



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΣΧΟΛΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΠΠΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ ΜΕΣΟΛΟΓΓΙ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ
ΤΟΥ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΥ: INTERNET OF THINGS

Παππά Ελευθερία

Μεσολόγγι 2021

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΠΠΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ ΜΕΣΟΛΟΓΓΙ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ
ΤΟΥ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΥ: INTERNET OF THINGS

Παππά Ελευθερία

Επιβλέπων καθηγητής : Βασίλειος Βασιλειάδης

Μεσολόγγι 2021

UNIVERSITY OF PATRAS

SCHOOL OF ECONOMICS & BUSINESS

DEPARTMENT OF MANagements CIENCE AND
TECHNOLOGY

**FORMER DEPARTMENT OF BUSINESS ADMINISTRATION
AT MESSOLONGHI**

THESIS

EDUCATIONAL PROGRAMME FOR TEACHING
INTERNET OF THINGS TECHNOLOGY

Pappa Eleftheria

Messolonghi 2021

Η έγκριση της πτυχιακής εργασίας από το Τμήμα Διοικητικής Επιστήμης και Τεχνολογίας του Πανεπιστημίου Πατρών δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα εκ μέρους του Τμήματος.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet of Things) ολοένα και περισσότερο εισέρχεται στην καθημερινότητα μας. Η ανάπτυξη του έχει φέρει νέα τεχνολογικά επιτεύγματα τα οποία χρησιμοποιούμε και οι περισσότεροι από εμάς ίσως να μην αναγνωρίζουμε τον όρο IoT. Αποτελείται λοιπόν, από έναν τεράστιο αριθμό «πραγμάτων» που είναι συνδεδεμένα στο Διαδίκτυο με σκοπό την αλληλεπίδραση και την επικοινωνία τους με άλλα πράγματα. Αυτά μπορεί να είναι από βιομηχανικά μηχανήματα έως και το πιο απλό πράγμα, το smartphone μας!

Στόχος του IoT είναι μέσα στα επόμενα χρόνια να γεφυρώσει διαφορετικές τεχνολογίες με σκοπό να δημιουργηθούν νέες εφαρμογές που θα συνδέονται με φυσικά αντικείμενα έτσι ώστε να λαμβάνονται ευφυείς αποφάσεις σε πραγματικό χρόνο.

Η παρούσα διπλωματική εργασία στοχεύει στην επισκόπηση των τεχνολογιών που διέπουν το Διαδίκτυο των Πραγμάτων με παραδείγματα εφαρμογής, αλλά και τη μελλοντική εξέλιξη του κλάδου. Αναλύεται ο όρος «Industry 4.0» ο οποίος αντιπροσωπεύει την τέταρτη Βιομηχανική Επανάσταση, ένα νέο μοντέλο που εισάγει το IoT στο παραγωγικό περιβάλλον. Τέλος, παρουσιάζονται αναλυτικά εκπαιδευτικά προγράμματα για Industry 4.0, μεταπτυχιακού επιπέδου (MSc) καθώς η επιστήμη του IoT αποτελεί πλέον έλξη σε όλο και περισσότερους εκπαιδευόμενους.

Λέξεις Κλειδιά: Εκπαιδευτικό Πρόγραμμα, Διαδίκτυο των Πραγμάτων, IoT, Industry.4.0, Βιομηχανική Επανάσταση, Έξυπνο Εργοστάσιο, Smart, M2M Communication

ABSTRACT

The IoT (Internet of Things) is increasingly entering our daily lives. Its development has brought new technological advances that we use and usually do not know about it. It consists, therefore, of a huge number of "things" that are connected to the Internet in order to interact and communicate with other things. These can be from industrial machines to the simplest thing, like our smartphone!

The goal of the IoT in the upcoming years is to bridge different technologies in order to create new applications that will be connected to physical objects in which intelligent decisions can be made in real time.

This thesis aims to review the technologies that govern the Internet of Things with examples of application, but also the future development of the industry. It also aims at designing a complete post graduate training curriculum for teaching Industry 4.0 topics.

Key Words: Curriculum design, Internet of Things, IoT, Industry.4.0, Industrial Revolution, Smart, M2M

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	v
ABSTRACT	vi
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	vii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	ix
ΑΠΟΔΟΣΗ ΟΡΩΝ.....	x
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	xi
1 Βασικές έννοιες IoT	1
1.1 Εισαγωγή στο Internet of Things (IoT).....	1
1.1.1 Ορισμός IoT	2
1.1.2 Ιστορική Αναδρομή IoT	3
1.1.3 Βασικές προϋποθέσεις λειτουργίας ενός IoT συστήματος.....	5
1.1.4 Χαρακτηριστικά και απαιτήσεις του IoT	6
1.2 Παραδείγματα Εφαρμογών IoT.....	6
1.3 Ο όρος ‘Smart’	8
1.3.1 Ενεργειακή αναβάθμιση κτιρίων του Α.Τ.Ε.Ι. Πειραιά	14
1.4 Ιδιωτικότητα και Ασφάλεια στο IoT	15
1.4.1 Αρχιτεκτονική των συσκευών IoT	18
2 Τεχνολογίες IoT	19
2.1 Πρωτόκολλα WSN	21
2.2 Cloud Computing	23
2.3 Συνδεσιμότητα.....	26
3 Industry 4.0	29
3.1 Ορισμός	29
3.2 Θεμελιώδεις αρχές του Industry 4.0.....	31
3.3 Λειτουργίες/ Εργαλεία του Industry 4.0.....	33
3.3.1 Το Digital Twin στην Βιομηχανία 4.0.....	35

3.4	Έξυπνο Εργοστάσιο	38
3.5	Ο ρόλος των Big Data και Analytics στο Industry 4.0.....	40
3.6	Cyber-Physical-Systems (CPS).....	40
3.7	Machine-to-Machine Communication.....	42
3.7.1	Στάδια M2M επικοινωνίας.....	43
3.7.2	Αρχιτεκτονικές της M2M επικοινωνίας.....	46
3.8	Ασφάλεια στο Industry 4.0.....	47
4	Ανάπτυξη εκπαιδευτικού προγράμματος για Industry 4.0.....	49
4.1	Master’s Degree in Industry 4.0 – UNIVERSITAT POLITECNINA DE CATALUNYA.....	50
4.1.1	Πρόγραμμα Σπουδών	51
4.2	Master in Industry 4.0 -Technical University of Ostrava.....	53
4.2.1	Προφίλ φοιτητών.....	54
4.2.2	Στόχος/ Περιεχόμενο του μεταπτυχιακού	54
4.2.3	Γενικές απαιτήσεις υποδοχής των υποψηφίων.....	55
4.3	Master in Industry 4.0 – University of Pau and Pays de l’ Adour.....	55
4.3.1	Δομή του Προγράμματος	57
	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ/ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ/ ΕΠΙΛΟΓΟΣ.....	58
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	59
5	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ.....	61
5.1	Κατάλογος Μεταπτυχιακών Προγραμμάτων σχετικών με Ind 4.0	61
5.2	Κατευθύνσεις Προγραμμάτων	64

