαγωγία και τηλεματική στο όχημα), οι εφαρμογές IoT σε καταστήματα λιανικής (οφέλη, εφαρμογές λιανικής IoT), οι εφαρμογές IoT στη γεωργία (γεωργία ακριβείας, αγροτικά drones, παρακολούθηση κτηνοτροφίας, έξυπνα θερμοκήπια), οι εφαρμογές IoT σε Φορετές συσκευές / Wearables (Fitness Wearables, Wearables Clothing), οι εφαρμογές IoT για «έξυπνα» δίκτυα (ασφάλεια, «έξυπνα» ηλεκτρικά δίκτυα), οι εφαρμογές IoT στο βιομηχανικό διαδίκτυο (πλαίσιο βιομηχανικού μετασχηματισμού, GE και Industrial IoT) και τέλος η εφαρμογές IoT στην Τηλε-υγεία (υποστήριξη των γιατρών, παρακολούθηση υγείας σε πραγματικό χρόνο). Στο 6<sup>ο</sup> και τελευταίο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα Συμπεράσματα.

### Λέξεις κλειδιά:

Ασύρματες τεχνολογίες, συσκευές IoT, εφαρμογές IOT.



## **Abstract**

The topic of this dissertation is Wireless technologies in IoT applications and is analyzed as follows: Chapter 1 presents general elements of the topic (ways of data transfer in the cloud, usefulness of new technologies), gives an overview of the dissertation and its contribution and finally an outline of the dissertation. Chapter 2 provides general information about the IoT, its history, its operation, its importance, the multiple benefits of the IoT for IoT organizations, standards and frameworks, and various security and privacy issues. The topic of Chapter 3 is the trends and characteristics of IoT Application technologies (intelligence, architecture), the concept of IoT technology activation, the addressing process, the application level, the short-range wireless medium, the wireless medium range, the Long-Range Wireless Connection, wired network. Chapter 4 presents general elements, LPWAN (technology advantages, technology selection factors, technology comparison and the importance of standardization), Cellular / Mobile Network (3G / 4G / 5G), Zigbee and other grid protocols, Wi-Fi 6, Bluetooth 5.X, and RFID. The 5th chapter covers «Smart Home» / Smart Home IoT (Smart Home IoT applications, display of the Smart Home system, Smart Home Automation), the Smart City (basic programs for IoT applications in smart cities, examples of IoT applications), motor vehicles (fleet management, connected cars, car maintenance system, autonomous vehicles, infotainment and in-vehicle telematics), IoT applications in retail stores (benefits, IoT retail applications), IoT applications in agriculture (precision agriculture, agricultural drones, livestock tracking, smart greenhouse), Wearable IoT applications (Fitness Wearables, Wearables Clothing), IoT applications for smart grids (security, smart grids), IoT applications for the industrial Internet (industrial transformation framework, GE and Industrial IoT) and finally IoT applications in Tele-health (physician support, real-time health monitoring). The 6th and last chapter presents the Conclusions.

## **Keywords:**

Wireless technologies, IoT devices, IoT applications.



## Πίνακας Περιεχομένων

Πρόλογος - Ευχαριστίες .....	ii
Περίληψη.....	iii
Λέξεις κλειδιά:.....	iii
Abstract .....	v
Keywords:.....	v
Πίνακας Περιεχομένων .....	vii
Κατάλογος Εικόνων .....	xi
Εικόνες.....	xi
1 Εισαγωγή.....	1
2 Διαδίκτυο των Πραγμάτων / IoT .....	3
2.1 Γενικά στοιχεία για το IoT .....	3
2.2 Ιστορική αναδρομή του IoT .....	3
2.3 Λειτουργία IoT .....	5
2.4 Νοημοσύνη IoT .....	6
2.5 Σπουδαιότητα του IoT .....	8
2.6 Πρότυπα και πλαίσια IoT .....	10
2.7 Εφαρμογές IoT για καταναλωτές και επιχειρήσεις.....	13
2.8 Ζητήματα ασφάλειας και απορρήτου IoT .....	14
3 Αρχιτεκτονική Εφαρμογών IoT .....	16
3.1 Τάσεις και χαρακτηριστικά .....	16
3.2 Αρχιτεκτονική .....	16
3.2.1 Αρχιτεκτονική δικτύου.....	17
3.2.2 Decentralised IoT .....	18
3.3 Τεχνολογίες που υποστηρίζουν το IoT .....	18

3.3.1	Διευθυνσιοδότηση.....	18
3.3.2	Επίπεδο εφαρμογής.....	19
3.3.3	Ασύρματη σύνδεση μικρής εμβέλειας.....	20
3.3.4	Ασύρματη μεσαία εμβέλεια.....	20
3.3.5	Ασύρματη σύνδεση μεγάλης εμβέλειας.....	21
3.3.6	Ενσύρματο δίκτυο.....	21
4	Δικτυακές τεχνολογίες για το IoT.....	22
4.1	Γενικά στοιχεία.....	22
4.2	LPWAN.....	22
4.2.1	Γενικά για τα Low Power Wide Area Networks / LPWAN.....	22
4.2.2	Πλεονεκτήματα τεχνολογίας Low-Power Wide Area Network (LPWAN).....	23
4.2.3	Παράγοντες επιλογής κατάλληλης τεχνολογίας LPWAN.....	24
4.2.4	Σύγκριση τεχνολογιών LPWAN.....	26
4.2.5	Η σημασία της τυποποίησης.....	27
4.2.6	Ισχυρό LPWAN για βιομηχανικό IoT.....	28
4.3	Cellular / Κινητό (3G/4G/5G).....	28
4.3.1	Βασισμένα σε LPWAN.....	29
4.3.2	Βασισμένα σε 5G.....	30
4.4	Zigbee και άλλα πρωτόκολλα πλέγματος.....	31
4.5	Wi-Fi 6.....	32
4.6	Bluetooth 5.X.....	33
4.7	RFID.....	34
4.8	Συμπερασματικά.....	36
5	Εφαρμογές και τεχνολογίες του IoT.....	37
5.1	Έξυπνο Σπίτι / Smart Home.....	37
5.1.1	Ασφάλεια για το Διαδίκτυο των Πραγμάτων.....	39



5.2	Έξυπνη Πόλη / Smart City .....	40
5.2.1	Εφαρμογές φωτισμού πόλης .....	42
5.2.2	Εφαρμογές αστικής συγκοινωνίας .....	42
5.2.3	Εφαρμογές περιβάλλοντος και διαχείρισης λυμάτων .....	43
5.3	Αυτό-οδηγούμενα οχήματα / Self-driving vehicles .....	44
5.3.1	Διαχείριση στόλου.....	44
5.3.2	Συνδεδεμένα αυτοκίνητα.....	45
5.3.3	Σύστημα συντήρησης αυτοκινήτου.....	46
5.3.4	Αυτόνομα οχήματα.....	46
5.3.5	Infotainment και τηλεματική.....	47
5.3.6	Συμπερασματικά .....	48
5.4	Έξυπνη Λιανική / Smart Retail .....	48
5.4.1	Εισαγωγή.....	48
5.4.2	Βελτιωμένη διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας .....	49
5.4.3	Καλύτερη εξυπηρέτηση πελατών.....	49
5.4.4	Εξυπνότερη διαχείριση αποθεμάτων.....	49
5.4.5	Αυτοματοποιημένο Checkout .....	50
5.4.6	Προγνωστική συντήρηση εξοπλισμού .....	50
5.4.7	Έξυπνη εκπλήρωση.....	50
5.4.8	Προκλήσεις και λύσεις για εφαρμογές λιανικής IoT .....	51
5.4.9	Συμπερασματικά .....	52
5.5	Έξυπνη Γεωργία / Smart Agriculture.....	52
5.5.1	Γεωργία ακριβείας.....	53
5.5.2	Αγροτικά Drones .....	54
5.5.3	Παρακολούθηση κτηνοτροφίας .....	55
5.5.4	Έξυπνα θερμοκήπια .....	55

5.5.5	Συμπερασματικά .....	56
5.6	Φορετές Συσκευές / Wearables .....	56
5.6.1	Fitness Wearables.....	57
5.6.2	Wearables Clothing.....	58
5.7	Έξυπνα Δίκτυα / Smart Networks.....	59
5.7.1	Έξυπνα ηλεκτρικά δίκτυα .....	60
5.8	Βιομηχανικό Διαδίκτυο / Industrial IoT.....	63
5.9	Τηλε-υγεία / Tele Health.....	65
6	Συμπεράσματα .....	67
	Βιβλιογραφία.....	70

## Κατάλογος Εικόνων

### Εικόνες

Εικόνα 2.1: Λειτουργία IoT. ....	6
Εικόνα 2.2: Βασικά στοιχεία μηχανικής: Πρότυπα και πλαίσια IoT. ....	12
Εικόνα 4.1: LPWAN. ....	23
Εικόνα 4.2: Πλεονεκτήματα τεχνολογίας Low-Power Wide Area Network (LPWAN). ....	24
Εικόνα 4.3: Παράγοντες επιλογής κατάλληλης τεχνολογίας LPWAN. ....	25
Εικόνα 4.4: Σύγκριση τεχνολογιών LPWAN. ....	27
Εικόνα 5.1: Εφαρμογές Smart Home IoT. ....	38
Εικόνα 5.2: Ασφάλεια για το Διαδίκτυο των πραγμάτων. ....	40
Εικόνα 5.3: Εφαρμογές Φωτισμού Πόλης. ....	42
Εικόνα 5.4: Εφαρμογές Fitness Wearables με το Internet of Things. ....	57
Εικόνα 5.5: Εφαρμογές Fitness Wearables με το Internet of Things. ....	58
Εικόνα 5.6: Wearables Clothing με τεχνολογία Internet of Things. ....	59
Εικόνα 5.7: Έξυπνα Δίκτυα και Εφαρμογές IoT. ....	60
Εικόνα 5.8: Έξυπνα Ηλεκτρικά Δίκτυα. ....	61
Εικόνα 5.9: Έξυπνα δίκτυα και το Διαδίκτυο των πραγμάτων. ....	62
Εικόνα 5.10: Επικοινωνία και Δικτύωση σε Έξυπνα Δίκτυα. ....	63

# 1 Εισαγωγή

Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet of Things / IoT) είναι γνωστό και άγνωστο στον σύγχρονο κόσμο. Είναι ένας κοινός όρος για τα άτομα στον κλάδο της τεχνολογίας και στον εταιρικό κόσμο, αλλά σπάνια ακούγεται από τον ευρύ πληθυσμό, αν και είναι μέρος της καθημερινής του ζωής. Το IoT είναι η συνδεσιμότητα φυσικών αντικειμένων όπως συσκευές, οχήματα, κτίρια, ηλεκτρονικές συσκευές και δίκτυα που τους επιτρέπει να αλληλεπιδρούν, να συλλέγουν και να ανταλλάσσουν δεδομένα. Ισχύει για εκατομμύρια διαφορετικά πράγματα, συμπεριλαμβανομένων παραδοσιακών προϊόντων που δεν είχαν συνδεθεί προηγουμένως στο διαδίκτυο.

Πρωταρχική πρόκληση του IoT είναι η μεταφορά δεδομένων από τον αισθητήρα της εκάστοτε συσκευής στο cloud (νέφος / διαδίκτυο), όπου αυτά τα δεδομένα χρησιμοποιούνται, επεξεργάζονται και αποθηκεύονται. Η πανταχού παρούσα χρήση του Wi-Fi και του Bluetooth μέσω smartphone (έξυπνου κινητού τηλεφώνου), μαζί με την ευρεία διαθεσιμότητα -πλέον- της κινητής τηλεφωνίας αλλά και τα πολλαπλά δημόσια σημεία πρόσβασης Wi-Fi, παρέχουν περισσότερη πρόσβαση στο νέφος για τους αισθητήρες IoT από ποτέ (Frenzel, 2016). Ωστόσο, λίγοι είναι εξοικειωμένοι με αυτές τις τεχνολογίες.

Τρόποι για την μεταφορά δεδομένων στο cloud αποτελούν οι εξής (Baswade, Atif, Tamma, & Franklin, 2018):

- Gateway (πύλη) – cloud. Σε ορισμένες εφαρμογές, είναι βέλτιστο να στέλνονται τα δεδομένα του αισθητήρα σε μια πύλη η οποία στη συνέχεια μεταδίδει τα δεδομένα αποτελεσματικά στο cloud. Ανάλογα με τις ανάγκες της εφαρμογής, η πύλη μπορεί να είναι απλό σύστημα αναμετάδοσης έως «έξυπνες» πλατφόρμες που εκτελούν λειτουργίες μεγαλύτερης έντασης υπολογισμού που ονομάζονται «edge processing». Το Wi-Fi είναι ένα παράδειγμα πύλης. Άλλοι τύποι ασύρματων επικοινωνιών, όπως το Bluetooth, επιβάλλουν τη χρήση πύλης.
- Κινητό τηλέφωνο – cloud. Σε ορισμένες περιπτώσεις, η πύλη μπορεί να είναι ένα κινητό τηλέφωνο. Τα smartphone με δυνατότητα Wi-Fi ή Bluetooth λειτουργούν ως πύλες για την αποστολή δεδομένων στο cloud.
- Έξυπνη συσκευή – cloud. Ο αισθητήρας συνδέεται απευθείας στο cloud χρησιμοποιώντας τεχνολογία όπως NB-IoT, LTE-M ή LoRa. Αυτές οι τεχνολογίες εκπέμπουν για χιλιόμετρα με πολύ χαμηλή ισχύ, εφόσον ο ρυθμός μετάδοσης δεδομένων είναι χαμηλός. Συνδέονται

στο Διαδίκτυο μέσω εξοπλισμού που συνήθως εγκαθίσταται σε πύργους κινητής τηλεφωνίας. Λειτουργούν σχεδόν με τον ίδιο τρόπο που λειτουργούν τα κινητά τηλέφωνα, εκτός από το ότι ο ρυθμός μετάδοσης δεδομένων και η ισχύς είναι πολύ χαμηλότερες (υπάρχει μηνιαία χρέωση, αλλά είναι συνήθως πολύ μικρή).

Οι παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά τον σχεδιασμό μιας στρατηγικής ασύρματης επικοινωνίας IoT περιλαμβάνουν τα εξής:

- πόσα δεδομένα θα μεταφερθούν,
- πόσο μακριά είναι η πηγή δεδομένων από το Διαδίκτυο,
- πόση ενέργεια απαιτείται και
- πόσο υψηλό είναι το κόστος για την υπηρεσία, εάν υπάρχει.

Η ευρεία χρήση των smartphone και η επιλογή των τυποποιημένων Wi-Fi ή Bluetooth προσφέρουν περισσότερο εύχρηστη συνδεσιμότητα. Τα νεότερα πρότυπα, όπως το NB-IoT<sup>1</sup> και το LTE-M<sup>2</sup> επιτρέπουν περισσότερες επιλογές για το μελλοντικό IoT.

---

<sup>1</sup> Το Narrowband Internet of things (NB-IoT) είναι ένα πρότυπο τεχνολογίας δικτύου ραδιοκυμάτων ευρείας περιοχής χαμηλής κατανάλωσης (low-power wide-area network / LPWAN) που αναπτύχθηκε από την 3GPP για συσκευές και υπηρεσίες κινητής τηλεφωνίας. Η προδιαγραφή ενσωματώθηκε στην έκδοση 3GPP 13 (LTE Advanced Pro), τον Ιούνιο του 2016.

<sup>2</sup> Το LTE-M (LTE - MTC / Machine Type Communication), το οποίο περιλαμβάνει eMTC (βελτιωμένη Επικοινωνία Τύπου Μηχανής), είναι ένας τύπος προτύπου τεχνολογίας LPWAN που αναπτύχθηκε από την 3GPP για να υποστηρίξει ένα ευρύ φάσμα κυψελοειδών συσκευών και υπηρεσιών.

## 2 Διαδίκτυο των Πραγμάτων / IoT

### 2.1 Γενικά στοιχεία για το IoT

Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων, ή IoT (Internet of Things / IoT), είναι ένα σύστημα αλληλένδετων υπολογιστικών συσκευών, ψηφιακών μηχανών, αντικειμένων, ή ανθρώπων που διακρίνονται με μοναδικά αναγνωριστικά (unique identifiers / UIDs) και τους δίνεται η δυνατότητα μεταφοράς δεδομένων μέσω ενός δικτύου χωρίς την απαίτηση αλληλεπίδρασης ανθρώπου με άνθρωπο ή ανθρώπου με υπολογιστή (Καλογεράς & Καλογεράς, 2016).

Αντικείμενο, στο Διαδίκτυο των Πραγμάτων, μπορεί να είναι 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 (Internet Protocol / IP) και μπορεί να μεταφέρει δεδομένα μέσω δικτύου (Καλογεράς & Καλογεράς, 2016).

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

### 2.2 Ιστορική αναδρομή του IoT

Ο Kevin Ashton, συνιδρυτής του Auto-ID Center στο Ινστιτούτο Τεχνολογίας της Μασαχουσέτης (Massachusetts Institute of Technology / MIT), ανέφερε για πρώτη φορά το Διαδίκτυο των Πραγμάτων σε μια παρουσίαση που έκανε στην Procter & Gamble (P&G) το 1999. Θέλοντας να φέρει στο προσκήνιο την τεχνολογία Radio Frequency ID / RFID, ο Ashton ονόμασε την παρουσίασή του «Internet of Things» για να ενσωματώσει τη νέα τάση του 1999: το Διαδίκτυο. Στο βιβλίο του καθηγητή του MIT Neil Gershenfeld, «When Things Start to Think», το 1999, αν και δεν χρησιμοποιούσε τον ακριβή όρο, παρείχε ένα σαφές όραμα για το πού κατευθύνεται το IoT (Khvoynitskaya, 2019).

Το IoT έχει εξελιχθεί από τη σύγκλιση ασύρματων τεχνολογιών, μικροηλεκτρομηχανικών συστημάτων (microelectromechanical systems / MEMS), μικροϋπηρεσιών και του διαδικτύου. Η σύγκλιση βοήθησε να καταρριφθούν τα «στεγανά»

μεταξύ της επιχειρησιακής τεχνολογίας (operational technology / OT)<sup>3</sup> και της τεχνολογίας πληροφοριών (IT)<sup>4</sup>, επιτρέποντας την ανάλυση μη δομημένων δεδομένων, των λεγόμενων big data<sup>5</sup> (Khvoynitskaya, 2019).

Παρόλο που ο Ashton έκανε την πρώτη αναφορά στο Διαδίκτυο των πραγμάτων, η ιδέα των συνδεδεμένων συσκευών υπήρχε από τη δεκαετία του 1970, με τα ονόματα όπως «embedded internet» (ενσωματωμένο Διαδίκτυο)<sup>6</sup> και «pervasive computing»<sup>7</sup> (Khvoynitskaya, 2019).

Η πρώτη συσκευή Διαδικτύου, για παράδειγμα, ήταν μια μηχανή αυτόματης πώλησης Coca-Cola στο Πανεπιστήμιο Carnegie Mellon στις αρχές της δεκαετίας του 1980. Χρησιμοποιώντας το Διαδίκτυο, οι προγραμματιστές μπορούσαν να ελέγξουν την κατάσταση του μηχανήματος (απόθεμα σε ποτά και αν τα ποτά που φορτώθηκαν πρόσφατα ήταν ζεστά ή κρύα) (Lueth, 2014).

Το IoT εξελίχθηκε από την επικοινωνία M2M<sup>8</sup>, δηλαδή, μηχανές που συνδέονται μεταξύ τους μέσω ενός δικτύου χωρίς ανθρώπινη αλληλεπίδραση. Το M2M αναφέρεται στη σύνδεση μιας συσκευής στο cloud, στη διαχείρισή της και στη συλλογή δεδομένων (Lueth, 2014). «Ανεβάζοντας» το M2M στο επόμενο επίπεδο, δημιουργείται το IoT, το οποίο είναι ένα δίκτυο αισθητήρων δισεκατομμυρίων έξυπνων συσκευών που συνδέουν ανθρώπους,

---

<sup>3</sup> Η επιχειρησιακή τεχνολογία (operational technology / OT) είναι το υλικό και το λογισμικό που ανιχνεύει ή προκαλεί μια αλλαγή, μέσω της άμεσης παρακολούθησης ή/και ελέγχου βιομηχανικού εξοπλισμού, περιουσιακών στοιχείων, διαδικασιών και συμβάντων. Ο όρος καθιερώθηκε για να καταδείξει τις τεχνολογικές και λειτουργικές διαφορές μεταξύ των παραδοσιακών συστημάτων πληροφορικής και του περιβάλλοντος Συστημάτων Βιομηχανικού Ελέγχου.

<sup>4</sup> Η τεχνολογία πληροφοριών (Information technology / IT) είναι η χρήση υπολογιστών για τη δημιουργία, επεξεργασία, αποθήκευση, ανάκτηση και ανταλλαγή όλων των ειδών ηλεκτρονικών δεδομένων και πληροφοριών. Η πληροφορική χρησιμοποιείται συνήθως στο πλαίσιο των επιχειρηματικών λειτουργιών σε αντίθεση με τις προσωπικές τεχνολογίες ή τις τεχνολογίες ψυχαγωγίας.

<sup>5</sup> Τα big data / μεγάλα δεδομένα είναι ένα πεδίο που επεξεργάζεται τρόπους ανάλυσης, συστηματικής εξαγωγής πληροφοριών ή άλλο τρόπο αντιμετώπισης συνόλων δεδομένων που είναι πολύ μεγάλα ή πολύπλοκα για να αντιμετωπιστούν από παραδοσιακό λογισμικό εφαρμογών επεξεργασίας δεδομένων.

<sup>6</sup> «Το επόμενο μεγάλο πράγμα που θα φτάσει στο Διαδίκτυο θα είναι η καλωδίωση εκατομμυρίων μικροσκοπικών υπολογιστών ενσωματωμένων σε όλα όσα χρησιμοποιούμε. Αυτό δεν είναι μελλοντικό όραμα - τα προϊόντα βγαίνουν στην αγορά τώρα» (Kline, 1996).

<sup>7</sup> Είναι μια έννοια στη μηχανική λογισμικού, τη μηχανική υλικού και την επιστήμη των υπολογιστών όπου οι υπολογιστές εμφανίζονται οπουδήποτε και παντού. Ένας χρήστης αλληλεπιδρά με τον υπολογιστή, ο οποίος μπορεί να υπάρχει σε πολλές διαφορετικές μορφές, συμπεριλαμβανομένων φορητών υπολογιστών, tablet, smart phones και τερματικών σε καθημερινά αντικείμενα όπως ένα ψυγείο ή ένα ζευγάρι γυαλιά. Οι υποκείμενες τεχνολογίες για την υποστήριξη της πανταχού παρουσίας υπολογιστών περιλαμβάνουν το Διαδίκτυο, το προηγμένο ενδιάμεσο λογισμικό, το λειτουργικό σύστημα, τον κώδικα κινητής τηλεφωνίας, τους αισθητήρες, τους μικροεπεξεργαστές, τις νέες διεπαφές εισόδου/εξόδου και χρήστη, τα δίκτυα υπολογιστών, τα πρωτόκολλα κινητής τηλεφωνίας, την τοποθεσία και την τοποθέτηση και νέα υλικά.

<sup>8</sup> Είναι η άμεση επικοινωνία μεταξύ συσκευών που χρησιμοποιούν οποιοδήποτε κανάλι επικοινωνίας, συμπεριλαμβανομένων ενσύρματων και ασύρματων.

συστήματα και άλλες εφαρμογές για τη συλλογή και κοινή χρήση δεδομένων. Ως βάση του, το M2M προσφέρει τη συνδεσιμότητα που επιτρέπει το IoT (Lueth, 2014).

Το Διαδίκτυο των πραγμάτων είναι επίσης μια φυσική επέκταση του εποπτικού ελέγχου και απόκτησης δεδομένων (supervisory control and data acquisition / SCADA), μιας κατηγορίας εφαρμογών λογισμικού για τον έλεγχο διαδικασιών, τη συλλογή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο από απομακρυσμένες τοποθεσίες έως τον εξοπλισμό και τις συνθήκες ελέγχου. Τα συστήματα SCADA περιλαμβάνουν στοιχεία υλικού και λογισμικού. Το υλικό συλλέγει και τροφοδοτεί δεδομένα σε έναν υπολογιστή που έχει εγκατεστημένο το λογισμικό SCADA, όπου στη συνέχεια υποβάλλονται σε επεξεργασία και παρουσιάζονται επιστημονικά τεκμηριωμένα και σωστά δομημένα. Η εξέλιξη του SCADA είναι τέτοια που τα συστήματα SCADA τελευταίας γενιάς εξελίχθηκαν σε συστήματα IoT πρώτης γενιάς (Goddard, 2019).

Η ιδέα του «οικοσυστήματος» IoT, ωστόσο, δεν εμφανίστηκε πραγματικά μέχρι τα μέσα του 2010, όταν, εν μέρει, η κυβέρνηση της Κίνας δήλωσε ότι θα έθετε το IoT ως στρατηγική προτεραιότητα στο πενταετές σχέδιό της (Goddard, 2019).

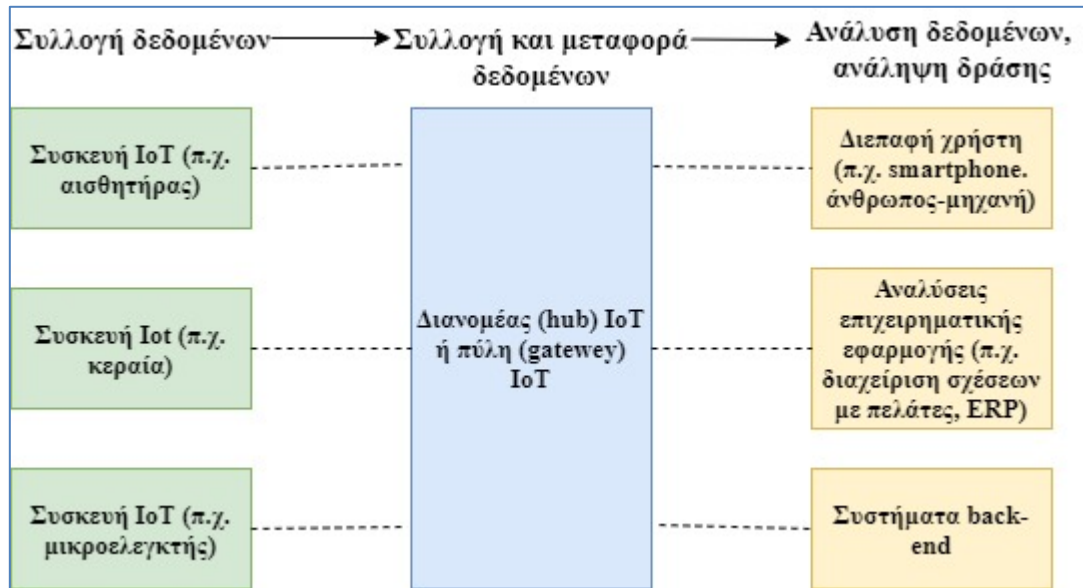
### **2.3 Λειτουργία IoT**

Ένα «οικοσύστημα» IoT αποτελείται από έξυπνες συσκευές με πρόσβαση στο δίκτυο που χρησιμοποιούν ενσωματωμένα συστήματα, όπως επεξεργαστές, αισθητήρες και υλικό επικοινωνίας, για τη συλλογή, αποστολή και δράση σε δεδομένα, που αποκτούν από το περιβάλλον τους. Οι συσκευές IoT μοιράζονται τα δεδομένα αισθητήρων, που συλλέγουν συνδέοντας σε μια πύλη IoT ή άλλη συσκευή αιχμής, όπου τα δεδομένα αποστέλλονται στο cloud για ανάλυση / επεξεργασία. Μερικές φορές, αυτές οι συσκευές επικοινωνούν με άλλες σχετικές συσκευές και ενεργούν βάσει των πληροφοριών που λαμβάνουν η μία από την άλλη. Οι συσκευές κάνουν το μεγαλύτερο μέρος της εργασίας χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση, αν και οι άνθρωποι μπορούν να αλληλεπιδράσουν με τις συσκευές - για παράδειγμα, για να τις ρυθμίσουν, να τους δώσουν οδηγίες ή να αποκτήσουν πρόσβαση στα δεδομένα (Μαυρίδης, 2015).

Τα πρωτόκολλα συνδεσιμότητας, δικτύωσης και επικοινωνίας που χρησιμοποιούνται με αυτές τις συσκευές εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τις συγκεκριμένες εφαρμογές IoT που αναπτύσσονται.



Το IoT μπορεί επίσης να χρησιμοποιήσει τεχνητή νοημοσύνη<sup>9</sup> (artificial intelligence / AI) και μηχανική μάθηση για να διευκολύνει και να κάνει πιο δυναμικές τις διαδικασίες συλλογής δεδομένων.



Εικόνα 2.1: Λειτουργία IoT.

Πηγή: (Μαυρίδης, 2015).

## 2.4 Νοημοσύνη IoT

Η ευφυΐα περιβάλλοντος (environmental intelligence) και ο αυτόνομος έλεγχος (autonomous control) δεν αποτελούν μέρος της αρχικής ιδέας του IoT ή του Διαδικτύου. Ωστόσο, υπάρχει μια στροφή στην έρευνα για την ενσωμάτωση των εννοιών του αυτόνομου ελέγχου στο IoT, με τα αρχικά αποτελέσματα προς αυτή την κατεύθυνση να θεωρούν τα αντικείμενα ως την κινητήριο δύναμη για το αυτόνομο IoT. Μια πολλά υποσχόμενη προσέγγιση σε αυτό το πλαίσιο είναι η deep reinforcing learning (deep RL)<sup>10</sup> όπου τα συστήματα IoT παρέχουν ένα δυναμικό και διαδραστικό περιβάλλον. Η εκπαίδευση ενός έξυπνου πράκτορα / intelligent agent (δηλαδή μιας συσκευής IoT) να συμπεριφέρεται έξυπνα σε ένα τέτοιο περιβάλλον δεν μπορεί να αντιμετωπιστεί με συμβατικούς αλγόριθμους μηχανικής μάθησης, όπως η εποπτευόμενη μάθηση. Με την προσέγγιση της deep RL, ένας

<sup>9</sup> Οι εφαρμογές τεχνητής νοημοσύνης περιλαμβάνουν προηγμένες μηχανές αναζήτησης ιστού (π.χ. Google), συστήματα συστάσεων (που χρησιμοποιούνται από το YouTube, το Amazon και το Netflix), την κατανόηση της ανθρώπινης ομιλίας (όπως το Siri και την Alexa), τα αυτοοδηγούμενα αυτοκίνητα (π.χ. Tesla), την αυτοματοποιημένη λήψη αποφάσεων.

<sup>10</sup> Η RL εξετάζει το πρόβλημα ενός υπολογιστικού πράκτορα που μαθαίνει να λαμβάνει αποφάσεις με δοκιμή και σφάλμα.

πράκτορας μπορεί να αντιληφθεί την κατάσταση του περιβάλλοντος (π.χ. ανίχνευση της θερμοκρασίας του σπιτιού), να εκτελέσει ενέργειες (π.χ. να ενεργοποιήσει ή να απενεργοποιήσει την θέρμανση, εξαερισμό και κλιματισμό) και να μάθει (Internet of Things (IoT): Technology Trends, 2021).

