

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
& ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

ΕΡΓΑΣΙΑ ΕΞΑΜΗΝΟΥ
ΓΙΑ ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ
<ΕΥΡΥΖΩΝΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ>

<INTERNET OF THINGS (IOT)>

<ΡΑΦΑΗΛ ΝΕΟΦΥΤΟΥ>

Α.Μ <1056940>

ΔΙΔΑΣΚΩΝ: ΧΡΗΣΤΟΣ ΜΠΟΥΡΑΣ

ΠΑΤΡΑ 2021

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	I
ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ.....	V
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: <INTERNET OF THINGS>.....	1
1.1 <ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ>	1
1.2 <ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ ΙΟΤ>	2
1.3 <ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΜΕΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ>	3
1.3.1 <ΤΟΜΕΑΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ (INDUSTRIAL INTERNET OF THINGS)>.....	3
1.3.2 <ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ(TRANSPORTATION)>	4
1.3.3 <ΤΟΜΕΑΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ENERGY)>	4
1.3.4 <ΤΟΜΕΑΣ ΛΙΑΝΙΚΟΥ ΕΜΠΟΡΙΟΥ – MARKETING >.....	5
1.3.5 <ΈΞΥΠΝΕΣ ΠΟΛΕΙΣ (SMART CITIES) >.....	5
1.3.6 <ΤΟΜΕΑΣ ΦΡΟΝΤΙΔΑΣ ΥΓΕΙΑΣ (HEALTHCARE) >.....	6
1.3.7 <ΤΟΜΕΑΣ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ (SUPPLY CHAIN)>.....	7
1.3.8 <ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΡΓΙΑΣ (AGRICULTURE)>	7
1.3.9 <ΤΟΜΕΑΣ ΟΙΚΟΛΟΜΩΝ >	8

1.4 <ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΙΟΤ>	9
1.5 <ΑΣΦΑΛΕΙΑ>	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: <ΑΣΥΡΜΑΤΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ>	11
2.1 <ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ « ΜΙΚΡΗΣ ΕΜΒΕΛΕΙΑΣ» >	11
2.1.1 <ZIG-BEE>	11
2.1.2 <RFID>	12
2.1.3 <WI-FI>	13
2.1.4 <BLUETOOTH>	13
2.1.5 <Z-WAVE>	14
2.2 <ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ « ΜΕΓΑΛΗΣ ΕΜΒΕΛΕΙΑΣ»>	15
2.2.1 <CELLULAR>	15
2.2.2 <SIGFOX>	15
2.2.3 <LORAWAN>	17
2.3 <ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ : ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΣΥΓΚΡΙΣΗ >	18
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: <ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ>	19
3.1 <ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ>	19
3.2 <ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ>	20
3.3 <ΑΝΟΙΧΤΕΣ ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ>	21

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: <ΕΠΙΛΟΓΟΣ>	23
4.1 <ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ>	23
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	24

ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ

IoT	Internet of Things
M2M	Machine-to-Machine
RFID	Radio-Frequency IDentification
IP	Internet Protocol
ML	Machine Learning
CCTV	Closed-Circuit Television
SC	Supply Chain
RT	Real Time
PL	Perception
NL	Network
AL	Application
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
ISM	International Safety Management
GHz	Giga-Hertz
Kbps	Kilobytes Per Second
MHz	Mega-Hertz
UHF	Ultra High Frequency
PAN	Personal Area Network
SIG	Special Interest Group

GSM	Global System for Mobile Communications
3G	Third Generation
4G	Fourth Generation
UNB	Ultra Narrow Band
mW	microWatts
Ah	Ampere hour
WAN	Wireless Access Network
DDoS	Distributed Denial-of-service attack

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: <INTERNET OF THINGS (IOT) >

1.1 <Περιγραφή του IoT>

Σήμερα μια από τις πιο σημαντικές προκλήσεις του διαδικτύου είναι η επέκταση του ώστε να δίνει την ικανότητα της εξ' ολοκλήρου επικοινωνίας, εκτός από μεταξύ των ανθρώπων, και μεταξύ των ανθρώπων με συσκευές και ανάμεσα στις συσκευές, οδηγώντας σε μια machine-to-machine επικοινωνία (M2M), ακόμα και χωρίς την συμμετοχή του ανθρώπου.

Η ιδέα του IoT επινοήθηκε από ένα μέλος του RFID το 1999, συγκεκριμένα από τον Kevin Ashton και έγινε πρόσφατα πολύ πιο δημοφιλές λόγω της ανάπτυξης των κινητών συσκευών, της ενσωματωμένης και πανταχού παρούσας επικοινωνίας, του cloud computing και της ανάλυσης δεδομένων.

Ας φανταστούμε έναν κόσμο όπου δισεκατομμύρια αντικείμενα, μοιράζονται πληροφορίες μεταξύ τους μέσω αλληλοεπικοινωνίας, όλα διασυνδεδεμένα σε δίκτυα πρωτοκόλλου Διαδικτύου (IP) είτε δημόσια είτε ιδιωτικά. Τα εν λόγω αυτά αντικείμενα αποκτούν δεδομένα συνεχώς και τα επεξεργάζονται, παρέχοντας στον άνθρωπο τεράστιο όγκο βοηθητικών πληροφοριών. [1]



Εικόνα 1: Ο κόσμος του IoT [3]

Τα αντικείμενα αυτά (“Things”) δεν είναι συνδεδεμέν με προκαθορισμένα προϊόντα αυστηρά. Αναφέρονται σε μία μεγάλη ποικιλία συσκευών με διαφορετικά χαρακτηριστικά το κάθε ένα, για παράδειγμα αυτοκίνητα με ενσωματωμένους αισθητήρες, φώτα και κάμερες, συστήματα ασφαλείας, smartwatches είναι ένα δείγμα της μεγάλης αυτής γκάμας. Το κοινό χαρακτηριστικό όλων αυτών των πραγμάτων είναι η σύνδεση μεταξύ τους με σκοπό την δυνατότητα του χρήστη να τα ελέγχει όλα μαζί από έναν υπολογιστή ή κινητό.

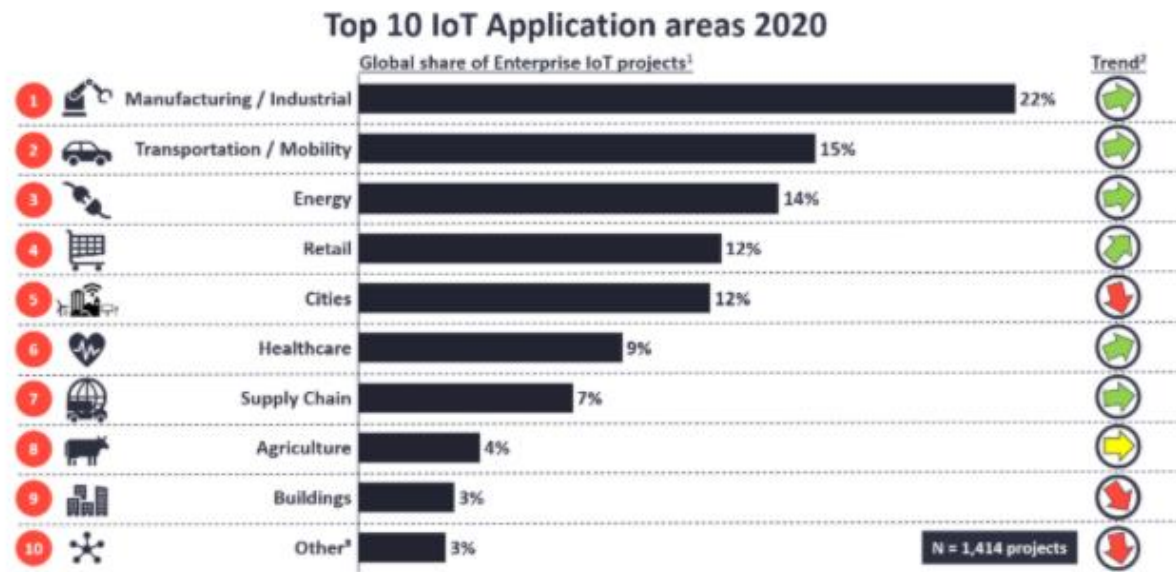
Το IoT είναι μία από τις τρεις σημαντικότερες αποκαλύψεις στον τομέα της τεχνολογίας και αποτελεί ένα μεγάλο βήμα στον κόσμο της τεχνολογίας. [2]