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Ορισμός IoT [15]	2
Εικόνα 2: Smart City	9
Εικόνα 3: Smart House.....	11
Εικόνα 5 : The Internet of Medical Things	13
Εικόνα 4 : Ενεργειακή αναβάθμιση Α.Τ.Ε.Ι. Πειραιά	15
Εικόνα 6: Man, in the Middle Attack	17
Εικόνα 7: Σύστημα RFID	20
Εικόνα 8: WSN System.....	21
Εικόνα 9: Cloud Computing.....	23
Εικόνα 10: Device-to-Device Communication	27
Εικόνα 11:Device-to-cloud-communication	27
Εικόνα 12:Back-end Data - Sharing Model	28
Εικόνα 13: Industrial Revolution	30
Εικόνα 14: Παράδειγμα Digital Twin	35
Εικόνα 15 : Όχημα-ρομπότ της Audi	39
Εικόνα 16 :Τρόπος Λειτουργίας CPS.....	42
Εικόνα 17: M2M Communication.....	43

ΠΙΝΑΚΕΣ

Πίνακας 1: Πανεπιστήμια στην Ευρώπη με θέμα Ind 4.0.....	62
Πίνακας 2: Μεταπτυχιακά Προγράμματα στην Ευρώπη	64
Πίνακας 3: Κατευθύνσεις των Προγραμμάτων.....	66
Πίνακας 4: Διαχωρισμός σε Υποχρεωτικά/Προαιρετικά μαθήματα.....	67
Πίνακας 5: Διαχωρισμός στον τρόπο διδασκαλίας των μαθημάτων.....	69
Πίνακας 6: Διαχωρισμός Διπλωματικής Εργασίας/Πρακτικής Άσκησης.....	71

ΑΠΟΔΟΣΗ ΟΡΩΝ

AWS	Amazon Web Services (Υπηρεσίες της Amazon)
CDMA	Code-division multiple access
CIM	Computer Integration Manufacturing
CPS	Cyber-Physical Systems
Data	Δεδομένα
DoS	Denial of Service attack
GPRS	General Packet Radio Service
IaaS	Infrastructure as a Service - Υποδομή ως Υπηρεσία
IAB	Internet Architecture Board
Ind 4.0	Industry 4.0
IoMT	Internet of Medical Things
IoT	Internet of Things
IPS	Intrusion Prevention System
Metadata	Μεταδεδομένα
MITM	Man-in-the-middle-attack
PaaS	Platform as a Service - Πλατφόρμα ως Υπηρεσία
RFID	Radio Frequency Identification
SaaS	Software as a service - Λογισμικό ως Υπηρεσία
WSN	Wireless Sensor Network

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ραγδαία τεχνολογική ανάπτυξη των επικοινωνιών και τεχνολογιών πληροφορικής έχει επιτρέψει τη μετάδοση των γνώσεων σε πραγματικό χρόνο. Η τεχνολογία έχει πλέον περάσει από την εποχή της διασύνδεσης των δικτύων των υπολογιστών στην διασύνδεση των αντικειμένων, με λίγα λόγια στην εποχή του Internet of Things. Η ιδέα αυτή ωστόσο είναι τόσο δημοφιλής πλέον που τείνει να χρησιμοποιείται σε καθημερινή βάση καθώς οι χρήστες αναζητούν όλο και πιο αποδοτικές υπηρεσίες για τη διευκόλυνση της καθημερινότητάς τους. Επιπλέον είναι ολοφάνερο ότι οι πιο ανεπτυγμένες χώρες προσπαθούν να αναπτύξουν τις στρατηγικές τους για την τόνωση του βιομηχανικού τομέα ώστε να είναι δυναμικά ανταγωνίσιμες στην παγκόσμια αγορά. Ως αποτέλεσμα της ανάπτυξης του τεχνολογικού μοντέλου IoT, προέκυψε η 4^η Βιομηχανική Επανάσταση ή Industry 4.0

Αυτό το εφαρμοσμένο τεχνολογικό μοντέλο επιτρέπει ένα ευρύτερο και καινοτόμο πεδίο έρευνας μέσω της τεχνολογικής διαφοροποίησης που έχει φέρει. Η νέα γενιά τεχνολογιών για την Βιομηχανία έχει αλλάξει τον τρόπο με τον οποίο συσχετίζεται η βιομηχανία με την κοινωνία, την αλληλεπίδραση με το ανθρώπινο δυναμικό και τα σύγχρονα εργασιακά πρότυπα.

Στόχος επομένως αυτής της πτυχιακής είναι καταρχήν, η περιγραφή του πλαισίου που διέπει την τέταρτη Βιομηχανική Επανάσταση αλλά και τις ολοκληρωμένες λύσεις που παρέχει το «Διαδίκτυο των πραγμάτων» (Internet of Things-IoT).

Αναμφίβολα οι βιομηχανίες αρχίζουν να προετοιμάζονται για σημαντικές αλλαγές στο επιχειρηματικό τους μοντέλο. Η ενσωμάτωση των δικτύων στο παραγωγικό σύστημα προσφέρουν λύσεις και οφέλη με ένα κατανοητό τρόπο για όλα τα μέρη της παραγωγής.

Ένας δεύτερος στόχος είναι η σχεδίαση ενός προγράμματος σπουδών μεταπτυχιακού επιπέδου για τη διδασκαλία του συγκεκριμένου αντικειμένου.

Η δομή της πτυχιακής είναι ως εξής:

- Στο 1^ο κεφάλαιο αναφέρεται η γενικότερη έννοια του IoT, ο ρόλος του στην καθημερινότητα των ανθρώπων και η χρησιμότητα του. Επιπροσθέτως αναφέρονται οι προϋποθέσεις λειτουργίας των IoT συστημάτων καθώς και τα χαρακτηριστικά τους.
- Στο 2^ο κεφάλαιο αναλύονται συγκεκριμένες τεχνολογίες του IoT όπως οι τεχνολογίες WSN και το Cloud Computing, δυο σταθμοί για την λειτουργικότητα και την αποτελεσματικότητα του Διαδικτύου των Πραγμάτων.

- Στο 3^ο κεφάλαιο διακρίνεται η αναγκαία χρήση του Internet of Things στη βαριά Βιομηχανία ή Industry 4.0. Ο κύριος λόγος που η εξέλιξη της παραγωγής κινείται με ραγδαίους ρυθμούς είναι πια το IoT και φαίνεται μέσα από παραδείγματα. Επιπλέον, γίνεται ανάλυση της επικοινωνίας μεταξύ των μηχανημάτων (M2M Communication) κατά την διάρκεια της παραγωγής.
- Τέλος, στο 4^ο κεφάλαιο αναλύονται ορισμένα μεταπτυχιακά εκπαιδευτικά προγράμματα που αναπτύχθηκαν με την εφαρμογή του Industry 4.0 στη Βιομηχανία. Ωστόσο, στο Παράρτημα (κεφάλαιο 5) δίνεται αναλυτικός πίνακας με διάφορα μεταπτυχιακά και διδακτορικά προγράμματα ανά τον κόσμο καθώς και οι κατευθύνσεις που διαθέτουν, οι ECTS μονάδες τους κλπ.