Η ευφυΐα IoT μπορεί να προσφερθεί σε τρία επίπεδα: συσκευές IoT, κόμβοι Edge/Fog και Cloud computing. Η ανάγκη για έξυπνο έλεγχο και λήψη αποφάσεων σε κάθε επίπεδο εξαρτάται από τη χρονική ευαισθησία της εφαρμογής IoT. Για παράδειγμα, η κάμερα ενός αυτόνομου οχήματος πρέπει να ανιχνεύει εμπόδια σε πραγματικό χρόνο για να αποφύγει ένα ατύχημα. Αυτή η γρήγορη λήψη αποφάσεων δεν θα ήταν δυνατή μέσω της μεταφοράς δεδομένων από το όχημα σε περιπτώσεις cloud και της επιστροφής των προβλέψεων πίσω στο όχημα. Αντίθετα, όλη η λειτουργία θα πρέπει να εκτελείται τοπικά στο όχημα. Η ενσωμάτωση προηγμένων αλγορίθμων μηχανικής μάθησης, συμπεριλαμβανομένης της deep RL στις συσκευές IoT είναι ένας ενεργός ερευνητικός τομέας για να γίνουν τα «έξυπνα» αντικείμενα / συσκευές πιο ρεαλιστικές, όσον αφορά τις αποκρίσεις τους. Επιπλέον, είναι δυνατό να αξιοποιηθούν στο έπακρο οι αναπτύξεις IoT μέσω της ανάλυσης δεδομένων IoT, της εξαγωγής κρυφών πληροφοριών και της πρόβλεψης αποφάσεων ελέγχου. Μια μεγάλη ποικιλία τεχνικών μηχανικής μάθησης έχει χρησιμοποιηθεί στον τομέα IoT, που κυμαίνονται από παραδοσιακές μεθόδους όπως παλινδρόμηση και μηχανή υποστήριξης διανυσμάτων (SVM), έως προηγμένες όπως συνελκτικά νευρωνικά δίκτυα / convergent neural networks, LSTM / Long short-term memory<sup>11</sup> και μεταβλητός αυτόματος κωδικοποιητής / Variational Autoencoder (VAE).

Στο μέλλον, το Διαδίκτυο των πραγμάτων μπορεί να είναι ένα μη ντετερμινιστικό και ανοιχτό δίκτυο στο οποίο αυτόματα οργανωμένες ή έξυπνες οντότητες (υπηρεσίες ιστού) και εικονικά αντικείμενα / virtual objects (avatar) θα είναι διαλειτουργικά και θα μπορούν να ενεργούν ανεξάρτητα ανάλογα με το πλαίσιο, τις περιστάσεις ή τα περιβάλλοντα. Η αυτόνομη συμπεριφορά μέσω της συλλογής και του συλλογισμού πληροφοριών περιβάλλοντος, καθώς και η ικανότητα του αντικειμένου να ανιχνεύει αλλαγές στο περιβάλλον (βλάβες που επηρεάζουν τους αισθητήρες) και να λαμβάνει κατάλληλα μέτρα αντιμετώπισης, αποτελεί μια σημαντική ερευνητική τάση. Τα σύγχρονα προϊόντα και λύσεις IoT χρησιμοποιούν ποικιλία διαφορετικών τεχνολογιών για να υποστηρίξουν τέτοιου είδους αυτοματισμούς, αλλά απαιτούνται πιο εξελιγμένες μορφές νοημοσύνης που να επιτρέπουν την ανάπτυξη μονάδων

---

<sup>11</sup> Αρχιτεκτονική τεχνητού επαναλαμβανόμενου νευρωνικού δικτύου (recurrent neural network / RNN).

αισθητήρων και ευφών κυβερνοφυσικών συστημάτων / cyber-physical system (CPS)<sup>12</sup> σε πραγματικά περιβάλλοντα (Internet of Things (IoT): Technology Trends, 2021).

## 2.5 Σπουδαιότητα του IoT

Το Διαδίκτυο των πραγμάτων βοηθά τους ανθρώπους να ζουν και να εργάζονται πιο έξυπνα, καθώς και να αποκτούν τον απόλυτο έλεγχο της ζωής τους. Εκτός από την προσφορά έξυπνων συσκευών για την αυτοματοποίηση των σπιτιών, το IoT είναι απαραίτητο για τις επιχειρήσεις. Το IoT παρέχει στις επιχειρήσεις καταγραφή γεγονότων σε πραγματικό χρόνο για το πώς λειτουργούν πραγματικά τα συστήματά τους, παρέχοντας πληροφορίες για τα πάντα, από την απόδοση των συσκευών / μηχανών έως τις λειτουργίες της αλυσίδας εφοδιασμού / εφοδιαστικής.

Το IoT δίνει τη δυνατότητα στις εταιρείες να αυτοματοποιούν τις διαδικασίες και να μειώνουν το κόστος εργασίας. Επίσης, περιορίζει τα «άχρηστα» / περιττά δεδομένα και βελτιώνει την παροχή υπηρεσιών, καθιστώντας λιγότερο δαπανηρή την κατασκευή και παράδοση αγαθών, καθώς και προσφέροντας διαφάνεια στις συναλλαγές των πελατών.

Το διαδίκτυο των πραγμάτων προσφέρει πολλά οφέλη στους οργανισμούς. Ορισμένα πλεονεκτήματα αφορούν συγκεκριμένους επιχειρηματικούς κλάδους και ορισμένα ισχύουν σε όλους. Μερικά από τα κοινά οφέλη του IoT επιτρέπουν στις επιχειρήσεις να (Ismail, 2019):

- παρακολουθούν τις συνολικές επιχειρηματικές τους διαδικασίες
- βελτιώνουν την εμπειρία του πελάτη (customer experience / CX)
- εξοικονομούν χρόνο και χρήμα
- ενισχύουν την παραγωγικότητα των εργαζομένων
- ενσωματώνουν και προσαρμόζουν επιχειρηματικά μοντέλα
- λαμβάνουν καλύτερες επιχειρηματικές αποφάσεις και
- αποκομίζουν περισσότερα έσοδα.

Το IoT ενθαρρύνει τους επιχειρηματίες να επανεξετάσουν τους τρόπους με τους οποίους προσεγγίζουν τις επιχειρήσεις τους και τους δίνει τα εργαλεία για να βελτιώσουν τις επιχειρηματικές τους στρατηγικές.

---

<sup>12</sup> Είναι ένα σύστημα υπολογιστή στο οποίο ένας μηχανισμός ελέγχεται ή παρακολουθείται από αλγόριθμους.

Γενικά, το IoT είναι πιο «εφαρμόσιμο» στον κατασκευαστικό κλάδο, τις μεταφορές και τους οργανισμούς κοινής ωφέλειας, χρησιμοποιώντας αισθητήρες και άλλες συσκευές IoT. Ωστόσο, έχει βρει και πολλές περιπτώσεις χρήσης στους κλάδους της γεωργίας, των υποδομών και του οικιακού αυτοματισμού, οδηγώντας ορισμένους οργανισμούς στον ψηφιακό μετασχηματισμό<sup>13</sup> (Pratt, What is digital transformation?, 2021).

Το IoT μπορεί να ωφελήσει τους αγρότες στη γεωργία διευκολύνοντας τη δουλειά τους. Οι αισθητήρες μπορούν να συλλέγουν δεδομένα σχετικά με τις βροχοπτώσεις, την υγρασία, τη θερμοκρασία και την περιεκτικότητα / σύσταση του εδάφους σε οργανικά και ανόργανα στοιχεία, καθώς και άλλους παράγοντες, που θα βοηθούσαν στην αυτοματοποίηση των γεωργικών τεχνικών.

Η ικανότητα παρακολούθησης λειτουργιών γύρω από τις «κρίσιμες»<sup>14</sup> υποδομές είναι επίσης ένας παράγοντας στον οποίο μπορεί να βοηθήσει το IoT. Οι αισθητήρες, για παράδειγμα, θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την παρακολούθηση γεγονότων ή αλλαγών σε δομικά κτίρια, γέφυρες και άλλες υποδομές. Αυτό έχει πλεονεκτήματα, όπως εξοικονόμηση κόστους, εξοικονόμηση χρόνου, αλλαγές στη ροή εργασιών ποιότητας ζωής και ροή εργασίας. Σε ευρύτερη κλίμακα, οι έξυπνες πόλεις<sup>15</sup> μπορούν να βοηθήσουν τους πολίτες να μειώσουν τα απόβλητα και την κατανάλωση ενέργειας (Ismail, 2019).

Μερικά από τα πλεονεκτήματα του IoT περιλαμβάνουν τα ακόλουθα (Ismail, 2019), (Pratt, What is digital transformation?, 2021):

- ✓ δυνατότητα πρόσβασης σε πληροφορίες από οπουδήποτε και ανά πάσα στιγμή σε οποιαδήποτε συσκευή·
- ✓ βελτιωμένη επικοινωνία μεταξύ συνδεδεμένων ηλεκτρονικών συσκευών·
- ✓ μεταφορά πακέτων δεδομένων μέσω συνδεδεμένου δικτύου εξοικονομώντας χρόνο και χρήμα·
- ✓ αυτοματοποίηση εργασιών συμβάλλοντας στη βελτίωση της ποιότητας των υπηρεσιών μιας επιχείρησης και στη μείωση της ανάγκης για ανθρώπινη παρέμβαση.

---

<sup>13</sup> Ο ψηφιακός μετασχηματισμός είναι η ενσωμάτωση τεχνολογιών που βασίζονται σε υπολογιστές στα προϊόντα, τις διαδικασίες ενός οργανισμού (Pratt, 2021).

<sup>14</sup> Είναι ένας όρος που χρησιμοποιείται από τις κυβερνήσεις για να περιγράψει περιουσιακά στοιχεία που είναι απαραίτητα για τη λειτουργία μιας κοινωνίας και οικονομίας.

<sup>15</sup> Έξυπνη πόλη είναι ένας δήμος που χρησιμοποιεί τεχνολογίες πληροφοριών και επικοινωνιών (ΤΠΕ) για να αυξήσει τις λειτουργικές ανάγκες (Shea & Burns, 2020).

Μερικά μειονεκτήματα του IoT περιλαμβάνουν τα ακόλουθα (Ismail, 2019), (Pratt, What is digital transformation?, 2021):

- ↓ Καθώς ο αριθμός των συνδεδεμένων συσκευών αυξάνεται και περισσότερες πληροφορίες μοιράζονται μεταξύ συσκευών, αυξάνεται επίσης η πιθανότητα ένας χάκερ να κλέψει εμπιστευτικές πληροφορίες.
- ↓ Οι επιχειρήσεις ενδέχεται να πρέπει να αντιμετωπίσουν τεράστιους αριθμούς - ίσως ακόμη και εκατομμύρια - συσκευών IoT και η συλλογή και η διαχείριση των δεδομένων από όλες αυτές τις συσκευές θα είναι δύσκολη.
- ↓ Εάν υπάρχει σφάλμα στο σύστημα, είναι πιθανό ότι κάθε συνδεδεμένη συσκευή θα καταστραφεί ή θα έχει λάθος πληροφορίες με ότι συνεπάγεται.
- ↓ Δεδομένου ότι δεν υπάρχει διεθνές πρότυπο συμβατότητας για το IoT, είναι δύσκολο για συσκευές διαφορετικών κατασκευαστών να επικοινωνούν μεταξύ τους.

## 2.6 Πρότυπα και πλαίσια IoT

Υπάρχουν πολλά αναδυόμενα πρότυπα IoT, συμπεριλαμβανομένων των εξής (Wong, 2015):

- Το **IPv6**<sup>16</sup> μέσω ασύρματων προσωπικών δικτύων χαμηλής κατανάλωσης (IPv6 over Low-Power Wireless Personal Area Networks / 6LoWPAN) είναι ένα ανοιχτό πρότυπο που ορίζεται από την Ομάδα Εργασίας Μηχανικής Διαδικτύου (Internet Engineering Task Force / IETF). Το πρότυπο 6LoWPAN επιτρέπει σε οποιοδήποτε ραδιοζεύξη χαμηλής κατανάλωσης να επικοινωνεί με το διαδίκτυο, συμπεριλαμβανομένων των 804.15.4, Bluetooth Low Energy (BLE)<sup>17</sup> και Z-Wave<sup>18</sup> (για οικιακούς αυτοματισμούς).

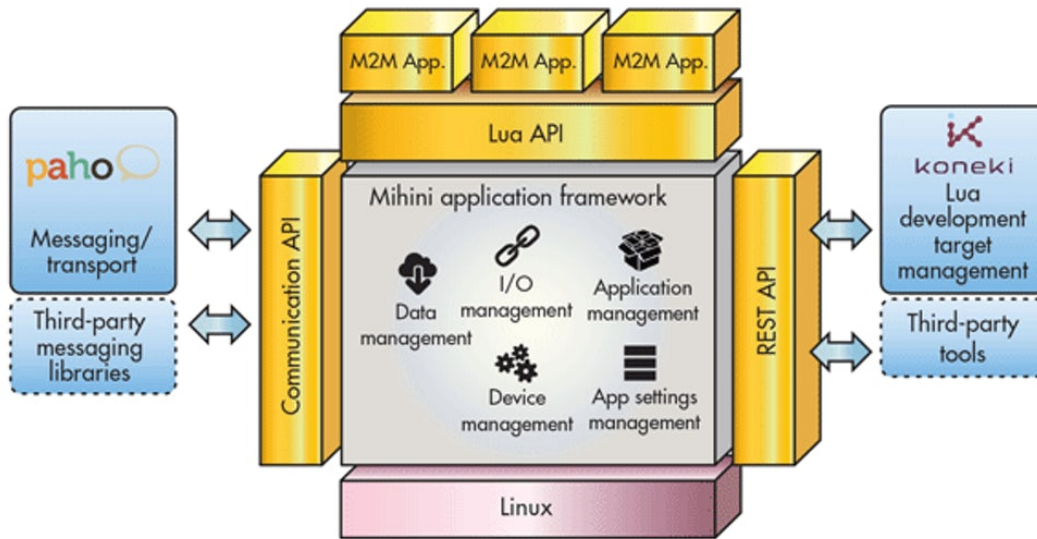
---

<sup>16</sup> Το Πρωτόκολλο Διαδικτύου (IP) έκδοση 6 (IPv6 ή IP ng) είναι η επόμενη γενιά IP και έχει σχεδιαστεί ώστε να είναι ένα εξελικτικό βήμα από την IP έκδοση 4 (IPv4). Το IPv6 επεκτείνει τον μέγιστο αριθμό διευθύνσεων Διαδικτύου για να χειριστεί τον συνεχώς αυξανόμενο πληθυσμό χρηστών του Διαδικτύου. Ως εξελικτική αλλαγή από το IPv4, το IPv6 έχει το πλεονέκτημα ότι επιτρέπει στο νέο και το παλιό να συνυπάρχουν στο ίδιο δίκτυο. Αυτή η συνύπαρξη επιτρέπει μια τακτική μετάβαση από το IPv4 (διευθυνσιοδότηση 32 bit) στο IPv6 (διευθυνσιοδότηση 128 bit) σε ένα λειτουργικό δίκτυο (Internet Protocol (IP) version 6, 2021).

<sup>17</sup> Το Bluetooth Low Energy, είναι μια τεχνολογία ασύρματου προσωπικού δικτύου περιοχής που σχεδιάστηκε και διατίθεται στην αγορά από την Ομάδα Ειδικού Ενδιαφέροντος Bluetooth (Bluetooth SIG) που στοχεύει σε νέες εφαρμογές στην υγειονομική περίθαλψη, τη φυσική κατάσταση, τα beacons, βιομηχανίες ασφάλειας και οικιακής ψυχαγωγίας. Είναι ανεξάρτητο από το κλασικό Bluetooth και δεν έχει συμβατότητα, αλλά τα BR/EDR και LE μπορούν να συνυπάρχουν (Bluetooth Low Energy, 2021).

<sup>18</sup> Το Z-Wave είναι ένα πρωτόκολλο ασύρματης επικοινωνίας που χρησιμοποιείται κυρίως για οικιακούς αυτοματισμούς. Είναι ένα δίκτυο πλέγματος που χρησιμοποιεί ραδιοκύματα χαμηλής ενέργειας για την επικοινωνία από συσκευή σε συσκευή, που επιτρέπει τον ασύρματο έλεγχο οικιακών συσκευών και άλλων συσκευών, όπως έλεγχος φωτισμού, συστήματα ασφαλείας, θερμοστάτες, παράθυρα, κλειδαριές, πισίνες και γκαραζόπορτες.

- Το **ZigBee** είναι ένα ασύρματο δίκτυο χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας και χαμηλής ταχύτητας δεδομένων που χρησιμοποιείται κυρίως σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις (μεγάλο χωροταξικό εύρος). Το ZigBee βασίζεται στο πρότυπο 802.15.4 του Ινστιτούτου Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών (Institute of Electrical and Electronics Engineers / IEEE). Η ZigBee Alliance δημιούργησε την Dotdot, μία καθολική γλώσσα για το IoT που επιτρέπει στα «έξυπνα» αντικείμενα / συσκευές να λειτουργούν με ασφάλεια σε οποιοδήποτε δίκτυο και να κατανοούν το ένα το άλλο.
- Το **LiteOS** είναι ένα λειτουργικό σύστημα (operating system / OS) που μοιάζει με το Unix για ασύρματα δίκτυα αισθητήρων. Το LiteOS υποστηρίζει smartphones, wearables, έξυπνες εφαρμογές κατασκευής, «έξυπνα» σπίτια και το internet of vehicles / IoV. Το λειτουργικό σύστημα χρησιμεύει επίσης ως πλατφόρμα ανάπτυξης «έξυπνων» συσκευών.
- Το **OneM2M** είναι ένα επίπεδο υπηρεσίας από μηχανή σε μηχανή που μπορεί να ενσωματωθεί σε λογισμικό και υλικό για τη σύνδεση συσκευών. Ο παγκόσμιος οργανισμός τυποποίησης, OneM2M, δημιουργήθηκε για να αναπτύξει επαναχρησιμοποιήσιμα πρότυπα για να επιτρέψει στις εφαρμογές IoT να επικοινωνούν σε διαφορετικούς κλάδους.
- Η **Υπηρεσία Διανομής Δεδομένων (Data Distribution Service / DDS)** αναπτύχθηκε από την Ομάδα Διαχείρισης Αντικειμένων (Object Management Group / OMG) και είναι ένα πρότυπο IoT για επικοινωνία M2M σε πραγματικό χρόνο, επεκτάσιμη και υψηλής απόδοσης.
- Το **Advanced Message Queuing Protocol / AMQP** είναι ένα πρότυπο ανοιχτού κώδικα για ασύγχρονα επικοινωνία με μηνύματα μέσω ενσύρματου δικτύου. Το AMQP επιτρέπει την κρυπτογραφημένη και διαλειτουργική ανταλλαγή μηνυμάτων μεταξύ οργανισμών και εφαρμογών. Το πρωτόκολλο χρησιμοποιείται στην ανταλλαγή μηνυμάτων πελάτη-διακομιστή και στη διαχείριση συσκευών IoT.
- Το **Πρωτόκολλο Περιορισμένων Εφαρμογών (Constrained Application Protocol / CoAP)** είναι ένα πρωτόκολλο που σχεδιάστηκε από το IETF και προσδιορίζει τον τρόπο με τον οποίο οι συσκευές χαμηλής κατανάλωσης, περιορισμένων υπολογιστών μπορούν να λειτουργούν στο διαδίκτυο των πραγμάτων.
- Το **Long Range Wide Area Network (LoRaWAN)** είναι ένα πρωτόκολλο για WAN σχεδιασμένο να υποστηρίζει τεράστια δίκτυα, όπως έξυπνες πόλεις, με εκατομμύρια συσκευές χαμηλής κατανάλωσης.



Εικόνα 2.2: Βασικά στοιχεία μηχανικής: Πρότυπα και πλαίσια IoT.

Πηγή: (Wong, 2015).

Τα πλαίσια IoT περιλαμβάνουν τα ακόλουθα (Wong, 2015):

- ❖ Το **Amazon Web Services (AWS) IoT** είναι μια πλατφόρμα υπολογιστικού νέφους που κυκλοφόρησε από την Amazon. Αυτό το πλαίσιο έχει σχεδιαστεί για να επιτρέπει στις έξυπνες συσκευές να συνδέονται εύκολα και να αλληλεπιδρούν με ασφάλεια με το cloud AWS και άλλες συνδεδεμένες συσκευές.
- ❖ Το **ARM Mbed IoT** είναι μια πλατφόρμα για την ανάπτυξη εφαρμογών για το IoT που βασίζονται σε ARM Microcontrollers. Ο στόχος της πλατφόρμας ARM Mbed IoT είναι να παρέχει ένα επεκτάσιμο, συνδεδεμένο και ασφαλές περιβάλλον για συσκευές IoT ενσωματώνοντας εργαλεία και υπηρεσίες Mbed.
- ❖ Το **Azure IoT Suite** της Microsoft είναι μια πλατφόρμα που αποτελείται από ένα σύνολο υπηρεσιών που επιτρέπει στους χρήστες να αλληλεπιδρούν και να λαμβάνουν δεδομένα από τις συσκευές IoT τους, καθώς και να εκτελούν διάφορες λειτουργίες σε δεδομένα, όπως πολυδιάστατη ανάλυση, μετασχηματισμό και συγκέντρωση δεδομένων και να οπτικοποιούν αυτές τις λειτουργίες με τρόπο που να είναι κατάλληλος για την εξαγωγή συμπερασμάτων.
- ❖ Το **Brillo/Weave** της Google είναι μια πλατφόρμα για την ταχεία υλοποίηση εφαρμογών IoT. Η πλατφόρμα αποτελείται από δύο βασικούς κορμούς: το Brillo, ένα λειτουργικό σύστημα που βασίζεται σε Android για την ανάπτυξη ενσωματωμένων συσκευών χαμηλής

κατανάλωσης και το Weave, ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας προσανατολισμένο στο IoT που χρησιμεύει ως γλώσσα επικοινωνίας μεταξύ της συσκευής και του cloud.

- ❖ Η **Calvin** είναι μια πλατφόρμα IoT ανοιχτού κώδικα που κυκλοφόρησε από την Ericsson, σχεδιασμένη για τη δημιουργία και τη διαχείριση κατανεμημένων εφαρμογών που επιτρέπουν στις συσκευές να συνομιλούν μεταξύ τους. Η Calvin περιλαμβάνει ένα πλαίσιο ανάπτυξης για προγραμματιστές εφαρμογών, καθώς και ένα περιβάλλον χρόνου εκτέλεσης για τον χειρισμό της εκτελούμενης εφαρμογής.

## 2.7 Εφαρμογές IoT για καταναλωτές και επιχειρήσεις

Υπάρχουν πολυάριθμες εφαρμογές του Διαδικτύου των πραγμάτων, που κυμαίνονται από το καταναλωτικό IoT και το επιχειρηματικό IoT έως το κατασκευαστικό και βιομηχανικό IoT. Οι εφαρμογές IoT εκτείνονται σε πολλούς κλάδους, συμπεριλαμβανομένων των αυτοκινήτων, των τηλεπικοινωνιών και της ενέργειας.

Στον τομέα των καταναλωτών, για παράδειγμα, τα έξυπνα σπίτια που είναι εξοπλισμένα με έξυπνους αισθητήρες, θερμοστάτες, έξυπνες συσκευές (θέρμανσης, φωτισμού) και ηλεκτρονικών συσκευών που μπορούν να ελέγχονται εξ αποστάσεως μέσω υπολογιστών και smartphone (Pratt, Ultimate IoT implementation guide for businesses, 2021).

Οι φορητές συσκευές με αισθητήρες και λογισμικό μπορούν να συλλέγουν και να αναλύουν δεδομένα χρηστών, στέλνοντας μηνύματα σε άλλες τεχνολογίες σχετικά με τους χρήστες με στόχο να κάνουν τη ζωή των χρηστών ευκολότερη και πιο άνετη. Οι φορητές συσκευές χρησιμοποιούνται επίσης για τη δημόσια ασφάλεια - για παράδειγμα, βελτιώνοντας τους χρόνους απόκρισης των υπηρεσιών (αστυνομίας, πυροσβεστικής, ΕΚΑΒ) σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης παρέχοντας βελτιστοποιημένες διαδρομές προς μια τοποθεσία ή παρακολουθώντας ζωτικά σημεία εργατών ή πυροσβεστών σε περιοχές που είναι απειλητικές για τη ζωή (φωτιά κλπ).

Στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης, το IoT προσφέρει πολλά οφέλη, συμπεριλαμβανομένης της ικανότητας παρακολούθησης των ασθενών πιο στενά χρησιμοποιώντας ανάλυση των δεδομένων που δημιουργούνται. Τα νοσοκομεία χρησιμοποιούν συχνά συστήματα IoT για την ολοκλήρωση εργασιών όπως η διαχείριση αποθεμάτων τόσο για φαρμακευτικά όσο και για ιατρικά όργανα.

Τα έξυπνα κτίρια μπορούν, για παράδειγμα, να μειώσουν το ενεργειακό κόστος χρησιμοποιώντας αισθητήρες που ανιχνεύουν πόσοι ένοικοι βρίσκονται σε ένα δωμάτιο. Η



θερμοκρασία μπορεί να προσαρμοστεί αυτόματα - για παράδειγμα, ενεργοποιώντας το κλιματιστικό εάν οι αισθητήρες ανιχνεύσουν ότι μια αίθουσα συνεδριάσεων είναι γεμάτη ή μειώνοντας τη θερμοκρασία το γραφείο είναι άδειο.

Στη γεωργία, τα έξυπνα συστήματα γεωργίας που βασίζονται στο IoT μπορούν να βοηθήσουν στην παρακολούθηση, για παράδειγμα, του φωτός, της θερμοκρασίας, της υγρασίας των καλλιεργειών χρησιμοποιώντας συνδεδεμένους αισθητήρες. Το IoT είναι επίσης καθοριστικό για την αυτοματοποίηση των συστημάτων άρδευσης (Pratt, Ultimate IoT implementation guide for businesses, 2021).

Σε μια έξυπνη πόλη, οι αισθητήρες και οι εφαρμογές IoT, όπως τα έξυπνα φώτα και οι έξυπνοι μετρητές, μπορούν να βοηθήσουν στην εξοικονόμηση ενέργειας, στην παρακολούθηση και αντιμετώπιση περιβαλλοντικών προβλημάτων και στη βελτίωση της ζωής γενικότερα.

## 2.8 Ζητήματα ασφάλειας και απορρήτου IoT

Το Διαδίκτυο των πραγμάτων συνδέει δισεκατομμύρια συσκευές με το Διαδίκτυο και περιλαμβάνει τη χρήση δισεκατομμυρίων σημείων δεδομένων, τα οποία πρέπει να είναι όλα ασφαλή. Λόγω της διευρυμένης επιφάνειας επίθεσης, η ασφάλεια του IoT και το απόρρητο του IoT αναφέρονται ως κύριες ανησυχίες.

Το 2016, μια από τις πιο διαβόητες επιθέσεις IoT ήταν το Mirai<sup>19</sup>, ένα botnet<sup>20</sup> που διείσδυσε στον πάροχο διακομιστών ονομάτων Dyn και διατάραξε πολλούς ιστότοπους για μεγάλο χρονικό διάστημα σε μια από τις μεγαλύτερες επιθέσεις άρνησης υπηρεσίας (distributed denial-of-service / DDoS) που έγινε ποτέ. Οι εισβολείς απέκτησαν πρόσβαση στο δίκτυο εκμεταλλευόμενοι συσκευές IoT (Butler, 2020).

Επειδή οι συσκευές IoT είναι στενά συνδεδεμένες, το μόνο που έχει να κάνει ένας χάκερ είναι να εκμεταλλευτεί μια ευπάθεια του συστήματος για να διαχειριστεί όλα τα δεδομένα, καθιστώντας τα άχρηστα. Οι κατασκευαστές που δεν ενημερώνουν τις συσκευές τους τακτικά - ή καθόλου - τις αφήνουν ευάλωτες σε κυβερνοεγκληματίες.

---

<sup>19</sup> Είναι ένα κακόβουλο λογισμικό που μετατρέπει δικτυωμένες συσκευές με Linux σε απομακρυσμένα ελεγχόμενα bot που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως μέρος ενός botnet σε επιθέσεις δικτύου μεγάλης κλίμακας.

<sup>20</sup> Botnet είναι ένας αριθμός συσκευών συνδεδεμένων στο Διαδίκτυο, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εκτέλεση επιθέσεων Distributed Denial-of-Service (DDoS), την κλοπή δεδομένων, για την αποστολή ανεπιθύμητων μηνυμάτων και για να επιτρέψουν στον εισβολέα να έχει πρόσβαση στη συσκευή και στη σύνδεσή της.

Επιπλέον, οι συνδεδεμένες συσκευές συχνά ζητούν από τους χρήστες να εισαγάγουν τα προσωπικά τους στοιχεία, συμπεριλαμβανομένων ονομάτων, ηλικιών, διευθύνσεων, αριθμών τηλεφώνου και ακόμη και λογαριασμών μέσω κοινωνικής δικτύωσης - πληροφορίες που είναι πολύτιμες για τους χάκερ.

Οι χάκερ δεν είναι η μόνη απειλή για το διαδίκτυο των πραγμάτων. Το απόρρητο είναι μια άλλη σημαντική ανησυχία για τους χρήστες του IoT. Για παράδειγμα, οι εταιρείες που κατασκευάζουν και διανέμουν καταναλωτικές συσκευές IoT θα μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν αυτές τις συσκευές για να αποκτήσουν και να πουλήσουν προσωπικά δεδομένα των χρηστών (Ismail, 2019).

Πέρα από τη διαρροή προσωπικών δεδομένων, το IoT ενέχει κίνδυνο για κρίσιμες υποδομές, συμπεριλαμβανομένης της ηλεκτρικής ενέργειας, των μεταφορών και των χρηματοοικονομικών υπηρεσιών.

## 3 Αρχιτεκτονική Εφαρμογών IoT

### 3.1 Τάσεις και χαρακτηριστικά

Η κύρια τάση του IoT τα τελευταία χρόνια είναι η ανάπτυξη συσκευών που συνδέονται και ελέγχονται από το Διαδίκτυο. Το ευρύ φάσμα εφαρμογών για την τεχνολογία IoT σημαίνει ότι οι λεπτομέρειες μπορεί να διαφέρουν πολύ από τη μια συσκευή στην άλλη, αλλά υπάρχουν βασικά χαρακτηριστικά που μοιράζονται οι περισσότερες.

Το IoT δημιουργεί ευκαιρίες για πιο άμεση ενσωμάτωση του φυσικού κόσμου σε συστήματα που βασίζονται σε υπολογιστές, με αποτέλεσμα βελτιώσεις απόδοσης, οικονομικά οφέλη και μειωμένες ανθρώπινες προσπάθειες.

Ο αριθμός των συσκευών IoT αυξήθηκε κατά 31% το 2017 από την προηγούμενη χρονιά, σε 8,4 δισεκατομμύρια συσκευές και εκτιμάται ότι υπάρχουν 30 δισεκατομμύρια συσκευές το 2020. Η παγκόσμια αξία αγοράς του IoT υπολογίζεται ότι έφτασε τα 7,1 τρισεκατομμύρια δολάρια το 2020 (Internet of Things (IoT): Technology Trends, 2021).

### 3.2 Αρχιτεκτονική

Η αρχιτεκτονική ενός συστήματος IoT, στην απλούστερη περίπτωση, αποτελείται από τρία επίπεδα (Gloss, 2020):

- ❖ Βαθμίδα 1: Συσκευές,
- ❖ Βαθμίδα 2: Gateway / Πύλη και
- ❖ Βαθμίδα 3: Cloud / Νέφος.

Οι συσκευές περιλαμβάνουν δικτυωμένα πράγματα, όπως αισθητήρες και ενεργοποιητές / actuators που βρίσκονται σε εξοπλισμό IoT, ιδιαίτερα εκείνες που χρησιμοποιούν πρωτόκολλα όπως Modbus, Bluetooth, Zigbee ή κλειστά πρωτόκολλα, για σύνδεση σε μια πύλη. Το επίπεδο Gateway αποτελείται από συστήματα συγκέντρωσης δεδομένων αισθητήρων που ονομάζονται Edge Gateways, τα οποία παρέχουν λειτουργικότητα όπως προεπεξεργασία των δεδομένων, διασφάλιση συνδεσιμότητας στο cloud, χρήση συστημάτων όπως WebSockets, το κέντρο συμβάντων και, ακόμη και σε ορισμένες περιπτώσεις, αναλυτικά στοιχεία άκρων ή εκτέλεση υπολοισμών. Το επίπεδο Gateway απαιτείται επίσης για να δώσει μια κοινή άποψη των συσκευών στα ανώτερα στρώματα για να διευκολύνει την ευκολότερη διαχείριση. Η τελική βαθμίδα περιλαμβάνει την εφαρμογή cloud

που έχει δημιουργηθεί για το IoT χρησιμοποιώντας την αρχιτεκτονική μικροϋπηρεσιών, οι οποίες είναι συνήθως πολυγλωσσικές και εγγενώς ασφαλείς με χρήση HTTPS / OAuth. Περιλαμβάνει διάφορα συστήματα βάσεων δεδομένων που αποθηκεύουν δεδομένα αισθητήρων, όπως βάσεις δεδομένων χρονοσειρών ή αποθήκες περιουσιακών στοιχείων που χρησιμοποιούν συστήματα αποθήκευσης δεδομένων backend (π.χ. Cassandra, PostgreSQL). Το επίπεδο cloud στα περισσότερα συστήματα IoT που βασίζονται στο cloud διαθέτει σύστημα ουράς συμβάντων και ανταλλαγής μηνυμάτων που χειρίζεται την επικοινωνία που εμφανίζεται σε όλα τα επίπεδα. Ορισμένοι ειδικοί ταξινομήσαν τα τρία επίπεδα στο σύστημα IoT ως αιχμή, πλατφόρμα και επιχείρηση και αυτά συνδέονται μέσω δικτύου εγγύτητας, δικτύου πρόσβασης και δικτύου υπηρεσιών, αντίστοιχα (Gloss, 2020).