1.2 <Εφαρμογές του IoT>

Τα τελευταία χρόνια το IoT αναπτύσσεται με γοργούς ρυθμούς και εισέρχεται στις ζωές μας με στόχο να συνεισφέρει στην απλοποίηση της ζωής μας και στην παροχή επιπρόσθετων δυνατοτήτων. Κάθε χρόνο ολοένα και περισσότεροι τομείς της ζωής μας εντάσσονται στις εφαρμογές του IoT. Οι πιο συχνοί τομείς που συναντάμε το IoT είναι οι εξής:

1. Τομέας Βιομηχανίας
2. Τομέας Μεταφορών
3. Τομέας Ενέργειας
4. Τομέας Λιανικού Εμπορίου
5. Έξυπνες Πόλεις
6. Τομέας Φροντίδας Υγείας
7. Τομέας Εφοδιαστικής Αλυσίδας
8. Τομέας Γεωργίας
9. Τομέας Οικοδομών
10. Άλλοι Τομείς

Η παρακάτω εικόνα παρουσιάζει τις 10 πιο συχνά χρησιμοποιούμενες εφαρμογές του IoT την χρονιά που μας πέρασε(2020), το ποσοστό χρήσης του κάθε τομέα καθώς και τις τάσεις (trends). [4]

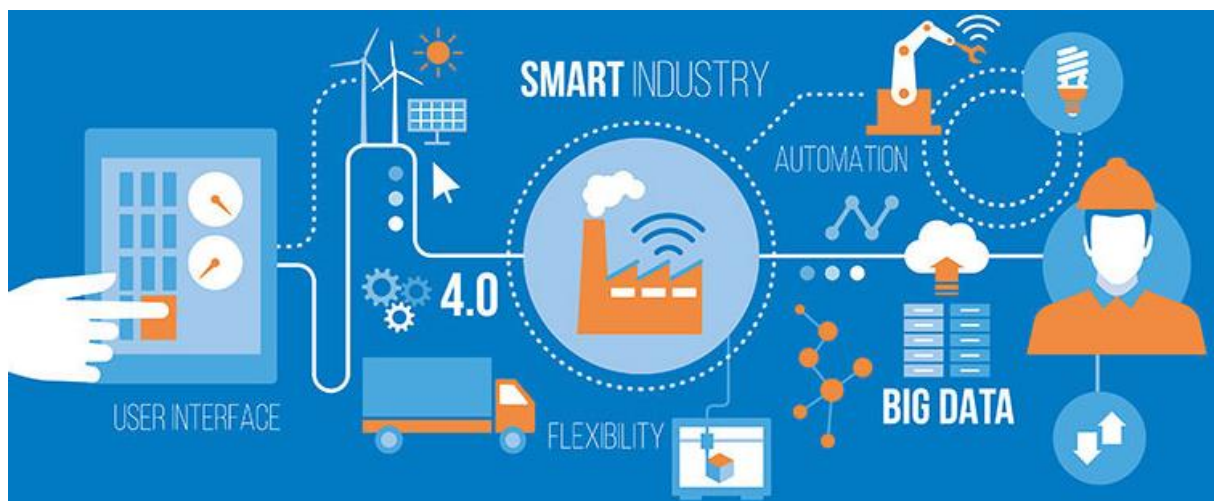


Εικόνα 2: Στατιστικά χρήσης εφαρμογών ΙοΤ 2020 [4]

1.3 <Ανάλυση Τομέων Εφαρμογών>

1.3.1 < Τομέας Βιομηχανίας (Industrial Internet of Things)>

Το ΙοΤ μπορεί να μεταμορφώσει τον τρόπο λειτουργίας των βιομηχανιών. Μπορεί να δημιουργήσει αυτόνομα μηχανήματα και να βελτιώσει τα αποθέματα χρησιμοποιώντας τη μηχανική μάθηση(ML). Οι βιομηχανίες μπορούν να διαχειριστούν την αλυσίδα εφοδιασμού τους χρησιμοποιώντας συσκευές ΙοΤ και να εκτελέσουν οικονομικά τον κύκλο παραγωγής τους. Η διασύνδεση μαζί με τον αυτοματισμό μειώνει την ανθρώπινη εργασία και παρέχει γρηγορότερο χρόνο άφιξης προϊόντων στην αγορά.[5]



Εικόνα 3: Industrial Internet of Things (IIoT) [6]

1.3.2 < Τομέας Μεταφορών(Transportation) >

Το IoT υπόσχεται να κάνει τις μεταφορές πιο έξυπνες και πιο επιτυχημένες σε αυτό το κάνουν. Το IoT ακρογωνιαίο λίθο στις δυνάμεις που επηρεάζουν τον τομέα των μεταφορών για μεγαλύτερη ασφάλεια στους επιβάτες, αποτελεσματικότερα ταξίδια, μεγάλη βελτώση στην συντήρηση όλων των ειδών μέσων μεταφοράς, και πιο καλή διαχείριση της κυκλοφορίας. Παραδείγματα IoT τομέα των μεταφορών περιλαμβάνουν[8]:

- Πιο αποτελεσματική, λιγότερο δαπανηρή μαζική μεταφορά
- Δυναμικές πινακίδες μηνυμάτων στο δρόμο
- Αυτόνομα οχήματα
- Έξυπνη ανάλυση βίντεο από διάφορες CCTV κάμερες



Εικόνα 4: IoT in Transportation [8]

1.3.3 < Τομέας Ενέργειας (Energy)>

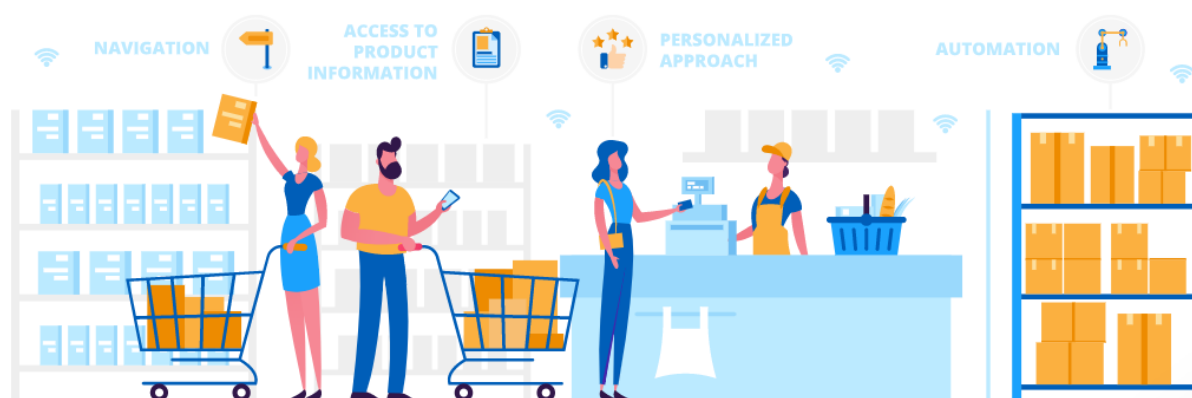
Ο ενεργειακός τομέας βρίσκεται σε τεράστια μεταμόρφωση. Μαζί με την ηλιακή ενέργεια, την αιολική ενέργεια, την αποθήκευση και άλλες τεχνολογίες, το διαδίκτυο των πραγμάτων συμβάλλει στην προώθηση αυτού του μετασχηματισμού. Επανάσταση σχεδόν σε κάθε μέρος του κλάδου, από γενιά σε μετάδοση έως την διανομή και αλλάζει τον τρόπο με τον οποίο αλληλεπιδρούν οι εταιρείες που ασχολούνται με τον τομέα της ενέργειας και οι πελάτες τους. [7]



Εικόνα 5: IoT in Energy Management

1.3.4 < Τομέας Λιανικού Εμπορίου – Marketing >

Η τεχνολογική ανάπτυξη έχει δώσει έδαφος για την εφαρμογή του IoT σε πολλούς τομείς, συμπεριλαμβανομένου του μάρκετινγκ και του λιανικού εμπορίου. Η πιθανότητα επικοινωνίας με τον καταναλωτή ή τον αγοραστή σε πραγματικό χρόνο, σε οποιοδήποτε στάδιο του κύκλου αγοράς, με εξατομικευμένο περιεχόμενο και σχετικό όφελος για τον χρήστη είναι βασικοί λόγοι για τους οποίους το IoT θεωρείται ως σχετικό και ισχυρό εργαλείο τακτικής μάρκετινγκ. Επιπλέον, το IoT μπορεί να βελτιώσει τις επιχειρηματικές διαδικασίες και την εμπειρία των χρηστών όταν εφαρμόζεται για διαχείριση αποθέματος, εφοδιαστική λιανικής, συστήματα πληρωμών, διαχείριση υπαλλήλων καταστημάτων. [9]