1 Βασικές έννοιες IoT

1.1 Εισαγωγή στο Internet of Things (IoT)

IoT ή αλλιώς **Διαδίκτυο των πραγμάτων** ή **Internet των πραγμάτων** χαρακτηρίζεται το δίκτυο επικοινωνίας διαφόρων συσκευών και αντικειμένων που ενσωματώνουν ηλεκτρονικά μέσα. Πλαισιώνεται από τέσσερα κύρια στοιχεία : ενσωματωμένους αισθητήρες για τη συλλογή πληροφοριών, αναγνώριση της πηγής των δεδομένων, λογισμικό για την ανάλυση των δεδομένων και σύνδεση στο Internet για επικοινωνία και παροχή και ειδοποιήσεων.

Οι αισθητήρες που χρησιμοποιούνται χωρίζονται σε φυσικούς και λογικούς. Φυσικοί αισθητήρες είναι αυτοί που αναγνωρίζουν για παράδειγμα τη θερμοκρασία και λογικοί που μπορούν να είναι για παράδειγμα ενσωματωμένα λογισμικά μέτρησης με χρήση CPU (Central Possessing Unit- Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας). [19]

Το IoT παρέχει τη δυνατότητα σε αντικείμενα να ανταλλάζουν πληροφορίες με τον «ατασχευαστή», τον διαχειριστή και οποιαδήποτε άλλη συνδεδεμένη συσκευή που χρησιμοποιεί Internet. Επιτρέπει επίσης, στα φυσικά αντικείμενα να εντοπίζονται και να ελέγχονται απομακρυσμένα. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργούνται ευκαιρίες για ενοποίηση των πραγμάτων γύρω μας με ηλεκτρονικά μέσα που προκύπτουν από εξελιγμένη αποδοτικότητα, ακρίβεια και οικονομικά οφέλη. Κάθε αντικείμενο είναι μοναδικά αναγνωρίσιμο από το δικό του ενσωματωμένο ηλεκτρονικό μέσο και είναι ικανό να χρησιμοποιηθεί και να αλληλοεπιδράσει εντός της συγκεκριμένης Ίντερνετικής δομής όπου και αν βρίσκεται.

Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι, ανάμεσα στις επιχειρήσεις και τους διαχειριστές αυτού του συστήματος, ο αριθμός των αντικειμένων και συσκευών στο IoT έχει αυξηθεί δραματικά. Είχε προβλεφθεί ότι το 2020 ότι θα χρησιμοποιούνται ήδη 20 δισεκατομμύρια συσκευές. Η εταιρεία Cisco υπολόγισε περίπου 26.3 εκατομμύρια συσκευές (περιλαμβάνοντας κινητά τηλέφωνα, τηλεοράσεις, υπολογιστές, tablets, και άλλες συνδεδεμένες συσκευές) έως σήμερα.

Αυτός ο υπολογισμός ωστόσο της Cisco, θεωρήθηκε υπερβολικός εάν γίνει η υπόθεση ότι κάθε αντικείμενο που διαθέτει ένα απλό μηχανισμό όπως μία on-off λειτουργία, ή ακόμη ένα QR (Quick Response- Γρήγορη Απάντηση) κώδικα θα είναι ικανό να συνδεθεί με το Internet. Με απλούστερα λόγια IoT, είναι η επιστημονική σύνδεση των πάντων (πχ. αισθητήρες, συσκευές, μηχανήματα, ανθρώπους, ζώα, δέντρα) και όλες οι διαδικασίες του Ίντερνετ για την παρακολούθηση και τον έλεγχο της λειτουργικότητάς τους. Οι συνδέσεις μπορεί να είναι

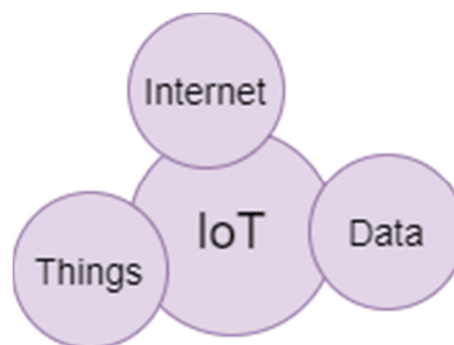
απεριόριστες, για την ακρίβεια είναι φυσικές συνδέσεις οι οποίες επιτρέπουν στους χρήστες να ψάξουν οτιδήποτε θέλουν και να νιώθουν ότι έχουν τον έλεγχο όποτε χρειάζεται.

Συνεπώς, ο στόχος του IoT δεν είναι η απλή σύνδεση αντικειμένων αλλά η σύνδεση με στόχο τη συλλογή της ευφυΐας από αυτά τα πράγματα, δηλαδή η επίτευξη μιας συλλογικότητας. [15]

1.1.1 Ορισμός IoT

Μια ανάλυση στον ορισμό του IoT είναι σημαντικό να δοθεί. Αυτό που χρειάζεται διευκρίνηση στον όρο αυτό είναι η λέξη ‘Things’.

Στην πραγματικότητα λοιπόν τα πράγματα αυτά μπορεί να είναι οτιδήποτε από οικιακές συσκευές, αυτοκίνητα, φυτά κ.α. Γι’ αυτό λοιπόν, το IoT θεωρείται σαν μία τομή του Ίντερνετ, των πραγμάτων και των δεδομένων. [8]



Κάποιες επιχειρήσεις (πχ. Η Cisco) προβάλλουν το

IoT σαν IoE (Internet of Everything) εστιάζοντας σε τέσσερις λέξεις κλειδιά: άνθρωπο, διαδικασίες, δεδομένα και πράγματα.

Το IoT μπορεί να θεωρηθεί ως ιδέα η μεγαλύτερη

Εικόνα 1: Ορισμός IoT [15]

ανάπτυξη των διασυνδεδεμένων τεχνολογιών και ειδικότερα του διαδικτύου. Αποτελεί την όλο και μεγαλύτερη είσοδο και ύφανση των (μικρό)υπολογιστών και των τηλεπικοινωνιών, στο ανθρώπινο και φυσικό περιβάλλον, σε μεγαλύτερη πυκνότητα. Επίσης, το IoT αποτελεί περισσότερο ιδέα, επιστημονικό κλάδο ανάπτυξης και συνδυασμό τεχνολογιών, παρά αυτοτελή τεχνολογία.