Χτισμένο στο Διαδίκτυο των πραγμάτων, το Web of Things είναι μια αρχιτεκτονική για το επίπεδο εφαρμογής του Διαδικτύου των πραγμάτων που εξετάζει τη σύγκλιση δεδομένων από συσκευές IoT σε εφαρμογές Ιστού, για τη δημιουργία καινοτόμων περιπτώσεων χρήσης. Προκειμένου να προγραμματιστεί και να ελεγχθεί η ροή των πληροφοριών στο Διαδίκτυο των πραγμάτων, μια προβλεπόμενη αρχιτεκτονική κατεύθυνση ονομάζεται BPM Everywhere που είναι ένας συνδυασμός παραδοσιακής διαχείρισης διεργασιών με εξόρυξη διεργασιών και ειδικών δυνατοτήτων για αυτοματοποίηση του ελέγχου μεγάλου αριθμού συντονισμένων συσκευών.

### 3.2.1 Αρχιτεκτονική δικτύου

Το Διαδίκτυο των πραγμάτων απαιτεί τεράστια χωρητικότητα στον χώρο διευθύνσεων του δικτύου για να χειριστεί το μεγάλο πλήθος των συσκευών. Το IETF 6LoWPAN χρησιμοποιείται για τη σύνδεση συσκευών σε δίκτυα IP. Με δισεκατομμύρια συσκευές να προστίθενται στον χώρο του Διαδικτύου, το IPv6 θα παίξει σημαντικό ρόλο στον χειρισμό της επεκτασιμότητας του επιπέδου δικτύου. Το CoAP, το ZeroMQ και το MQTT παρέχουν μεταφορά δεδομένων / ασύγχρονων μηνυμάτων.

Η υπολογιστική ισχύς των συσκευών IoT για ανάλυση και επεξεργασία δεδομένων είναι εξαιρετικά περιορισμένη. Η περιορισμένη επεξεργαστική ισχύς είναι ένα βασικό χαρακτηριστικό των συσκευών IoT, καθώς σκοπός τους είναι να παρέχουν δεδομένα σχετικά με φυσικά αντικείμενα, ενώ παραμένουν αυτόνομες. Οι βαριές απαιτήσεις επεξεργασίας χρησιμοποιούν περισσότερη ισχύ μπαταρίας βλάπτοντας την ικανότητα λειτουργίας του IoT. Η επεκτασιμότητα είναι εύκολη επειδή οι συσκευές IoT απλώς παρέχουν δεδομένα μέσω του

Διαδικτύου σε έναν διακομιστή με επαρκή επεξεργαστική ισχύ (Internet of Things (IoT): Technology Trends, 2021).

### **3.2.2 Decentralised IoT**

Το Decentralised Internet of Things (αποκεντρωμένο IoT), είναι ένα τροποποιημένο IoT. Χρησιμοποιεί το Fog Computing για να χειρίζεται και να εξισορροπεί αιτήματα συνδεδεμένων συσκευών IoT προκειμένου να μειωθεί ο φόρτος στους διακομιστές cloud και να βελτιωθεί η απόκριση για ευαίσθητες σε καθυστέρηση εφαρμογές IoT όπως η παρακολούθηση ζωτικών σημείων ασθενών, η επικοινωνία από όχημα σε όχημα για αυτόνομη οδήγηση και ανίχνευση κρίσιμης αστοχίας βιομηχανικών συσκευών.

Το συμβατικό IoT συνδέεται μέσω ενός δικτύου πλέγματος και καθοδηγείται από έναν κύριο κόμβο (κεντρικός ελεγκτής). Ο κύριος κόμβος αποφασίζει πώς δημιουργούνται, αποθηκεύονται και μεταδίδονται τα δεδομένα. Αντίθετα, το Decentralised IoT επιχειρεί να χωρίσει τα συστήματα IoT σε μικρότερα τμήματα. Ο κύριος κόμβος εξουσιοδοτεί τη μερική εξουσία λήψης αποφάσεων σε υποκόμβους χαμηλότερου επιπέδου, βάσει αμοιβαίας συμφωνημένης πολιτικής. Η απόδοση βελτιώνεται, ειδικά για τεράστια συστήματα IoT με εκατομμύρια κόμβους (Internet of Things (IoT): Technology Trends, 2021).

Το Decentralised IoT επιχειρεί να αντιμετωπίσει το περιορισμένο εύρος ζώνης και την ικανότητα κατακερματισμού των συσκευών IoT που τροφοδοτούνται με μπαταρία.

Η αναγνώριση ενδεχόμενης κυβερνοεπίθεσης μπορεί να γίνει μέσω έγκαιρου εντοπισμού και μετριάσμού στους τερματικούς κόμβους, με παρακολούθηση και αξιολόγηση της κυκλοφορίας.

## **3.3 Τεχνολογίες που υποστηρίζουν το IoT**

Υπάρχουν πολλές τεχνολογίες που επιτρέπουν το IoT. Κρίσιμο είναι το δίκτυο που χρησιμοποιείται για την επικοινωνία μεταξύ των συσκευών μιας εγκατάστασης IoT, έναν ρόλο που μπορεί να εκπληρώσουν πολλές ασύρματες ή ενσύρματες τεχνολογίες (Internet of Things (IoT): Technology Trends, 2021).

### **3.3.1 Διευθυνσιοδότηση**

Η αρχική ιδέα του Auto-ID Center βασίζεται σε ετικέτες RFID (ταυτοποίηση μέσω ραδιοσυχνότητας / radio frequency identification) και διακριτή αναγνώριση μέσω του Ηλεκτρονικού Κωδικού Προϊόντος. Αυτό έχει εξελιχθεί σε αντικείμενα που έχουν διεύθυνση

IP ή URI. Μια εναλλακτική άποψη, από τον κόσμο του Σημασιολογικού Ιστού εστιάζει αντ' αυτού στο να κάνει όλα τα πράγματα (όχι μόνο αυτά που είναι ηλεκτρονικά, έξυπνα ή με δυνατότητα RFID) διευθυνσιοδοτούμενα από τα υπάρχοντα πρωτόκολλα ονομασίας, όπως το URI. Τα ίδια τα αντικείμενα δεν «συνομιλούν», αλλά μπορεί τώρα να αναφέρονται από άλλους πράκτορες, όπως ισχυρούς κεντρικούς διακομιστές που ενεργούν εκ μέρους των κατόχων τους. Η ενοποίηση με το Διαδίκτυο συνεπάγεται ότι οι συσκευές θα χρησιμοποιούν μια διεύθυνση IP ως διακριτό αναγνωριστικό. Λόγω του περιορισμένου χώρου διευθύνσεων του IPv4 (που επιτρέπει 4,3 δισεκατομμύρια διαφορετικές διευθύνσεις), τα αντικείμενα στο IoT θα πρέπει να χρησιμοποιήσουν την επόμενη γενιά του IP (IPv6) για να κλιμακωθούν στον εξαιρετικά μεγάλο χώρο διευθύνσεων που απαιτείται. Οι συσκευές Διαδικτύου των πραγμάτων θα επωφεληθούν επιπλέον από την αυτόματη ρύθμιση παραμέτρων διεύθυνσης με την ταυτόχρονη χρήση του IPv6, καθώς μειώνει την επιβάρυνση της διαμόρφωσης στους κεντρικούς υπολογιστές και στο IETF 6LoWPAN. Σε μεγάλο βαθμό, το μέλλον του Διαδικτύου των πραγμάτων δεν θα είναι δυνατό χωρίς την υποστήριξη του IPv6 και κατά συνέπεια, η παγκόσμια υιοθέτηση του IPv6 τα επόμενα χρόνια θα είναι κρίσιμη για την επιτυχή ανάπτυξη του IoT στο μέλλον (Internet of Things (IoT): Technology Trends, 2021).

### 3.3.2 Επίπεδο εφαρμογής

Το ADRC (Auto Discovery Remote Control) ορίζει ένα πρωτόκολλο επιπέδου εφαρμογής και ένα πλαίσιο υποστήριξης για την υλοποίηση εφαρμογών IoT.

Το ADRC είναι μια νέα πλατφόρμα της Xped που θα επιτρέπει στους χρήστες smartphone να ελέγχουν τις περισσότερες ηλεκτρονικές συσκευές στο καθημερινό τους περιβάλλον με ένα απλό άγγιγμα. Το ADRC απαιτεί ένα smartphone με δυνατότητα NFC (Near Field Communication / επικοινωνία κοντινού πεδίου) το οποίο ανακαλύπτει αυτόματα τη συσκευή και δημιουργεί ένα ασφαλές ασύρματο δίκτυο και δημιουργεί κάθε είδους πόρους που απαιτούνται για την εμφάνιση της διεπαφής χρήστη.

Οι συσκευές IoT συνήθως χρησιμοποιούν πολλά προσαρμοσμένα πρωτόκολλα μεταφοράς για διαφορετικές εφαρμογές, ωστόσο το ADRC εξουδετερώνει την ασάφεια εισάγοντας ένα κοινό πρωτόκολλο που θα τυποποιεί το επίπεδο εφαρμογής. Αυτό γίνεται χρησιμοποιώντας ένα Πρωτόκολλο Ελέγχου Πόρων (Resource Control Protocol) που θα επιτρέψει στις συσκευές να υποστηρίζουν εγγενώς το ADRC (Huilgol, 2015).

Το ADRC δεν φαίνεται να ασχολείται αποκλειστικά με τη συγκέντρωση των συσκευών και την ανάμειξή τους στο ενιαίο σημείο ελέγχου, αλλά φαίνεται να επικεντρώνεται στην

ενσωμάτωση περισσότερων συσκευών και έτσι να βοηθά τους χρήστες να επιλέξουν τη συσκευή που θέλουν να ελέγχουν με ένα απλό πάτημα στα smartphone τους (Internet of Things (IoT): Technology Trends, 2021), (Gloss, 2020).

### 3.3.3 Ασύρματη σύνδεση μικρής εμβέλειας

Ασύρματη σύνδεση μικρής εμβέλειας (Internet of Things (IoT): Technology Trends, 2021), (Gloss, 2020):

- ❖ **Δικτύωση με πλέγμα Bluetooth:** Προδιαγραφή που παρέχει μια παραλλαγή δικτύωσης πλέγματος στο Bluetooth χαμηλής ενέργειας (Bluetooth Low Energy / BLE) με αυξημένο αριθμό κόμβων και τυποποιημένο επίπεδο εφαρμογής.
- ❖ **Light-Fidelity (Li-Fi):** Τεχνολογία ασύρματης επικοινωνίας παρόμοια με το πρότυπο Wi-Fi, αλλά χρησιμοποιεί επικοινωνία ορατού φωτός για αυξημένο εύρος ζώνης.
- ❖ **Επικοινωνία κοντινού πεδίου (Near-field communication / NFC):** Πρωτόκολλα επικοινωνίας που επιτρέπουν σε δύο ηλεκτρονικές συσκευές να επικοινωνούν εντός εμβέλειας 4 cm.
- ❖ **Αναγνώριση ραδιοσυχνοτήτων (Radio-frequency identification / RFID):** Τεχνολογία που χρησιμοποιεί ηλεκτρομαγνητικά πεδία για την ανάγνωση δεδομένων που είναι αποθηκευμένα σε ετικέτες που είναι ενσωματωμένες σε άλλα στοιχεία.
- ❖ **Wi-Fi:** Τεχνολογία για τοπική δικτύωση που βασίζεται στο πρότυπο IEEE 802.11, όπου οι συσκευές μπορούν να επικοινωνούν μέσω ενός κοινόχρηστου σημείου πρόσβασης ή απευθείας μεταξύ μεμονωμένων συσκευών.
- ❖ **ZigBee:** Πρωτόκολλα επικοινωνίας για προσωπική δικτύωση περιοχής με βάση το πρότυπο IEEE 802.15.4, που παρέχουν χαμηλή κατανάλωση ενέργειας, χαμηλό ρυθμό δεδομένων, χαμηλό κόστος και υψηλή απόδοση.
- ❖ **Z-Wave:** Πρωτόκολλο ασύρματης επικοινωνίας που χρησιμοποιείται κυρίως για εφαρμογές οικιακού αυτοματισμού και ασφάλειας

### 3.3.4 Ασύρματη μεσαία εμβέλεια

Ασύρματη μεσαία εμβέλεια (Internet of Things (IoT): Technology Trends, 2021), (Gloss, 2020):

- ❖ **LTE-Advanced:** Προδιαγραφές επικοινωνίας υψηλής ταχύτητας για δίκτυα κινητής τηλεφωνίας. Παρέχει βελτιώσεις στο πρότυπο LTE με εκτεταμένη κάλυψη, υψηλότερη απόδοση και χαμηλότερη καθυστέρηση.

- ❖ Τα **ασύρματα δίκτυα 5G**: μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επίτευξη των υψηλών απαιτήσεων επικοινωνίας του IoT και τη σύνδεση μεγάλου αριθμού συσκευών IoT, ακόμη και όταν βρίσκονται εν κινήσει.

### 3.3.5 Ασύρματη σύνδεση μεγάλης εμβέλειας

Ασύρματη σύνδεση μεγάλης εμβέλειας (Internet of Things (IoT): Technology Trends, 2021), (Gloss, 2020):

- ❖ **Δίκτυο ευρείας περιοχής χαμηλής κατανάλωσης (Low-power wide-area networking / LPWAN)**: Ασύρματα δίκτυα σχεδιασμένα να επιτρέπουν επικοινωνία μεγάλης εμβέλειας με χαμηλό ρυθμό δεδομένων, μειώνοντας την ισχύ και το κόστος μετάδοσης. Διαθέσιμες τεχνολογίες και πρωτόκολλα LPWAN: LoRaWan, Sigfox, NB-IoT, Weightless, RPMA.
- ❖ **Τερματικό πολύ μικρού διαφράγματος (Very small aperture terminal / VSAT)**: Τεχνολογία δορυφορικής επικοινωνίας που χρησιμοποιεί μικρές κεραιές δορυφορικών πιάτων για δεδομένα στενής ζώνης και ευρυζωνικότητας.

### 3.3.6 Ενσύρματο δίκτυο

Ενσύρματο δίκτυο (Internet of Things (IoT): Technology Trends, 2021), (Gloss, 2020):

- ❖ **Ethernet**: Πρότυπο τοπικής δικτύωσης γενικής χρήσης που χρησιμοποιεί συνεστραμμένα ζεύγη (UTP καλώδια) και συνδέσεις οπτικών ινών σε συνδυασμό με διανομείς ή διακόπτες.
- ❖ **Επικοινωνία με γραμμή ισχύος (Power-line communication / PLC)**: Τεχνολογία επικοινωνίας που χρησιμοποιεί ηλεκτρική καλωδίωση για τη μεταφορά ρεύματος και δεδομένων. Προδιαγραφές όπως το HomePlug<sup>21</sup> ή το G.hn χρησιμοποιούν το PLC για τη δικτύωση συσκευών IoT.

---

<sup>21</sup> Διάφορες προδιαγραφές επικοινωνιών γραμμών ηλεκτρικής ενέργειας. Ορισμένες προδιαγραφές HomePlug στοχεύουν σε ευρυζωνικές εφαρμογές, όπως διανομή στο σπίτι χαμηλής ταχύτητας δεδομένων IPTV, παιχνίδια και περιεχόμενο Διαδικτύου.



## 4 Δικτυακές τεχνολογίες για το IoT

### 4.1 Γενικά στοιχεία

Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) ξεκινά με τη συνδεσιμότητα, αλλά δεδομένου ότι το IoT είναι ένα ευρύτατο και πολύπλευρο πεδίο, είναι δύσκολο να βρεθεί μια λύση επικοινωνίας που να ταιριάζει σε όλους τους τύπους εφαρμογών. Κάθε τρόπος / λύση διασύνδεσης έχει τα δυνατά και τα αδύνατα σημεία της σε διάφορα κριτήρια δικτύου και ως εκ τούτου είναι η καταλληλότερη για διαφορετικές περιπτώσεις χρήσης IoT.

Η επιτυχία του IoT εξαρτάται πλήρως από την αξιόπιστη και επεκτάσιμη συνδεσιμότητα IoT. Αυτό παραμένει ένα τεράστιο εμπόδιο για τις κατασκευαστικές και εμπορικές βιομηχανίες. Αυτές οι βιομηχανίες αντιμετωπίζουν πολύπλοκα ή απομακρυσμένα περιβάλλοντα όπου οι παραδοσιακές επιλογές ενσύρματης και ασύρματης συνδεσιμότητας δεν μπορούν να εξασφαλίσουν το κόστος, την εδαφική κάλυψη και τις απαιτήσεις ισχύος που απαιτούνται για εφαρμογές IoT.

Για παράδειγμα το Bluetooth έχει σχεδιαστεί μόνο για εφαρμογές μικρής εμβέλειας ενώ η συνδεσιμότητα κινητής τηλεφωνίας και το Wi-Fi είναι πολύ ακριβά και απαιτούν πολλή ενέργεια για μεγάλα δίκτυα αισθητήρων IoT που τροφοδοτούνται από μπαταρία και συχνά αντιμετωπίζουν σημαντικά κενά κάλυψης όταν πρόκειται για εσωτερικές και απομακρυσμένες τοποθεσίες. Τα δίκτυα πλέγματος δεν μπορούν να κλιμακωθούν πέρα από τις εφαρμογές μεσαίου εύρους λόγω της υπερβολικά πολύπλοκης εγκατάστασης και διαχείρισης δικτύου (Bonavolontà, Rosario, Moriello, & Tufano, 2017).

### 4.2 LPWAN

#### 4.2.1 Γενικά για τα Low Power Wide Area Networks / LPWAN

Τα δίκτυα ευρείας περιοχής χαμηλής ισχύος (Low Power Wide Area Networks / LPWAN) είναι ένα νέο φαινόμενο στο IoT. Παρέχοντας επικοινωνία μεγάλης εμβέλειας με μικρές, φθηνές μπαταρίες που διαρκούν χρόνια, αυτή η οικογένεια τεχνολογιών έχει κατασκευαστεί ειδικά για να υποστηρίξει δίκτυα IoT μεγάλης κλίμακας που απλώνονται σε τεράστιες βιομηχανικές και εμπορικές περιοχές αλλά και πανεπιστημιούπολεις (Parrì, Parrino, Peruzzi, & Pozzebon, 2019).



Εικόνα 4.1: LPWAN.

Πηγή: (LPWAN, 2020).

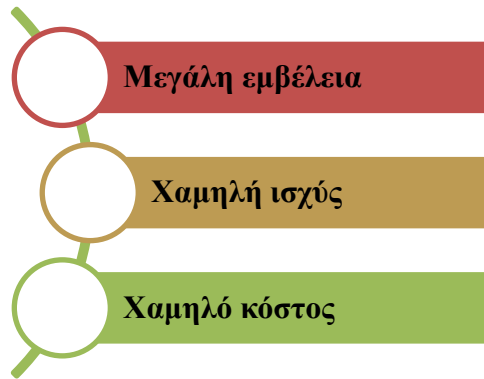
Τα LPWAN μπορούν κυριολεκτικά να συνδέσουν όλους τους τύπους αισθητήρων IoT, διευκολύνοντας πολυάριθμες εφαρμογές από την παρακολούθηση περιουσιακών στοιχείων, περιβαλλοντική παρακολούθηση, διαχείριση εγκαταστάσεων έως και τον εντοπισμό πληρότητας και την παρακολούθηση αναλωσίμων. Ωστόσο, τα LPWAN μπορούν να στείλουν μόνο μικρά «μπλοκ» δεδομένων με χαμηλό ρυθμό και επομένως είναι κατάλληλα για περιπτώσεις χρήσης που δεν απαιτούν υψηλό εύρος ζώνης και δεν είναι ευαίσθητα στο χρόνο.

Επίσης, δεν είναι όλα τα LPWAN ίδια. Σήμερα, υπάρχουν τεχνολογίες που λειτουργούν τόσο στο αδειοδοτημένο (NB-IoT, LTE-M) όσο και στο μη αδειοδοτημένο (π.χ. MYTHINGS, LoRa, Sigfox κ.λπ.) φάσμα με ποικίλους βαθμούς απόδοσης σε βασικούς παράγοντες δικτύου. Η ποιότητα των υπηρεσιών και η επεκτασιμότητα είναι τα κύρια ζητήματα κατά την υιοθέτηση τεχνολογιών χωρίς άδεια. Η τυποποίηση είναι ένας άλλος σημαντικός παράγοντας που πρέπει να σκεφτεί ο χρήστης εάν θέλει να διασφαλίσει την αξιοπιστία, την ασφάλεια και τη διαλειτουργικότητα μακροπρόθεσμα (Parrì, Parrino, Peruzzi, & Pozzebon, 2019).

#### 4.2.2 Πλεονεκτήματα τεχνολογίας Low-Power Wide Area Network (LPWAN)

Η τεχνολογία Low-Power Wide Area Network (LPWAN) παρέχει την κάλυψη χαμηλού κόστους, χαμηλής ισχύος και ευρείας περιοχής που απαιτείται για τεράστια, ασύρματα δίκτυα αισθητήρων. Προσαρμοσμένο για εφαρμογές τηλεμετρίας IoT όπου μικρές ποσότητες δεδομένων μεταδίδονται περιοδικά, το LPWAN επαναπροσδιορίζει τον τρόπο με τον οποίο τα

περιουσιακά στοιχεία και οι διαδικασίες παρακολουθούνται και διαχειρίζονται εξ αποστάσεως, δηλαδή (Σχήμα 4.1) (Raza, Kulkarn, & Sooriyabandara, 2017):



Εικόνα 4.2: Πλεονεκτήματα τεχνολογίας Low-Power Wide Area Network (LPWAN).

Και αναλυτικότερα (Raza, Kulkarn, & Sooriyabandara, 2017):

1. **Μεγάλη εμβέλεια:** Η εμβέλεια λειτουργίας της τεχνολογίας LPWAN ποικίλλει από λίγα χιλιόμετρα σε αστικές περιοχές έως πάνω από 15 χιλιόμετρα σε αγροτικές περιοχές. Μπορεί επίσης να επιτρέψει την αποτελεσματική επικοινωνία δεδομένων σε εσωτερικές και υπόγειες τοποθεσίες που προηγουμένως δεν ήταν εφικτές.
2. **Χαμηλή ισχύς:** Βελτιστοποιημένοι για κατανάλωση ενέργειας, οι πομποδέκτες LPWAN μπορούν να λειτουργούν με μικρές, φθηνές μπαταρίες για 10-15 χρόνια, οδηγώντας μείωση του κόστους συντήρησης.
3. **Χαμηλό κόστος:** Τα απλοποιημένα, ελαφριά πρωτόκολλα του LPWAN μειώνουν την πολυπλοκότητα στο σχεδιασμό του υλικού και μειώνουν το κόστος της συσκευής. Η μεγάλη του εμβέλεια σε συνδυασμό με μια τοπολογία αστέρα μειώνουν τις ακριβές απαιτήσεις υποδομής και η χρήση μη αδειοδοτημένων ζωνών χωρίς άδεια μειώνει το κόστος του δικτύου.

#### 4.2.3 Παράγοντες επιλογής κατάλληλης τεχνολογίας LPWAN

Κάθε εφαρμογή IoT έχει συγκεκριμένες απαιτήσεις. Για να διασφαλιστεί ότι επιλέγετε τη σωστή τεχνολογία LPWAN για το έργο IoT, πρέπει να ληφθούν υπόψη οι παρακάτω παράγοντες (Σχήμα 4.2) (Parrì, Parrino, Peruzzi, & Pozzebon, 2019):



Εικόνα 4.3: Παράγοντες επιλογής κατάλληλης τεχνολογίας LPWAN.

Και αναλυτικότερα (Parrì, Parrino, Peruzzi, & Pozzebon, 2019):

1. **Ποιότητα Υπηρεσιών:** Ο υψηλός ρυθμός λήψης δεδομένων είναι το κλειδί για τη διασφάλιση εξαιρετικής ποιότητας υπηρεσίας QoS και αξιοπιστίας βιομηχανικού επιπέδου. Για να επιτευχθεί αυτό, η αντοχή σε παρεμβολές είναι απαραίτητη για τις τεχνολογίες LPWAN που λειτουργούν στο μη αδειοδοτημένο φάσμα.
2. **Επεκτασιμότητα:** Η μεγάλη χωρητικότητα δικτύου είναι απαραίτητη για τη μελλοντική επέκταση του δικτύου και τον εκθετικά αυξανόμενο αριθμό συσκευών. Ένας σημαντικός δείκτης είναι ο αριθμός των καθημερινών μηνυμάτων ή συσκευών που μπορεί να χειριστεί ένας μόνο σταθμός βάσης.
3. **Διάρκεια ζωής μπαταρίας:** Η χαμηλή κατανάλωση ενέργειας μπορεί να μειώσει σημαντικά το συνολικό κόστος ιδιοκτησίας και να βοηθήσει στην επίτευξη βιώσιμων επιχειρηματικών στόχων σε απομακρυσμένα δίκτυα αισθητήρων.
4. **Κινητικότητα:** Η μετάδοση δεδομένων από τελικούς κόμβους που κινούνται με υψηλές ταχύτητες επιτρέπει εφαρμογές IoT όπως η ασφάλεια των εργαζομένων και η τηλεματική στόλου αυτοκινήτων κλπ.
5. **Ασφάλεια:** Κρυπτογράφηση πολλαπλών επιπέδων με ισχυρά συστήματα αναγνώρισης και επαλήθευσης ταυτότητας, εξασφαλίζουν ασφαλή μετάδοση δεδομένων και ακεραιότητα.
6. **Δημόσιο ή Ιδιωτικό Δίκτυο:** Τα ιδιωτικά δίκτυα LPWAN προσφέρουν μεγαλύτερη ευελιξία στο σχεδιασμό και την κάλυψη του δικτύου, ενώ τα δημόσια δίκτυα LPWAN συχνά εγείρουν ανησυχίες σχετικά με το απόρρητο των δεδομένων.

7. **Κλειστό Δίκτυο ή Πρότυπο:** Μια βιομηχανική τυποποιημένη λύση αποφεύγει προβλήματα δυσλειτουργίας με προμηθευτές / παρόχους του δικτύου, ενώ παράλληλα διασφαλίζει αξιοπιστία και μακροπρόθεσμη διαλειτουργικότητα με άλλα στοιχεία στο οικοσύστημα IoT.

#### 4.2.4 Σύγκριση τεχνολογιών LPWAN

Παρακάτω ακολουθεί σύγκριση τεχνολογιών LPWAN (Lavruc & Pora, 2017):

##### α) Αδειοδοτημένο Φάσμα- LPWAN κινητής τηλεφωνίας (πρότυπα 3GPP)

Οι λύσεις LPWAN κινητής τηλεφωνίας (πρότυπα 3GPP) προσφέρουν υψηλούς ρυθμούς δεδομένων και εύρος ζώνης παράλληλα με εγγυημένη ποιότητα εξυπηρέτησης. Ωστόσο, αυτά τα οφέλη συχνά συνοδεύονται από υψηλότερη κατανάλωση ενέργειας και αυξημένο κόστος λόγω πιο περίπλοκων πρωτοκόλλων. Επίσης, ορισμένες τεχνολογίες κινητής τηλεφωνίας LPWAN, όπως το NB-IoT, προορίζονται μόνο για σταθερές συσκευές.

##### β) Μη αδειοδοτημένο Φάσμα - Ευρύ φάσμα / Wide bandwidth

Οι λύσεις Spread Spectrum όπως το LoRa, μεταδίδουν ένα σήμα στενού εύρους ζώνης σε μια ευρύτερη ζώνη συχνοτήτων για να βελτιώσουν την ανθεκτικότητα έναντι παρεμβολών από άλλα συστήματα. Ωστόσο, αυτή η προσέγγιση χρησιμοποιεί το κοινό φάσμα αναποτελεσματικά και συχνά αντιμετωπίζει σημαντικές προκλήσεις αυτο-παρεμβολών που μπορούν να περιορίσουν τη συνολική χωρητικότητα και την επεκτασιμότητα του δικτύου.

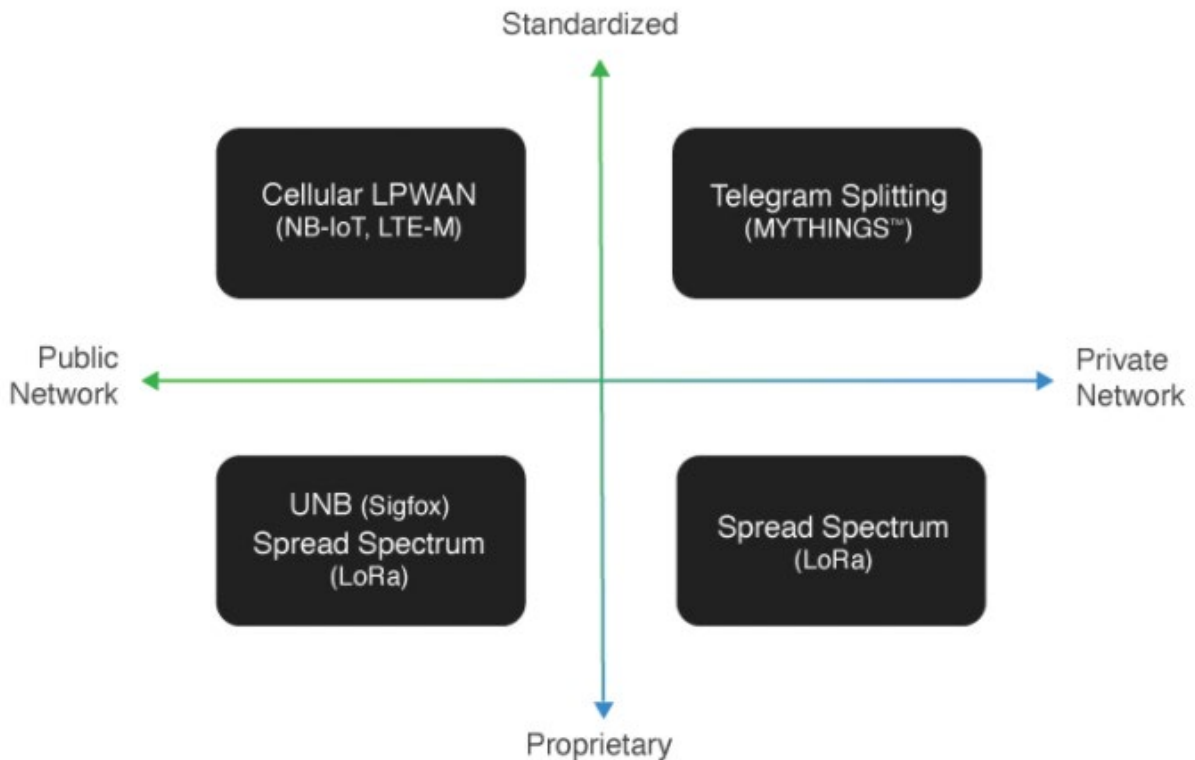
##### γ) Μη αδειοδοτημένο Φάσμα – Στενό φάσμα (Ultra-Narrowband / UNB)

Ενώ απλοποιεί τον σχεδιασμό του πομποδέκτη, η παραδοσιακή τεχνολογία UNB έχει ως αποτέλεσμα εξαιρετικά χαμηλούς ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων. Αυτό επιμηκώνει τον χρόνο μετάδοσης (χρόνος «on-air») ενός μηνύματος που αυξάνει την κατανάλωση ενέργειας και την ευπάθεια στις παρεμβολές. Σε συνδυασμό με τους κανόνες κύκλου εργασίας, οι χαμηλοί ρυθμοί δεδομένων περιορίζουν επίσης τον αριθμό των μηνυμάτων που μπορούν να αποστέλλονται καθημερινά και ωριαία. Επιπλέον, τα δίκτυα UNB δεν υποστηρίζουν επικοινωνία από κόμβους υψηλής ταχύτητας.