Εικόνα 6: IoT in Retail Market and Marketing [9]

1.3.5 < Έξυπνες Πόλεις (Smart Cities) >

Η αστικοποίηση έχει αυξηθεί δραστικά τα τελευταία χρόνια. Σήμερα το μεγαλύτερος μέρος του πληθυσμού παγκοσμίως μαζεύεται σε αστικές περιοχές. Επιπλέον, η εν λόγω ομάδα πληθυσμού πιθανότατα θα ξεπεράσει το 70% μέχρι το 2050. Λόγω αυτής της τεράστιας ανάπτυξης θα υπάρχουν 27 μεγάλες πόλεις με πάνω από 10 εκατομμύρια πληθυσμό. Αυτή η συμμάζωξη των κατοίκων θα δημιουργήσει μεγάλες προκλήσεις στις πόλεις με μεγάλη πυκνότητα στον τομέα της διακυβέρνησης, στην ανάπτυξη της οικονομίας, στην βιωσιμότητα του περιβάλλοντος, στην ποιότητα της καθημερινής ζωής, τις μεταφορές, την ενέργεια, τη χρήση νερού κ.λπ. Συμπεραίνοντας, χρειάζονται λύσεις για την αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων που θα δημιουργηθούν. Το Internet of Things (IoT) προσφέρει αυτές τις έξυπνες λύσεις για μελλοντικές πόλεις που θα καταφέρουν την αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων με ελάχιστη ανθρώπινη παρέμβαση.[10]



Εικόνα 7: IoT in Smart Cities [10]

1.3.6 < Τομέας Φροντίδας Υγείας (Healthcare) >

Πριν από το Διαδίκτυο των πραγμάτων, οι αλληλεπιδράσεις των ασθενών με τους γιατρούς περιορίζονταν σε επισκέψεις και τηλεπικοινωνίες. Δεν υπήρχε τρόπος να μπορούν οι γιατροί ή τα νοσοκομεία να παρακολουθούν συνεχώς την υγεία των ασθενών και να κάνουν ανάλογες συστάσεις. Οι συσκευές που υποστηρίζουν το Internet of Things (IoT) έχουν καταστήσει δυνατή την απομακρυσμένη παρακολούθηση στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης, απελευθερώνοντας τη δυνατότητα να διατηρήσουν τους ασθενείς ασφαλείς και υγιείς. Επίσης, αύξησε την ικανοποίηση των ασθενών καθώς οι αλληλεπιδράσεις με τους γιατρούς έγιναν ευκολότερες και πιο αποτελεσματικές. Επιπλέον, η απομακρυσμένη παρακολούθηση της υγείας του ασθενούς βοηθά στη μείωση της διάρκειας της παραμονής στο νοσοκομείο και αποτρέπει την επανεισδοχή. Το IoT έχει επίσης σημαντικό αντίκτυπο στη σημαντική μείωση του κόστους της υγειονομικής περίθαλψης και στη βελτίωση των αποτελεσμάτων της θεραπείας[11].



Εικόνα 8: IoT in Healthcare

1.3.7< Τομέας Εφοδιαστικής Αλυσίδας (Supply Chain-SC)>

Ένα πολύ σημαντικό εργαλείο είναι οι αισθητήρες που χρησιμοποιούνται επίσης από τον τομέα της εφοδιαστικής αλυσίδας για την παρακολούθηση των προϊόντων σε ολόκληρη την πορεία της αλυσίδας εφοδιασμού. Τα συστήματα παρακολούθησης δίνουν χρήσιμα δεδομένα, όπως θερμοκρασία, τοποθεσία, υγρασία, παρέχουν δεδομένα για την ιχνηλατιση και τον ποιοτικό έλεγχο. Η εποπτεία βοηθά στον έλεγχο εάν τα υλικά είναι ασφαλές, παραδίδονται στην ώρα τους και μεταφέρονται σε ιδανικές συνθήκες συντήρησης. Τα δεδομένα μπορούν να βοηθήσουν τους εμπόρους λιανικής να κάνουν την εφοδιαστική μεταφορά πιο αποτελεσματική και να εξαλείψουν τη ζημιά του προϊόντος. [12]



Εικόνα 9: IoT in Supply Chain [12]

1.3.8< Τομέας Γεωργίας (Agriculture)>

Οι γαιοκτήμονες άρχισαν να εκμεταλλεύονται ορισμένες καινοτιμίες της τεχνολογίας που μπορούν να εφαρμοστούν σε καλλιέργειες με στόχο να βελτιώσουν την αποτελεσματικότητα της εργασίας τους καθημερινά. Για παράδειγμα, τοποθετούνται αισθητήρες σε χωράφια που παρέχουν την δυνατότητα στους αγρότες να έχουν στην κατοχή τους χάρτες λεπτομερείς τόσο της τοπογραφίας όσο και των πόρων της περιοχής, καθώς και δεδομένα όπως η θερμοκρασία και η οξύτητα στο έδαφος. Επίσης τους παρέχεται πρόσβαση σε προβλέψεις για το κλίμα για να ξέρουν τις καιρικές συνθήκες των επόμενων μερών ακόμη και βδομάδων.

Έχουν επίσης την δυνατότητα να εκμεταλλευτούν τα κινητά τηλέφωνα ή τα tablets τους για να παρακολουθούν ο απόσταση τον εξοπλισμό τους, τις καλλιέργειες και τα ζώα τους και να τους παρέχονται στατιστικά στοιχεία. Ακόμα, μπορούν και να χρησιμοποιήσουν αυτήν την τεχνολογία για να έχουν στατιστικές προβλέψεις για τις καλλιέργειες και τα ζώα τους. Εκτός από αυτά, τα drones έχουν γίνει σημαντικό εργαλείο έτσι ώστε οι αγρότες να εξερευνούν και να εποπτεύουν την γη τους, να πραγματοποιούν ανάλυση πεδίου και να πέρνουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο(Real Time-RT)[13].



Εικόνα 10: IoT in Supply Chain [13]

1.3.9 < Τομέας Οικοδομών >

Το IoT προσφέρει μια σειρά από οφέλη για τον αυτοματισμό κτιρίων, όπως χαμηλότερες καταναλώσεις ενέργειας, βελτιώσεις στις λειτουργικές αποδόσεις, προληπτική συντήρηση, βελτιώσεις στον οικονομικό σχεδιασμό, βελτιώσεις στα δεδομένα απόδοσης κτιρίων και αυξημένη χρήση αισθητήρων, μεταξύ άλλων. Το IoT εισάγει την απαιτούμενη νοημοσύνη στα βασικά δομικά στοιχεία και βοηθά να το κάνει έξυπνο. Ένα κτίριο που υλοποιείται με IoT μπορεί να αντιμετωπιστεί ως ένα έξυπνο κτίριο που μπορεί να αυτοματοποιήσει και να ελέγξει τις λειτουργίες του κτιρίου, όπως πυρκαγιά και ασφάλεια, ασφάλεια, κλιματισμό, εξαερισμό κ.λπ. Ένα έξυπνο κτίριο χρησιμοποιεί αισθητήρες και μικροτσίπ για τη συλλογή και διαχείριση δεδομένων σύμφωνα με τις λειτουργίες και υπηρεσίες ενός κτιρίου. Μια τέτοια υποδομή βοηθά τους ιδιοκτήτες, τους χειριστές και τους διαχειριστές εγκαταστάσεων να ενισχύσουν την απόδοσή τους, μειώνοντας την κατανάλωση ενέργειας, μεγιστοποιώντας τον τρόπο χρήσης του χώρου και ελαχιστοποιώντας τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των κτιρίων. [14]

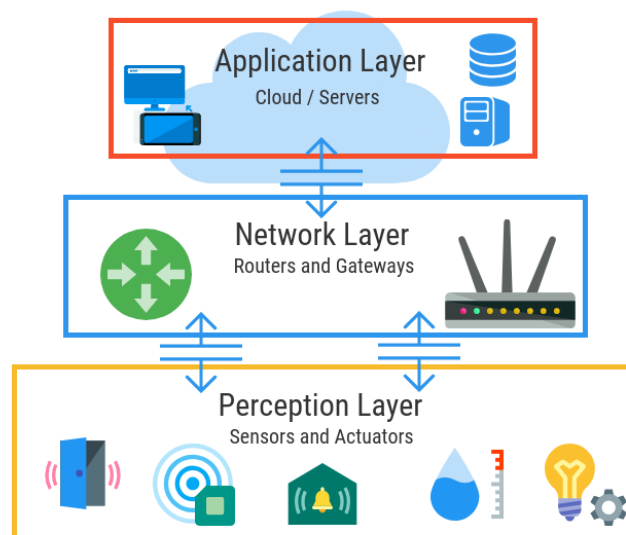
1.4 <Αρχιτεκτονική IoT >

Μία απο τις επικρατέστερες αρχιτεκτονικές του IoT είναι αυτή των τριών (3) επιπέδων. Η αρχιτεκτονική αυτή αποτελείται απο τα επίπεδα αντίληψης, δικτύου και εφαρμογής. Τα επίπεδα αυτά αλληλοεπικοινωνούν μεταξύ τους και ανταλλάζουν πληροφορίες.