Παρόλο που δεν υπάρχει ένας ακριβής «επίσημος» ορισμός του Internet of Things κάποιες επιχειρήσεις ή περιοδικά έχουν ορίσει τον IoT ως:

- **Internet Architecture Board – IAB:** ‘Ο όρος Internet of Things δηλώνει μια τάση όπου ένας μεγάλος αριθμός ενσωματωμένων συσκευών χρησιμοποιεί τις υπηρεσίες επικοινωνίας που προσφέρουν τα πρωτόκολλα του Διαδικτύου. Πολλές από αυτές τις συσκευές αποκαλούνται «έξυπνα αντικείμενα», τα οποία δεν χρησιμοποιούνται άμεσα από τον άνθρωπο, αλλά είναι τοποθετημένα σε κτήρια, οχήματα η είναι διάσπαρτα στο περιβάλλον.’

- **Oxford Living Dictionaries (Τα Λεξικά της Οξφόρδης):** ‘Η διασύνδεση, μέσω του Διαδικτύου, υπολογιστικών συσκευών σε καθημερινά αντικείμενα, που τους επιτρέπουν να στέλνουν και να λαμβάνουν δεδομένα.’ [14]
- **IEEE Communications Magazine:** ‘Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) είναι ένα πλαίσιο στο οποίο όλα τα πράγματα έχουν εκπροσώπηση και παρουσία στο Διαδίκτυο. Πιο συγκεκριμένα το Διαδίκτυο των Πραγμάτων στοχεύει στη γεφύρωση φυσικού και εικονικού κόσμου με τη συνεισφορά των νέων εφαρμογών και υπηρεσιών, όπου η M2M (Machine-to-machine) επικοινωνία αποτελεί τη βάση της κοινωνίας που επιτρέπει την αλληλεπίδραση μεταξύ των πραγμάτων και των εφαρμογών στο cloud.’

1.1.2 Ιστορική Αναδρομή IoT

- | | |
|-------------|--|
| 1969 | Το ARPANET (Advanced Research Projects Agency Network), η οποία έχει αναπτυχθεί και τεθεί σε λειτουργία από τον DARPA, είναι σήμα κατατεθέν του σύγχρονου Διαδικτύου. Είναι το κομμάτι που επεξηγεί το “Internet” στην έννοια του Internet of Things. |
| 1980 | Το ARPANET είναι πλέον διαθέσιμο στο κοινό από εμπορικούς παρόχους, επιτρέποντας στους χρήστες να συνδέουν πράγματα. |
| 1982 | Οι προγραμματιστές στο Carnegie Mellon University δημιούργησαν την πρώτη μηχανή που χρησιμοποιεί IoT, έναν αυτόματο πωλητή αναψυκτικών Coca Cola, επιτρέποντας στους χρήστες να τσεκάρουν αν έχει διαθεσιμότητα στο αναψυκτικό που θέλουν να αγοράσουν χωρίς να πάνε εκεί. |
| 1990 | Ο John Romkey, ανταποκρινόμενος σε μια πρόκληση, συνέδεσε μια φρυγανιέρα στο Διαδίκτυο και κατάφερε να την ενεργοποιήσει και να την απενεργοποιήσει. Αυτό το παράδειγμα είναι το πιο κοντινό στις σύγχρονες συσκευές IoT. |
| 1993 | Μηχανικοί στο πανεπιστήμιο του Cambridge, συνεχίζοντας την παράδοση του συνδυασμού του Διαδικτύου με συσκευές και τρόφιμα, ανέπτυξαν ένα σύστημα που τραβά φωτογραφίες από μια μηχανή καφέ τρεις φορές το λεπτό. Με αυτό τον τρόπο επιτρεπόταν στους |

εργαζομένους η παρακολούθηση της κατάστασης της μηχανής απομακρυσμένα.

- 1995** Η πρώτη έκδοση του γνωστού σε όλους GPS που διεξήχθη στις ΗΠΑ. Είναι ένα από τα πιο ζωτικά στοιχεία των συσκευών που χρησιμοποιούν IoT.
- 1998** Το Pn6 είναι το νέο πρότυπο που επιτρέπει σε περισσότερες συσκευές να συνδέονται στο Διαδίκτυο από όσες επέτρεπε το IPv4. Ενώ το IPv4 32-bit παρείχε μοναδικά αναγνωριστικά για περίπου 4,3 δις συσκευές, το IPv6 128-bit έχει χαρακτηριστικά για έως 2^{128} ή 340 undecillion. (δηλαδή 340 με 36 μηδενικά)
- 1999** Θεωρείται η μεγάλη χρονιά του IoT. Ο Kevin Ashton, ο επικεφαλής των εργαστηρίων του MIT's Auto-ID, σε μια παρουσίαση του στα στελέχη Proctor & Gamble συμπεριέλαβε τον τρόπο για να απεικονίσει τις δυνατότητες της RFID λειτουργίας.
- 2000** Η LG ανακοινώνει πως έχει δημιουργήσει την απόλυτη IoT συσκευή: το ψυγείο του Διαδικτύου. Ήταν μια ενδιαφέρουσα ιδέα, πλήρης με οθόνες, και αισθητήρες που θα βοηθούσαν να παρακολουθεί ο χρήστης το ψυγείο του απομακρυσμένα. Πάραυτα η τιμή των 20.000 δολαρίων δεν κέρδισε τους καταναλωτές.
- 2004** Η φράση «Internet of Things» εμφανίζεται σε τίτλους βιβλίων και εμφανίζεται παντού στα μέσα ενημέρωσης.
- 2007** Το πρώτο iPhone εμφανίζεται προσφέροντας ένα εντελώς νέο τρόπο για το ευρύ κοινό να αλληλοεπιδρά με τις συσκευές που συνδέονται στο Διαδίκτυο.
- 2008** Το πρώτο Διεθνές συνέδριο IoT πραγματοποιείται στην Ζυρίχη της Ελβετίας. Ταυτοχρόνως αυτή η χρονιά ήταν η πρώτη όπου ο αριθμός των συνδεδεμένων συσκευών στο Διαδίκτυο ξεπέρασε τον αριθμό των ανθρώπων στη γη.
- 2009** Η Google λανσάρει αυτοκινούμενες δοκιμές αυτοκινήτων (Self-Driving Cars) και το Ιατρικό Κέντρο St. Jude κυκλοφορεί βηματοδότες στο Διαδίκτυο. Επίσης το Bitcoin ξεκινά την λειτουργία του πρώτη φορά και φαίνεται να ακολουθήσει ως ένα μεγάλο μέρος του IoT.
- 2010** Η Κίνα ονομάζει το IoT βασική λειτουργία και ανακοινώνει ότι

αποτελεί μέρος του μακροπρόθεσμου αναπτυξιακού της σχεδίου.

Την ίδια χρονιά η Nest κυκλοφορεί έναν «έξυπνο» θερμοστάτη ο οποίος προσαρμόζεται αυτόματα στην θερμοκρασία σύμφωνα με τις συνήθειες του χρήστη, θέτοντας στο προσκήνιο την ιδέα «έξυπνο σπίτι».