##### δ) Μη αδειοδοτημένο Φάσμα - Telegram Splitting

Το Telegram Splitting είναι η μόνη τυποποιημένη τεχνολογία LPWAN στο μη αδειοδοτημένο φάσμα. Τα πακέτα χωρίζονται σε μικρότερα υποπακέτα και διανέμονται σε διαφορετικούς χρόνους και συχνότητες (διαμορφώσεις χρόνου και συχνότητας) για να βελτιωθεί η δημιουργία παρεμβολών, η επεκτασιμότητα και η απόδοση ισχύος. Οι τεχνολογίες

διαχωρισμού Telegram, όπως το MYTHINGS, υποστηρίζουν επίσης την επικοινωνία από συσκευές υψηλής ταχύτητας με ταχύτητα έως και 120 km/h.



Εικόνα 4.4: Σύγκριση τεχνολογιών LPWAN.

Πηγή: (Lavric & Pora, 2017).

#### 4.2.5 Η σημασία της τυποποίησης

Η τυποποίηση είναι ένας από τους βασικούς πυλώνες σε ένα «ζωντανό» οικοσύστημα IoT. Παρέχοντας ένα αυστηρό και διαφανές τεχνικό πλαίσιο πιστοποιημένο από Οργανισμούς Ανάπτυξης Προτύπων (π.χ. ETSI, IEEE, IETF, 3GPP κ.λπ.), μια τυποποιημένη τεχνολογία φέρνει ξεχωριστά πλεονεκτήματα, όπως εγγυημένη ποιότητα και αξιοπιστία, μακροπρόθεσμη διαλειτουργικότητα και ευελιξία καινοτομίας και παγκόσμια επεκτασιμότητα.

Στη σφαίρα του LPWAN, υπάρχουν δύο «στρατόπεδα» τεχνολογιών που πέτυχαν στις προσπάθειες τυποποίησης και έχουν εγκριθεί από την επίσημη SDO (Lavric & Pora, 2017):

- Τεχνολογία διαχωρισμού Telegram βασισμένη στο πρότυπο ETSI για δίκτυα χαμηλής απόδοσης – TS 103 357.
- Κυβελωτό LPWAN βασισμένο σε πρότυπα 3GPP.

Έχουν δημιουργηθεί πολλές βιομηχανικές συμμαχίες γύρω από ιδιόκτητες λύσεις LPWAN για την προώθηση της ανάπτυξης προτύπων. Ωστόσο, αυτές οι προσπάθειες δεν διασφαλίζουν τη βιωσιμότητα της τεχνολογίας και ενδέχεται να μην καλύπτουν ολόκληρη τη στοίβα του δικτύου όπως στην περίπτωση της LoRa Alliance.

#### 4.2.6 Ισχυρό LPWAN για βιομηχανικό IoT

Λόγω της κρίσιμης φύσης των βιομηχανικών εφαρμογών, η αξιοπιστία του δικτύου επικοινωνίας σε επίπεδο φορέα είναι απαραίτητη προϋπόθεση στο βιομηχανικό IoT. Ο υψηλός ρυθμός λήψης μηνυμάτων διασφαλίζει ότι τα κρίσιμα δεδομένα θα παραδίδονται όταν χρειάζονται περισσότερο για έγκαιρη απάντηση σε επικείμενα ζητήματα (Raza, Kulkarni, & Sooriyabandara, 2017).

Ωστόσο, με τις ταχέως αναπτυσσόμενες εγκαταστάσεις ασύρματου IoT και την εκτεταμένη χρήση του μη αδειοδοτημένου φάσματος, οι προκλήσεις για την ποιότητα της υπηρεσίας και την επεκτασιμότητα θα γίνονται όλο και πιο εμφανείς μεταξύ πολλών λύσεων LPWAN.

Αυτή η νέα μελέτη<sup>22</sup> που διεξήχθη από τον καθηγητή Δρ Thomas Lauterbach όπου συνέκρινε την απόδοση του MYTHINGS (Telegram Splitting) έναντι του LoRa (Spread Spectrum) σε ένα βιομηχανικό σενάριο IoT με υψηλή παρεμβολή από συνυπάρχοντα συστήματα (Mitchell, 2019).

### 4.3 Cellular / Κινητό (3G/4G/5G)

Καθιερωμένα στην καταναλωτική αγορά κινητής τηλεφωνίας, τα κυψελωτά δίκτυα προσφέρουν αξιόπιστη ευρυζωνική επικοινωνία υποστηρίζοντας διάφορες φωνητικές κλήσεις και εφαρμογές ροής βίντεο. Από την άλλη πλευρά, επιβάλλουν πολύ υψηλό λειτουργικό κόστος και απαιτήσεις ισχύος (Lavrnc & Popa, 2017).

Ενώ τα κυψελωτά δίκτυα δεν είναι βιώσιμα για την πλειονότητα των εφαρμογών IoT που τροφοδοτούνται από δίκτυα αισθητήρων που λειτουργούν με μπαταρία, ταιριάζουν καλά σε συγκεκριμένες περιπτώσεις χρήσης, όπως συνδεδεμένα αυτοκίνητα ή διαχείριση στόλου στις μεταφορές και την επιμελητεία. Για παράδειγμα, το σύστημα ενημέρωσης και ψυχαγωγίας

---

<sup>22</sup> Ο καθηγητής Δρ. Thomas Lauterbach από το Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο της Νυρεμβέργης για την Εφαρμοσμένη Επιστήμη, αξιολογεί και συγκρίνει την Ποιότητα της Υπηρεσίας του LoRa έναντι του MYTHINGS υπό πραγματικές συνθήκες παρεμβολής (Lauterbach, 2020).

στο αυτοκίνητο, η δρομολόγηση της κυκλοφορίας, τα προηγμένα συστήματα υποβοήθησης οδηγού (ADAS) παράλληλα με τις υπηρεσίες τηλεματικής και παρακολούθησης του στόλου μπορούν όλα να βασίζονται στην πανταχού παρούσα και υψηλού εύρους ζώνης συνδεσιμότητα κινητής τηλεφωνίας (Bonavolontà, Rosario, Moriello, & Tufano, 2017).

Το κινητό 5G επόμενης γενιάς με υποστήριξη κινητικότητας υψηλής ταχύτητας και εξαιρετικά χαμηλό λανθάνοντα χρόνο προωθείται ως το μέλλον των αυτόνομων οχημάτων και της επαυξημένης πραγματικότητας. Το 5G αναμένεται επίσης να επιτρέψει την παρακολούθηση βίντεο σε πραγματικό χρόνο για τη δημόσια ασφάλεια, την παράδοση ιατρικών δεδομένων σε πραγματικό χρόνο από κινητά για συνδεδεμένη υγεία και αρκετές εφαρμογές βιομηχανικού αυτοματισμού ευαίσθητες στο χρόνο στο μέλλον.

Η συνδεσιμότητα IoT είναι θεμελιώδης και δεν είναι υπερβολή να πούμε ότι η επιλεγμένη ασύρματη τεχνολογία έχει βαθύ αντίκτυπο στην επιτυχία οποιασδήποτε πρωτοβουλίας IoT. Γι' αυτό οι ηγέτες της τεχνολογίας αναζητούν συνεχώς τις πιο πρόσφατες τάσεις και τεχνολογίες ασύρματης σύνδεσης για να αποκαλύψουν πιθανές επιχειρηματικές αξίες και ευκαιρίες υιοθέτησης. Για όσους θέλουν να παραμείνουν μπροστά από την καμπύλη ασύρματης σύνδεσης, παρακάτω περιγράφουμε δύο αναδυόμενα πρότυπα συνδεσιμότητας IoT που είναι έτοιμη να διαμορφώσουν το ψηφιακό τοπίο το 2020 και μετά (Raza, Kulkarn, & Sooriyabandara, 2017).

#### **4.3.1 Βασισμένα σε LPWAN**

Τα νεότερα δίκτυα ευρείας περιοχής χαμηλής ισχύος (LPWAN) προσφέρουν συνδεσιμότητα IoT υψηλής απόδοσης και οικονομικά προσιτή σε τεράστια, δομικά πυκνά περιβάλλοντα. Καμία τρέχουσα κατηγορία ασύρματης σύνδεσης δεν θα μπορούσε να ξεπεράσει το LPWAN όσον αφορά τη διάρκεια ζωής της μπαταρίας, το κόστος συσκευών και συνδεσιμότητας, καθώς και την ευκολία εφαρμογής. Λόγω αυτού του μοναδικού συνδυασμού χαρακτηριστικών, το LPWAN έχει καθιερωθεί ως βασικός μοχλός μαζικού δικτύου αισθητήρων με ανεκτικότητα σε καθυστέρηση σε τομείς βιομηχανικού IoT, έξυπνων κτιρίων και έξυπνων πόλεων (Bonavolontà, Rosario, Moriello, & Tufano, 2017).

Ενώ υπάρχει πληθώρα πρωτοκόλλων LPWAN, παράλληλα υπάρχουν και διακριτά πλεονεκτήματα των τεχνολογιών που βασίζονται σε διάφορα πρότυπα. Δεδομένης της εκρηκτικής ανάπτυξης των συσκευών που συνδέονται με το IoT, η ποιότητα της προσφερόμενης υπηρεσίας, η επεκτασιμότητα και η διαλειτουργικότητα θα είναι τα βασικά κριτήρια στην απόφαση του εκάστοτε χρήστη για ασύρματη σύνδεση. Πρότυπα που βασίζονται



σε παρόχους όπως το NB-IoT και το LTE-M, μαζί με το MYTHINGS – μια λύση συνδεσιμότητας IoT που βασίζεται στο πιο πρόσφατο ανοιχτό πρότυπο ETSI για δίκτυα χαμηλής απόδοσης – έχουν προκύψει για να συμπληρώσουν τις κλειστές τεχνολογίες (π.χ. LoRa, Sigfox κ.λπ.) και ανταποκρίνονται σε αυτές τις απαιτήσεις.

Όσον αφορά τις εφαρμογές, το NB-IoT και άλλα πρότυπα LPWAN που βασίζονται σε παρόχους πρόκειται να αποτελέσουν τον βασικό πυλώνα των μελλοντικών δικτύων έξυπνων πόλεων. Αξιοποιώντας την υπάρχουσα υποδομή κινητής τηλεφωνίας, αυτά τα διαχειριζόμενα δίκτυα παρέχουν εκτεταμένη κάλυψη σε αστικές περιοχές, ενώ αφαιρούν τα έξοδα υποδομής. Από την άλλη πλευρά, για βιομηχανικές αναπτύξεις όπου η ασφάλεια των δεδομένων και η ιδιοκτησία υπερισχύουν του κόστους, οι λύσεις που αναπτύσσονται ιδιωτικά όπως το MYTHINGS θα είναι η προτιμώμενη επιλογή. Επιπλέον, οι βιομηχανικές εγκαταστάσεις βρίσκονται συχνά σε απομακρυσμένες περιοχές που δεν εξυπηρετούνται καλά από τους παρόχους (Cosmote, Wind, Vodafone) (Raza, Kulkarni, & Sooriyabandara, 2017).

#### 4.3.2 Βασισμένα σε 5G

Το 5G είναι το πιο πρόσφατο πρότυπο κινητής τηλεφωνίας και αποτέλεσε αντικείμενο ατελείωτων συζητήσεων και ενθουσιασμού σε όλους τους τομείς. Και ενώ οι πάροχοι υπηρεσιών τηλεπικοινωνιών έχουν ανακοινώσει διαδοχικά την έναρξη των δικτύων κινητής τηλεφωνίας επόμενης γενιάς σε αρκετές χώρες (αλλά και μεμονωμένες περιοχές), η έκδοση 5G δεν έχει έρθει ακόμη. Η έκδοση 5G θα φέρει σημαντικές βελτιώσεις στην εξαιρετικά αξιόπιστη επικοινωνία χαμηλής καθυστέρησης (ultra-reliable low-latency communication / URLLC). Επιπλέον, θα εισαγάγει μια σειρά από βελτιώσεις ως μέρος του οδικού χάρτη «απόδοση 5G» – συμπεριλαμβανομένης της μειωμένης συμφόρησης δικτύου, της υψηλότερης απόδοσης ενέργειας και της βελτιωμένης κινητικότητας. Έτσι, η λειτουργία του 5G θα επεκτείνεται τα επόμενα χρόνια (Gloss, 2020).

Εκτός από τον ρόλο του στην καταναλωτική αγορά κινητής τηλεφωνίας, το 5G θεωρείται ότι είναι σημαντικός καταλύτης για άλλες αναδυόμενες τάσεις τεχνολογίας, όπως η επαυξημένη/εικονική πραγματικότητα και τα συνδεδεμένα οχήματα. Παρέχοντας αξιόπιστη και πανταχού παρούσα συνδεσιμότητα IoT σε αστικές περιοχές, η τεχνολογία θα διαδραματίσει επίσης ζωτικό ρόλο στις καινοτομίες τηλε-υγείας παράλληλα με τη δημόσια ασφάλεια και τις κρίσιμες επικοινωνίες.

Όσον αφορά το βιομηχανικό IoT, το 5G τοποθετείται ως βασικός παράγοντας διευκόλυνσης της ευαίσθητης στο χρόνο δικτύωσης για εργοστασιακή αυτοματοποίηση. Με

την εισαγωγή της επιλογής ιδιωτικής ανάπτυξης 5G, οι φορείς εκμετάλλευσης κινητής τηλεφωνίας στοχεύουν να αντιμετωπίσουν τα προβλήματα ασφάλειας δεδομένων μεταξύ των βιομηχανικών χρηστών. Ωστόσο, το υψηλό κόστος και η μικρή υποστήριξη υλικού (δηλαδή του σταθμού βάσης) εξακολουθούν να αφήνουν ένα μεγάλο ερωτηματικό στην επιχειρηματική περίπτωση των ιδιωτικών δικτύων 5G (Gloss, 2020).

#### 4.4 Zigbee και άλλα πρωτόκολλα πλέγματος

Το Zigbee είναι ένα ασύρματο πρότυπο μικρής εμβέλειας, χαμηλής κατανάλωσης (IEEE 802.15.4), που αναπτύσσεται συνήθως σε τοπολογία πλέγματος για να επεκτείνει την κάλυψη αναμεταδίδοντας δεδομένα αισθητήρα σε πολλούς κόμβους αισθητήρων. Σε σύγκριση με το LPWAN, το Zigbee παρέχει υψηλότερους ρυθμούς δεδομένων, αλλά ταυτόχρονα, πολύ μικρότερη απόδοση ισχύος λόγω της διαμόρφωσης πλέγματος (Khvoynitskaya, 2019).

Λόγω της φυσικής τους μικρής εμβέλειας (< 100m), τα πρωτόκολλα Zigbee και τα παρόμοια mesh (π.χ. Z-Wave, Thread κ.λπ.) είναι καλύτερα για εφαρμογές IoT μεσαίου εύρους με ομοιόμορφη κατανομή κόμβων σε κοντινή απόσταση. Συνήθως, το Zigbee είναι ένα τέλειο συμπλήρωμα του Wi-Fi για διάφορες περιπτώσεις χρήσης οικιακού αυτοματισμού, όπως έξυπνος φωτισμός, έλεγχοι HVAC (Heating, ventilation, and air conditioning / θέρμανση, εξαερισμός και κλιματισμός), ασφάλεια και διαχείριση ενέργειας κ.λπ. – αξιοποιώντας οικιακά δίκτυα αισθητήρων.

Μέχρι την εμφάνιση του LPWAN, τα δίκτυα πλέγματος έχουν επίσης εφαρμοστεί σε βιομηχανικά πλαίσια, υποστηρίζοντας αρκετές λύσεις απομακρυσμένης παρακολούθησης. Ωστόσο, απέχουν πολύ από το να είναι ιδανικά, για πολλές βιομηχανικές εγκαταστάσεις, που είναι γεωγραφικά διασκορπισμένες και η θεωρητική επεκτασιμότητα τους συχνά παρεμποδίζεται από την ολοένα και πιο περίπλοκη εγκατάσταση και διαχείριση δικτύου (Bonavolontà, Rosario, Moriello, & Tufano, 2017).

Τα πρωτόκολλα Zigbee προορίζονται για ενσωματωμένες εφαρμογές που απαιτούν χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και ανέχονται χαμηλούς ρυθμούς δεδομένων. Το δίκτυο που προκύπτει θα καταναλώνει πολύ λίγη ισχύ -οι μεμονωμένες συσκευές πρέπει να έχουν διάρκεια μπαταρίας τουλάχιστον δύο ετών για να περάσουν την πιστοποίηση.

Οι τυπικοί τομείς εφαρμογής περιλαμβάνουν (Parrì, Parrino, Peruzzi, & Pozzebon, 2019):

- Οικιακός αυτοματισμός

- Ασύρματα δίκτυα αισθητήρων
- Βιομηχανικά συστήματα ελέγχου
- Ενσωματωμένη ανίχνευση
- Συλλογή ιατρικών δεδομένων
- Προειδοποίηση καπνού και εισβολέων
- Κτιριακός αυτοματισμός
- Διαμόρφωση απομακρυσμένου ασύρματου μικροφώνου

Το Zigbee δεν είναι για κατάλληλο για εφαρμογές με υψηλή κινητικότητα μεταξύ των κόμβων. Ως εκ τούτου, δεν είναι κατάλληλο για ad hoc (άναρχα) ραδιοδίκτυα, όπου υπάρχει και απαιτείται υψηλός ρυθμός δεδομένων και υψηλή κινητικότητα.

#### 4.5 Wi-Fi 6

Το Wi-Fi, παρέχει μεταφορά δεδομένων υψηλής απόδοσης τόσο για εταιρικά όσο και για οικιακά περιβάλλοντα. Ωστόσο, στον χώρο του IoT, οι κύριοι περιορισμοί του στην κάλυψη, την επεκτασιμότητα και την κατανάλωση ενέργειας καθιστούν την τεχνολογία πολύ λιγότερο διαδεδομένη (Butler, 2020). Επιβάλλοντας υψηλές ενεργειακές απαιτήσεις, το Wi-Fi δεν είναι καλή λύση για μεγάλα δίκτυα αισθητήρων IoT που λειτουργούν με μπαταρία, ειδικά σε βιομηχανικά σενάρια IoT και έξυπνων κτιρίων. Αντίθετα, αφορά περισσότερο τη σύνδεση συσκευών που μπορούν να συνδεθούν άνετα σε μια πρίζα, όπως έξυπνες οικιακές συσκευές και συσκευές, ψηφιακές σημάνσεις ή κάμερες ασφαλείας.

Το Wi-Fi 6 (802.11.ax) -η νεότερη γενιά Wi-Fi- επιφέρει βελτιωμένο εύρος ζώνης δικτύου (δηλαδή <9,6 Gbps) για τη βελτίωση της απόδοσης δεδομένων ανά χρήστη σε περιβάλλοντα με συμφόρηση. Αυτό το πρότυπο είναι έτοιμο να αναβαθμίσει τη δημόσια υποδομή Wi-Fi και να μεταμορφώσει την εμπειρία των πελατών / χρηστών με νέες ψηφιακές υπηρεσίες κινητής τηλεφωνίας στους τομείς λιανικής και μαζικής ψυχαγωγίας. Επίσης, τα δίκτυα infotainment αναμένεται να είναι η εφαρμογή που θα αλλάξει περισσότερο το Wi-Fi 6. Ωστόσο, η ανάπτυξη πιθανότατα θα διαρκέσει περισσότερο χρόνο (Bluetooth Low Energy, 2021).

Μια κύρια αναβάθμιση του Wi-Fi 6 σε σχέση με τους προκατόχους του είναι το σημαντικά βελτιωμένο συνολικό εύρος ζώνης δικτύου (δηλαδή <9,6 Gbps). Και, ενώ η ροή βίντεο ultra-HD μπορεί να είναι το πρώτο πράγμα που αναβαθμίζεται, η βελτιωμένη απόδοση στοχεύει πράγματι να αντιμετωπίσει μια πρόκληση πιο συγκεκριμένη για το IoT – τη

συνύπαρξη συσκευών. Αντί να ενεργοποιεί μια μεμονωμένη συσκευή με αστραπιαία ταχύτητα, το Wi-Fi 6 στοχεύει να υποστηρίξει ταυτόχρονα πολύ μεγαλύτερο αριθμό τελικών σημείων ανά δρομολογητή, χωρίς να διακυβεύεται η παροχή δεδομένων ανά συσκευή. Για να γίνει αυτό, ο δρομολογητής χρησιμοποιεί πολλαπλές κεραίες και το συνολικό χρησιμοποιούμενο φάσμα χωρίζεται σε πολύ μεγαλύτερο αριθμό υποκαναλιών για ταυτόχρονες ροές δεδομένων από πολλές συσκευές.

Όπως και με τις προηγούμενες γενιές, το Wi-Fi 6 θα είναι η ραχοκοκαλιά της ευρυζωνικής συνδεσιμότητας IoT στα οικιακά και εταιρικά δίκτυα. Ταυτόχρονα, μετριάζοντας το ζήτημα της συμφόρησης, η τεχνολογία είναι έτοιμη να αναβαθμίσει τη δημόσια υποδομή Wi-Fi και να μεταμορφώσει την εμπειρία των πελατών / χρηστών με νέες ψηφιακές υπηρεσίες κινητής τηλεφωνίας.

#### **4.6 Bluetooth 5.X**

Το Bluetooth, που ανήκει στην κατηγορία των Wireless Personal Area Networks (Ασύρματων Προσωπικών Δικτύων Περιοχής), είναι μια τεχνολογία επικοινωνίας μικρής εμβέλειας με καλή θέση στην καταναλωτική αγορά. Το Bluetooth Classic προοριζόταν αρχικά για ανταλλαγή δεδομένων από σημείο σε σημείο ή από σημείο σε πολλαπλά σημεία (έως επτά υποτελείς κόμβους) μεταξύ συσκευών καταναλωτών. Βελτιστοποιημένο για κατανάλωση ενέργειας, το Bluetooth Low-Energy εισήχθη αργότερα για την αντιμετώπιση εφαρμογών IoT για καταναλωτές μικρής κλίμακας.

Οι συσκευές με δυνατότητα BLE χρησιμοποιούνται κυρίως σε συνδυασμό με ηλεκτρονικές συσκευές, συνήθως smartphone που χρησιμεύουν ως κόμβος για τη μεταφορά δεδομένων στο cloud. Σήμερα, το BLE είναι ευρέως ενσωματωμένο σε είδη φυσικής κατάστασης και ιατρικά wearable (π.χ. έξυπνα ρολόγια, μετρητές γλυκόζης, παλμικό οξύμετρο, κ.λπ.) καθώς και σε συσκευές Smart Home (π.χ. κλειδαριές θυρών) όπου τα δεδομένα μεταδίδονται εύκολα και οπτικοποιούνται σε smartphone (Bluetooth Low Energy, 2021).

Η κυκλοφορία των προδιαγραφών Bluetooth Mesh το 2017 στόχευε να επιτρέψει μια πιο επεκτάσιμη ανάπτυξη συσκευών BLE, ιδιαίτερα σε περιβάλλοντα λιανικής πώλησης. Παρέχοντας ευέλικτες δυνατότητες εντοπισμού εσωτερικών χώρων, τα δίκτυα BLE beacon έχουν χρησιμοποιηθεί για την δημιουργία νέων καινοτομιών υπηρεσιών, όπως η πλοήγηση στο κατάστημα, οι εξατομικευμένες προσφορές και η παράδοση περιεχομένου.

Βασισμένο στις προδιαγραφές Bluetooth Low Energy (BLE), το Bluetooth 5.0 εισάγει ένα σημαντικό άλμα όσον αφορά την απόδοση, την ταχύτητα και την εμβέλεια. Προηγουμένως, η χρήση του BLE περιοριζόταν σε τελικά σημεία χαμηλής απόδοσης, όπως beacons και wearable. Σήμερα, το Bluetooth 5.0 προσφέρει μια επιλογή υψηλής ενεργειακής απόδοσης για ροή ήχου και αποστολή μεγάλων αρχείων δεδομένων χωρίς να εξαντλείται γρήγορα η μπαταρία της συσκευής. Εάν η ταχύτητα δεν είναι κύρια απαίτηση, το Bluetooth 5.0 επιτρέπει επίσης στις συσκευές να επικοινωνούν με χαμηλούς ρυθμούς δεδομένων με αντάλλαγμα μια πολύ βελτιωμένη εμβέλεια έως και 200 μέτρα, καθιστώντας την τεχνολογία ιδανική για έξυπνα οικιακά gadget επόμενης γενιάς.

Το Bluetooth 5.1 και, πιο πρόσφατα, το 5.2 είναι τα δύο πιο πρόσφατα παράγωγα της πέμπτης γενιάς Bluetooth. Αν και δεν διαφέρουν σημαντικά από το Bluetooth 5.0, προσφέρουν συναρπαστικές δυνατότητες για εύρεση κατεύθυνσης με υψηλή ακρίβεια και υπηρεσίες πλοήγησης σε εσωτερικούς χώρους. Τα πρωτόκολλα χρησιμοποιούν καινοτόμες τεχνικές Angle-of-Arrival και Angle-of-Departure (AoD) για να επιτρέψουν τη δυνατότητα εντοπισμού μεγάλης ακρίβειας. Από την άλλη πλευρά, το μειονέκτημα αυτών των προσεγγίσεων έγκειται στον περίπλοκο και δαπανηρό σχεδιασμό υλικού των δεκτών ή των beacons σταθερού εντοπισμού, καθώς απαιτούν μια σειρά από κεραίες για λήψη ή μετάδοση σήματος.

Οι εκδόσεις Bluetooth 5 υποστηρίζουν την αρχιτεκτονική που βασίζεται σε πλέγμα για να επιτρέψει εκτεταμένη εμβέλεια για συστήματα εντοπισμού θέσης σε εσωτερικούς χώρους και βιομηχανικά δίκτυα αισθητήρων χαμηλής κατανάλωσης. Ωστόσο, αξίζει να σημειωθεί ότι η τοπολογία πλέγματος είναι εγγενώς ενεργοβόρα και όταν πρόκειται για μεγάλης κλίμακας αναπτύξεις συσκευών συνδεδεμένων στο IoT, ο σχεδιασμός και η διαμόρφωση δικτύου μπορεί να είναι ένα σημαντικό εγχείρημα (Baswade, Atif, Tamma, & Franklin, 2018).

## 4.7 RFID

Η ταυτοποίηση μέσω ραδιοσυχνοτήτων (Radio Frequency Identification / RFID) χρησιμοποιεί ραδιοκύματα για τη μετάδοση μικρών ποσοτήτων δεδομένων από μια ετικέτα RFID σε έναν αναγνώστη σε πολύ μικρή απόσταση. Μέχρι τώρα, η τεχνολογία έχει διευκολύνει το λιανικό εμπόριο και την εφοδιαστική.

Προσθέτοντας μια ετικέτα RFID σε όλα τα είδη προϊόντων και εξοπλισμού, οι επιχειρήσεις μπορούν να παρακολουθούν το απόθεμα και τα περιουσιακά τους στοιχεία σε πραγματικό χρόνο – επιτρέποντας καλύτερο σχεδιασμό αποθεμάτων και παραγωγής καθώς και

βελτιστοποιημένη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας. Παράλληλα με την αυξανόμενη υιοθέτηση του IoT, η RFID συνεχίζει να είναι εδραιωμένη στον τομέα του λιανικού εμπορίου, επιτρέποντας νέες εφαρμογές IoT όπως έξυπνα ράφια, self-checkout κλπ.

Τα συστήματα RFID χρησιμοποιούν ραδιοκύματα σε πολλές διαφορετικές συχνότητες για τη μεταφορά δεδομένων. Σε περιβάλλοντα υγειονομικής περίθαλψης και νοσοκομείων, οι τεχνολογίες RFID περιλαμβάνουν τις ακόλουθες εφαρμογές (Baswade, Atif, Tamma, & Franklin, 2018):

- Τον έλεγχο της απογραφής
- Παρακολούθηση εξοπλισμού
- Ανίχνευση κρεβατιού και ανίχνευση πτώσης ασθενούς
- Παρακολούθηση προσωπικού
- Διασφάλιση ότι οι ασθενείς λαμβάνουν τα σωστά φάρμακα και ιατρικές συσκευές
- Πρόληψη της διανομής πλαστών φαρμάκων και ιατροτεχνολογικών προϊόντων
- Παρακολούθηση ασθενών
- Παροχή δεδομένων για συστήματα ηλεκτρονικών ιατρικών αρχείων

Η επιστημονική κοινότητα δεν γνωρίζει τυχόν ανεπιθύμητες ενέργειες που σχετίζονται με την RFID. Ωστόσο, υπάρχει ανησυχία για τον πιθανό κίνδυνο ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών (electromagnetic interference / EMI) σε ηλεκτρονικές ιατρικές συσκευές από πομπούς ραδιοσυχνοτήτων όπως το RFID.

Τα συστήματα RFID απαρτίζονται από δύο κύρια μέρη (Baswade, Atif, Tamma, & Franklin, 2018):

- α) Το πρώτο είναι οι πομποδέκτες (transponders) που συχνά αναφέρονται και ως ετικέτες RFID (RFID tags). Οι ετικέτες RFID είναι μικρά chips που αποτελούνται από ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα, το οποίο περιλαμβάνει μνήμη ώστε να αποθηκεύει δεδομένα-πληροφορίες, και μία κεραία. Το μέγεθός τους μπορεί να είναι τόσο μικρό όσο το μισό ενός κόκκου άμμου (1/3 του χιλιοστού), ανάλογα με το τύπο τις ετικέτας.
- β) Το δεύτερο μέρος είναι οι αναγνώστες ή αισθητήρες (readers), οι οποίοι ανακτούν τα δεδομένα από τις ετικέτες RFID. Οι αναγνώστες RFID έχουν ενσωματωμένα μια κεραία και μια μονάδα ελέγχου.

Η λειτουργία των συστημάτων RFID είναι απλή και συναρτάται στη δυναμική και αμφίδρομη επικοινωνία των ετικετών / tags και των αναγνωστών / readers. Όταν οι ετικέτες RFID εντοπιστούν στην εμβέλεια της κεραίας του αναγνώστη, η μονάδα ελέγχου επικοινωνεί

με ραδιοκύματα με την κεραία των ετικετών RFID. Οι ετικέτες RFID δρουν με τη σειρά τους και αποδίδουν τα αναζητούμενα στοιχεία στους αναγνώστες / readers. Στη συνέχεια μεσολαβεί λογισμικό, το οποίο αντιλαμβάνεται τα στοιχεία, τα οποία αποστέλλονται από τη μονάδα ελέγχου του αναγνώστη. Ο αναγνώστης τις διαβιβάζει στο εκάστοτε πληροφοριακό σύστημα.

Τα σημαντικά πλεονεκτήματα που προσφέρει το RFID είναι (Baswade, Atif, Tamma, & Franklin, 2018):

- Η αναγνώριση είναι δυνατόν να γίνει από απόσταση.
- Δυνατότητα αποθήκευσης περισσότερων δεδομένων σε σχέση με τα Bar Code
- Δύνανται να μην είναι ορατά στο ανθρώπινο μάτι τα RFID tags διότι για την αποδοχή / σύνδεση δεν χρειάζεται οπτική επαφή.
- Δυνατότητα προγραμματισμού εξ αποστάσεως
- Επιπρόσθετες λειτουργίες (για παράδειγμα μέτρηση θερμοκρασίας, φωτός, υγρασίας κλπ).