•**Επίπεδο Αντίληψης(Perception Layer-PL):** Αποτελεί το κατώτερο επίπεδο της αρχιτεκτονικής του IoT. Σε αυτό το επίπεδο όλα τα «πράγματα» (things) που μπορεί να είναι αισθητήρες,μηχανήματα, smartphones και πολλά άλλα, παράγουν συνεχώς δεδομένα τα οποία μαζεύονται και αναλύονται σε αυτό το επίπεδο.

•**Επίπεδο Δικτύου(Network Layer-NL):** Αποτελεί το μεσαίο επίπεδο της αρχιτεκτονικής του IoT. Το επίπεδο δικτύου αναλαμβάνει τη σύνδεση με άλλα έξυπνα αντικείμενα, διακομιστές και συσκευές δικτύου. Το συγκεκριμένο επίπεδο χρησιμοποιείται και για μετάδοση και επεξεργασία των δεδομένων[15]. Για να το επιτύχει αυτό χρησιμοποιεί αρκετά πρωτόκολλα επικοινωνίας(π.χ Bluetooth, Cellular, ZigBee κλπ) τα οποία θα αναλυθούν στο επόμενο κεφάλαιο.

•**Επίπεδο Εφαρμογής(Application Layer-AL):** Αποτελεί το υψηλότερο επίπεδο της αρχιτεκτονικής του IoT. Επίσης παρέχει συγκεκριμένες υπηρεσίες στον χρήστη. Ορίζει διάφορες εφαρμογές στις οποίες μπορεί να αναπτυχθεί το IoT, για παράδειγμα, έξυπνες πόλεις , έξυπνα σπίτια και έξυπνη υγεία. [15]



Εικόνα 11: Αρχιτεκτονική του IoT

1.5 <Ασφάλεια IoT >

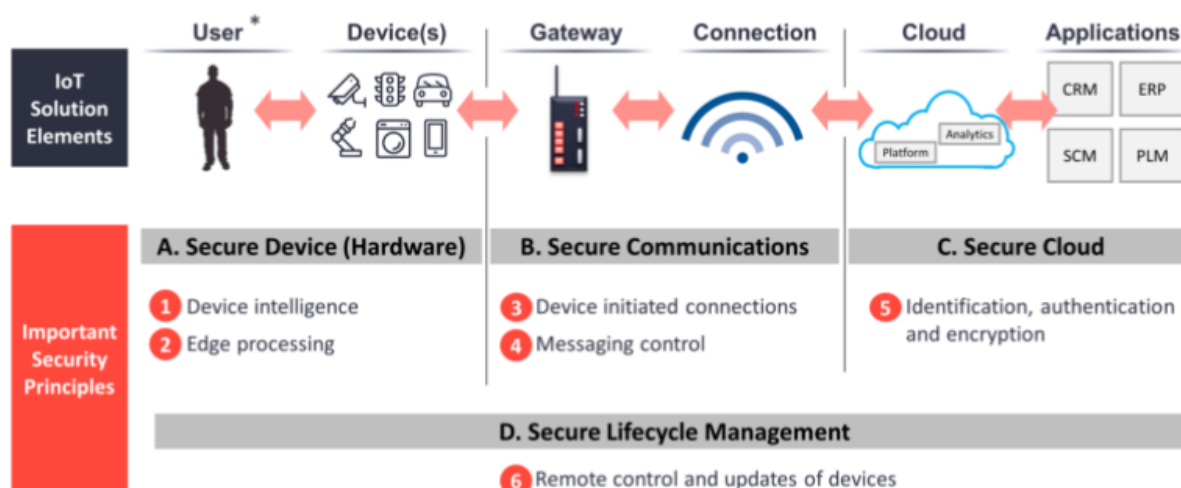
Τα συστήματα IoT χαρακτηρίζονται ως πολύπλοκα. Τα μηχανήματα και τα αντικείμενα στην βιομηχανία σχεδόν πάντα έχουν την ικανότητα να συνδεθούν και να διαμορφωθούν κατάλληλα για να αποστέλλουν δεδομένα σε εφαρμογές cloud και backend μέσω δικτύων κινητής τηλεφωνίας.

Ο ψηφιακός κίνδυνος όσον αφορά την ασφάλειας υπάρχει σε κάθε βήμα του IoT και πάντα θα υπάρχει μια κατηγορία χάκερς που περίμενα να εκμεταλευτεί ένα ευπαθή σύστημα.

Το μεγαλύτερο εμπόδιο για μία λύση είναι οι διαφορετικοί τύποι δεδομένων και η υπολογιστική ισχύς μεταξύ των συσκευών IoT που δείχνουν ότι δεν υπάρχει μία συγκεκριμένη λύση που να ταιριάζει σε όλους και μπορεί να προστατεύσει οποιαδήποτε ανάπτυξη IoT εφαρμογής.

Το σημαντικότερο και παράλληλα πρώτο βήμα για μια εφαρμογή IoT είναι να υποβληθεί σε διεξοδική αξιολόγηση ασφάλειας που θα εξετάζει τις ευπάθειες σε συσκευές και συστήματα δικτύου καθώς και σε συστήματα υποστήριξης χρηστών και πελατών.

Ο κίνδυνος πρέπει να μετριάσει για ολόκληρο τον κύκλο ζωής του IoT της ανάπτυξης, ειδικά καθώς κλιμακώνεται και επεκτείνεται γεωγραφικά[16].



Εικόνα 12: Ασφάλεια IoT

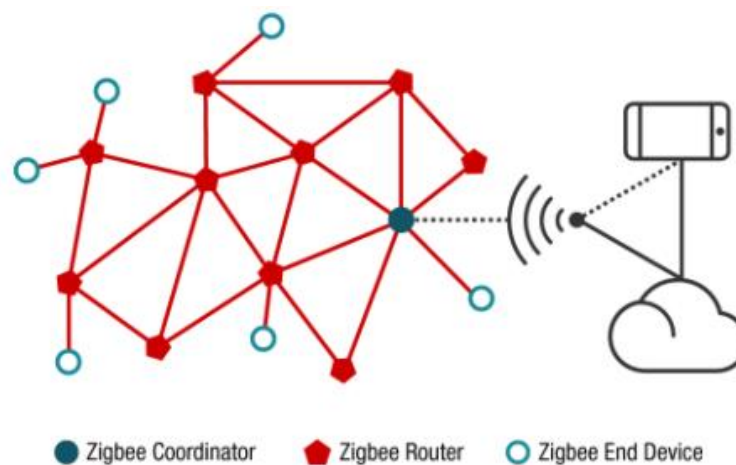
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: <ΑΣΥΡΜΑΤΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ>

2.1< Πρωτόκολλα επικοινωνίας « Μικρής Εμβέλειας»>

2.1.1< ZigBee>

Το Zigbee είναι ένα παγκόσμιο πρότυπο για δίκτυα πλέγματος χαμηλής ισχύος, αυτοθεραπείας που προσφέρουν μια ολοκληρωμένη και διαλειτουργική λύση IoT για αυτοματισμό σπιτιού και κτιρίου τον φωτισμό, την έξυπνη πόλη, την ιατρική και την παρακολούθηση στοιχείων. Τα δίκτυα Zigbee μπορούν να υποστηρίξουν εκατοντάδες κόμβους και έχουν βελτιωμένες δυνατότητες ασφαλείας[19].