2011 Η εταιρεία έρευνας αγοράς Gartner προσθέτει το IoT στις διαφημίσεις της, χρησιμοποιεί ένα γράφημα για την μέτρηση της διάδοσης μιας τεχνολογίας έναντι της πραγματικής χρησιμότητας της πριν την εξέλιξη της τεχνολογίας.

2013 Κυκλοφορεί το Google Glass ένα επαναστατικό βήμα για το IoT με ασύρματη τεχνολογία αλλά πιθανών αρκετά εξελιγμένο για τα δεδομένα της εποχής.

2014 Η Amazon κυκλοφορεί το Echo, ανοίγοντας τον δρόμο για την αγορά έξυπνων οικιακών κόμβων. Με άλλα λόγια είναι μια μορφή κοινοπραξίας βιομηχανικών προτύπων IoT που δείχνει τη δυνατότητα των IoT να αλλάζουν τον τρόπο λειτουργίας σε διαδικασίες παραγωγής και αλυσίδες εφοδιασμού.

2016 Η General Motors, η Lyft, η Tesla και η Uber δοκιμάζουν Self-Driving Cars. Δυστυχώς, επιβεβαιώνεται η πρώτη μαζική επίθεση κακόβουλου λογισμικού σε συσκευές IoT, με το Mirai botnet να επιτίθεται σε συσκευές IoT να τις μεταχειρίζεται και να τις χρησιμοποιεί σε δημοφιλείς ιστότοπους DDoS.

2017-2019 Η ανάπτυξη του IoT γίνεται φθηνότερη, ευκολότερη και ευρύτερα αποδεκτή δίνοντας λύσεις καινοτομίας σε όλους τους κλάδους. Τα Self-Driving Cars βελτιώνονται, τα blockchains και το AI (Artificial Intelligence) αρχίζουν να ενσωματώνονται σε πλατφόρμες IoT και η αυξημένη χρήση smartphone κάνει το IoT μια μόνιμη επιλογή για το μέλλον. [20]

1.1.3 Βασικές προϋποθέσεις λειτουργίας ενός IoT συστήματος

Υπάρχουν πολλοί λόγοι ώστε να χειριστούν τα πράγματα απομακρυσμένα. Αρχικά, στην Ιατρική αυτή η εξέλιξη του Ίντερνετ των πραγμάτων έχει αλλάξει δραματικά τα δεδομένα. Οι ειδικοί μπορούν να ελέγξουν την θερμοκρασία σώματος του ασθενούς αλλά και την πίεση

τους ακόμη και όταν ο ασθενής βρίσκεται στο σπίτι του. Επίσης, τα γνωστά σε όλους smartphone λειτουργούν με IoT. Άλλο παράδειγμα είναι όταν αναζητούμε πράγματα που αναζητούν πληροφορίες (όπως το να αναζητήσουμε που βρίσκονται τα κλειδιά του αυτοκινήτου) ή ακόμη και όταν οι αρμόδιες αρχές ελέγχουν αρχεία στις έξυπνες πόλεις (π.χ., την ενέργεια, τα διπλώματα αυτοκινήτων και άλλα δεδομένα από το αρμόδιο τμήμα). Όλα αυτά είναι παραδείγματα επιχειρήσεων που προσφέρουν υπηρεσίες που τους δίνουν την ευκαιρία να ενισχύσουν την οικονομική επίδραση από τους καταναλωτές τους, άλλες επιχειρήσεις, την κυβέρνηση, τα νοσοκομεία και πολλά άλλα. [4]

1.1.4 Χαρακτηριστικά και απαιτήσεις του IoT

Τα βασικά χαρακτηριστικά που έχει το IoT είναι:

- **Ανομοιογένεια (Heterogeneity):** Χαρακτηρίζεται από ανομοιογένεια διότι επιτρέπει τη σύνδεση μεταξύ πολλών διαφορετικών συσκευών.
- **Επεκτασιμότητα (Scalability):** Οι συσκευές αυτές επικοινωνούν μεταξύ τους και ο μεγάλος όγκος δεδομένων θα πρέπει να διαχειριστεί αποτελεσματικά για την σωστή λειτουργία του.
- **Ελαχιστοποίηση κόστους (Cost minimization):** Βασικός στόχος των σχεδιαστών των συστημάτων IoT είναι η ελαχιστοποίηση του κόστους και της συντήρησης καθώς και τα κατανάλωσης ενέργειας.
- **Ευελιξία (Flexibility):** Η κατάσταση των συσκευών μεταβάλλεται συνεχώς οπότε απαιτείται δυναμική διαχείριση και επαναπρογραμματισμός των συσκευών.
- **Ποιότητα Υπηρεσιών (Quality of Service-QoS):** Σκοπός για κάθε συσκευή και υπηρεσία IoT είναι η εγγύηση υψηλής ποιότητας παρεχόμενων υπηρεσιών και εφαρμογών, ιδιαίτερα όταν αυτές χρησιμοποιούν real-time δεδομένα.
- **Ασφάλεια (Secure environment):** Η ασφάλεια είναι καθοριστικός παράγοντας καθώς χρησιμοποιούνται δεδομένα χρηστών και απαιτείται σύνδεση στο διαδίκτυο. Η επικοινωνία μεταξύ συσκευών και χρηστών θα πρέπει να είναι άκρως ασφαλής και να απαιτεί ταυτοποίησή διατηρώντας έτσι την ακεραιότητα των δεδομένων και των συσκευών. [4]

1.2 Παραδείγματα Εφαρμογών IoT

Airbnb

Η Airbnb είναι μια υπηρεσία στο Διαδίκτυο η οποία προσφέρει καταλύματα για ενοικίαση. Ιδρύθηκε το 2008 στο Σαν Φρανσίσκο στην Καλιφόρνια από τον Brian Check και τον Joe Gebbia αφού είχαν δημιουργήσει το Airbed and Breakfast για τις ανάγκες ενός συνεδρίου. Το αρχικό site ξεκίνησε προσφέροντας διαμονή, πρωινό και δυνατότητα εργασίας για τους συμμετέχοντες του συνεδρίου, οι οποίοι δυσκολεύονταν να κλείσουν κάποιο ξενοδοχείο για την διαμονή τους.

Πολύ σύντομα, η εταιρεία εστίασε σε συνέδρια ή εκδηλώσεις υψηλού κύρους όπου οι επιλογές για διαμονή των συμμετεχόντων ήταν ελάχιστες. Ως αποτέλεσμα, δημιούργησαν την εναλλακτική επιλογή του να διαμένουν σε ενοικιαζόμενα σπίτια που προσφέρονται από τους ιδιοκτήτες τους, συνέδεσε δηλαδή τους ταξιδιώτες- συμμετέχοντες με τους ένοικους μέσω της πλατφόρμας. Η Airbnb επίσης, ζήτησε από τους δημιουργούς αυτών των events τη στήριξη στην πλατφόρμα τους.