#### **4.8 Συμπερασματικά**

Καθένα από αυτά τα πρότυπα συνδεσιμότητας IoT είναι πιθανό να εξασφαλίσει τη θέση του στον κόσμο του IoT και εναπόκειται στον εκάστοτε χρήστη έτσι ώστε να αποφασίσει ποια τεχνολογία ταιριάζει καλύτερα στις ψηφιακές λύσεις και στις περιπτώσεις χρήσης. Συχνά, οι βιομηχανικοί και οι επιχειρησιακοί χρήστες θα καταλήξουν σε μια υβριδική και συνεχώς εξελισσόμενη αρχιτεκτονική που ενσωματώνει πολλαπλές ασύρματες τεχνολογίες για να αξιοποιήσει πλήρως τις δυνατότητες του IoT. Σε αυτό το πλαίσιο, είναι υψίστης σημασίας να επινοηθεί μια ευέλικτη, στιβαρή και συμβατή με το παρελθόν ασύρματη υποδομή που μπορεί να κλιμακωθεί απρόσκοπτα για να καλύψει τις μεταβαλλόμενες ανάγκες. Και, αυτό θα πρέπει να ληφθεί υπόψη από την αρχή του εκάστοτε έργου IoT.

## 5 Εφαρμογές και τεχνολογίες του IoT

Όπως ειπώθηκε και προηγουμένως, το Διαδίκτυο των Πραγμάτων αποτελεί μια τεχνολογία που έχει αποκτήσει δυναμική και σιωπηλά διαμορφώνει το μέλλον. Το IoT είναι το αποτέλεσμα της περιέργειας και της πρόθεσης της ανθρωπότητας να οδηγήσει έναν βολικό και συνδεδεμένο τρόπο ζωής, μειώνοντας την εργασία και εξαλείφοντας τις πιθανότητες ανθρώπινων λαθών. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο «αποφασίστηκε» από τους χρήστες οι έξυπνες συσκευές να «φροντίζουν» πράγματα / αντικείμενα, να καταγράφουν και να αναλύουν δεδομένα, να εξάγουν συμπεράσματα για την μεγιστοποίηση της αποτελεσματικότητας. Κατανοήθηκε ότι τα δεδομένα είναι το νέο «νόμισμα» και πολλοί κρίσιμοι προβληματισμοί μπορούν να αντιμετωπιστούν και να επιλυθούν μέσω δεδομένων, και αυτό είναι που οδηγεί την έννοια του Διαδικτύου των Πραγμάτων.

Συνδέοντας τις συσκευές μεταξύ τους και το Διαδίκτυο, δύναται να συλλέγουν και να επικοινωνούν δεδομένα, να λαμβάνουν ακριβείς και τεκμηριωμένες αποφάσεις μέσω της Μηχανικής Μάθησης και των Νευρωνικών Δικτύων. Αυτό το βήμα έχει επιφέρει εξαιρετικά αποτελέσματα.

Αυτήν τη στιγμή, υπάρχουν δισεκατομμύρια συνδεδεμένες συσκευές σε όλο τον κόσμο, που συλλέγουν δισεκατομμύρια petabyte<sup>23</sup> δεδομένων κάθε μέρα. Αυτά τα τεράστια τμήματα δεδομένων φιλοξενούν κρίσιμα τεμάχια πληροφοριών που μπορούν να φροντίσουν την ασφάλεια του σπιτιού, τις ανάγκες ψυχαγωγίας, να εξοικονομούν νερό ή να ελέγχουν τις εκπομπές καυσίμων. Μερικές από τις δέκα κορυφαίες χρήσεις του IoT καταγράφονται στις παρακάτω υποενότητες (Laghari, Wu, Laghari, Ali, & Kha, 2021).

### 5.1 Έξυπνο Σπίτι / Smart Home

Μια από τις πιο πρακτικές εφαρμογές του IoT είναι τα έξυπνα σπίτια, καθώς δημιουργεί συνθήκες άνεσης και ασφάλειας μέσα στο σπίτι. Αν και υπάρχουν διαφορετικοί τρόποι που εφαρμόζεται το IoT για τα έξυπνα σπίτια, ο καλύτερος είναι αυτός που συνδυάζει τα έξυπνα συστήματα κοινής ωφέλειας και ψυχαγωγίας. Για παράδειγμα, διάφοροι μετρητές συνδεδεμένοι με μια συσκευή IoT δίνουν πληροφορίες για την καθημερινή χρήση ρεύματος,

---

<sup>23</sup> Ένα petabyte είναι η μονάδα μέτρησης της χωρητικότητας μνήμης ή αποθήκευσης δεδομένων που ισούται με <sup>250</sup> ισχύ των byte. Υπάρχουν 1.024 terabyte (TB) σε ένα petabyte (Brown & Sullivan, 2021).



νερού κλπ. Καθώς το IoT εξελίσσεται, οι περισσότερες συσκευές θα γίνουν πιο «έξυπνες», επιτρέποντας μεγαλύτερη ασφάλεια στο σπίτι (Jasim & Rikabi, 2021).

Είναι απαραίτητο να απαντηθεί η ερώτηση «τι είναι το έξυπνο σπίτι IoT». Στον σύγχρονο κόσμο, πλέον οι ηλεκτρονικές συσκευές και μηχανές αναλαμβάνουν τη δουλειά από τους ανθρώπους. Εφόσον η εξοικονόμηση χρόνου είναι δυνατή με αυτό τον τρόπο, αυτό σημαίνει ότι αναδιατάσσεται ο τρόπος ζωής του ανθρώπου, ώστε να έχει περισσότερο χρόνο για δημιουργία.

Η δημιουργία ενός έξυπνου σπιτιού δίνει τη δυνατότητα του ελέγχου από απόσταση όλων των συσκευών που διαθέτει, χρησιμοποιώντας ένα σύστημα δικτύου στο οποίο δύναται να ανατεθεί μια εργασία που πρέπει να γίνει αργότερα (Laghari, Wu, Laghari, Ali, & Kha, 2021), (Jasim & Rikabi, 2021).



Εικόνα 5.1: Εφαρμογές Smart Home IoT.

Όσον αφορά την τεχνολογία οικιακού αυτοματισμού, η ανάγκη γι' αυτήν έγινε αισθητή γύρω στη δεκαετία του 1960 πριν δημιουργηθεί το Echo IV<sup>24</sup>, το οποίο ήταν δημοφιλές μέχρι το 1998. Πριν από τις συσκευές που υπάρχουν τώρα, οι άνθρωποι ξόδευαν πολύ περισσότερο

---

<sup>24</sup> Η ECHO IV ή Electronic Computing Home Operator, ήταν η πρώτη συσκευή που δημιουργήθηκε με την ιδέα του οικιακού αυτοματισμού. Κατασκευασμένο το 1966, χρειαζόταν πολύ χώρο για να λειτουργήσει, 3 kw (3000 watt) ισχύος και τεχνική τεχνογνωσία για την χρήση.

χρόνο για να ολοκληρώσουν μια εργασία της καθημερινότητας, όπως το πλύσιμο των πιάτων, το καθάρισμα του σπιτιού, το πλύσιμο των ρούχων, η προετοιμασία ενός γεύματος κ.λπ..

Λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι όλα αυτά είναι καθημερινές δουλειές του σπιτιού, για να μειωθεί αυτό και να εξοικονομηθεί χρόνος για σημαντικότερα πράγματα, χρειάζεται ένα έξυπνο οικιακό σύστημα για τον έλεγχο των συσκευών που ήδη υπάρχουν (Laghari, Wu, Laghari, Ali, & Kha, 2021), (Jasim & Rikabi, 2021).

Ο έξυπνος οικιακός αυτοματισμός είναι αυτόματες συσκευές όπως φώτα, θερμοστάτης, πόρτες ή παράθυρα και άλλα αντικείμενα τα οποία θεωρούνται μέρος ενός έξυπνου σπιτιού. Η κατασκευή έξυπνου οικιακού αυτοματισμού χρησιμοποιώντας το IoT βοηθά στην διαχείριση της καθημερινότητας των ανθρώπων. Ήδη χρησιμοποιούνται πολλές συσκευές αλλά ο κύριος στόχος των κατασκευαστών και των σχεδιαστών αλλάζει τις αρχές λειτουργίας τους στην ελαχιστοποίηση των μεθόδων ελέγχου και παρακολούθησης για όλες τις λειτουργίες των έξυπνων εφαρμογών.

Η χρήση του IoT σε οικιακές συσκευές για τη δημιουργία ενός έξυπνου κόσμου είναι ένα τεράστιο βήμα και αλλάζει την καθημερινότητα των πραγμάτων. Πλέον μπορούν να γίνουν οικιακές δουλειές, ενώ στο σπίτι μπορεί να μη βρίσκεται κανείς, με εντολές μέσω πλατφορμών cloud.

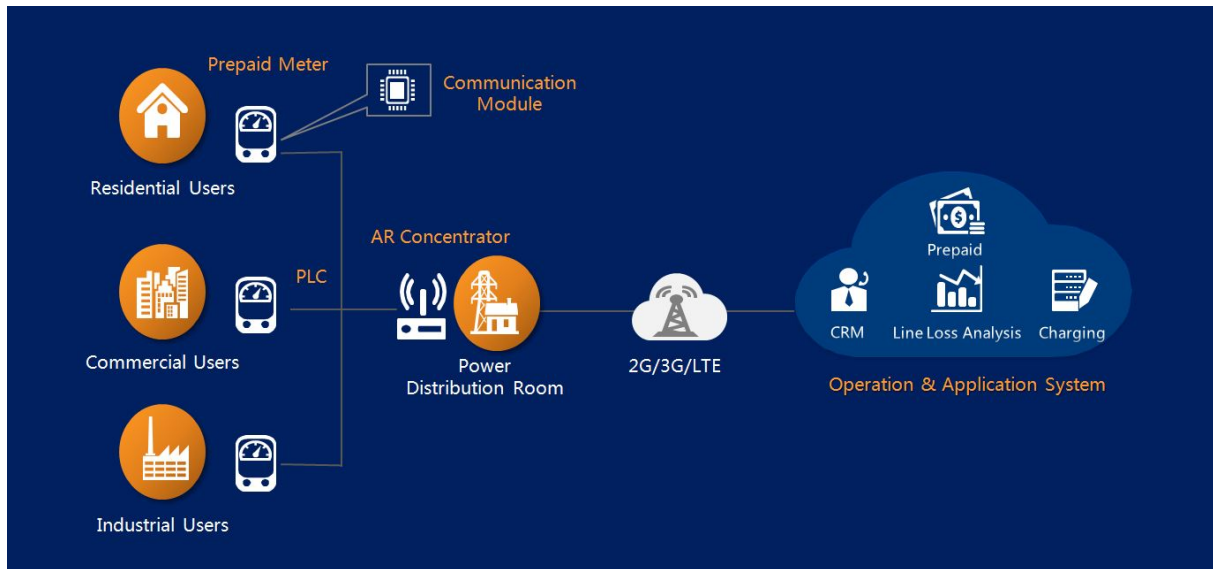
Όταν συνδέονται οι αισθητήρες των οικιακών συσκευών με τις ειδικές πλατφόρμες cloud, οι συσκευές που σχεδιάστηκαν με την ιδέα του έξυπνου σπιτιού μπορούν να χρησιμοποιηθούν χωρίς επαφή, διαδικτυακά. Το σύστημα δύναται να ελεγχθεί με τη βοήθεια των εφαρμογών σε smartphone ή άλλες συσκευές καθώς και με την επιλογή αναγνώρισης φωνής.

Υπάρχουν πολλές επιλογές όσον αφορά τις μεθόδους ελέγχου του έξυπνου σπιτιού, ενώ οι σχεδιαστές και οι κατασκευαστές χρησιμοποιούν τις τεχνολογικές εξελίξεις για να βελτιώσουν το υπάρχον σύστημα. Τέλος, υπάρχει ο φωνητικός βοηθός, ο οποίος δεν είναι ένας νέος τρόπος ελέγχου συσκευών, αν και έχουν σημειωθεί τεράστιες βελτιώσεις από τότε που χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά (Laghari, Wu, Laghari, Ali, & Kha, 2021), (Jasim & Rikabi, 2021).

### **5.1.1 Ασφάλεια για το Διαδίκτυο των Πραγμάτων**

Η εισαγωγή των συσκευών Internet of Things σε δημόσιους και ιδιωτικούς χώρους άλλαξε τον τρόπο ζωής των ανθρώπων. Για παράδειγμα, οι εφαρμογές οικιακού αυτοματισμού που υποστηρίζουν έξυπνες συσκευές, κλειδαριές, συστήματα ελέγχου και συσκευές

συνδεδεμένες στο Διαδίκτυο αλλάζουν τον τρόπο με τον οποίο αλληλεπιδρούν οι άνθρωποι με τους χώρους διαβίωσής τους.



Εικόνα 5.2: Ασφάλεια για το Διαδίκτυο των πραγμάτων.

Αυτά τα συστήματα έχουν υιοθετηθεί ευρέως και το Διαδίκτυο των Πραγμάτων εξέφρασε ψηφιακά την ανησυχία του για την ασφάλεια. Για μια τεχνολογία που διευκολύνει τη ζωή, η ασφάλεια ήταν πάντα σημαντική. Το τείχος προστασίας είναι επίσης πολύ σημαντικό για το Διαδίκτυο των αντικειμένων. Οι αλγόριθμοι που έχουν σχεδιαστεί για τους χρήστες πρέπει να είναι μοναδικοί και ασφαλείς.

Έχει διεξαχθεί ένας αυξανόμενος αριθμός μελετών για τη διερεύνηση της ασφάλειας του Διαδικτύου των Πραγμάτων και, γενικότερα, της περιβαλλοντικής ασφάλειας, ενώ η ελαχιστοποίηση των σφαλμάτων στο τείχος προστασίας είναι ασφαλέστερη για τον χρήστη (Lavric & Popa, 2017), (Laghari, Wu, Laghari, Ali, & Kha, 2021).

## 5.2 Έξυπνη Πόλη / Smart City

Οι έξυπνες πόλεις χαρακτηρίζονται όχι μόνο από την πρόσβαση των πολιτών στο Διαδίκτυο αλλά και από τη χρήση των έξυπνων συσκευών. Είναι γεγονός ότι καταβάλλονται προσπάθειες για την ενσωμάτωση της συνδεδεμένης τεχνολογίας στις απαιτήσεις υποδομής και ορισμένων ζωτικών ζητημάτων όπως η διαχείριση της κυκλοφορίας, η διαχείριση απορριμμάτων, η διανομή νερού, η διαχείριση ηλεκτρικής ενέργειας και άλλα. Όλα αυτά λειτουργούν για την εξάλειψη ορισμένων καθημερινών προκλήσεων που αντιμετωπίζουν οι πολίτες και για τη διευκόλυνσή τους.

Το Διαδίκτυο των πραγμάτων / IoT υπάρχει σε κάθε επιχειρηματικό και κυβερνητικό τομέα, από βιομηχανικές εφαρμογές έως υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης, δημόσια μέσα μεταφοράς, δημόσια ασφάλεια, φωτισμό μιας πόλης και άλλες εφαρμογές έξυπνων πόλεων.

Λόγω της προόδου της τεχνολογίας IoT, οι δήμοι διασυνδέονται όλο και περισσότερο σε μια προσπάθεια να αυξήσουν την αποτελεσματικότητα των εγκαταστάσεων υποδομής, να βελτιώσουν την αξιοπιστία και την ανταπόκριση των υπηρεσιών έκτακτης ανάγκης ή να μειώσουν το κόστος (Laghari, Wu, Laghari, Ali, & Kha, 2021), (Jasim & Rikabi, 2021).

Οι δήμοι έχουν διάφορους λόγους για να στραφούν στις μεθόδους ασύρματων επικοινωνιών που προσφέρουν οι τεχνολογίες IoT.

Το κόστος είναι ο βασικός μοχλός στην απόφαση μετατροπής των ενσύρματων λύσεων σε ασύρματες, καθώς είναι εξαιρετικά δαπανηρή η εγκατάσταση και η συντήρηση σταθερών γραμμών. Επιπλέον, το κόστος των προγραμμάτων δεδομένων κινητής τηλεφωνίας μειώνεται και η ευρωστία και η απόδοση των ασύρματων επικοινωνιών επιτρέπουν νέες χρήσεις που προηγουμένως θα ήταν απαγορευτικές λόγω κόστους.

Η αποτελεσματικότητα είναι μια άλλη σημαντική ώθηση. Στις περισσότερες ενσύρματες λύσεις, οι ειδικευμένοι εργαζόμενοι θα πρέπει να μεταβούν στον χώρο εγκατάστασης προκειμένου να ελέγξουν και να συντηρήσουν την υποδομή των επικοινωνιών. Αυτές οι εργασίες είναι ακριβές και αναποτελεσματικές, καθώς συνήθως συμβαίνουν βάσει χρονοδιαγράμματος είτε υπάρχει πρόβλημα είτε όχι. Αντίθετα, οι ασύρματες επικοινωνίες επιτρέπουν την απομακρυσμένη παρακολούθηση και διαχείριση των IoT. Αυτό επιτρέπει στους διαχειριστές να εκτελούν ενημερώσεις υλικολογισμικού και ενημερώσεις κώδικα ασφαλείας και να λαμβάνουν αυτοματοποιημένες ειδοποιήσεις σε περίπτωση προβλημάτων.

Τέλος, η μείωση χρήσης των πόρων είναι συχνά παράγοντας, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις χρήσης όπως ο έξυπνος φωτισμός του δρόμου και η παρακολούθηση στοιχείων ενεργητικού. Αυτές οι εφαρμογές IoT καθιστούν δυνατή τη χρήση αισθητήρων για τη συλλογή δεδομένων και ασύρματων μονάδων για τον έλεγχο της χρήσης πόρων, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε δραματική μείωση της χρήσης ενέργειας (Laghari, Wu, Laghari, Ali, & Kha, 2021), (Jasim & Rikabi, 2021).

Αυτή η τεχνολογία αναπτύσσεται τόσο γρήγορα που είναι δύσκολο να συλλάβει κανείς το εύρος των εφαρμογών. Στην πραγματικότητα, οι «έξυπνες πόλεις» θα μπορούσαν να θεωρηθούν μια συλλογή τεχνολογιών που περιλαμβάνει τον φωτισμό της πόλης, την αστική συγκοινωνία, τη διαχείριση λυμάτων, τις υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης, τη διαχείριση

κυκλοφορίας και άλλα. Στην πραγματικότητα, είναι πιθανό να αναδυθούν και νέα έργα έξυπνων πόλεων IoT καθώς οι διαθέσιμες τεχνολογίες υιοθετούνται ευρύτερα και στοχεύουν περισσότερο στις απαιτήσεις συγκεκριμένων περιπτώσεων χρήσης (Stefanini It Solutions/Building Smart Cities, 2020).

### 5.2.1 Εφαρμογές φωτισμού πόλης

Ο φωτισμός είναι ένα από τα πιο διαδεδομένα παραδείγματα εφαρμογών IoT για τις έξυπνες πόλεις και πολλοί δήμοι σήμερα στρέφονται στις ασύρματες επικοινωνίες για εξοικονόμηση κόστους και μείωση της ενέργειας. Η Lumca Smart PoleDigi Remote Manager®, είναι μια κεντρική πλατφόρμα λογισμικού με γραφική διεπαφή χρήστη (Stefanini It Solutions/Building Smart Cities, 2020).



Εικόνα 5.3: Εφαρμογές Φωτισμού Πόλης.

Η εφαρμογή ενσωματώνει τον ανθεκτικό δρομολογητή εταιρικής κατηγορίας Digi WR44R, ο οποίος παρέχει συνδεσιμότητα και δρομολόγηση δεδομένων για πολλούς κόμβους συσκευών. Το αποτέλεσμα είναι μια ολοκληρωμένη εφαρμογή που υποστηρίζει πολλαπλές χρήσεις (Stefanini It Solutions/Building Smart Cities, 2020):

- Χειριστήρια φωτισμού LED
- Κάμερες παρακολούθησης
- Περιβαλλοντικοί αισθητήρες
- Ηλεκτρονικές διαφημιστικές πινακίδες
- Σταθμοί φόρτισης
- Κάλυψη Wi-Fi

### 5.2.2 Εφαρμογές αστικής συγκοινωνίας

Τα συστήματα Smart Bus Application Transit είναι, επίσης, ένα ταχέως αναπτυσσόμενο τμήμα για εφαρμογές έξυπνων πόλεων IoT. Οι εταιρείες μεταφορών και οι έξυπνες πόλεις

αποκομίζουν τεράστια οφέλη από τη μείωση του κόστους, την ασφάλεια, τη διαχείριση δρομολογίων και τη βελτιωμένη εμπειρία του επιβάτη. Αν και τα τελευταία χρόνια υπήρξε μείωση των επιβατών στα μέσα, πλέον παρατηρείται ανάπτυξη στη δρομολόγηση λεωφορείων και τραμ και τη συνδεσιμότητα των επιβατών με Wi-Fi. Στη συνέχεια, ακολουθούν κάποιες χαρακτηριστικές εφαρμογές στην αστική συγκοινωνία (Stefanini It Solutions/Building Smart Cities, 2020).

- Η εφαρμογή IoT που αναπτύσσεται από το σύστημα μεταφοράς SMART περιλαμβάνει μια σειρά λειτουργιών, οι οποίες ενεργοποιούνται από τον βιομηχανικό δρομολογητή Digi WR44 R.
- Αναβαθμισμένο σύστημα Automatic Vehicle Location (AVL), με αμφίδρομη επικοινωνία μεταξύ των οχημάτων και του κέντρου αποστολής SMART.
- Ενσωματωμένες επικοινωνίες και Wi-Fi επιβατών, με προτεραιότητα πρόσβασης.
- Ασφαλής είσπραξη ναύλου και έκδοση εισιτηρίων μέσω κινητού, μέσω του κρατικού τείχους προστασίας WR44 Rs, IPSec VPN και ελέγχου ταυτότητας.
- Παρακολούθηση και συντήρηση δικτύου και συστήματος, συμπεριλαμβανομένων μαζικών ενημερώσεων και παρακολούθησης στόλου, μέσω του Digi Remote Manager®. Αυτές οι βελτιώσεις βοηθούν τους υπαλλήλους και τους επιβάτες να έχουν πιο αξιόπιστη συνδεσιμότητα και βελτιωμένες επικοινωνίες. Επιπλέον, με την αύξηση των φιλικών προς το περιβάλλον οχημάτων, οι έξυπνες πόλεις μπορούν να συμβάλλουν στη μείωση της ρύπανσης του περιβάλλοντος. Αυτός ο στόχος καθώς και η μειωμένη κυκλοφοριακή συμφόρηση ενισχύονται περαιτέρω με τη βελτιωμένη επιβατική κίνηση και τη λιγότερη χρήση των ιδιωτικών οχημάτων για τη μετακίνηση των πολιτών.

### **5.2.3 Εφαρμογές περιβάλλοντος και διαχείρισης λυμάτων**

Οι ανάγκες της εφαρμογής διαχείρισης νερού στις έξυπνες πόλεις εκτείνονται από την επεξεργασία λυμάτων έως την παρακολούθηση του νερού και τα έργα περιβαλλοντικής αποκατάστασης.

Οι εφαρμογές IoT αυξάνονται σε αυτούς τους τομείς καθώς κυβερνητικοί οργανισμοί και δήμοι επιδιώκουν να αναβαθμίσουν τις παλιές υποδομές, να αυξήσουν την αποδοτικότητα, να βελτιώσουν την ορατότητα σε απομακρυσμένες δεξαμενές και τις διαδικασίες διαχείρισης νερού και να μειώσουν το κόστος παρακολούθησης και εξυπηρέτησης των περιουσιακών τους στοιχείων.

### 5.3 Αυτό-οδηγούμενα οχήματα / Self-driving vehicles

Όσον αφορά τα αυτό-οδηγούμενα αυτοκίνητα, εταιρείες όπως οι Google, Tesla και Uber έχουν δείξει ενδιαφέρον γι' αυτά. Δεδομένου ότι πρόκειται για ανθρώπινες ζωές που βρίσκονται στους δρόμους, πρέπει να διασφαλιστεί ότι η τεχνολογία έχει ό,τι χρειάζεται για να εξασφαλίσει καλύτερη ασφάλεια τόσο για τους επιβάτες όσο και για αυτούς που βρίσκονται στους δρόμους (Chetty, 2020).

Τα αυτοκίνητα χρησιμοποιούν αρκετούς αισθητήρες και ενσωματωμένα συστήματα συνδεδεμένα με το Cloud και το διαδίκτυο για να συνεχίσουν να δημιουργούν δεδομένα και να τα στέλνουν στο Cloud για ενημερωμένη λήψη αποφάσεων μέσω της Μηχανικής Μάθησης. Αν και θα χρειαστούν μερικά ακόμη χρόνια για να εξελιχθεί πλήρως η τεχνολογία και οι χώρες να τροποποιήσουν τους νόμους και τις πολιτικές τους, αυτό που ισχύει αυτή τη στιγμή είναι μια από τις καλύτερες εφαρμογές του IoT.

Στην αυτοκινητοβιομηχανία, το IoT επιτρέπει την αποτελεσματικότητα σε ένα εντελώς νέο επίπεδο, καθώς και τη διαχείριση ικανοτήτων. Η εισαγωγή του 5G αφήνει ένα πεδίο για ταχύτερες μεταφορές δεδομένων και χρόνους απόκρισης, καθώς και βελτιωμένη επικοινωνία οχημάτων.

Η ανάγκη για μεγιστοποίηση της παραγωγικότητας και εξοικονόμηση χρόνου σε αυτήν την εποχή με γρήγορους ρυθμούς θα αυξήσει τη χρήση των συσκευών IoT. Όσον αφορά την αυτοκινητοβιομηχανία, οι εφαρμογές Internet of Things ανοίγουν εντελώς νέες ευκαιρίες και έχουν ήδη χρησιμοποιηθεί σε διάφορους τομείς της αυτοκινητοβιομηχανίας.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται μερικά παραδείγματα τέτοιων εφαρμογών του IoT στην ανάπτυξη λογισμικού αυτοκινήτου (Chetty, 2020).

#### 5.3.1 Διαχείριση στόλου

Η εφαρμογή του IoT στον τομέα της αυτοκινητοβιομηχανίας έχει επιφέρει τεράστια ανάπτυξη στον τομέα της διαχείρισης στόλου. Τα φορτηγά, για παράδειγμα, έχουν ενσωματωμένους αισθητήρες για μέτρηση βάρους, εντοπισμό θέσης, όπως έχουν και αρκετούς άλλους αισθητήρες.

Ο όγκος των αισθητηριακών δεδομένων που συλλέγονται από έναν μεγάλο στόλο τέτοιων φορτηγών αποθηκεύεται σε μια εφαρμογή cloud. Αυτά τα δεδομένα στη συνέχεια υποβάλλονται σε επεξεργασία μέσω διαφορετικών χαρακτηριστικών ανάλυσης και εννοιολογούνται σε μια οπτική μορφή. Ένας χειριστής στόλου μπορεί εύκολα να διαβάσει

αυτές τις πληροφορίες για να παρακολουθήσει διαφορετικές παραμέτρους που σχετίζονται με τον στόλο του. Μερικά από τα οφέλη που προσφέρει σε έναν διαχειριστή στόλου ένα σύστημα διαχείρισης στόλου με ενσωματωμένο IoT είναι (Application Of IoT In Automotive Industry | Future Of Automobiles, 2021):

- Παρακολούθηση θέσης σε πραγματικό χρόνο του στόλου
- Παρακολούθηση βάρους/όγκου του φορτίου που μεταφέρει ο στόλος
- Στατιστικά στοιχεία απόδοσης φορτηγών όπως καύσιμα και χιλιόμετρα
- Παρακολούθηση κυκλοφοριακών συνθηκών στον δρόμο
- Διαχείριση διαδρομής
- Διαχείριση χρόνου και οδηγού

### 5.3.2 Συνδεδεμένα αυτοκίνητα

Η ιδέα των συνδεδεμένων αυτοκινήτων δεν είναι νέα. Στην πραγματικότητα, εκτιμήσεις ανέφεραν ότι θα υπάρχουν περισσότερα από 250 εκατομμύρια συνδεδεμένα αυτοκίνητα στον κόσμο μέχρι το τέλος του 2020. Αυτά τα αυτοκίνητα συνδέονται μέσω ενός δικτύου IoT που ονομάζεται CV2X που συνδέει οχήματα και έξυπνα συστήματα μεταφορών μεταξύ τους.

Τα συνδεδεμένα αυτοκίνητα διευκολύνουν τη γρήγορη μετάδοση δεδομένων και αυξάνουν τον χρόνο απόκρισης των οδηγών μέσω της βελτιωμένης επικοινωνίας του οχήματος. Με βάση τη σύνδεση του οχήματος με διαφορετικά αντικείμενα, το CV2X υποδιαιρείται σε τέσσερις κατηγορίες (Application Of IoT In Automotive Industry | Future Of Automobiles, 2021):

- Όχημα σε όχημα (Vehicle to vehicle / V2V): Η σύνδεση V2V επιτρέπει σε οχήματα κοντινής εμβέλειας να μοιράζονται δεδομένα μεταξύ τους. Τα δεδομένα αποτελούν κυρίως πληροφορίες που σχετίζονται με την τοποθεσία, την ταχύτητα και τη δυναμική. Η σύνδεση V2V βοηθά στην πρόληψη ατυχημάτων και επιτρέπει σε οχήματα έκτακτης ανάγκης όπως ασθενοφόρα και πυροσβεστικά οχήματα να κινούνται πιο εύκολα.
- Όχημα προς υποδομή (Vehicle to infrastructure / V2I): Η σύνδεση V2I αναφέρεται σε ένα δίκτυο οχημάτων και οδικών υποδομών. Η υποδομή στο V2I αποτελείται από φανάρια, σήμανση λωρίδων και θέσεις διόδων. Το V2I γενικά διευκολύνει την ομαλή ροή της κυκλοφορίας και αποφεύγει τις μεγάλες ουρές στα διόδια.
- Όχημα προς πεζούς (Vehicle to pedestrians / V2P): Μέσω της χρήσης μιας εφαρμογής για κινητά, ένας πεζός μπορεί επίσης να συνδεθεί με το δίκτυο CV2X. Ένας πεζός μπορεί να χρησιμοποιήσει αυτήν την εφαρμογή για να εντοπίσει τα κοντινά ταξί και να



παρακολουθήσει την εκτιμώμενη ώρα άφιξης. Μπορούν επίσης να συνδεθούν με το σύστημα πεζοπορίας και να αλλάξουν τα σήματα κυκλοφορίας για να διασχίσουν έναν δρόμο.

- Όχημα προς δίκτυο (Vehicle to network / V2N): Το Έξυπνο Σύστημα Μεταφορών (Intelligent Transport System / ITM) και το τμήμα πρόγνωσης καιρού μπορούν επίσης να συνδεθούν με το δίκτυο για να ειδοποιήσουν τους οδηγούς για αλλαγές στις καιρικές συνθήκες ή για πιθανό ατύχημα στον δρόμο. Επιπλέον, ένα όχημα μπορεί να συνδεθεί με smartphone και με αυτόν τον τρόπο, ο οδηγός μπορεί να χρησιμοποιήσει φωνητικές εντολές για να χειριστεί το μουσικό σύστημα και το GPS του αυτοκινήτου κατά την οδήγηση.

### 5.3.3 Σύστημα συντήρησης αυτοκινήτου

Η προγνωστική ανάλυση είναι ένα από τα πιο εντυπωσιακά χαρακτηριστικά της αυτοκινητοβιομηχανίας IoT. Οι αισθητήρες που είναι ενσωματωμένοι σε διαφορετικά εξαρτήματα ενός αυτοκινήτου συλλέγουν δεδομένα και τα μοιράζονται σε μια πλατφόρμα. Αυτά τα δεδομένα στη συνέχεια επεξεργάζονται από έναν αλγόριθμο που μπορεί να αναλύσει τα μελλοντικά αποτελέσματα του στοιχείου με βάση την απόδοσή του.