Η αποστολή του ZigBee είχε τον ίδιο στόχο όπως και το Bluetooth, δηλαδή την εξυπηρέτηση των ασύρματων προσωπικών δικτύων τα οποία έχουν σαν βάση το πρότυπο IEEE 802.15.4. Όπως και οι περισσότερες ασύρματες τεχνολογίες έτσι και το ZigBee λειτουργεί στο ISM φάσμα 2.4GHz. Η εμβέλεια της όσον αφορά τη μετάδοση φτάνει έως και 100 μέτρα, έχοντας μέγιστη ταχύτητα τα 250Kbps. Όμως, η συχνότητα της λειτουργίας της μπορεί να εκπέμψει και στα 868MHz και στα 915MHz. Αυτό εξαρτάται από την εκάστοτε χώρα.



Εικόνα 13: Τοπολογία ZigBee

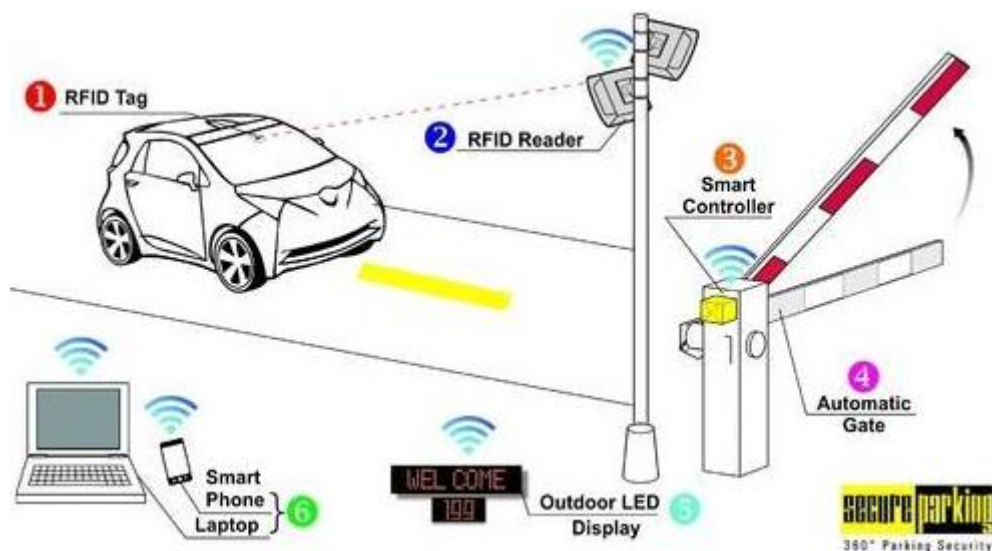
2.1.2 < RFID >

Το RFID – Αναγνώριση Ραδιοσυχνοτήτων χρησιμοποιεί ηλεκτρομαγνητικά πεδία για αναγνώριση και παρακολούθηση ετικετών αυτόματα οι οποίες συνδέονται με αντικείμενα. Ένα RFID σύστημα αποτελείται από ένα πομποδέκτη ραδιοφώνου μικροσκοπικό, ένα δέκτη ραδιοφώνου και ένα πομπό. Ενεργοποιείται από έναν ηλεκτρομαγνητικό παλμό ανάκρισης από μια κοντινή συσκευή ανάγνωσης RFID και όταν γίνεται αυτό, η ετικέτα μεταδίδει ψηφιακά δεδομένα, συνήθως έναν αναγνωριστικό αριθμό αποθέματος, πίσω στον αναγνώστη. Ο αριθμός αυτός να χρησιμοποιείται για την παρακολούθηση αγαθών αποθέματος.

Οι ετικέτες RFID χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

- Ενεργές ετικέτες όπου τροφοδοτούνται από μια μπαταρία και μπορούν να διαβαστούν σε μεγαλύτερη εμβέλεια από τον αναγνώστη RFID, έως εκατοντάδες μέτρα.
- Παθητικές ετικέτες οι οποίες τροφοδοτούνται από ενέργεια των ραδιοκυμάτων που ανακρίνουν τον αναγνώστη RFID.

Η ετικέτα αντίθετα με ένα barcode, δεν χρειάζεται να βρίσκεται εντός οπτικής ορατότητας του αναγνώστη, άρα μπορεί να ενσωματωθεί στο αντικείμενο που παρακολουθείται. [21].



Εικόνα 14: Τοπολογία RFI DDoS

2.1.3< Wi-Fi>

Το Wi-Fi είναι μια οικογένεια πρωτοκόλλων ασύρματου δικτύου, με βάση την κατηγορία προτύπων IEEE 802.11, όπου χρησιμοποιούνται περισσότερο για τοπική δικτύωση συσκευών και πρόσβαση στο Διαδίκτυο. Το Wi-Fi αποτελεί εμπορικό σήμα της μη κερδοσκοπικής Wi-Fi Alliance, όπου περιορίζει τη χρήση του όρου Πιστοποίηση Wi-Fi σε προϊόντα που ολοκληρώνουν επιτυχώς τον έλεγχο πιστοποίησης διαλειτουργικότητας. Το 2017, η Συμμαχία Wi-Fi αποτελείται από πάνω από 800 εταιρείες από όλο τον κόσμο. Από το 2019, περισσότερα από 3,05 δισεκατομμύρια συσκευές με Wi-Fi αποστέλλονται παγκοσμίως κάθε χρόνο. Κάποιες από τις συσκευές που απολαμβάνουν το Wi-Fi είναι επιτραπέζιοι υπολογιστές και φορητοί υπολογιστές, smartphones και tablets, έξυπνες τηλεοράσεις, έξυπνα ηχεία, εκτυπωτές, αυτοκίνητα και drone. [20]

2.1.4< Bluetooth>

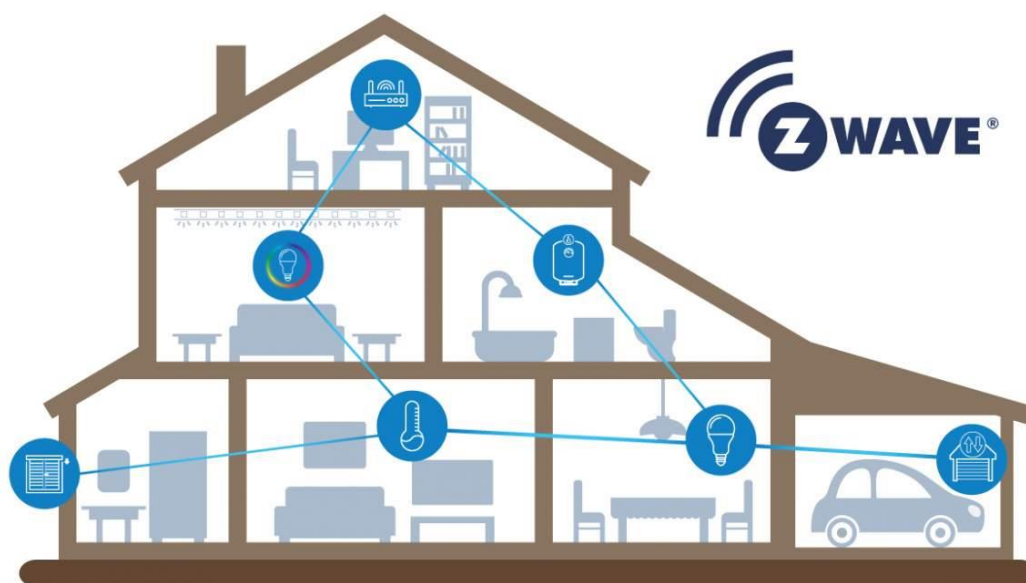
Το Bluetooth αποτελεί πρότυπο ασύρματης τεχνολογίας που χρησιμοποιείται για την αποστολή δεδομένων μεταξύ συσκευών που βρίσκονται σε μικρές αποστάσεις με ραδιοκύματα UHF στις ζώνες ISM, από 2.402 GHz – 2.480 GHz και για τη δημιουργία δικτύων προσωπικής περιοχής (PANs). Αρχικά σχεδιάστηκε ως ασύρματη εναλλακτική λύση έναντι των καλωδίων δεδομένων RS-232.

Το Bluetooth είναι ένα πρότυπο τεχνολογίας ασύρματης επικοινωνίας μικρής εμβέλειας. Η διαχείριση του Bluetooth γίνεται από την Ομάδα Ειδικού Ενδιαφέροντος Bluetooth (SIG), που περιλαμβάνει περισσότερες από 35.000 εταιρείες μέλη στους τομείς των τηλεπικοινωνιών, των υπολογιστών, της δικτύωσης και των καταναλωτικών ηλεκτρονικών. Το IEEE τυποποίησε το Bluetooth ως IEEE 802.15.1, όμως δεν διατηρεί πλέον το πρότυπο. Το Bluetooth SIG επιβλέπει την ανάπτυξη των προδιαγραφών, διαχειρίζεται το πρόγραμμα πιστοποίησης και προστατεύει τα εμπορικά σήματα. Ένας κατασκευαστής πρέπει να πληροί τα πρότυπα Bluetooth SIG για να το διαθέσει ως συσκευή Bluetooth. Ένα δίκτυο διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας ισχύει για την τεχνολογία, η οποία διαθέτει άδεια για μεμονωμένες συσκευές που πληρούν τις προϋποθέσεις. Από το 2009, τα ολοκληρωμένα κυκλώματα Bluetooth αποστέλλουν περίπου 920 εκατομμύρια μονάδες ετησίως.