Τέλος η Airbnb ήταν μια καινοτόμα επιχειρηματική δημιουργία βασισμένη σε πλατφόρμα του Διαδικτύου συνδέοντας τους ανθρώπους και τις τοποθεσίες που θέλουν να παρευρεθούν. Αυτή λοιπόν, είναι η χρήση του IoT στη συγκεκριμένη περίπτωση. Σήμερα η Airbnb είναι μια από τις κύριες πλατφόρμες αναζήτησης διαμονής στον κόσμο και έχει κέρδη περίπου 20 εκατομμύρια δολάρια. [8]

Amazon

Η Amazon.com είναι το μεγαλύτερο ηλεκτρονικό κατάστημα λιανικής πώλησης με προϋπολογισμό πάνω από 300 εκατομμύρια (έως το 2015). Ιδρύθηκε το 1994, σαν ηλεκτρονικό βιβλιοπωλείο και πολύ γρήγορα επεκτάθηκε σε ηλεκτρονικά, ταινίες, μουσική ακόμη και σε οικιακές συσκευές. Η Amazon εκμεταλλεύτηκε το Internet ώστε να αλλάξει τον παραδοσιακό τρόπο λιανικής πώλησης. Προσέφερε στη συνέχεια σε επιχειρήσεις και πελάτες την δυνατότητα να πωλούν και οι ίδιοι μέσω της πλατφόρμας της. Μια από τις στρατηγικές της ήταν να δίνει την υπηρεσία της σε άλλους εμπόρους λιανικής πώλησης ώστε να πωλούν προϊόντα μέσω αυτής κρατώντας τους προμήθεια από κάθε πώληση. Η λιανική πώληση είναι παρόλα αυτά μόνο ένα κομμάτι της Amazon.com.

Επιπλέον παρέχει υπηρεσίες Cloud (ηλεκτρονικός χώρος αποθήκευσης δεδομένων) γνωστές ως Amazon Web Services ή AWS με λογισμικά όπως Software as a Service (SaaS), Platform as a Service (PaaS), και Infrastructure as a Service (IaaS) για παράδειγμα το Kindle. Η Amazon χαρακτηρίζεται σαν μια υπηρεσία που πουλά προϊόντα, υπηρεσίες, υπηρεσίες cloud, διαφήμιση, digital advertising κ.α.

Ειδικοί αναγνωρίζουν την Amazon σαν online κατάστημα λιανικής πώλησης, υπηρεσία Internet και λειτουργία Kindle. Σχετικά με μια έρευνα τον Απρίλιο του 2016 η υπηρεσία AWS μόνο αποκόμισε 8,9 εκατομμύρια στην εταιρεία μόλις σε ένα χρόνο λειτουργίας της. Η Amazon είναι ενδεχομένως μια από τις πρώτες επιχειρήσεις που ανέπτυξε μια Ιντερνετική πλατφόρμα που συνέδεε εμπόρους και επιχειρήσεις με προϊόντα και υπηρεσίες καταρρίπτοντας το παραδοσιακό μοντέλο της λιανικής πώλησης. [8]

Self-Driving Cars

Self-driving cars δηλαδή τα αυτόματα αυτοκίνητα δεν είναι πια στην φαντασία μας. Υπάρχουν ήδη χιλιάδες αυτόματα αυτοκίνητα με λειτουργίες που να επιταχύνουν και να κατευθύνονται με περιορισμένη ή και καθόλου ανθρώπινη παρέμβαση. Πολλές επιχειρήσεις θεώρησαν ότι μέχρι την φετινή χρονιά θα κυκλοφορούν περίπου 10 εκατομμύρια self-driving αυτοκίνητα τα οποία θα χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες. Τα ημιαυτόματα και τα πλήρως αυτόματα αυτοκίνητα. Τα ημιαυτόματα αυτοκίνητα είναι αυτά που έχουν ορισμένες ικανότητες (π.χ., να σταματάνε όταν πλησιάσουν πολύ σε κάποιο αντικείμενο ή να οδηγούνται αυτόματα σε αυτοκινητόδρομο). Αντιθέτως, ένα πλήρες αυτόματο αυτοκίνητο μπορεί να οδηγήσει μέχρι τον προορισμό που θα του ζητηθεί χωρίς την παρέμβαση οδηγού. Η ασφάλεια θεωρείται το μεγαλύτερο πλεονέκτημα των αυτόματων αυτοκινήτων. Συγκεκριμένα, αυτά τα αυτοκίνητα είναι εξοπλισμένα με ένα μεγάλο αριθμό αισθητήρων με λέιζερ για να μετρούν με ακρίβεια την απόστασή τους από άλλα αυτοκίνητα ή αντικείμενα, έχουν επίσης ραντάρ καθώς και βιντεοκάμερες για να συλλέγουν πληροφορίες από τον δρόμο. Τα στοιχεία λοιπόν, που συλλέγουν επεξεργάζονται αμέσως σε συγχρονισμό με την τοποθεσία του αυτοκινήτου από το GPS και το σύστημα πλοήγησης. Ως αποτέλεσμα, τα αυτοκίνητα αυτά εξοικειώνονται στην αυτόματη πλοήγηση. Το IoT σε αυτή την περίπτωση εφαρμόζεται στις αντιδράσεις αλλά και στην επικοινωνία των έργων υποδομής, μεταξύ των αυτομάτων αυτοκινήτων. [8]

1.3 Ο όρος ‘Smart’

Αυτός ο όρος από μόνος του παραπέμπει σε κάτι το οποίο μπορεί να είναι αντικείμενο, καθώς στην προκειμένη περίπτωση μιλάμε για **Internet of Things**, και μπορεί να αλληλοεπιδράσει ή κάνει πολλές λειτουργίες χωρίς να εξαρτάται απαραίτητα από τον ανθρώπινο παράγοντα. Τελευταία αυτού του είδους τα αντικείμενα πληθαίνουν ραγδαία. Πολλά από αυτά τα χρησιμοποιούνται στην καθημερινότητα όλων όπως για παράδειγμα τις

Smart τηλεοράσεις ή τα Smart Watches χωρίς να αντιλαμβάνεται από όλους ότι χρησιμοποιούν την λειτουργία Internet of Things.

Από την στιγμή που η τεχνολογία δίνει τη δυνατότητα να συνδέονται στο διαδίκτυο περισσότερα αντικείμενα από ότι άνθρωποι ο αυτοματισμός εξελίχθηκε καθώς και η επικοινωνία μεταξύ των άψυχων πραγμάτων. Κάπως έτσι οι επιλογές είναι αμέτρητες.

Κάποιοι τομείς που εφαρμόζεται ο όρος Smart είναι το περιβάλλον, η κοινωνική αλληλεπίδραση, οι έξυπνες αγορές, οι συσκευές οικιακού αυτοματισμού καθώς και την αντιμετώπιση καταστάσεων έκτακτης ανάγκης. Έτσι διακρίνονται κάποιοι τρόποι με τους οποίους αλλάζει η ζωή των ανθρώπων προς το καλύτερο. Στην συνέχεια αναλύονται κάποιες εφαρμογές του όρου.