Το σύστημα συντήρησης αυτοκινήτων IoT βοηθά επίσης ένα άτομο να λάβει τα απαραίτητα μέτρα για να αποτρέψει τα εξαρτήματα του αυτοκινήτου από ξαφνική βλάβη. Ακριβώς όπως οι ενδείξεις του ταμπλό ενός οχήματος, αυτό το σύστημα ειδοποιεί τον οδηγό για πιθανές δυσλειτουργίες. Ωστόσο, οι ειδοποιήσεις αποστέλλονται στο κινητό του οδηγού, πολύ πριν καν παρουσιαστεί το πρόβλημα. Αυτό βοηθά τον οδηγό να κάνει οικονομικά και αποδοτικά βήματα για την αποφυγή βλάβης εξαρτήματος κατά την οδήγηση.

Οι δυνατότητες της προγνωστικής συντήρησης μπορούν να εφαρμοστούν σε ένα μεμονωμένο όχημα καθώς και σε ένα στόλο. Είναι πραγματικά χρήσιμο για οχήματα μεταφοράς φορτίου που ταξιδεύουν για μέρες πριν φτάσουν στον προορισμό τους. Χρησιμοποιώντας το σύστημα συντήρησης αυτοκινήτου, ένα άτομο μπορεί να επιβεβαιώσει την απόδοση του οχήματός του και να επισκευάσει τα μέρη του αυτοκινήτου του πριν χαλάσουν (Application Of IoT In Automotive Industry | Future Of Automobiles, 2021).

### 5.3.4 Αυτόνομα οχήματα

Τα αυτόνομα οχήματα είναι ένα καυτό θέμα για τους κατασκευαστές αυτοκινήτων. Διάφοροι κατασκευαστές αυτοκινήτων προσπαθούν να αναπτύξουν ένα πλήρως αυτόνομο αυτοκίνητο που θα αναλαμβάνει όλες τις λειτουργίες οδήγησης από τον οδηγό. Παρόλο που

έχουν γίνει εξελίξεις σε αυτόν τον τομέα, ένα πλήρως ανεξάρτητο όχημα δεν έχει ακόμη αναπτυχθεί.

Ωστόσο, έχουν κατασκευαστεί ημιαυτόνομα οχήματα που βοηθούν εν μέρει τους οδηγούς στην οδήγηση, το φρενάρισμα, τη στάθμευση και τις δραστηριότητες αλλαγής λωρίδας. Τα ημιαυτόνομα αυτοκίνητα που έχουν ενισχυθεί με IoT λαμβάνουν αποφάσεις επί τόπου ενώ ελέγχουν εν μέρει τις λειτουργίες του οχήματος για την αποφυγή ατυχημάτων και τη μείωση του φορτίου από τον οδηγό. Μαζί με διαφορετικούς αισθητήρες εγγύτητας και κάμερες, τα αυτοκίνητα έχουν ενσωματωμένα συστήματα IoT για τη μείωση του ανθρώπινου λάθους και για μια οδήγηση πιο άνετη και ασφαλή (Application Of IoT In Automotive Industry | Future Of Automobiles, 2021).

### 5.3.5 Infotainment και τηλεματική

Οι δυνατότητες Wi-Fi στο αυτοκίνητο που τροφοδοτούνται από σύνδεση 4G LTE έχουν ενεργοποιήσει τις δυνατότητες τηλεματικής σε αυτοκίνητα που βασίζονται στο IoT. Η τηλεματική αναφέρεται στη μακρά μετάδοση ηλεκτρονικών δεδομένων. Με τη χρήση τηλεματικής οχημάτων, ένας ιδιοκτήτης αυτοκινήτου μπορεί να έχει θέα στο όχημά του ακόμη και από απομακρυσμένες τοποθεσίες.

Μέσω ενός ταμπλό με δυνατότητα smartphone, οι ιδιοκτήτες αυτοκινήτων μπορούν να διασφαλίσουν την ασφάλεια, την επιτήρηση και την ασφάλειά τους ανά πάσα στιγμή. Εξωτερικοί αισθητήρες και κάμερες παρακολουθούν την κατάσταση των οχημάτων και στέλνουν τα δεδομένα σε μια εφαρμογή για κινητά. Το σύστημα τηλεματικής μαζί με το σύστημα ειδοποίησης σε πραγματικό χρόνο, ηχεί συναγερμό στο smartphone του ιδιοκτήτη εάν κάποιος προσπαθήσει να μπει βίαια στο όχημα. Το έξυπνο αυτοκίνητο με δυνατότητα IoT καλεί επίσης αμέσως τις αρμόδιες αρχές, όπως ασθενοφόρο ή πυροσβεστική σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης.

Οι δυνατότητες Wi-Fi έχουν επίσης οδηγήσει σε έξυπνα συστήματα ψυχαγωγίας μαζί με άλλες λειτουργίες έξυπνων αυτοκινήτων. Οι ιδιοκτήτες μπορούν να συνδέσουν διαφορετικό εξοπλισμό όπως σύστημα μουσικής και GPS σε ένα αυτοκίνητο με το smartphone τους και να το χειριστούν από απόσταση. Επί του παρόντος, υπάρχουν διάφορες ενσωματωμένες εφαρμογές που μπορεί να χρησιμοποιήσει κάποιος για να συνδέσει το όχημά του με κινητό.

Τέλος, η προσβασιμότητα φωνητικών εντολών σε αυτήν την εφαρμογή επιτρέπει σε ένα άτομο να παίζει την αγαπημένη του μουσική, να μεταδίδει ένα βίντεο ή να παρακολουθεί κλήσεις χωρίς να κάνει καμία κίνηση. Το σύστημα GPS και GNSS στα συστήματα ενημέρωσης

και ψυχαγωγίας προσφέρει επίσης ενσωματωμένη πλοήγηση και ολοκληρωμένες πληροφορίες για κοντινά πρατήρια καυσίμων, εστιατόρια και άλλα σημεία ενδιαφέροντος (Application Of IoT In Automotive Industry | Future Of Automobiles, 2021).

### 5.3.6 Συμπερασματικά

Το Διαδίκτυο των πραγμάτων μαζί με άλλες τεχνολογίες φέρνουν επανάσταση σε ολόκληρη την αυτοκινητοβιομηχανία. Η εξέλιξη σε αυτόν τον τομέα έφερε την εμφάνιση της πρωτοποριακής εξέλιξης στα αυτοκίνητα όσον αφορά τα συνδεδεμένα και αυτοματοποιημένα αυτοκίνητα. Η χρήση του έχει ανανεώσει τις δυνατότητες ελέγχου και συντήρησης αυτοκινήτων και παρουσίασε νέα μέσα ψυχαγωγίας. Επιπλέον, η τηλεματική των οχημάτων επιτρέπει τη μετάδοση δεδομένων μεγάλης εμβέλειας το οποίο έχει βοηθήσει στην εμφάνιση ενός συστήματος διαχείρισης στόλου που τροφοδοτείται με IoT.

Τέλος, οι εφαρμογές IoT στην αυτοκινητοβιομηχανία αυξάνονται μέρα με τη μέρα. Με τη βελτίωση της τεχνολογίας του Internet of Things, θα εμφανιστούν πιο εκλεπτυσμένες χρήσεις αυτοκινήτου που θα αλλάξουν εντελώς τον τρόπο με τον οποίο αλληλεπιδρούν οι άνθρωποι με τα οχήματά τους.

## 5.4 Έξυπνη Λιανική / Smart Retail

### 5.4.1 Εισαγωγή

Το concept store του ηλεκτρονικού εμπορίου ίσως είναι η καλύτερη χρήση της τεχνολογίας για τη γεφύρωση του χάσματος μεταξύ ενός ηλεκτρονικού καταστήματος και ενός καταστήματος λιανικής. Το καλύτερο μέρος του concept store είναι ότι δεν υπάρχει ταμείο για να χρεώσει τα προϊόντα. Δεν χρειάζεται να στέκεται ο πελάτης στην ουρά, αλλά απλώς βγαίνει έξω αφού παραλάβει τα προϊόντα του από τα ράφια. Εάν αυτή η τεχνολογία είναι αρκετά αποτελεσματική για να προσελκύσει περισσότερη υποστήριξη, αυτό είναι βέβαιο ότι θα γίνει κανόνας τα επόμενα χρόνια.

Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT), στην πιο βασική του κατανόηση, είναι ένα δίκτυο συσκευών σύνδεσης ενσωματωμένων με αισθητήρες. Επιτρέπει σε αυτές τις συσκευές να επικοινωνούν, να αναλύουν και να μοιράζονται δεδομένα σχετικά με τον φυσικό περιβάλλοντα κόσμο μέσω πλατφορμών λογισμικού που βασίζονται σε cloud και άλλων δικτύων.

Ο τομέας είχε μια πλήρη αναμόρφωση την τελευταία δεκαετία με γνώμονα τεχνολογίες όπως η μηχανική μάθηση, η τεχνητή νοημοσύνη και το IoT. Το τελευταίο έχει ήδη εφαρμοστεί

περισσότερο από το 50% των μεγάλων λιανοπωλητών παγκοσμίως και συνεχίζει με ανοδική πορεία (Gaikwad, 2018).

Οι προνοητικοί έμποροι λιανικής ήδη καρπώνονται τα οφέλη της επιτυχούς εφαρμογής εφαρμογών IoT. Ακολουθούν ορισμένα πλεονεκτήματα που κερδίζει ο τομέας λιανικής με τις εφαρμογές IoT (Gaikwad, 2018):

#### **5.4.2 Βελτιωμένη διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας**

Λύσεις IoT, όπως ετικέτες RFID και αισθητήρες GPS, μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τους λιανοπωλητές για να αποκτήσουν μια ολοκληρωμένη εικόνα σχετικά με τη μετακίνηση των αγαθών από την κατασκευή έως τη στιγμή που τοποθετούνται σε ένα κατάστημα ή έως την αγορά του πελάτη. Οι πληροφορίες που συγκεντρώθηκαν - όπως ο χρόνος που αφιερώθηκε στη μεταφορά ή η θερμοκρασία στην οποία αποθηκεύτηκε το προϊόν κ.λπ. - μπορούν να αναλυθούν σε πραγματικό χρόνο. Αυτά τα δεδομένα αποδεικνύονται χρήσιμα, ειδικά κατά τη μεταφορά ευπαθών προϊόντων, όπου η θερμοκρασία αποθήκευσης είναι καθοριστική. Σύμφωνα με ορισμένους ειδικούς, περίπου τα τρία τέταρτα των λιανοπωλητών σχεδιάζουν να εκσυγχρονίσουν τη διαχείριση της εφοδιαστικής τους αλυσίδας με εφαρμογές IoT (Gaikwad, 2018).

#### **5.4.3 Καλύτερη εξυπηρέτηση πελατών**

Το IoT βοηθά επίσης τους εμπόρους λιανικής φυσικών καταστημάτων, δημιουργώντας πληροφορίες για τα δεδομένα πελατών, ανοίγοντας παράλληλα ευκαιρίες για μόχλευση αυτών των δεδομένων. Για παράδειγμα, οι εφαρμογές IoT πωλητών λιανικής μπορούν να συνθέσουν δεδομένα από κάμερες παρακολούθησης βίντεο, κινητές συσκευές και ιστότοπους μέσω κοινωνικής δικτύωσης, επιτρέποντας στους εμπόρους να προβλέπουν καλύτερα τη συμπεριφορά των πελατών.

8 στα 10 καταστήματα λιανικής έχουν παραδεχτεί ότι το IoT έχει βελτιώσει τη συνολική εμπειρία των πελατών. Περίπου ο ίδιος αριθμός ισχυρίστηκε ότι αύξησε την επιχειρηματική αποτελεσματικότητα (Gaikwad, 2018).

#### **5.4.4 Εξυπνότερη διαχείριση αποθεμάτων**

Η διαχείριση αποθεμάτων μπορεί να είναι δύσκολη δουλειά. Η έλλειψη ακριβούς παρακολούθησης για το απόθεμα μπορεί να οδηγήσει σε εξάντληση ή υπεραπόθεμα, κοστίζοντας στους λιανοπωλητές σε όλο τον κόσμο δισεκατομμύρια ετησίως. Το IoT μπορεί να αντιμετωπίσει αυτά τα ζητήματα αυτοματοποιώντας το απόθεμα. Εφαρμόζοντας έξυπνες

λύσεις διαχείρισης αποθέματος που βασίζονται σε αισθητήρες ραφιών καταστημάτων, ετικέτες RFID, beacons, παρακολούθηση βίντεο και ψηφιακές ετικέτες τιμών, οι επιχειρήσεις λιανικής μπορούν να βελτιώσουν τον προγραμματισμό προμηθειών. Όταν το απόθεμα προϊόντων είναι χαμηλό, το σύστημα μπορεί να παραγγείλει εκ νέου το κατάλληλο ποσό με βάση τα αναλυτικά στοιχεία που αποκτήθηκαν από δεδομένα IoT (Gaikwad, 2018).

#### **5.4.5 Αυτοματοποιημένο Checkout**

Το check-out είναι μια διαδικασία εντατική και συχνά αντιπαθητική για τους πελάτες. Όταν οι ουρές στα ταμεία είναι πολύ μεγάλες, πολλοί άνθρωποι φεύγουν χωρίς να αγοράσουν τίποτα, με αποτέλεσμα να χάνονται κέρδη. Προκειμένου να εμποδίσουν τους πελάτες να φύγουν χωρίς αγορές, οι έμποροι λιανικής μπορούν να χρησιμοποιήσουν λύσεις IoT για την αυτοματοποίηση συστημάτων σημείων πώλησης (PoS). Το αυτοματοποιημένο PoS μπορεί να διαβάξει ετικέτες σε κάθε προϊόν όταν ο πελάτης φεύγει από το κατάστημα και να τις χρεώνει αυτόματα από μια εφαρμογή πληρωμής για κινητά.

#### **5.4.6 Προγνωστική συντήρηση εξοπλισμού**

Η προγνωστική συντήρηση εξοπλισμού χρησιμοποιείται για τη διαχείριση ενέργειας, την εκτίμηση της αστοχίας του εξοπλισμού και την πρόληψη άλλων προβλημάτων πριν προκύψουν. Για παράδειγμα, κάθε κατάστημα λιανικής φιλοξενεί πολύ περίπλοκο εξοπλισμό, όπως ψυκτικές μονάδες και συστήματα HVAC. Όταν αυτές οι μονάδες είναι εξοπλισμένες με αισθητήρες, μπορεί ο ιδιοκτήτης να προβλέψει ζητήματα συντήρησης που μπορεί να επηρεάσουν την κατανάλωση ενέργειας για εξοικονόμηση ή ακόμα και να παρακολουθήσει τις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας για να διασφαλίσει την ασφάλεια των τροφίμων (Gaikwad, 2018).

#### **5.4.7 Έξυπνη εκπλήρωση**

Στο λιανικό εμπόριο, η πιο αποτελεσματική μεταφορά εμπορευμάτων είναι ένας σημαντικός στόχος που πρέπει να επιτευχθεί. Το IoT μπορεί να διαδραματίσει κρίσιμο ρόλο στη συντήρηση των μεταφορών, της παρακολούθησης και της βελτιστοποίησης διαδρομής. Φυσικά, πολλοί έμποροι λιανικής χρησιμοποιούν GPS για να παρακολουθούν και να δρομολογούν τη μεταφορά εμπορευμάτων εδώ και χρόνια, αλλά με το IoT, μπορούν να καταλάβουν με πολύ μεγαλύτερη ακρίβεια πόσο κοντά δίνεται ένα εμπόρευμα στο κατάστημα (Gaikwad, 2018).

#### 5.4.8 Προκλήσεις και λύσεις για εφαρμογές λιανικής IoT

Οι περισσότεροι λιανοπωλητές δεν διαθέτουν την υποδομή και τα στοιχεία δικτύου που απαιτούν οι τεράστιοι όγκοι δεδομένων του IoT. Προκειμένου οι έμποροι να ψηφιοποιήσουν τα καταστήματά τους λιανικής, θα πρέπει να διαθέτουν ένα ισχυρό δίκτυο, λύσεις cloud και λύσεις τελικού χρήστη, όπως σαρωτές γραμμωτού κώδικα, tablet και mPOS. Όλα αυτά θα απαιτούσαν σημαντικές επενδύσεις.

Η λύση εδώ είναι ότι δεν υπάρχει ανάγκη υπερεπένδυσης σε υποδομές ταυτόχρονα, όταν πρόκειται για την εφαρμογή μιας νέας τεχνολογίας. Μπορεί ο ενδιαφερόμενος να ξεκινήσει με μικρές αλλαγές υποδομής, π.χ. χρησιμοποιώντας IoT για τη διαχείριση του AC ή του φωτισμού, κάτι που θα φέρει πιο άμεση απόδοση επένδυσης (ROI) (Gaikwad, 2018).

Πολλοί έμποροι λιανικής είναι επιφυλακτικοί σχετικά με τα ζητήματα ασφάλειας και απορρήτου που σχετίζονται με το IoT. Αυτές οι ανησυχίες έχουν ενισχυθεί με την εισαγωγή του GDPR (Γενικός Κανονισμός Προστασίας Δεδομένων). Η πρόσβαση στα δεδομένα του πελάτη δίνει στους λιανοπωλητές διάφορες ευκαιρίες, αλλά ταυτόχρονα ανοίγει την πόρτα σε απειλές κυβερνοεπιθέσεων και νομικές επιπλοκές.

Οι έμποροι λιανικής θα πρέπει να συνεργάζονται στενά με τους προγραμματιστές λογισμικού IoT για να βεβαιωθούν ότι οι συσκευές και οι αισθητήρες που χρησιμοποιούν έχουν σχεδιαστεί έχοντας κατά νου ισχυρούς μηχανισμούς ασφαλείας, συμπεριλαμβανομένων βασικών στοιχείων όπως ασφαλείς κωδικοί πρόσβασης, καθώς και πιο προηγμένης υποδομής ασφάλεια όπως κρυπτογράφηση από άκρο σε άκρο, κανονικό λογισμικό ενημερώσεων και μια υποδομή πληροφορικής που σαρώνει ενεργά για σφάλματα και τρωτά σημεία (Gaikwad, 2018).

Η έγκαιρη και συναφής διενέργεια ανάλυσης δεδομένων IoT αντιπροσωπεύει μια τεράστια πρόκληση για τις επιχειρήσεις λιανικής λόγω έλλειψης σχετικών προσόντων και τεχνογνωσίας. Δεν υπάρχει αρκετή τεχνική και αναλυτική ικανότητα για να αποκτηθούν πολύτιμες γνώσεις από τον τεράστιο όγκο δεδομένων που συλλέγονται από το IoT.

Οι επιχειρήσεις λιανικής μπορούν να προσλάβουν εμπειρογνώμονες με τα σχετικά προσόντα και εκπαίδευση στο IoT, οι οποίοι μπορούν να αναλάβουν διαδικασίες διαχείρισης δεδομένων. Αντιμετωπίζοντας αυτές τις προκλήσεις, οι έμποροι λιανικής έχουν την ευκαιρία να κάνουν την επένδυσή τους στο IoT κερδοφόρα, ενώ αποκτούν ανταγωνιστικό πλεονέκτημα στην αγορά (Gaikwad, 2018).

#### 5.4.9 Συμπερασματικά

Η εφαρμογή λύσεων IoT μπορεί να προσφέρει πολύτιμες πληροφορίες στους εμπόρους λιανικής. Τέτοιες λύσεις μπορούν να διευκολύνουν τη βελτιστοποίηση των εμπειριών των πελατών, ενώ παράλληλα ενισχύουν τα κέρδη. Με τις τυπικές λύσεις IoT, οι έμποροι λιανικής ψηφιοποιούν τα φυσικά καταστήματα, τα οποία μπορούν να έχουν τεράστια απόδοση επένδυσης (ROI) από βελτιωμένη απόδοση στην αλυσίδα εφοδιασμού, αυξημένες μετατροπές μάρκετινγκ και πολλά άλλα. Κατά συνέπεια, είναι σαφές ότι οι τεχνολογίες με δυνατότητα IoT έχουν τη δύναμη να βελτιώσουν την εμπειρία των πελατών καθώς και να αυξήσουν την αφοσίωση στην επωνυμία.

### 5.5 Έξυπνη Γεωργία / Smart Agriculture

Η γεωργία είναι ένας τομέας που θα ωφεληθεί πολύ από το Διαδίκτυο των Πραγμάτων. Με τα εργαλεία που μπορούν να χρησιμοποιήσουν οι αγρότες για τη γεωργία, το μέλλον είναι σίγουρα πολλά υποσχόμενο. Αναπτύσσονται εργαλεία για την άρδευση με σταγόνες, την κατανόηση των προτύπων καλλιέργειας, τη διανομή νερού, τα drones για την επιτήρηση αγροκτημάτων και πολλά άλλα. Αυτά θα επιτρέψουν στους αγρότες να καταλήξουν σε μια πιο παραγωγική απόδοση και να φροντίσουν καλύτερα τις καλλιέργειές τους (Pathak, 2020), (Ravindra, 2020).

Λόγω του αυξανόμενου πληθυσμού, ο οποίος τώρα προβλέπεται να φτάσει τα 9,6 δισεκατομμύρια έως το 2050, η γεωργική βιομηχανία πρέπει να επεκταθεί για να καλύψει τη ζήτηση, ανεξάρτητα από τις περιβαλλοντικές προκλήσεις, όπως οι δυσμενείς καιρικές συνθήκες και η κλιματική αλλαγή. Για να ανταποκριθεί στις ανάγκες αυτού του αυξανόμενου πληθυσμού, η γεωργική βιομηχανία θα πρέπει να υιοθετήσει νέες τεχνολογίες για να αποκτήσει ένα πλεονέκτημα που τόσο χρειάζεται. Νέες γεωργικές εφαρμογές στην έξυπνη γεωργία και γεωργία ακριβείας μέσω IoT θα επιτρέψουν στη βιομηχανία να αυξήσει τη λειτουργική απόδοση, να μειώσει το κόστος, να μειώσει τα απόβλητα και να βελτιώσει την ποιότητα της απόδοσής τους.

Ωστόσο, το ερώτημα που προκύπτει είναι τι είναι η έξυπνη γεωργία. Η έξυπνη γεωργία είναι ένα σύστημα έντασης κεφαλαίου και υψηλής τεχνολογίας για την καθαρή και βιώσιμη καλλιέργεια τροφίμων για τις μάζες. Είναι, δηλαδή η εφαρμογή των σύγχρονων ΤΠΕ (Τεχνολογίες Πληροφορικής και Επικοινωνίας) στη γεωργία.

Στην έξυπνη γεωργία που βασίζεται στο IoT, κατασκευάζεται ένα σύστημα παρακολούθησης του αγρού με τη βοήθεια αισθητήρων (φως, υγρασία, θερμοκρασία, υγρασία εδάφους κ.λπ.) και αυτοματοποίηση του συστήματος άρδευσης. Οι αγρότες μπορούν να παρακολουθούν τις συνθήκες του αγρού από οπουδήποτε. Η έξυπνη γεωργία που βασίζεται στο IoT είναι εξαιρετικά αποτελεσματική σε σύγκριση με τη συμβατική προσέγγιση.

Οι εφαρμογές της έξυπνης γεωργίας που βασίζεται στο IoT δεν στοχεύουν μόνο σε συμβατικές, μεγάλες γεωργικές δραστηριότητες, αλλά θα μπορούσαν επίσης να αποτελέσουν νέους μοχλούς για την ενίσχυση άλλων αναπτυξιακών ή κοινών τάσεων στη γεωργία, όπως η βιολογική γεωργία, η οικογενειακή γεωργία (σύνθετοι ή μικροί χώροι, διατήρηση ιδιαίτερων ή υψηλής ποιότητας ποικιλιών κ.λπ.) και ενίσχυση της υψηλής διαφάνειας γεωργίας.

Όσον αφορά τα περιβαλλοντικά ζητήματα, η έξυπνη γεωργία που βασίζεται στο IoT μπορεί να προσφέρει μεγάλα οφέλη, συμπεριλαμβανομένης της αποτελεσματικότερης χρήσης του νερού ή τη βελτιστοποίηση των εισροών και των θεραπειών. Ακολουθούν οι κύριες εφαρμογές της έξυπνης γεωργίας που βασίζεται στο IoT και φέρνουν επανάσταση στη γεωργία (Pathak, 2020), (Ravindra, 2020).

### **5.5.1 Γεωργία ακριβείας**

Η γεωργία ακριβείας μπορεί να θεωρηθεί ως οτιδήποτε κάνει τη γεωργική πρακτική πιο ελεγχόμενη και ακριβή όταν πρόκειται για την εκτροφή ζώων και την καλλιέργεια των καλλιεργειών. Σε αυτήν την προσέγγιση διαχείρισης αγροκτημάτων, ένα βασικό συστατικό είναι η χρήση IoT και διαφόρων στοιχείων όπως αισθητήρες, συστήματα ελέγχου, ρομποτική, αυτόνομα οχήματα, αυτοματοποιημένο υλικό, τεχνολογία μεταβλητού ρυθμού κ.λπ.

Η υιοθέτηση πρόσβασης σε internet υψηλής ταχύτητας, φορητές συσκευές και αξιόπιστους, χαμηλού κόστους δορυφόρους (για εικόνες και εντοπισμό θέσης) από τον κατασκευαστή είναι μερικές βασικές τεχνολογίες που χαρακτηρίζουν την τάση της γεωργίας ακριβείας.

Η γεωργία ακριβείας είναι μια από τις πιο διάσημες εφαρμογές του IoT στον αγροτικό τομέα και πολλοί οργανισμοί χρησιμοποιούν αυτήν την τεχνική σε όλο τον κόσμο. Η CropMetrics είναι ένας γεωργικός οργανισμός ακριβείας που επικεντρώνεται σε υπερσύγχρονες γεωπονικές λύσεις, ενώ ειδικεύεται στη διαχείριση αρδεύσεων ακριβείας.

Τα προϊόντα και οι υπηρεσίες της CropMetrics περιλαμβάνουν βελτιστοποίηση VRI, ανιχνευτές υγρασίας εδάφους και εικονικό βελτιστοποιητή PRO. Η βελτιστοποίηση VRI (Variable Rate Irrigation) μεγιστοποιεί την κερδοφορία σε αρδευόμενα χωράφια με



τοπογραφία ή μεταβλητότητα εδάφους, βελτιώνει τις αποδόσεις και αυξάνει την αποδοτικότητα χρήσης νερού.

Η τεχνολογία ανιχνευτή υγρασίας εδάφους παρέχει πλήρη υποστήριξη τοπικής γεωπονίας εντός της εποχής και συστάσεις για τη βελτιστοποίηση της αποδοτικότητας χρήσης του νερού. Ο εικονικός βελτιστοποιητής PRO συνδυάζει διάφορες τεχνολογίες για τη διαχείριση του νερού σε μια κεντρική, βασισμένη σε σύννεφο και ισχυρή τοποθεσία, σχεδιασμένη για καλλιεργητές για να επωφεληθούν από τα οφέλη της άρδευσης ακριβείας μέσω μιας απλοποιημένης διεπαφής (Pathak, 2020), (Ravindra, 2020).

### 5.5.2 Αγροτικά Drones

Με την πάροδο του χρόνου η τεχνολογία έχει αλλάξει και τα γεωργικά drones είναι ένα πολύ καλό παράδειγμα αυτού. Σήμερα, η γεωργία είναι μια από τις σημαντικότερες βιομηχανίες που ενσωματώνουν drones. Τα drones χρησιμοποιούνται στη γεωργία προκειμένου να ενισχυθούν διάφορες γεωργικές πρακτικές. Οι τρόποι με τους οποίους τα drones που βασίζονται στο έδαφος και τα εναέρια drones χρησιμοποιούνται στη γεωργία είναι η αξιολόγηση της υγείας των καλλιεργειών, η άρδευση, η παρακολούθηση των καλλιεργειών, ο ψεκασμός των καλλιεργειών, η φύτευση και η ανάλυση εδάφους.

Τα σημαντικότερα οφέλη από τη χρήση drones περιλαμβάνουν την απεικόνιση της υγείας των καλλιεργειών, την ενσωματωμένη χαρτογράφηση GIS, την ευκολία χρήσης, την εξοικονόμηση χρόνου και τη δυνατότητα αύξησης των αποδόσεων. Με στρατηγική και σχεδιασμό που βασίζεται στη συλλογή και επεξεργασία δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, η τεχνολογία των drones θα ανανεώσει τη βιομηχανία της γεωργίας υψηλής τεχνολογίας.

Το PrecisionHawk είναι ένας οργανισμός που χρησιμοποιεί drones για τη συλλογή πολύτιμων δεδομένων μέσω μιας σειράς αισθητήρων που χρησιμοποιούνται για απεικόνιση, χαρτογράφηση και τοπογραφία της γεωργικής γης. Αυτά τα drones πραγματοποιούν παρακολούθηση και παρατηρήσεις κατά την πτήση. Οι αγρότες εισάγουν τις λεπτομέρειες του χωραφιού που θα ερευνηθούν και επιλέγουν υψόμετρο ή ανάλυση εδάφους.

Από τα δεδομένα του drone, μπορούν να αντληθούν πληροφορίες σχετικά με τους δείκτες φυτοϋγειονομικού χαρακτήρα, την καταμέτρηση και την πρόβλεψη απόδοσης, τη μέτρηση ύψους φυτών, τη χαρτογράφηση λιμνάζουσας ποσότητας νερού, τις αναφορές ανιχνευσης, τη μέτρηση αποθεμάτων, τη μέτρηση της χλωροφύλλης, την περιεκτικότητα σε άζωτο στο σιτάρι, τη χαρτογράφηση αποστράγγισης, τη χαρτογράφηση πίεσης ζιζανίων και ούτω καθεξής (Pathak, 2020), (Ravindra, 2020).

Τα drones συλλέγουν πολυφασματικές, θερμικές και οπτικές εικόνες κατά τη διάρκεια της πτήσης και στη συνέχεια προσγειώνονται στην ίδια τοποθεσία που απογειώθηκαν.

### 5.5.3 Παρακολούθηση κτηνοτροφίας

Οι ιδιοκτήτες μεγάλων αγροκτημάτων μπορούν να χρησιμοποιήσουν ασύρματες εφαρμογές IoT για τη συλλογή δεδομένων σχετικά με την τοποθεσία, την ευημερία και την υγεία των βοοειδών τους. Αυτές οι πληροφορίες τους βοηθούν να εντοπίσουν ζώα που είναι άρρωστα, ώστε να μπορούν να διαχωριστούν από το κοπάδι, αποτρέποντας έτσι την εξάπλωση της ασθένειας. Μειώνει, επίσης, το κόστος εργασίας καθώς οι κτηνοτρόφοι μπορούν να εντοπίσουν τα βοοειδή τους με τη βοήθεια αισθητήρων που βασίζονται στο IoT.

Η JMB North America είναι ένας οργανισμός που προσφέρει λύσεις παρακολούθησης αγελάδων σε παραγωγούς βοοειδών. Μία από τις εφαρμογές βοηθά τους ιδιοκτήτες βοοειδών να παρατηρούν αγελάδες που είναι έγκυες και πρόκειται να γεννήσουν. Από τη δαμαλίδα, ένας αισθητήρας που τροφοδοτείται από μια μπαταρία αποβάλλεται όταν σπάσουν τα νερά της και στέλνει πληροφορίες στον κτηνοτρόφο. Στον χρόνο που αφιερώνεται με τις δαμαλίδες που γεννούν, ο αισθητήρας δίνει τη δυνατότητα στους αγρότες να είναι πιο συγκεντρωμένοι (Pathak, 2020), (Ravindra, 2020).

### 5.5.4 Έξυπνα θερμοκήπια

Η καλλιέργεια θερμοκηπίου είναι μια μεθοδολογία που βοηθά στην ενίσχυση της απόδοσης λαχανικών, φρούτων, καλλιεργειών κ.λπ. Τα θερμοκήπια ελέγχουν τις περιβαλλοντικές παραμέτρους μέσω χειρωνακτικής παρέμβασης ή αναλογικού μηχανισμού ελέγχου. Καθώς η χειρωνακτική παρέμβαση οδηγεί σε απώλεια παραγωγής, απώλεια ενέργειας και κόστος εργασίας, αυτές οι μέθοδοι είναι λιγότερο αποτελεσματικές. Ένα έξυπνο θερμοκήπιο μπορεί να σχεδιαστεί με τη βοήθεια του IoT. Αυτός ο σχεδιασμός παρακολουθεί έξυπνα και ελέγχει το κλίμα, εξαλείφοντας την ανάγκη για χειροκίνητη παρέμβαση.