2.1.5 < Z-Wave >

Το Z-wave είναι ένα από τα νεότερα είδη ασύρματης τεχνολογίας που χρησιμοποιούν οι έξυπνες συσκευές για να επικοινωνούν μεταξύ τους

Η τεχνολογία Z-wave δημιουργεί ένα ασύρματο δίκτυο πλέγματος, το οποίο είναι μια συλλογή συσκευών που συνδέονται και επικοινωνούν μεταξύ τους χωρίς καλώδια. Με την τεχνολογία Z-wave, οι συσκευές «πλέουν» μαζί στέλνοντας σήματα πάνω από ραδιοκύματα χαμηλής ενέργειας σε ειδική συχνότητα. Κάθε συσκευή Z-wave διαθέτει ένα μικρό ενσωματωμένο repeater σήματος που στέλνει και λαμβάνει πληροφορίες δικτύου[22].

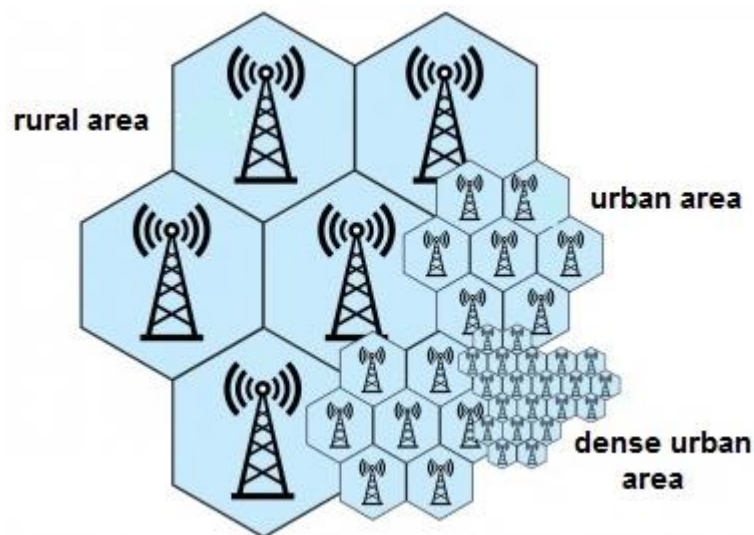


Εικόνα 15: Τοπολογία Z-Wave

2.2< Πρωτόκολλα επικοινωνίας « Μεγάλης Εμβέλειας» >

2.2.1< Cellular>

Υπάρχουν πρωτόκολλα επικοινωνίας του IoT που απαιτούν εφαρμογή σε μεγαλύτερες αποστάσεις έτσι μπορούν να εκμεταλλευτούν τις δυνατότητες κινητής επικοινωνίας GSM / 3G / 4G. Παρόλο που η κυψελίδα είναι ικανή να στέλνει τεράστιους όγκους δεδομένων, ειδικά για 4G, η κατανάλωση ισχύος αλλά και το κόστος είναι πολύ υψηλά για πολλές εφαρμογές, όμως μπορεί να είναι ιδανικό σε έργα χαμηλού εύρους ζώνης με βάση αισθητήρες όπου στέλνουν πολύ μικρές ποσότητες δεδομένων[23].



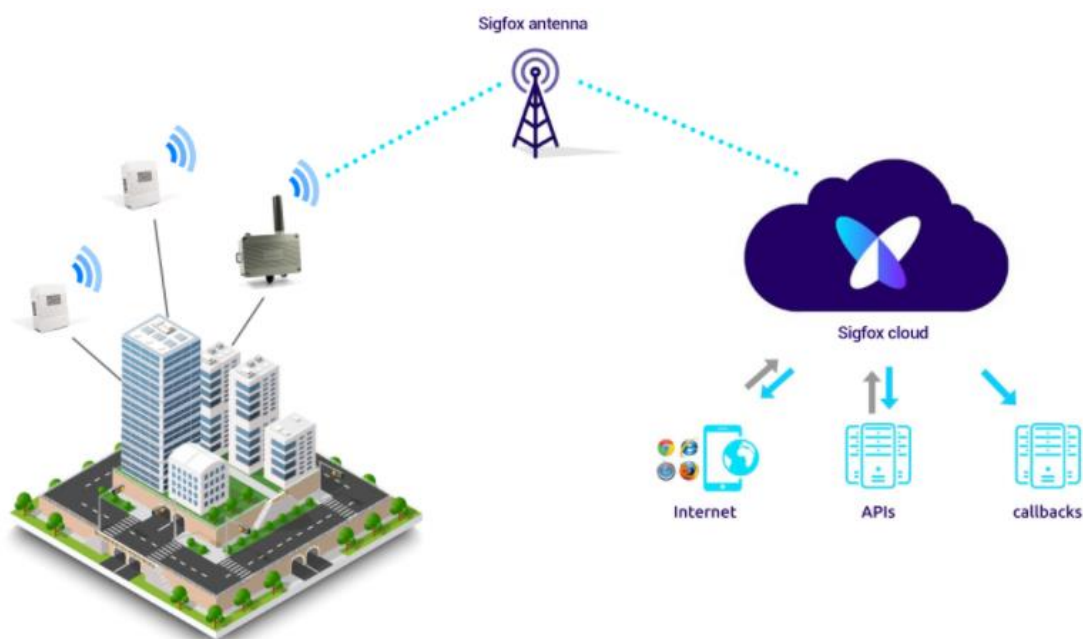
Εικόνα 16: Τοπολογία Cellular

2.2.2< SigFox>

Μια άλλη τεχνολογία ευρείας εμβέλειας θεωρείται το Sigfox, το οποίο όσον αφορά την εμβέλεια έρχεται μεταξύ WiFi και κινητής τηλεφωνίας. Χρησιμοποιεί τις ζώνες ISM, οι οποίες είναι ελεύθερες να χρησιμοποιηθούν χωρίς την ανάγκη απόκτησης αδειών, για τη αποστολή δεδομένων σε πολύ στενό φάσμα μεταξύ συνδεδεμένων αντικείμενων. Η ιδέα για το Sigfox είναι ότι για πολλές εφαρμογές M2M που λειτουργούν με μικρές μπαταρίες και παράλληλα απαιτούν χαμηλά επίπεδα μετάδοσης δεδομένων, τότε το εύρος WiFi είναι μικρό, ενώ το κινητό είναι πολύ ακριβό και καταναλώνει επίσης πολύ ενέργεια. Το Sigfox εκμεταλλεύεται μια τεχνολογία που ονομάζεται Ultra Narrow Band (UNB) που σχεδιάστηκε για να διαχειρίζεται χαμηλές ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων από 10 έως 1.000 bit ανά

δευτερόλεπτο. Καταναλώνει μόνο 50 mW σε σύγκριση με 5000 mW για κυψελοειδή επικοινωνία ή μπορεί να προσφέρει έναν τυπικό χρόνο αναμονής 20 χρόνια με μια μπαταρία 2,5Ah, ενώ είναι μόνο 0,2 χρόνια για κυψελοειδή[23].

Ήδη έχει αναπτυχθεί σε δεκάδες χιλιάδες συνδεδεμένα αντικείμενα, το δίκτυο αναπτύσσεται επί του παρόντος πόλεις μεγάλες κυρίως στην Ευρώπη, για παράδειγμα σε δέκα πόλεις στο Ηνωμένο Βασίλειο. Αυτή η τεχνολογία μπορεί να προσφέρει, αποδοτικό σε ισχύ αλλά παράλληλα και ιχθυρό - επεκτάσιμο δίκτυο που καθιστά δυνατή την επικοινωνία με εκατομμύρια συσκευές που λειτουργούν με μπαταρία σε περιοχές αρκετών τετραγωνικών χιλιομέτρων. Επομένως θεωρείται κατάλληλο για διάφορες εφαρμογές M2M που αναμένεται να περιλαμβάνουν έξυπνους μετρητές, οθόνες ασθενών, συσκευές ασφαλείας, φωτισμός δρόμου και αισθητήρες περιβάλλοντος. Το σύστημα Sigfox χρησιμοποιεί πυρίτιο όπως οι ασύρματοι πομποδέκτες EZRadioPro από την Silicon Labs, οι οποίοι προσφέρουν κορυφαίες ασύρματες επιδόσεις, εκτεταμένη εμβέλεια και εξαιρετικά χαμηλή κατανάλωση ενέργειας για εφαρμογές ασύρματης δικτύωσης που λειτουργούν στη ζώνη sub-1GHz[23].