Έξυπνες πόλεις

Είναι μια διαδικασία ή αλλιώς μια σειρά διαδικασιών με τις οποίες οι πόλεις γίνονται πιο «βιώσιμες» και «ανθεκτικές» και με αυτό τον τρόπο μπορούν να ανταποκριθούν πιο γρήγορα στις νέες προκλήσεις της καθημερινότητας.



Εικόνα 2: Smart City

Οι διοικητικές αρχές αυτών των Smart Cities αξιοποιούν καινοτομίες και τεχνολογίες αιχμής για να καταστήσουν αποτελεσματικότερη τη διακυβέρνηση τους ενισχύοντας την τοπική οικονομία και λειτουργώντας με νέους βιώσιμους τρόπους, ώστε να αντιμετωπίσουν προβλήματα της κοινωνίας όπως η φτώχεια, η ανεργία, ο αποκλεισμός και το υποβαθμισμένο περιβάλλον.

Στις έξυπνες πόλεις, οι ψηφιακές τεχνολογίες αξιοποιούνται και μεταφράζονται σε καλύτερες υπηρεσίες προς τους πολίτες, την καλύτερη χρήση των πόρων και λιγότερες επιπτώσεις στο περιβάλλον. Ωστόσο μέσω των έξυπνων πόλεων πολλοί άλλοι τομείς και κλάδοι επωφελούνται. Πρόκειται για μια παγκόσμια τάση, η οποία προσφέρει μεταξύ άλλων,

πληθώρα ευκαιριών για επένδυση σε νέες μορφές «έξυπνης» επιχειρηματικότητας. Κάποια παραδείγματα που εφαρμόζονται είναι:

- **Έξυπνος φωτισμός:** Ευφυής και προσαρμόσιμος φωτισμός με βάση τις καιρικές συνθήκες για των φωτισμό των δρόμων για την αποφυγή σπατάλης.
- **Έλεγχος κατάστασης:** Παρακολούθηση των υλικών συνθηκών σε κτίρια, γέφυρες, ιστορικά μνημεία.
- **Ανίχνευση Smartphones:** Εντοπισμός συσκευών που λειτουργούν με Wi-Fi ή Bluetooth.
- **Διαχείριση απορριμμάτων:** Ανίχνευση των επιπέδων των σκουπιδιών για τη βελτιστοποίηση των δρομολογίων συλλογής απορριμμάτων.
- **Έξυπνοι δρόμοι:** Αυτοκινητόδρομοι με προειδοποιητικά μηνύματα ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες ή απροσδόκητα γεγονότα όπως ατυχήματα ή κυκλοφοριακή συμφόρηση.

Στην Ελλάδα, δύο είναι προς το παρόν οι πόλεις που κατέχουν αυτόν τον τίτλο, τα Τρίκαλα και το Ηράκλειο, ενώ και άλλες πόλεις, όπως η Θεσσαλονίκη, εφαρμόζουν σχετικά προγράμματα. Μάλιστα, σύμφωνα με τον οργανισμό Intelligent Community Forum, οι δύο πρώτες έχουν καταταγεί στις 21 πιο «έξυπνες» πόλεις του κόσμου!

Είναι χαρακτηριστικό ότι η δημοτική εταιρεία e-Trikala ΑΕ, λειτουργεί από το 2004 ενώ τα Τρίκαλα έχουν την διάκριση της πρώτης «Έξυπνης Πόλης» στην Ελλάδα, ενσωματώνοντας στην καθημερινότητα των πολιτών τεχνολογικά προηγμένες λύσεις και προσφέροντας τους πληθώρα υπηρεσιών μέσω μιας πλατφόρμας ηλεκτρονικής διακυβέρνησης.

Σ' αυτές περιλαμβάνεται ελεύθερη πρόσβαση στο Ίντερνετ, τηλεϊατρικές υπηρεσίες, λεωφορεία χωρίς οδηγό, χρήσης συστημάτων τηλεματικής και κινητής τηλεφωνίας, πληροφορίες για την κίνηση των μέσων μαζικής μεταφοράς για διαθέσιμες θέσεις παρκινγκ, όπως και η πλατφόρμα e-Dialogos μέσα από την οποία οι δημότες μπορούν να συμμετέχουν στη διαδικασία λήψης αποφάσεων για την Πόλη τους.

Αντίστοιχα, ο Δήμος Ηρακλείου προσφέρει εκατοντάδες υπηρεσίες μέσω της ηλεκτρονικής πύλης του, στις οποίες κυρίαρχη θέση έχει η επικοινωνία μεταξύ των δικών του υπηρεσιών ώστε οι πολίτες να απολαμβάνουν ιδιαίτερες ευκολίες, εξοικονομώντας χρόνο και χρήμα.

[24]

Έξυπνο σπίτι

Στόχος του έξυπνου σπιτιού είναι να επιτευχθούν τα επίπεδα άνεσης, ασφάλειας αλλά και η μείωση των συνολικών δαπανών αναλόγως με τις απαιτήσεις των ανθρώπων. Το σπίτι αυτό θα έχει την πλήρη επίγνωση του τι συμβαίνει μέσα στο κτίριο για την βελτίωση της διαβίωσης.

Για παράδειγμα, θα είναι σε θέση να αντιμετωπίσει επαρκώς θέματα ασφαλείας όπως μια πυρκαγιά, κλοπή ή κάποια παράνομη είσοδο. Για να είναι αυτό λειτουργικό απαιτείται η συνεργασία με διάφορους φορείς, όπως εταιρείες του Διαδικτύου, κατασκευαστές συσκευών, φορείς τηλεπικοινωνιών, εταιρείες προστασίας, ηλεκτρικής ενέργειας κ.α. Π.χ.:

- **Χρήση ενέργειας και νερού:** Η κατανάλωση ενέργειας και νερού παρακολουθείται ώστε να ληφθούν οι κατάλληλες συμβουλές για τη μείωση των πόρων και του κόστους.
- **Περιμετρικός έλεγχος πρόσβασης:** Έλεγχος πρόσβασης σε ζώνες απομακρυσμένης πρόσβασης και ανίχνευση ατόμων.
- **Ανίχνευση εισβολής:** Ανίχνευση παραθύρων και θυρών για τυχόν παραβιάσεις.
- **Απομακρυσμένες συσκευές ελέγχου:** Δυνατότητα ενεργοποίησης και απενεργοποίησης συσκευών εξ' αποστάσεως για αποφυγή ατυχημάτων και εξοικονόμηση ενέργειας.



Εικόνα 3: Smart House

Και τέλος, όσον αφορά το κόστος κατασκευής ενός έξυπνου σπιτιού διαφέρει από κατοικία σε κατοικία και εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως αν είναι προϋπάρχουν το οίκημα ή υπό κατασκευή, πόσες λειτουργίες και ποιες μπορούν να διαχειριστούν έξυπνα, ποιες είναι οι παρούσες και μελλοντικές απαιτήσεις του κτιρίου κ.α.