Για τον έλεγχο του περιβάλλοντος σε ένα έξυπνο θερμοκήπιο, χρησιμοποιούνται διαφορετικοί αισθητήρες που μετρούν τις περιβαλλοντικές παραμέτρους σύμφωνα με τις απαιτήσεις του φυτού. Μπορεί να δημιουργηθεί ένας διακομιστής cloud για απομακρυσμένη πρόσβαση στο σύστημα όταν αυτό είναι συνδεδεμένο μέσω IoT. Αυτό εξαλείφει την ανάγκη για συνεχή χειροκίνητη παρακολούθηση. Μέσα στο θερμοκήπιο, ο διακομιστής cloud επιτρέπει επίσης την επεξεργασία δεδομένων και εφαρμόζει μια ενέργεια ελέγχου. Αυτός ο σχεδιασμός παρέχει οικονομικά αποδοτικές και βέλτιστες λύσεις για τους αγρότες με ελάχιστη χειροκίνητη παρέμβαση.

Η Illuminium Greenhouses είναι ένας οργανισμός στάγδην εγκατάστασης και θερμοκηπίων και χρησιμοποιεί νέες σύγχρονες τεχνολογίες για την παροχή υπηρεσιών. Κατασκευάζει μοντέρνα και οικονομικά θερμοκήπια χρησιμοποιώντας αισθητήρες IoT που λειτουργούν με ηλιακή ενέργεια. Με αυτούς τους αισθητήρες, η κατάσταση του θερμοκηπίου και η κατανάλωση νερού μπορούν να παρακολουθούνται μέσω ειδοποιήσεων SMS προς τον αγρότη με μια διαδικτυακή πύλη. Σε αυτά τα θερμοκήπια, επίσης, πραγματοποιείται και αυτόματη άρδευση.

Οι αισθητήρες IoT στο θερμοκήπιο παρέχουν πληροφορίες για τα επίπεδα φωτός, την πίεση, την υγρασία και τη θερμοκρασία. Αυτοί οι αισθητήρες μπορούν να ελέγχουν αυτόματα τους ενεργοποιητές για να ανοίξουν ένα παράθυρο, να ανάψουν τα φώτα, να ελέγξουν έναν θερμαντήρα, να ενεργοποιήσουν έναν ανεμιστήρα, δηλαδή όλα ελέγχονται μέσω ενός σήματος WiFi (Pathak, 2020), (Ravindra, 2020).

### **5.5.5 Συμπερασματικά**

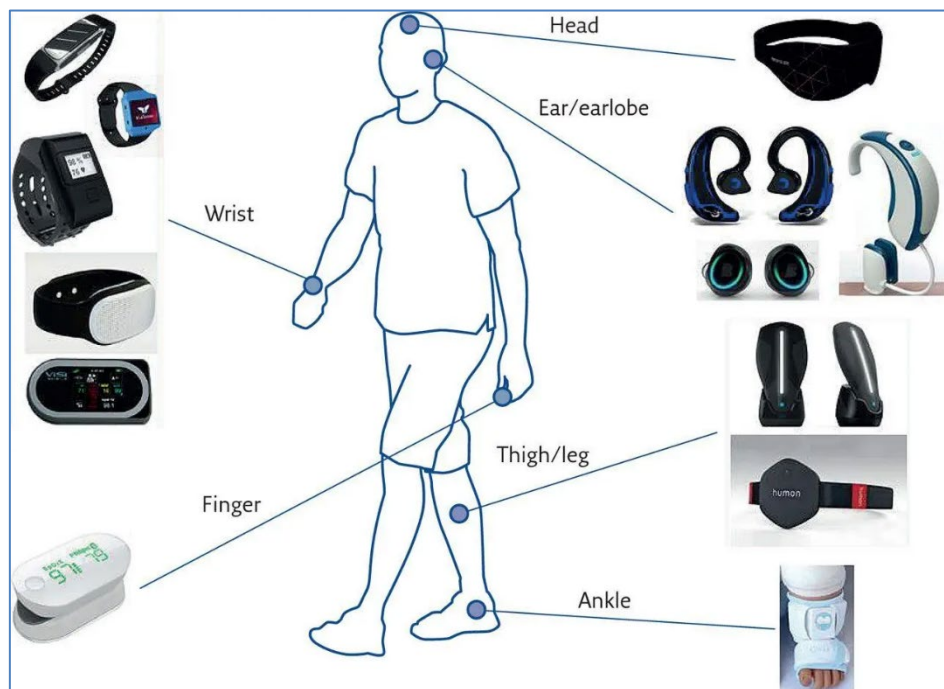
Οι γεωργικές εφαρμογές IoT καθιστούν δυνατή στους κτηνοτρόφους και τους αγρότες τη συλλογή σημαντικών δεδομένων. Οι μεγάλοι γαιοκτήμονες αλλά και οι μικροκαλλιεργητές πρέπει να κατανοήσουν τις δυνατότητες της αγοράς IoT για τη γεωργία εγκαθιστώντας έξυπνες τεχνολογίες για την αύξηση της ανταγωνιστικότητας και της βιωσιμότητας στις παραγωγές τους. Με τον πληθυσμό να αυξάνεται με ταχείς ρυθμούς, η ζήτηση μπορεί να καλυφθεί με επιτυχία εάν οι κτηνοτρόφοι, καθώς και οι μικροκαλλιεργητές, εφαρμόσουν τις αγροτικές λύσεις IoT.

## **5.6 Φορετές Συσκευές / Wearables**

Οι φορετές συσκευές (wearables) παραμένουν ένα σημαντικό θέμα στην αγορά, ακόμη και σήμερα. Αυτές οι συσκευές εξυπηρετούν ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών / λειτουργιών όπως ιατρικές, ευεξίας έως εκγύμνασης. Αυτές οι τεχνολογικές έξυπνες συσκευές ταξινομούνται ανάλογα με τα χαρακτηριστικά τους. Με αυτές τις ταξινομήσεις, είναι πολύ εύκολο να διεξαχθεί έρευνα στον τομέα της τεχνολογίας φορετών συσκευών. Υπάρχει πολλή έρευνα που βασίζεται στην τεχνολογία του Διαδικτύου των Πραγμάτων. Σχεδόν όλες αυτές οι έρευνες λένε ότι όλες οι συσκευές που θα χρησιμοποιηθούν τα επόμενα χρόνια θα είναι έξυπνες συσκευές. Οι ειδικοί έχουν αναπτύξει έργα που αποδεικνύουν ότι τα αποτελέσματα αυτών των ερευνών είναι ακριβή.

Με φορητές έξυπνες συσκευές και έξυπνες εφαρμογές που αναπτύχθηκαν με την τεχνολογία Internet of Things, μπορούν να εκτελεστούν πολλές διαδικασίες από τη μέτρηση του καρδιακού παλμού έως τη μέτρηση του διαβήτη (Lavric & Popa, 2017), (Laghari, Wu, Laghari, Ali, & Kha, 2021).

Η τεχνολογία φορετών συσκευών Internet of Things συγκαταλέγεται στις τεχνολογικές καινοτομίες που προσαρμόζονται στην ψηφιακή εποχή. Η τεχνολογία αυτή είναι η επιλογή πολλών ανθρώπων που στοχεύουν σε μια υγιή ζωή. Επίσης, η τεχνολογία Wearable οφείλει τα σχέδια της υψηλής τεχνολογίας στην τεχνολογία Internet of Things. Ο μηχανισμός μέτρησης των προϊόντων τεχνολογίας wearable παρέχεται από την τεχνολογία Internet of Things. Τέλος, η τεχνολογία IoT και φορητών συσκευών συνεργάζονται για να αυξήσουν την αξία της τεχνολογίας Internet of Things στην αγορά.

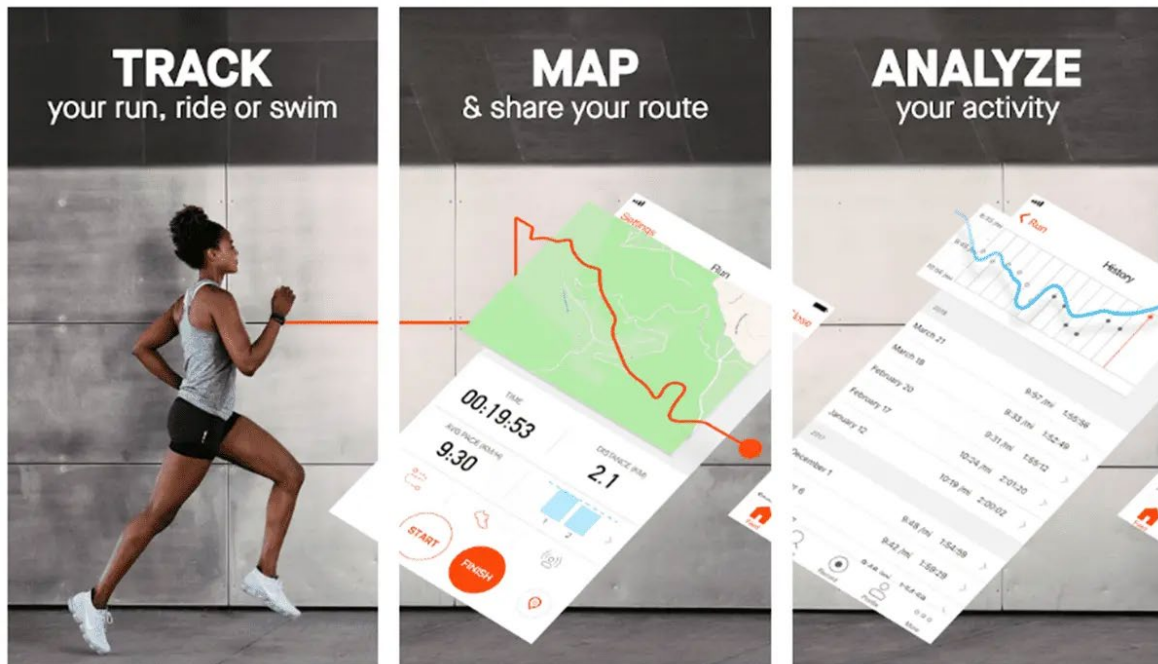


Εικόνα 5.4: Εφαρμογές Fitness Wearables με το Internet of Things.

### 5.6.1 Fitness Wearables

Οι αθλητές ενδιαφέρονται να γνωρίζουν εάν οι καθημερινές τους προπονήσεις είναι αποτελεσματικές. Αυτή η επιθυμία των αθλητών συνδύασε την τεχνολογία Internet of Things και την τεχνολογία wearable, καθώς οι αθλητές θέλουν να μάθουν για τις αξίες της ισορροπίας του σώματος, τους καρδιακούς παλμούς τους και ούτω καθεξής σε σύντομο χρόνο. Τη γνώση αυτή προσφέρουν πλέον τα έξυπνα ρολόγια. Τα έξυπνα ρολόγια που φοριούνται από τους αθλητές μπορούν να μετρήσουν άμεσα πολλές τιμές.

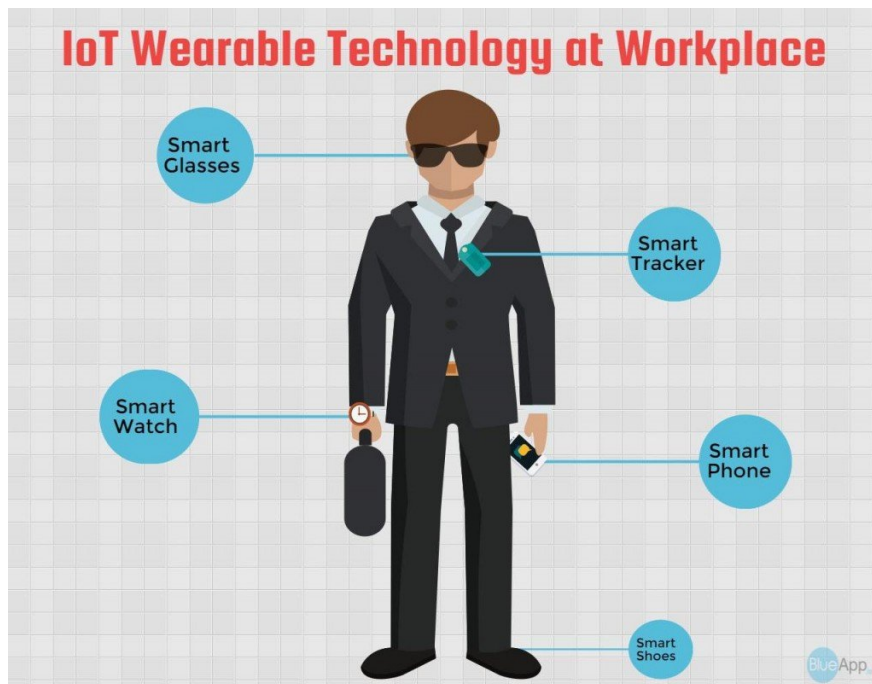
Τα έξυπνα ρολόγια, που αναπτύχθηκαν με την τεχνολογία Internet of Things, είναι σε θέση να κάνουν πολλές χρήσιμες μετρήσεις για τους αθλητές. Οι αθλητές θα πρέπει να γνωρίζουν τις σωματικές τους αποδόσεις κατά τη διάρκεια της προπόνησής τους, καθώς η εκμάθηση των αποτελεσμάτων των στιγμιαίων κινήσεων αυξάνει την αποτελεσματικότητα του αθλήματος. Τέλος, τα έξυπνα ρολόγια που αναπτύχθηκαν με τεχνολογία wearable μπορούν να υπολογίζουν τα σωστά χρονικά διαστήματα που πρέπει να αναπνέει ο αθλητής, όπως και άλλες τιμές (Lavric & Popa, 2017), (Laghari, Wu, Laghari, Ali, & Kha, 2021).



Εικόνα 5.5: Εφαρμογές Fitness Wearables με το Internet of Things.

### 5.6.2 Wearables Clothing

Τα τεχνολογικά θέματα που είχαν συζητηθεί μόνο θεωρητικά πριν από πολλά χρόνια πλέον έχουν γίνει τεχνολογικές καινοτομίες που εισήχθησαν στην αγορά. Σε αυτή τη διαδικασία, οι άνθρωποι μπορούν εύκολα να κάνουν πολλές από τις εργασίες τους μέσω των smartphone τους και να πραγματοποιούν πολλές δραστηριότητες με τεχνολογία wearable. Για παράδειγμα, μπορούν να εγγράψουν βίντεο υψηλής ευκρίνειας με φορητά ρούχα τεχνολογίας. Μάλιστα, η τεχνολογία Internet of Things εφαρμόζεται σε πολλές μάρκες ρούχων, ενώ παράγει προϊόντα τεχνολογίας που φοριούνται (Lavric & Popa, 2017), (Laghari, Wu, Laghari, Ali, & Kha, 2021).



Εικόνα 5.6: Wearables Clothing με τεχνολογία Internet of Things.

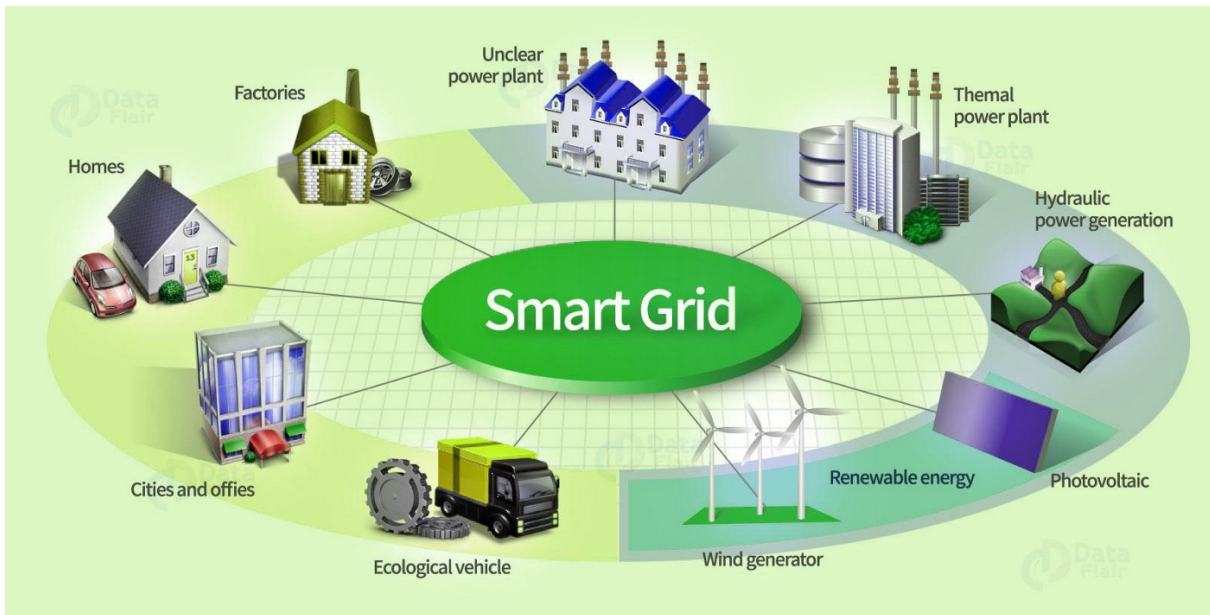
Με αυτή την εφαρμογή, μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο κομμάτια όσο και τεχνολογικά προϊόντα. Για παράδειγμα, το έξυπνο μπουφάν που αναπτύχθηκε με τεχνολογία wearable λειτουργεί με τεχνολογία Bluetooth δημιουργώντας ο χρήστης μια σύνδεση μέσω smartphone (Lavric & Popa, 2017), (Laghari, Wu, Laghari, Ali, & Kha, 2021).

## 5.7 Έξυπνα Δίκτυα / Smart Networks

Ένα από τα πολλά χρήσιμα παραδείγματα IoT, είναι το έξυπνο δίκτυο. Πρόκειται για μια ολιστική λύση που εφαρμόζει μια εκτεταμένη γκάμα πόρων Τεχνολογίας Πληροφορικής που επιτρέπουν στα υπάρχοντα και νέα δίκτυα να μειώσουν τη σπατάλη και το κόστος ηλεκτρικής ενέργειας. Ένα μελλοντικό έξυπνο δίκτυο βελτιώνει την απόδοση, την αξιοπιστία και την οικονομία της ηλεκτρικής ενέργειας.

Η βασική αρχή του Διαδικτύου των Πραγμάτων βασίζεται στην ενοποίηση δικτύων πληροφοριών για να διευκολύνει τη ζωή των ανθρώπων. Με αυτόν τον τρόπο, τα αντικείμενα μπορούν να συνδέονται μεταξύ τους και να μοιράζονται πληροφορίες σχετικά με την υγεία, την ασφάλεια, το περιβάλλον, την ασφάλεια τροφίμων και την απομακρυσμένη παρακολούθηση αντικειμένων. Είναι σαφές ότι το Διαδίκτυο των Πραγμάτων είναι αναπόφευκτο για τις σημερινές τεχνολογίες (Lavric & Popa, 2017), (Laghari, Wu, Laghari, Ali, & Kha, 2021).





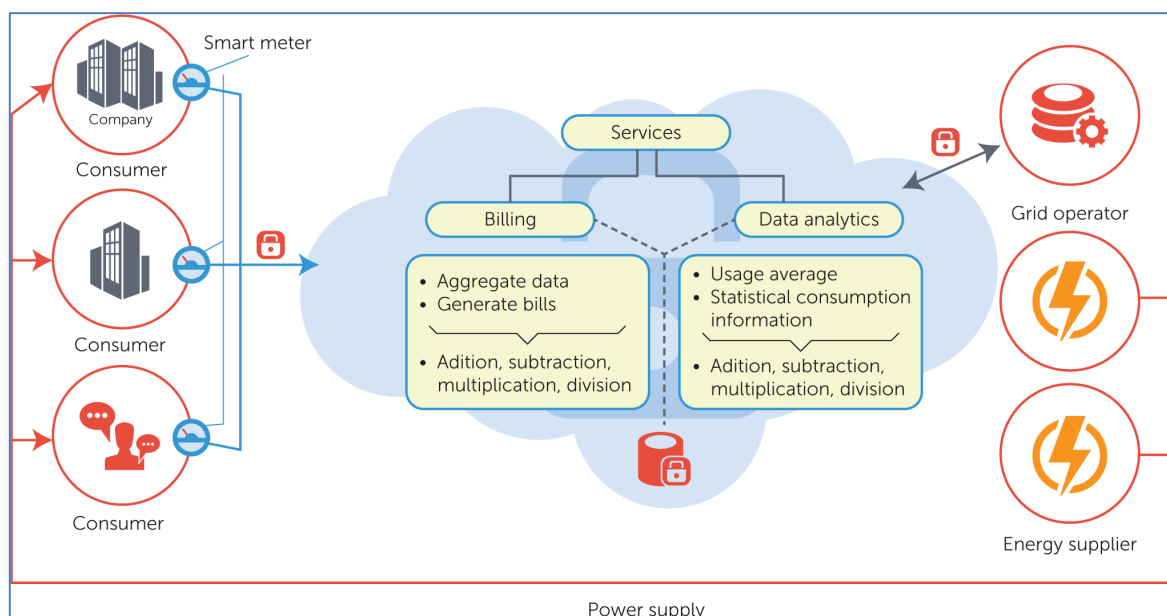
Εικόνα 5.7: Έξυπνα Δίκτυα και Εφαρμογές IoT.

Υπάρχουν συσκευές που διασφαλίζουν την ασφάλεια του σπιτιού όσο ο ιδιοκτήτης βρίσκεται είτε μέσα στο σπίτι ή εκτός σπιτιού. Αυτές οι συσκευές στέλνουν πληροφορίες σχετικά με τις συσκευές που έχουν αλλάξει χωρίς τις πληροφορίες από τον ιδιοκτήτη. Υπάρχουν επίσης εφαρμογές που έχουν αναπτυχθεί για αθλητές.

Για παράδειγμα, η έξυπνη ρακέτα, η οποία έχει αναπτυχθεί με την τεχνολογία Internet of Things, μπορεί να υπολογίσει την ισχύ και τον χρόνο που ο αθλητής χτυπά την μπάλα με τον αισθητήρα. Μάλιστα, η έξυπνη μπάλα που έχει αναπτυχθεί για ποδοσφαιριστές μπορεί ακόμη και να μετρήσει τον μέσο όρο των γκολ που μπορεί να σκοράρει ο αθλητής (Lanric & Pora, 2017), (Laghari, Wu, Laghari, Ali, & Kha, 2021).

### 5.7.1 Έξυπνα ηλεκτρικά δίκτυα

Το δίκτυο έχει αναπτυχθεί για να ενσωματώνει προηγμένες τεχνολογίες επικοινωνίας και δικτύου σε δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας για να το κάνει «έξυπνο». Το έξυπνο δίκτυο, ο αυτόματος έλεγχος, οι μετατροπείς υψηλής ισχύος, οι σύγχρονες υποδομές επικοινωνίας, οι τεχνολογίες ανίχνευσης και μέτρησης και οι σύγχρονες τεχνικές διαχείρισης ενέργειας με βάση τη ζήτηση, την ενέργεια και τη βελτιστοποίηση ενέργειας μπορούν να θεωρηθούν ως ένα σύγχρονο ηλεκτρικό δίκτυο για υψηλότερη απόδοση και αξιοπιστία (Lanric & Pora, 2017), (Laghari, Wu, Laghari, Ali, & Kha, 2021).



Εικόνα 5.8: Έξυπνα Ηλεκτρικά Δίκτυα.

Τα έξυπνα ηλεκτρικά δίκτυα είναι το πιο σημαντικό δομικό στοιχείο στην ανάπτυξη της τεχνολογίας. Τα δίκτυα παρέχουν πρόσβαση σε ποιοτική ενέργεια με χαμηλούς προϋπολογισμούς και κόστος. Επίσης, τα έξυπνα δίκτυα, οι οικονομικές και κοινωνικές εφαρμογές για χρήση εξασφαλίζουν αποτελεσματικότητα και παρέχουν ανάπτυξη. Ένας από τους πιο σημαντικούς στόχους των έξυπνων δικτύων είναι η δημιουργία μικροδικτύων που επιτρέπουν μεγαλύτερη κατανεμημένη παραγωγή και αποθήκευση ενέργειας από την πλευρά του τελικού χρήστη.

Με την επέκταση της παραγωγής ενέργειας από εφαρμογές μικροδικτύων και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, τα συστήματα και οι τεχνολογίες αποθήκευσης ενέργειας που θα εξισορροπήσουν το φόρτο έχουν γίνει πολύ σημαντικά προκειμένου να καλυφθεί η αυξανόμενη ζήτηση ενέργειας. Οι καλύτερες και ταχύτερες συσκευές και τεχνολογίες επικοινωνίας για το ηλεκτρικό δίκτυο αποτρέπουν τα περισσότερα ηλεκτρικά κυκλώματα και τις πτώσεις τάσης.

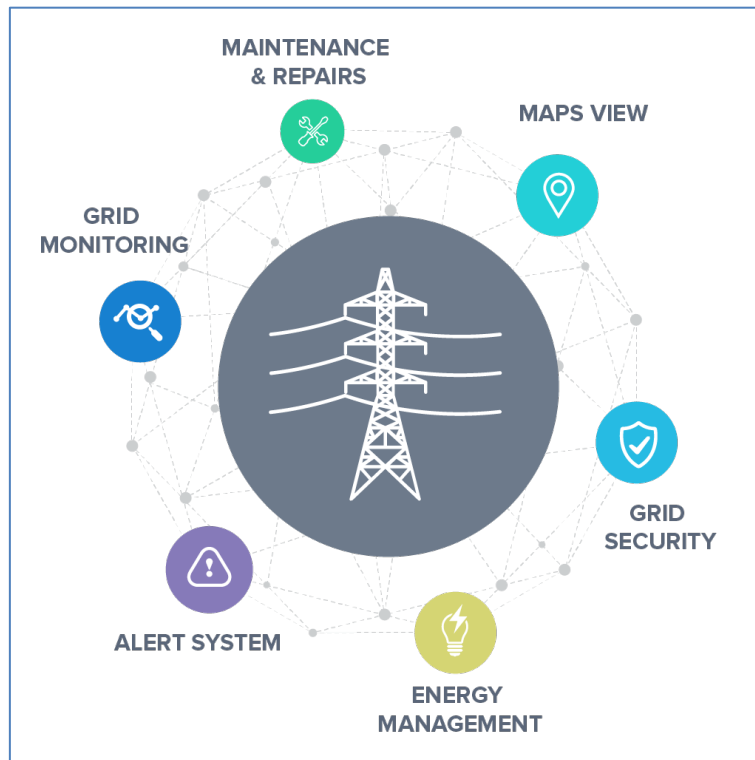
Τα έξυπνα δίκτυα είναι πολύ σημαντικά για την ανάπτυξη της τεχνολογίας και των οικονομικών καινοτομιών. Προκειμένου να καταστεί το υπάρχον δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας ένα έξυπνο δίκτυο, ο σχεδιασμός και η υλοποίηση μιας νέας υποδομής επικοινωνίας για το δίκτυο είναι δύο σημαντικοί ερευνητικοί τομείς (Lavric & Popa, 2017), (Laghari, Wu, Laghari, Ali, & Kha, 2021).

Τα έξυπνα δίκτυα παρέχουν ποιότητα και κατάλληλες απαιτήσεις ηλεκτρικής ενέργειας. Η τεχνολογία Internet of Things είναι ο χρήστης και αυτή η τεχνολογία λαμβάνει



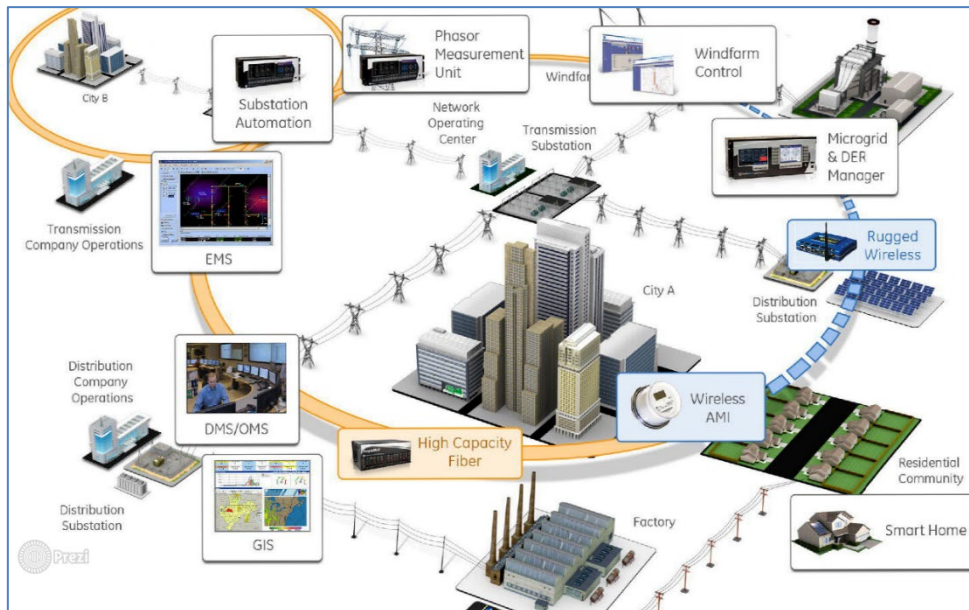
την ποιοτική και αποδοτική ενέργεια που χρειάζεται από τα έξυπνα δίκτυα, ενώ ταυτόχρονα επιτρέπει την ασφάλεια τεχνολογίας σε ελεγκτές ενέργειας και συστήματα επικοινωνίας.

Είναι η νέα εποχή για τους χρήστες που μπορούν να βρουν και να θέλουν να χρησιμοποιήσουν τις εφαρμογές IoT. Αυτές οι εφαρμογές χρειάζονται ασφαλή ενέργεια με το Internet of Things και η τεχνολογία και η λύση υποδομής έξυπνων δικτύων μπορούν να παρέχουν ενέργεια με αποδοτικότητα (Lavric & Popa, 2017), (Laghari, Wu, Laghari, Ali, & Kha, 2021).



Εικόνα 5.9: Έξυπνα δίκτυα και το Διαδίκτυο των πραγμάτων.

Η παρεχόμενη υποδομή επικοινωνίας είναι σημαντική για τη χρήση έξυπνων δικτύων, καθώς η επικοινωνία είναι σημαντική για την ανάπτυξη και λειτουργία των έξυπνων δικτύων. Οι καταναλωτές μπορούν να ελαχιστοποιήσουν τις ενεργειακές δαπάνες προσαρμόζοντας τις λειτουργίες των έξυπνων οικιακών συσκευών τους για να αποφύγουν τις ώρες αιχμής στο σπίτι αντί να χρησιμοποιούν ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Η βάση αυτών των εφαρμογών είναι το ευφυές δίκτυο που αναπτύχθηκε. Το πολύπλοκα αναπτυγμένο δίκτυο διατηρεί τα οφέλη της έξυπνης δικτύωσης στο παρασκήνιο. Ως εκ τούτου, υπάρχει τρόπος να παρέχεται η πιο αποδοτική ενέργεια και υποδομή για την παροχή υψηλής απόδοσης στον χρήστη. Ο πιο συνηθισμένος τρόπος είναι να επιλεγεί η σωστή επικοινωνία και δίκτυο σε έξυπνα δίκτυα (Lavric & Popa, 2017), (Laghari, Wu, Laghari, Ali, & Kha, 2021).



Εικόνα 5.10: Επικοινωνία και Δικτύωση σε Έξυπνα Δίκτυα.

## 5.8 Βιομηχανικό Διαδίκτυο / Industrial IoT

Παρόλο που τα περισσότερα έργα βιομηχανικού IoT αφορούν αυτοματισμό, βελτιστοποίηση και τακτικούς ή στρατηγικούς στόχους σε ένα κυρίως εσωτερικό πλαίσιο – και θα συνεχίσουν να είναι, υπάρχουν και ορισμένα πραγματικά μετασχηματιστικά έργα βιομηχανικού IoT (επίσης γνωστά ως Industrial IoT / IIoT).