Εικόνα 17: SigFox

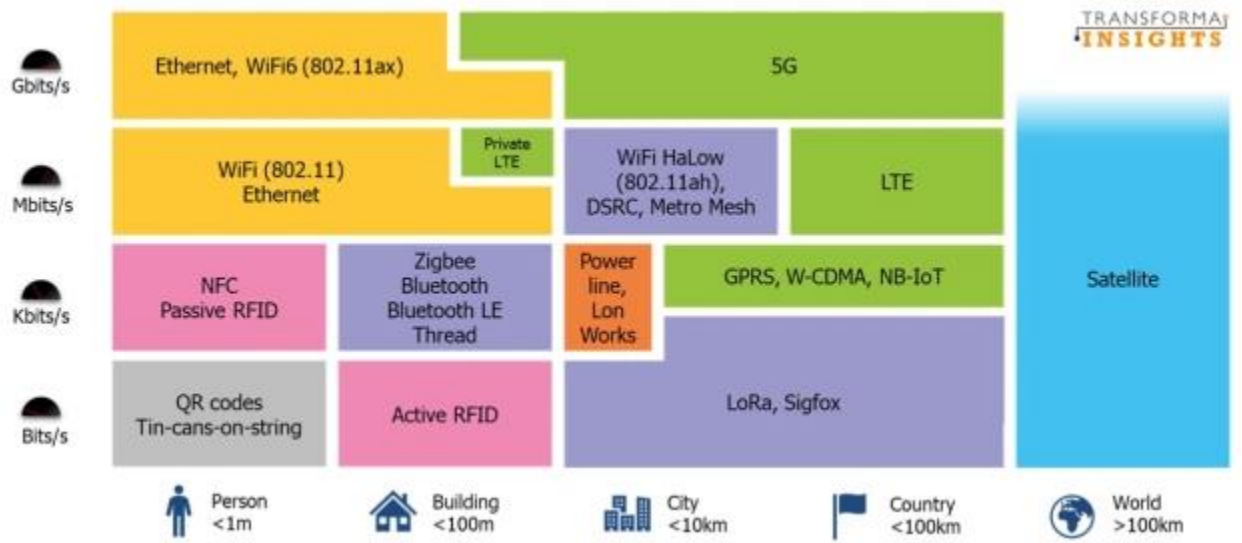
2.2.3 < LoraWan >

Και πάλι, παρόμοιο σε ορισμένες απόψεις με το Sigfox, το LoRaWAN στοχεύει εφαρμογές δικτύου WAN – ευρείας περιοχής και υλοποιήθηκε για να προσφέρει WAN χαμηλής ισχύος με χαρακτηριστικά που απαιτούνται ειδικά για την παρχή αμφίδρομης και ασφαλούς επικοινωνίας κινητής τηλεφωνίας χαμηλού κόστους σε IoT, M2M και έξυπνες πόλεις και βιομηχανικές εφαρμογές. Επίσης αναβαθμίστηκε και παρέχει χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και υποστήριξη μεγάλων δικτύων με εκατομμύρια και εκατομμύρια συσκευές, οι ρυθμοί δεδομένων μεταξύ 0,3 kbps και 50 kbps[23].



Εικόνα 18: LoraWan

2.3< Πρωτόκολλα επικοινωνίας : Σχηματική Σύγκριση>



Εικόνα 19: Σχηματική Σύγκριση Πρωτόκολλων Επικοινωνίας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: < ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ – ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΙΟΤ >

3.1< Πλεονεκτήματα >

- Αποτελεσματική χρήση πόρων: Εάν γνωρίζουμε τη λειτουργικότητα και τον τρόπο με τον οποίο λειτουργεί κάθε συσκευή, αυξάνουμε σίγουρα την αποτελεσματική χρήση πόρων καθώς παρακολουθούμε τους φυσικούς πόρους[17].
- Ελαχιστοποίηση της ανθρώπινης προσπάθειας: Καθώς οι συσκευές του ΙοΤ αλληλεπιδρούν και επικοινωνούν μεταξύ τους και κάνουν πολλή δουλειά για εμάς, τότε ελαχιστοποιούν την ανθρώπινη προσπάθεια[17].
- Εξοικονόμηση χρόνου: Καθώς μειώνει την ανθρώπινη προσπάθεια τότε σίγουρα εξοικονομεί χρόνο. Ο χρόνος είναι ο πρωταρχικός παράγοντας που μπορεί να εξοικονομήσει μέσω της πλατφόρμας ΙοΤ[17].
- Βελτίωση συλλογής δεδομένων: Πλέον μπορούν να αποκτηθούν αλλά και να αναλυθούν τεράστιοι όγκοι δεδομένων πολύ πιο εύκολα και γρήγορα[17].
- Βελτίωση ασφάλειας: Τώρα, εάν έχουμε ένα σύστημα που όλα αυτά τα πράγματα διασυνδέονται, μπορούμε να κάνουμε το σύστημα πιο ασφαλές και αποτελεσματικό[17].

3.2< Μειονεκτήματα >

- **Ασφάλεια:** Καθώς τα συστήματα IoT διασυνδέονται και επικοινωνούν μέσω δικτύων. Το σύστημα προσφέρει λίγο έλεγχο παρά τα μέτρα ασφαλείας και μπορεί να οδηγήσει σε διάφορα είδη επιθέσεων στο δίκτυο[17].
- **Απόρρητο:** Ακόμα και χωρίς την ενεργή συμμετοχή στον χρήστη, το σύστημα IoT παρέχει ουσιαστικά προσωπικά δεδομένα με μέγιστη λεπτομέρεια[17].
- **Πολυπλοκότητα:** Ο σχεδιασμός, η ανάπτυξη και η συντήρηση και η ενεργοποίηση της μεγάλης τεχνολογίας στο σύστημα IoT είναι αρκετά περίπλοκος[17].

«Εν κατακλείδι»

Το IoT μας έφερε πολλά εκπληκτικά πράγματα και συνεχίζει να μας εκπλήσσει σε πολλούς τομείς: επιχειρήσεις, υγειονομική περίθαλψη, ιδιωτική ζωή μας. Όσον αφορά τα μειονεκτήματα, τώρα που τα γνωρίζουμε περισσότερο, προσπαθούμε να τα ελέγξουμε.

3.3< Ανοιχτές Προκλήσεις >

- **Εμπιστευτικότητα και έλεγχος ταυτότητας δεδομένων**: Ένα από τα κύρια προβλήματα στον κόσμο των IoTs είναι να διασφαλιστεί ότι μόνο νόμιμοι χρήστες (οντότητες) έχουν πρόσβαση σε δεδομένα / πόρους. Η έλλειψη μέτρου ασφαλείας μπορεί να οδηγήσει σε κρίσιμα ζητήματα. Για παράδειγμα, η παραβίαση ενός έξυπνου συστήματος συναγερμού θα μπορούσε να οδηγήσει σε σωματικές βλάβες όπως διάρρηξη.
- **Ακεραιότητα δεδομένων**: Τα δεδομένα που προέρχονται από ένα σύνολο καταναμημένων αισθητήρων μπορούν να συγκεντρωθούν για να χρησιμοποιηθούν στη λήψη έγκαιρων αποφάσεων. Έτσι, καθίσταται πρωταρχικής σημασίας η αποτροπή επιθέσεων με ένεση, οι οποίες επηρεάζουν τη λήψη αποφάσεων.
- **Καταναμημένη αρχιτεκτονική από τη φύση**: Σε ένα δίκτυο IoT, κάθε κόμβος είναι ένα πιθανό σημείο αποτυχίας που μπορεί να αξιοποιηθεί για την εκκίνηση κυβερνοεπιθέσεων όπως η Καταναμημένη άρνηση υπηρεσίας (DDoS).
- **Η εμφάνιση της οικονομίας μηχανών**: Σε αυτό το παράδειγμα, οι αισθητήρες είναι σε θέση να ανταλλάσσουν τα δεδομένα που παράγουν σε αγορές δεδομένων και αυτόνομο σύστημα από άκρο σε άκρο, δημιουργώντας εμπιστοσύνη μεταξύ των συμμετεχόντων οντοτήτων. Η ύπαρξη ενός δημόσιου επαληθεύσιμου ίχνους ελέγχου και η αφαίρεση του έμπιστου τρίτου μέρους από την εξίσωση καθίσταται απαραίτητη για την επίλυση του προβλήματος της μη αποποίησης.
- Η διαθεσιμότητα είναι κρίσιμη στον κόσμο των IOT, όπως τα δίκτυα οχημάτων και οι μεταποιητικές βιομηχανίες. Ο χρόνος διακοπής του αισθητήρα μπορεί να οδηγήσει σε ζημιές που κυμαίνονται από νομισματικές έως απειλητικές για τη ζωή καταστάσεις.