Το βιομηχανικό IoT με την προαναφερθείσα έννοια χρησιμοποιήθηκε κυρίως για να γίνει διάκριση μεταξύ των περιπτώσεων χρήσης, της πραγματικής χρήσης και των συγκεκριμένων τεχνολογιών που αξιοποιήθηκαν αρχικά για κυρίως έξυπνη κατασκευή και, αργότερα, σε άλλες βιομηχανίες αφενός και στο εταιρικό IoT και στο καταναλωτικό IoT εφαρμογές αφετέρου.

Αυτή η διάκριση είναι προφανώς κάπως τεχνητή και σε όλα τα επίπεδα υπάρχουν επικαλύψεις. Οι ταχύτερα αναπτυσσόμενες κατηγορίες περιπτώσεων χρήσης IoT, για παράδειγμα, είναι διακλαδικές. Επιπλέον, αν και ορισμένες τεχνολογίες, αρχιτεκτονικά πλαίσια και εφαρμογές σε όλα τα επίπεδα IoT διαφέρουν μεταξύ βιομηχανικού IoT και καταναλωτικού IoT, ένα μέσο μεγάλο έργο IIoT θα αξιοποιήσει διάφορες μορφές συνδεσιμότητας και λύσεις, ορισμένες από τις οποίες χρησιμοποιούνται και στο καταναλωτικό IoT (Business guide to Industrial IoT (Industrial Internet of Things, 2021).

Ο βιομηχανικός κολοσσός GE επινόησε τον όρο Βιομηχανικό Διαδίκτυο που πραγματικά περιγράφει τον βιομηχανικό μετασχηματισμό στο συνδεδεμένο πλαίσιο μηχανών, φυσικών συστημάτων στον κυβερνοχώρο, προηγμένων αναλυτικών στοιχείων, τεχνητής νοημοσύνης, ανθρώπων, cloud, υπολογιστών αιχμής IoT και ούτω καθεξής.

Αν και δεν υπάρχει ο όρος cyber-physical systems προστέθηκε επειδή το Industrial Internet από πολλές απόψεις είναι το ίδιο με Industry 4.0.

Μπορεί κανείς να αναρωτηθεί γιατί χρειάζονται δύο όροι για να περιγραφεί το ίδιο πράγμα. Όταν εμπλέκονται προμηθευτές, τότε μπορεί κανείς να σκεφτεί το μάρκετινγκ και να συγκρίνει πόσο συχνά αναζητείται ο όρος Βιομηχανικό Διαδίκτυο και πόσο συχνά αναζητούνται όροι όπως Industrial Internet of Things, IIoT και Industrial IoT. Αυτό δεν σημαίνει ότι το Industrial IoT με την έννοια του Industrial Internet δεν έχει νόημα, το αντίθετο φυσικά. Ωστόσο, οδηγεί σε σύγχυση.

Αυτό που έχει μεγαλύτερη σημασία δεν είναι η ορολογία αλλά τα αποτελέσματα, αν και θα ήταν ωραίο να μιλούσαν όλοι την ίδια γλώσσα και να αντιλαμβάνονται τους όρους (Business guide to Industrial IoT (Industrial Internet of Things, 2021).

Η βασική εστίαση στις περισσότερες αναπτύξεις Industrial Internet of Things και στην πλειονότητα των οργανισμών de facto εξακολουθεί να είναι η λειτουργική αποτελεσματικότητα, μαζί με τη βελτιστοποίηση του κόστους. Ωστόσο, απαιτείται μια πιο ολιστική προσέγγιση με πρόσθετους στόχους εσόδων και καινοτομίας.

Μια τέτοια ολιστική στρατηγική υπάρχει ήδη σε πιο «ώριμους» βιομηχανικούς οργανισμούς, οι οποίοι έχουν στραφεί προς το επιχειρηματικό μοντέλο, τις υπηρεσίες και τις νέες ευκαιρίες εσόδων με απτά αποτελέσματα και καινοτόμες λύσεις. Είναι έτοιμοι να διαταράξουν τις αντίστοιχες βιομηχανίες τους όπου ο ανταγωνισμός είναι ήδη έντονος και οι συνθήκες της αγοράς αβέβαιες και περίπλοκες.

Από την άλλη πλευρά, για να ανέβουν οι δυνατότητες / ευκαιρίες IIoT, οι βιομηχανικοί οργανισμοί πρέπει προφανώς να ξεκινήσουν από κάπου. Γνωρίζοντας τις προκλήσεις της αγοράς σε πολλές βιομηχανικές αγορές, είναι φυσιολογικό ότι στα αρχικά στάδια η συνδεσιμότητα στον χώρο IIoT εστιάζει σε ένα περιορισμένο σύνολο στόχων και πλεονεκτημάτων. Δεν είναι τυχαίο ότι η ολιστική πρόκληση που υπάρχει στην εξέλιξη του IIoT είναι ακριβώς η ίδια με αυτή που υπάρχει στον ψηφιακό μετασχηματισμό της κατασκευής, την κύρια αγορά IIoT.

Τελευταίο, αλλά εξίσου σημαντικό, η βελτιστοποίηση και η αυτοματοποίηση δεν είναι ο εχθρός της πελατοκεντρικότητας στο ευρύτερο βιομηχανικό πλαίσιο όπου η ταχύτητα και οι βελτιωμένες διαδικασίες είναι αυτό που περιμένουν οι πελάτες (Business guide to Industrial IoT (Industrial Internet of Things, 2021).

Το Industrial Internet of Things μπορεί να οριστεί ως «μηχανές, υπολογιστές και άνθρωποι που επιτρέπουν ευφρείς βιομηχανικές λειτουργίες χρησιμοποιώντας προηγμένες αναλύσεις δεδομένων για μετασχηματιστικά επιχειρηματικά αποτελέσματα».

Σε αυτό το πλαίσιο Industry 4.0 ή «Βιομηχανικό Διαδίκτυο», όπου ουσιαστικά βρίσκεται το IIoT ως μέρος μιας ολοκληρωμένης προσέγγισης όπου βρίσκεται στο επίκεντρο, τα δεδομένα αποτελούν βασικό πλεονέκτημα και τα αναλυτικά στοιχεία αναγκαιότητα στη σφαίρα των βιομηχανιών.

Το Industrial Internet of Things είναι το μεγαλύτερο και πιο σημαντικό μέρος του Internet of Things τώρα, αλλά οι εφαρμογές των καταναλωτών θα καλύψουν τη διαφορά από την άποψη των δαπανών. Ωστόσο, το Industrial Internet of Things είναι πολύ πιο σημαντικό και προηγμένο στο συνολικό IoT (Business guide to Industrial IoT (Industrial Internet of Things, 2021).

## 5.9 Τηλε-υγεία / Tele Health

Η βασική ιδέα της τηλεϊατρικής είναι η παροχή υπηρεσιών υγειονομικής περίθαλψης εξ αποστάσεως σε άτομα που ζουν σε απομακρυσμένες περιοχές, ειδικά όπου δεν υπάρχουν εγκαταστάσεις υγειονομικής περίθαλψης. Επίσης, έχει σκοπό να μειώσει την επιβάρυνση των νοσοκομείων που είναι φορτωμένα (Parri, Parrino, Peruzzi, & Pozzebon, 2019), (Laghari, Wu, Laghari, Ali, & Kha, 2021).

Παρόλο που το IoT μπορεί να είναι επωφελές για σχεδόν κάθε κλάδο, οργανισμό, εταιρικά γραφεία, κατασκευαστικούς τομείς, έξυπνα σπίτια και ούτω καθεξής, η υγειονομική περίθαλψη δεν αποτελεί εξαίρεση. Αντίθετα, η υγειονομική περίθαλψη μπορεί να ωφεληθεί περισσότερο.

Με το IoT, οι διευθυντές υγειονομικής περίθαλψης μπορούν να εξασφαλίσουν την ανάπτυξη της τηλεϊατρικής αρπάζοντας την προσφορά που έχει να προσφέρει το IoT. Για παράδειγμα, η ποιότητα της περίθαλψης, το βελτιωμένο σύστημα παρακολούθησης ασθενών, το σύστημα παρακολούθησης της υγείας σε πραγματικό χρόνο και πολλά άλλα είναι μερικές από τις εφαρμογές του IoT. Έτσι, ακόμα και μετά από τόσες πολλές προσφορές και

διευκολύνσεις η τηλεϊατρική αποτελεί πρωταρχικό μέλημα για τους περισσότερους οργανισμούς υγειονομικής περίθαλψης. Ως εκ τούτου, τα οφέλη του IoT στην υγειονομική περίθαλψη, ειδικά στην τηλεϊατρική είναι τα εξής (Parri, Parrino, Peruzzi, & Pozzebon, 2019), (Laghari, Wu, Laghari, Ali, & Kha, 2021):

Είτε πρόκειται για πρόσβαση στα δεδομένα ασθενών είτε για εξέταση της κατάστασης της υγείας του ασθενούς, το Διαδίκτυο των Πραγμάτων μπορεί να είναι η καλύτερη υποστηρικτική καινοτομία για τους γιατρούς. Ωστόσο, οι γιατροί πρέπει επίσης να αντιμετωπίσουν ορισμένες από τις προκλήσεις σε αυτήν την περίπτωση. Για παράδειγμα, δεν μπορούν να ακούσουν τον καρδιακό παλμό ή να ελέγξουν την αρτηριακή πίεση χρησιμοποιώντας την τεχνολογία IoT.

Βέβαια μπορεί να υπάρξει λύση και για αυτό. Οι φορητές συσκευές που τροφοδοτούνται από το IoT διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο, επιτρέποντας στους γιατρούς να έχουν πρόσβαση σε σχετικές πληροφορίες (Parri, Parrino, Peruzzi, & Pozzebon, 2019), (Laghari, Wu, Laghari, Ali, & Kha, 2021).

Εάν η τεχνολογία είναι απαραίτητη για την ανθρωπότητα, το IoT στην υγειονομική περίθαλψη μπορεί να είναι ένα παράδειγμα αυτής της αναγκαιότητας. Έχει πολλές προσφορές στην υγειονομική περίθαλψη, ενώ η παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο είναι η πιο σημαντική λειτουργία που προσφέρει το IoT στην υγειονομική περίθαλψη. Οι γιατροί μπορούν να λαμβάνουν αναφορές υγείας των ασθενών κάθε δευτερόλεπτο, δημιουργώντας καλύτερες και βελτιωμένες εγκαταστάσεις υγειονομικής περίθαλψης. Για παράδειγμα, οι ασθενείς που φορούν συσκευή παρακολούθησης Holter θα επιτρέψουν στους γιατρούς και τους ασθενείς να ελέγξουν ανωμαλίες (αν εμφανιστούν) στον καρδιακό τους παλμό (Parri, Parrino, Peruzzi, & Pozzebon, 2019), (Laghari, Wu, Laghari, Ali, & Kha, 2021).

## 6 Συμπεράσματα

Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet of Things / IoT) είναι γνωστό και άγνωστο στον σύγχρονο κόσμο. Είναι ένας κοινός όρος για άτομα στον κλάδο της τεχνολογίας και στον εταιρικό κόσμο, αλλά σπάνια ακούγεται από τον ευρύ πληθυσμό, αν και είναι μέρος της καθημερινής τους ζωής. Το IoT είναι η συνδεσιμότητα φυσικών αντικειμένων όπως συσκευές, οχήματα, κτίρια, ηλεκτρονικές συσκευές και δίκτυα που τους επιτρέπει να αλληλεπιδρούν, να συλλέγουν και να ανταλλάσσουν δεδομένα. Ισχύει για εκατομμύρια διαφορετικά πράγματα, συμπεριλαμβανομένων ενημερωμένων παραδοσιακών προϊόντων που δεν είχαν συνδεθεί προηγουμένως στο διαδίκτυο.

Πρωταρχική πρόκληση του IoT είναι η μεταφορά δεδομένων από τον αισθητήρα της εκάστοτε συσκευής στο cloud (νέφος / διαδίκτυο), όπου αυτά τα δεδομένα χρησιμοποιούνται, επεξεργάζονται και αποθηκεύονται. Η πανταχού παρούσα χρήση του Wi-Fi και του Bluetooth μέσω smartphone, μαζί με την ευρεία διαθεσιμότητα -πλέον- της κινητής τηλεφωνίας αλλά και τα πολλαπλά δημόσια σημεία πρόσβασης Wi-Fi, παρέχουν περισσότερη πρόσβαση στο cloud για τους αισθητήρες IoT από ποτέ. Ωστόσο, λίγοι είναι εξοικειωμένοι με αυτές τις τεχνολογίες.

Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων, ή IoT (Internet of things / IoT), είναι ένα σύστημα αλληλένδετων υπολογιστικών συσκευών, ψηφιακών μηχανών, αντικειμένων, ή ανθρώπων που διακρίνονται με μοναδικά αναγνωριστικά (unique identifiers / UIDs) και τους δίνεται η δυνατότητα μεταφοράς δεδομένων μέσω ενός δικτύου χωρίς την απαίτηση αλληλεπίδρασης άνθρωπο με άνθρωπο ή ανθρώπου με υπολογιστή.

Αντικείμενο, στο Διαδίκτυο των Πραγμάτων, μπορεί να είναι 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 (Internet Protocol / 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.

Το Διαδίκτυο των πραγμάτων βοηθά τους ανθρώπους να ζουν και να εργάζονται πιο έξυπνα, καθώς και να αποκτούν τον απόλυτο έλεγχο της ζωής τους. Εκτός από την προσφορά έξυπνων συσκευών για την αυτοματοποίηση των σπιτιών, το IoT είναι απαραίτητο για τις επιχειρήσεις. Το IoT παρέχει στις επιχειρήσεις καταγραφή γεγονότων σε πραγματικό χρόνο για το πώς λειτουργούν πραγματικά τα συστήματά τους, παρέχοντας πληροφορίες για τα πάντα, από την απόδοση των συσκευών / μηχανών έως τις λειτουργίες της αλυσίδας εφοδιασμού / εφοδιαστικής.

Το IoT δίνει τη δυνατότητα στις εταιρείες να αυτοματοποιούν τις διαδικασίες και να μειώνουν το κόστος εργασίας. Επίσης, περιορίζει τα «άχρηστα» / περιττά δεδομένα και βελτιώνει την παροχή υπηρεσιών, καθιστώντας λιγότερο δαπανηρή την κατασκευή και παράδοση αγαθών, καθώς και προσφέροντας διαφάνεια στις συναλλαγές των πελατών.

Ως εκ τούτου, το IoT είναι μια από τις πιο σημαντικές τεχνολογίες της καθημερινής ζωής και θα συνεχίσει να «μεγεθύνει» καθώς περισσότερες επιχειρήσεις συνειδητοποιούν τις δυνατότητες των συνδεδεμένων συσκευών, έτσι ώστε να τις διατηρούν ανταγωνιστικές.

Η κύρια τάση του IoT τα τελευταία χρόνια είναι η ανάπτυξη συσκευών που συνδέονται και ελέγχονται από το Διαδίκτυο. Το ευρύ φάσμα εφαρμογών για την τεχνολογία IoT σημαίνει ότι οι ιδιαιτερότητες μπορεί να διαφέρουν πολύ από τη μια συσκευή στην άλλη, αλλά υπάρχουν βασικά χαρακτηριστικά που μοιράζονται οι περισσότερες.

Το IoT δημιουργεί ευκαιρίες για πιο άμεση ενσωμάτωση του φυσικού κόσμου σε συστήματα που βασίζονται σε υπολογιστές, με αποτέλεσμα βελτιώσεις απόδοσης, οικονομικά οφέλη και μειωμένες ανθρώπινες προσπάθειες.

Ο αριθμός των συσκευών IoT αυξήθηκε κατά 31% το 2017 από την προηγούμενη χρονιά, σε 8,4 δισεκατομμύρια συσκευές και εκτιμάται ότι υπάρχουν 30 δισεκατομμύρια συσκευές το 2020. Η παγκόσμια αξία αγοράς του IoT υπολογίζεται ότι έφτασε τα 7,1 τρισεκατομμύρια δολάρια το 2020.

Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) ξεκινά με τη συνδεσιμότητα, αλλά δεδομένου ότι το IoT είναι ένα ευρύτατο και πολύπλευρο πεδίο, είναι δύσκολο βρεθεί μια λύση επικοινωνίας που να ταιριάζει σε όλους τους τύπους. Συνεχίζοντας την αναζήτηση σχετικά με τις τοπολογίες (τρόπους σύνδεσης τερματικών και επικοινωνιακών κόμβων σε ένα δίκτυο) πλέγματος και αστέρα, θα καταγραφούν οι έξι πιο κύριοι τύποι ασύρματων τεχνολογιών IoT (Elkhodr, Shahrestani, & Cheung, 2016).

Κάθε τρόπος / λύση διασύνδεσης έχει τα δυνατά και τα αδύνατα σημεία της σε διάφορα κριτήρια δικτύου και ως εκ τούτου είναι η καταλληλότερη για διαφορετικές περιπτώσεις χρήσης IoT.

Η επιτυχία του IoT εξαρτάται πλήρως από την αξιόπιστη και επεκτάσιμη συνδεσιμότητα IoT. Αυτό παραμένει ένα τεράστιο εμπόδιο για τις κατασκευαστικές και εμπορικές βιομηχανίες. Αυτές οι βιομηχανίες αντιμετωπίζουν πολύπλοκα ή απομακρυσμένα περιβάλλοντα όπου οι παραδοσιακές επιλογές ενσύρματης και ασύρματης συνδεσιμότητας δεν μπορούν να εξασφαλίσουν το κόστος, την εδαφική κάλυψη και τις απαιτήσεις ισχύος που απαιτούνται για εφαρμογές IoT.

Όπως ειπώθηκε και προηγουμένως, το Διαδίκτυο των Πραγμάτων αποτελεί μια τεχνολογία που έχει αποκτήσει σιγά σιγά δυναμική και τώρα σιωπηλά διαμορφώνει το μέλλον. Το IoT είναι το αποτέλεσμα της περιέργειας και της πρόθεσης της ανθρωπότητας να οδηγήσει έναν βολικό και συνδεδεμένο τρόπο ζωής, μειώνοντας την εργασία και εξαλείφοντας τις πιθανότητες ανθρώπινων λαθών. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο «αποφασίστηκε» από τους χρήστες οι έξυπνες συσκευές να «φροντίζουν» πράγματα / αντικείμενα, να καταγράφουν και να αναλύουν δεδομένα, να εξάγουν συμπεράσματα για την μεγιστοποίηση της αποτελεσματικότητας. Κατανοήθηκε ότι τα δεδομένα είναι το νέο «νόμισμα» και πολλοί κρίσιμοι προβληματισμοί μπορούν να αντιμετωπιστούν και να επιλυθούν μέσω δεδομένων, και αυτό είναι που οδηγεί την έννοια του Διαδικτύου των Πραγμάτων.

Συνδέοντας τις συσκευές μεταξύ τους και το Διαδίκτυο, δύναται να συλλέγουν και να επικοινωνούν δεδομένα, να λαμβάνουν ακριβείς και τεκμηριωμένες αποφάσεις μέσω της Μηχανικής Μάθησης και των Νευρωνικών Δικτύων (σύνθετοι μηχανισμοί). Αυτό το βήμα έχει επιφέρει εξαιρετικά αποτελέσματα.

Αυτήν τη στιγμή, υπάρχουν δισεκατομμύρια συνδεδεμένες συσκευές σε όλο τον κόσμο, που συλλέγουν δισεκατομμύρια petabyte δεδομένων κάθε μέρα. Αυτά τα τεράστια τμήματα δεδομένων φιλοξενούν κρίσιμα τεμάχια πληροφοριών που μπορούν να φροντίσουν την ασφάλεια του σπιτιού, τις ανάγκες ψυχαγωγίας, να εξοικονομούν νερό ή να ελέγχουν τις εκπομπές καυσίμων.



## Βιβλιογραφία

- Application Of IoT In Automotive Industry | Future Of Automobiles.* (2021, 12). Ανάκτηση από Biz4intellia Inc.: <https://www.biz4intellia.com/blog/iot-applications-in-automotive-industry/>
- Baswade, A., Atif, T., Tamma, B., & Franklin, A. (2018, July 5). A novel coexistence scheme for IEEE 802.11 for user fairness and efficient spectrum utilization in the presence of LTE-U. *Computer Networks*, 139, σσ. 1-18.
- Bluetooth Low Energy.* (2021). Ανάκτηση 11 5, 2021, από nordicsemi.com: [https://www.nordicsemi.com/Products/Bluetooth-Low-Energy?utm\\_source=google%20&utm\\_medium=cpc&utm\\_term=ble&utm\\_campaign=topic%20europe&utm\\_term=bluetooth%20low%20energy&utm\\_campaign=Topic+%7C+BLE+%7C+Geography:+Europe&utm\\_source=adwords&utm\\_medium=ppc&h\\_sa\\_](https://www.nordicsemi.com/Products/Bluetooth-Low-Energy?utm_source=google%20&utm_medium=cpc&utm_term=ble&utm_campaign=topic%20europe&utm_term=bluetooth%20low%20energy&utm_campaign=Topic+%7C+BLE+%7C+Geography:+Europe&utm_source=adwords&utm_medium=ppc&h_sa_)
- Bonavolontà, F., Rosario, T., Moriello, S., & Tufano, A. (2017, 9 27-29). Enabling wireless technologies for industry 4.0: State of the art. *IEEE International Workshop on Measurement and Networking (M&N)*.
- Brown, R., & Sullivan, E. (2021, 12). *petabyte*. Ανάκτηση από techtarget.com: <https://searchstorage.techtarget.com/definition/petabyte>
- Business guide to Industrial IoT (Industrial Internet of Things).* (2021, 12). Ανάκτηση από [www.i-scoop.eu](http://www.i-scoop.eu): <https://www.i-scoop.eu/internet-of-things-iiot-saving-costs-innovation/>
- Butler, D. (2020, 2 18). *History of AT&T: Timeline and Facts*. Ανάκτηση από TheStreet, Inc.: <https://www.thestreet.com/technology/history-of-att>
- Chetty, V. (2020, 12 18). *5 Major Applications Of IoT In The Automotive Industry*. Ανάκτηση από [contus.com](http://contus.com): <https://blog.contus.com/iot-in-automotive-industry/>
- Elkhodr, M., Shahrestani, S., & Cheung, H. (2016, 11 3). Emerging Wireless Technologies in the Internet of Things: a Comparative Study. *Networking and Internet Architecture*.
- Frenzel, L. (2016). Bluetooth (BT). *Handbook of Serial Communications Interfaces*, σσ. 281-283.
- Gabbar, H., Zidan, A., & Xiaoli, M. (2017). Data centers for smart energy grids. *Smart Energy Grid Engineering*, σσ. 433-452.

- Gaikwad, G. (2018, November 26). *Retail IoT: Applications, Challenges, and Solutions*. Ανάκτηση από IoT For All: <https://www.iotforall.com/retail-iot-applications-challenges-solutions>
- Gloss, K. (2020, 8 14). *Healthcare IoT security risks and what to do about them*. Ανάκτηση από TechTarget: <https://internetofthingsagenda.techtarget.com/feature/Healthcare-IoT-security-issues-Risks-and-what-to-do-about-them>
- Goddard, W. (2019, June 17). *History of IoT: What It Is, How It Works, Where It's Come From, and Where It's Going*. Ανάκτηση από IT Chronicles Media Inc.: <https://itchronicles.com/iot/history-of-iot-what-it-is-how-it-works-where-its-come-from-and-where-its-going/>
- Goergen, M. (2015). *Εταιρική Διακυβέρνηση: Μια διεθνής θεώρηση*. Νέα Ιωνία: ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΔΙΠΛΟΓΡΑΦΙΑ (Κόντου Αγγελική).
- Grami, A. (2016). Wireless Communications. *Introduction to Digital Communications*, σσ. 493-527.
- Huilgol, M. (2015, December 23). *ADRC is a One for All Remote Control Hub for the Internet of Things*. Ανάκτηση 10 2021, από Technology Personalized: <https://techpp.com/2015/12/23/adrc-remote-iot/>
- Internet of Things (IoT): Technology Trends*. (2021, 10 19). Ανάκτηση 11 2021, από Army-technology: <https://www.army-technology.com/comment/internet-of-things-iot-technology-trends/>
- Internet Protocol (IP) version 6*. (2021). Ανάκτηση 11 2021, από IBM Corporation: <https://www.ibm.com/docs/en/aix/7.2?topic=protocols-internet-protocol-ip-version-6>
- Ismail, Y. (2019, October 4). *Introductory Chapter: Internet of Things (IoT) Importance and Its Applications*. Ανάκτηση 11 2021, από IntechOpen: <https://www.intechopen.com/chapters/69788>
- Jasim, N. A., & Rikabi, S. (2021). Design and Implementation of Smart City Applications Based on the Internet of Things. *JIM journal*.
- Khvoynitskaya, S. (2019, November 25). *The IoT history and future*. Ανάκτηση 11 2021, από Itransition: <https://www.itransition.com/blog/iot-history>
- Kline, D. (1996, 1 10). *The Embedded Internet*. Ανάκτηση 11 2021, από wired.com: <https://www.wired.com/1996/10/es-embedded/>
- Laghari, A. A., Wu, K., Laghari, R. A., Ali, M., & Kha, A. A. (2021, 7 14). A Review and State of Art of Internet of Things (IoT). *Archives of Computational Methods in Engineering*.

- Lavric, A., & Popa, V. (2017, September 14). Internet of Things and LoRa™ Low-Power Wide-Area Networks: A survey. *International Symposium on Signals, Circuits and Systems (ISSCS)*.
- LPWAN. (2020, October 7). Ανάκτηση από AVSystem: <https://www.avsystem.com/blog/LPWAN/>
- Lueth, K. L. (2014, December 19). *Why the Internet of Things is called Internet of Things: Definition, history, disambiguation*. Ανάκτηση 11 2021, από IoT Analytics GmbH: <https://iot-analytics.com/internet-of-things-definition/>
- Mitchell, R. (2019, 9 11). *IoT Throwdown: BehrTech Pits Its MYTHINGS Technology Against LoRa for Industrial Applications*. Ανάκτηση 11 2021, από allaboutcircuits.com: <https://www.allaboutcircuits.com/news/IIoT-BehrTech-MYTHINGS-vs-LoRA-industrial-applications/>
- Parri, L., Parrino, S., Peruzzi, G., & Pozzebon, A. (2019, June 23). Low Power Wide Area Networks (LPWAN) at Sea: Performance Analysis of Offshore Data Transmission by Means of LoRaWAN Connectivity for Marine Monitoring Applications. *Department of Information Engineering and Mathematics, University of Siena*.
- Pathak, R. (2020, 12 23). *7 applications of IoT in agriculture*. Ανάκτηση 12 2021, από Analytics Steps Infomedia: <https://www.analyticssteps.com/blogs/5-applications-iot-agriculture>
- Pratt, M. (2021, 4 6). *Ultimate IoT implementation guide for businesses*. Ανάκτηση 11 2021, από Internet of things agenda / TechTarget: <https://internetofthingsagenda.techtarget.com/tip/Top-8-IoT-applications-and-examples-in-business>
- Pratt, M. (2021, August). *What is digital transformation?* Ανάκτηση από TechTarget: [https://searchcio.techtarget.com/definition/digital-transformation?\\_gl=1\\*c7gl4j\\*\\_ga\\*MzA4NjAwOTUzLjE2Mzc1NzcwNTM.\\*\\_ga\\_TQKE4GS5P9\\*MTYzNzU3NzA1Mi4xLjEuMTYzNzU3NzE0Ni4w&\\_ga=2.13806706.415532410.1637577053-308600953.1637577053](https://searchcio.techtarget.com/definition/digital-transformation?_gl=1*c7gl4j*_ga*MzA4NjAwOTUzLjE2Mzc1NzcwNTM.*_ga_TQKE4GS5P9*MTYzNzU3NzA1Mi4xLjEuMTYzNzU3NzE0Ni4w&_ga=2.13806706.415532410.1637577053-308600953.1637577053)
- Ravindra, S. (2020, 6 30). *IoT Applications in Agriculture*. Ανάκτηση 12 2021, από IoT For All: <https://www.ietfforall.com/iot-applications-in-agriculture>
- Raza, U., Kulkarn, P., & Sooriyabandara, M. (2017, 1 16). Low Power Wide Area Networks: An Overview. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 19(2), σσ. 855 - 873.
- Shea, S., & Burns, E. (2020, July). *smart city*. Ανάκτηση από TechTarget: <https://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/smart-city>

- Stefanini It Solutions/Building Smart Cities. (2020, 11 12). *Top 5 Applications of IoT in Building Smart Cities*. Ανάκτηση από STEFANINI:  
<https://stefanini.com/en/trends/news/top-5-applications-of-iot-in-building-smart-cities>
- Teja, R. (2021, April 3). *Wireless Communication: Introduction, Types and Applications*. Ανάκτηση από Electronics hub: <https://www.electronicshub.org/wireless-communication-introduction-types-applications/>
- Wong, W. (2015, 5 22). *Engineering Essentials: IoT Standards and Frameworks*. Ανάκτηση 11 2021, από Endeavor Business Media, LLC:  
<https://www.electronicdesign.com/technologies/iot/article/21800824/engineering-essentials-iot-standards-and-frameworks>
- Xie, C., Zhang, D., Yang, L., Cui, T., He, X., & Du, Z. (2021, November). Precision seeding parameter monitoring system based on laser sensor and wireless serial port communication. *Computers and Electronics in Agriculture*, 190.
- Zhang, D., Mumtaz, S., & Huq, K. (2017). SISO to mmWave massive MIMO. *mmWave Massive MIMO*, σσ. 19-38.
- Δρόσος, Δ., Βουγιούκας, Δ., Καλλιέργος, Ε., Κοκολάκης, Σ., & Σκιάνης, Χ. (2015). *Σύγχρονες εφαρμογές των συστημάτων τηλεπικοινωνιών*. Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών.
- Ελληνική Ένωση Τραπεζών - Ελληνικό Τραπεζικό Ινστιτούτο. (2017, 11 26). *Ρυθμιστικά θέματα / Θέματα λειτουργίας και εποπτείας πιστωτικών ιδρυμάτων*. Ανάκτηση από Ελληνικό Τραπεζικό Ινστιτούτο: <https://www.hba.gr/ActivityAreas/Details/583>
- Ευθύμογλου, Γ. (2015). *Προσομοίωση και επίδοση τηλεπικοινωνιακών συστημάτων*. Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών.
- Καλογεράς, Δ., & Καλογεράς, Δ. (2016). *Τεχνολογίες Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών: Ιστορική Εξέλιξη, Σύγχρονες Τάσεις και Προβλέψεις*. Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών.
- Λαζαρίδης, Θ., & Δρυμπέτας, Β. (2011). *Εταιρική διακυβέρνηση-Διεθνής πρακτική και ελληνική εμπειρία*. Αθήνα: σοφία Α.Ε.
- Μαυρίδης, Ι. (2015). *Δίκτυα και Διαδίκτυο*. Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών.
- Ξανθάκης, Μ. Τ. (2003). *Εταιρική Διακυβέρνηση*. Αθήνα: ΠΑΠΑΖΗΣΗ ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΑΕΒΕ.
- Τράπεζας της Ελλάδος. (2020, Φεβρουάριος). *ΚΩΔΙΚΑΣ ΕΤΑΙΡΙΚΗΣ ΔΙΑΚΥΒΕΡΝΗΣΗΣ*. Ανάκτηση από Τράπεζας της Ελλάδος/bankofgreece:  
<https://www.bankofgreece.gr/RelatedDocuments/%CE%9A%CF%8E%CE%B4%CE>

%B9%CE%BA%CE%B1%CF%82\_%CE%95%CF%84%CE%B1%CE%B9%CF%81  
%CE%B9%CE%BA%CE%AE%CF%82\_%CE%94%CE%B9%CE%B1%CE%BA%  
CF%85%CE%B2%CE%AD%CF%81%CE%BD%CE%B7%CF%83%CE%B7%CF%  
82\_%CE%A4%CF%84%CE%95\_(%CE%A6%CE%B5%