- **Επιβολή απορρήτου:** Η πολιτική απορρήτου πρέπει να υπαγορεύει ποιος επιτρέπεται να δημοσιεύει τα δεδομένα για λογαριασμό του χρήστη και ποιος επιτρέπεται να τα καταναλώνει και υπό ποιες προϋποθέσεις.
- **Υποστήριξη για επεκτασιμότητα:** Τα συστήματα IoT ενδέχεται να περιλαμβάνουν μεγάλο αριθμό κατανεμημένων στοιχείων ή υποσυστημάτων. Η διαθεσιμότητα ενός δυνητικά άπειρου αριθμού παρόχων και καταναλωτών δεδομένων συνεπάγεται απαιτήσεις όπως η επεκτασιμότητα και η ανακάλυψη πόρων[18].
- **Διάδοση δεδομένων μεταξύ τομέων:** Λόγω του γεγονότος ότι ο χρήστης μετακινείται φυσικά από τη μία περιοχή στην άλλη, αυτό μπορεί να απαιτεί τη διανομή δεδομένων μεταξύ πολλών φυσικών τομέων. Επομένως, υπάρχει ανάγκη για μια υποδομή που επιτρέπει την αποθήκευση αυτών των δεδομένων σε διαφορετικές τοποθεσίες, επιβάλλοντας παράλληλα την πολιτική απορρήτου που παρέχει ο χρήστης.
- **Μοντέλο εμπιστοσύνης:** Απαιτείται ένα μοντέλο εμπιστοσύνης μεταξύ των μερών και των συσκευών για να διασφαλιστεί ότι τα παραγόμενα δεδομένα είναι επαληθεύσιμα, δηλαδή τα δεδομένα που λαμβάνονται είναι τα ίδια με τα δεδομένα που δημιουργήθηκαν.



Εικόνα 20: Open Challenges IoT

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: <ΕΠΙΛΟΓΟΣ>

4.1< Συμπεράσματα >

Σε ένα κόσμο που αλλάζει συνεχώς, είναι υποχρέωση μας να προσαρμοζόμαστε και να είμαστε ενεργοί πολίτες. Ακόμα καλό θα είναι να γνωρίζουμε τις νέες τεχνολογικές καινοτομίες που εμφανίζονται. Κάποιες παρουσιάστηκαν παραπάνω και θα μας συντροφεύουν για όλη μας την ζωή. Είναι ανάγκη να γνωρίζουμε τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα που μπορούν να μας προσφέρουν τα διάφορα πρωτόκολλα επικοινωνίας, αλλά και τις βασικές τεχνολογίες που τα διέπουν. Ακόμα αποτελεί χρέος μας να είμαστε σε θέση να καταλάβουμε τις βασικές αρχές του IoT, να αναδείξουμε τα θετικά στοιχεία αλλά και να καταδείξουμε τα αρνητικά του. Επίσης χρειάζεται να γνωρίζουμε την ασφάλεια που πρέπει παρέχει στους χρήστες και την αρχιτεκτονική του. Τέλος πρέπει να δούμε αυτή η τεχνολογική επανάσταση μπορεί να ενταχθεί στην ζωή του ανθρώπου και να προσφέρει άνεση στην καθημερινότητα μας

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

[1] Internet of Things-IOT: Definition, Characteristics, Architecture, Enabling Technologies, Application & Future Challenges - Keyur K Patel , Sunil M Patel PG Scholar – 2016

[2] https://en.wikipedia.org/wiki/Internet_of_things

[3] <https://wallpaperaccess.com/internet-of-things>

[4] <https://iot-analytics.com/top-10-iot-applications-in-2020/>

[5] [https://www.themanufacturer.com/articles/applications-iot-manufacturing-plants/#:~:text=Industrial%20Internet%20of%20things%20\(IIoT\)%20can%20transform%20the%20way%20industries,run%20the%20production%20cycle%20economically.](https://www.themanufacturer.com/articles/applications-iot-manufacturing-plants/#:~:text=Industrial%20Internet%20of%20things%20(IIoT)%20can%20transform%20the%20way%20industries,run%20the%20production%20cycle%20economically.)

[6] <https://www.bossard.com/it-en/smart-factory-logistics/blog/2018/03/what-is-the-role-of-iot-in-the-industrial-space/>

[7] [https://www.renewableenergymagazine.com/emily-folk/how-iot-is-transforming-the-energy-industry-](https://www.renewableenergymagazine.com/emily-folk/how-iot-is-transforming-the-energy-industry-20190418#:~:text=Here's%20how%20the%20IoT%20is%20transforming%20the%20energy%20industry.&text=Affixing%20IoT%20sensors%20to%20generation,wear%20to%20optimize%20maintenance%20schedules.)

[20190418#:~:text=Here's%20how%20the%20IoT%20is%20transforming%20the%20energy%20industry.&text=Affixing%20IoT%20sensors%20to%20generation,wear%20to%20optimize%20maintenance%20schedules.](https://www.renewableenergymagazine.com/emily-folk/how-iot-is-transforming-the-energy-industry-20190418#:~:text=Here's%20how%20the%20IoT%20is%20transforming%20the%20energy%20industry.&text=Affixing%20IoT%20sensors%20to%20generation,wear%20to%20optimize%20maintenance%20schedules.)

[8] <https://www.al-enterprise.com/-/media/assets/internet/documents/iot-for-transportation-solutionbrief-en.pdf>

[9] Internet of things in marketing and retail - Nataša Đurđević, Aleksandra Labus, Zorica Bogdanović, Marijana Despotović-Zrakić – 2016

[10] Internet of Things for Smart Cities: Overview and Key Challenges: Technologies, Big Data and Security - January 2019 - DOI: 10.1007/978-3-319-95037-2_1 - Waleed EjazAlagan Anpalagan

[11] <https://www.wipro.com/business-process/what-can-iot-do-for-healthcare-/>

- [12]<https://www.mytotalretail.com/article/how-iot-technology-is-revolutionizing-the-retail-industry/#:~:text=Retailers%20are%20using%20IoT%20technology,growth%20and%20improve%20overall%20performance.&text=Currently%2C%20sensors%20are%20being%20used,food%20safety%2C%20and%20track%20assets.>
- [13] <https://www.businessinsider.com/smart-farming-iot-agriculture>
- [14]<https://domitos.com/blog/iot-in-buildings/#:~:text=IoT%20offers%20a%20number%20of,use%20of%20sensors%2C%20among%20others.>
- [15] Internet of Things: Architectures, Protocols, and Applications - Pallavi Sethi and Smruti R. Sarangi - 2016
- [16]<https://www.thalesgroup.com/en/markets/digital-identity-and-security/iot/iot-security>
- [17] <https://www.javatpoint.com/iot-advantage-and-disadvantage>
- [18] <https://medium.com/@zakwanj/to-what-extent-has-the-blockchain-technology-succeeded-in-mitigating-the-iot-challenges-deaf60d5ae32>
- [19] <https://www.ti.com/wireless-connectivity/zigbee/overview.html>
- [20][https://en.wikipedia.org/wiki/Wi-Fi#:~:text=Wi%2DFi%20\(%2F%CB%88w,of%20devices%20and%20Internet%20access.](https://en.wikipedia.org/wiki/Wi-Fi#:~:text=Wi%2DFi%20(%2F%CB%88w,of%20devices%20and%20Internet%20access.)
- [21] https://en.wikipedia.org/wiki/Radio-frequency_identification
- [22] <https://www.safety.com/z-wave/>
- [23]<https://www.rs-online.com/designspark/eleven-internet-of-things-iot-protocols-you-need-to-know-about>
- [24]https://www.tutorialspoint.com/internet_of_things/internet_of_things_tutorial.pdf