Έξυπνο περιβάλλον

Το έξυπνο περιβάλλον θα μπορούσε να χαρακτηριστεί και ως «έξυπνη ενέργεια» αφού σε αυτό περιλαμβάνεται κυρίως η εκμετάλλευση των πηγών ενέργειας ως προς την καλύτερη και βιώσιμη χρησιμοποίησή της. Σαν ιδέα είναι δύσκολο να υλοποιηθεί αφού θα πρέπει να γίνει παραπομπή στην φύση με αισθητήρες, οθόνες και υπολογιστικά στοιχεία. Ωστόσο κάποια παραδείγματα που θα μπορούσε να υλοποιηθεί είναι:

- **Έλεγχος ατμοσφαιρικής ρύπανσης:** Έλεγχος των βλαβερών εκπομπών CO₂ κυρίως από εργοστάσια ή από αυτοκίνητα ακόμη και τοξικών ουσιών που προέρχονται από αγροκτήματα.
- **Παρακολούθηση καιρικών συνθηκών:** Για παράδειγμα, παρακολούθηση επιπέδων χιονιού για την καλύτερη αντιμετώπιση στην κυκλοφορία των πόλεων. Ακόμη και στα χιονοδρομικά κέντρα για την ενημέρωση των χειμερινών αθλητών.
- **Ανίχνευση σεισμικών δονήσεων:** Δυνατότητα ελέγχου εγκαίρως για τυχόν δονήσεις σε συγκεκριμένες περιοχές κυρίως σεισμογενείς.

Λιανική Πώληση

Όπως αναφέρθηκε νωρίτερα το IoT έχει εισαχθεί για τα καλά στην λιανική πώληση με τρανταχτό το παράδειγμα της Amazon. Αντιλαμβάνεται λοιπόν πλήρως τις ανάγκες των πωλητών αλλά και των πελατών.

Η εφαρμογή του στην λιανική πώληση μπορεί να βοηθήσει στην σύγκριση των τιμών των προϊόντων και να δίνει πληροφορίες στους πελάτες, στα καταστήματα αλλά και στις επιχειρήσεις. Αυτό μπορεί να μειώσει σημαντικά τον χρόνο βελτίωσης των αγορών και να συμβάλλει στην ικανοποίηση των πελατών. Πιο συγκεκριμένα οι λειτουργίες μπορούν να είναι οι εξής:

- **Έλεγχος προμηθειών:** Παρακολούθηση των προϊόντων και τον χώρο αποθήκευσης τους.
- **Διαχείριση αποθεμάτων:** Έλεγχος αποθεμάτων στις αποθήκες και τα ράφια για την καλύτερη δυνατή ανανέωση τους και αποφυγή μη εξυπηρέτησης των πελατών.
- **Εφαρμογή έξυπνου μάρκετινγκ:** Παροχή συμβουλών σε σημεία πωλήσεων σύμφωνα με τις αγοραστικές συνήθειες των πελατών.

Εξ' αποστάσεως Ιατρική Παρακολούθηση

Αδιαμφισβήτητο ο έλεγχος και η πρόληψη είναι αναγκαία για της διατήρηση της υγείας. Έτσι λοιπόν, με την βοήθεια της τεχνολογίας όλες οι ιατρικές συσκευές μπορούν να

μετατραπούν σε IoMT (Internet of Medical Things) και να μπορούν να ανιχνεύσουν δεδομένα για την παρακολούθηση των ασθενών ακόμη και απομακρυσμένα. Η αυξανόμενη συμμετοχή των ασθενών στην ανανέωση αυτών των συσκευών έχει ενισχύσει τις υπηρεσίες υγειονομικής περίθαλψης.



Εικόνα 4 : The Internet of Medical Things

Παρέχοντας ατομικά δεδομένα με γνώμονα τη θεραπευτική αγωγή και βελτιστοποιημένες συσκευές σύμφωνα με τη φυσιολογία του κάθε ανθρώπου, το IoMT αναβαθμίζει τόσο την προσωπική φροντίδα όσο και το βιοτικό επίπεδο. Οι συσκευές αυτές μπορούν να είναι σε διάφορες «έξυπνες» μορφές όπως φορητές (wearable), συσκευές περίθαλψης και smartphone εφαρμογές υγειονομικής περίθαλψης, οι οποίες είναι σε θέση να επικοινωνούν με ιατρικό προσωπικό σε απομακρυσμένες περιοχές. Εκτός από τη χρησιμότητα τους στη διαχείριση της υγείας, χρησιμοποιούνται και για πρόληψη ασθενειών. Κάποιες από τις λειτουργίες είναι:

- **Απομακρυσμένη φροντίδα και παρακολούθηση:** Τα δεδομένα από τις συσκευές καταχωρούνται σε κεντρική βάση που συνδέεται με το γραφείο του γιατρού του κάθε ασθενούς. Η συγκέντρωση και επεξεργασία των δεδομένων του ασθενή επιτρέπουν την αυτοματοποίηση της υγειονομικής περίθαλψης, αναλύοντας νέα δεδομένα και καταγράφει την μελλοντική πορεία για τη διαχείριση του ασθενή.
- **Διαχείριση χρόνιων ασθενών:** Οι συσκευές IoMT μπορούν να βοηθήσουν στην πρόληψη και αντιμετώπιση μακροχρόνιων νοσημάτων όπως η υπέρταση, η καρδιακή ανεπάρκεια και ο διαβήτης. Οι συσκευές που χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση παραμέτρων όπως η αρτηριακή πίεση, τα επίπεδα σακχάρου στο αίμα, το βάρος και οι συγκεντρώσεις ηλεκτρολυτών μέσα στο σώμα δίνουν αυτές τις πληροφορίες. Η διαδικασία επεξεργασίας των στοιχείων γίνεται με μεγάλη προσοχή καθώς τα στοιχεία μπορεί να χρησιμοποιηθούν για μελλοντικές αλλαγές στην θεραπεία.
- **Προσωπική φροντίδα:** Οι συσκευές IoMT έχουν διευκολύνει την επιτήρηση της υγείας με σύστημα παρακολούθησης για τη διατροφή, τη σωματική δραστηριότητα

και την ποιότητα ζωής. Καινοτόμες συσκευές παρακολουθούν συνεχή δεδομένα σχετικά με τη δραστηριότητα των ασθενών. Επιπλέον, οι απομακρυσμένες δυνατότητες δικτύωσης των συσκευών αυτών παρέχουν βοήθεια σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης.

- **Απομακρυσμένη παρέμβαση:** Τα δεδομένα που λαμβάνουν σε πραγματικό χρόνο από τους αισθητήρες δίνουν τη δυνατότητα στους γιατρούς να διαχειριστούν τα φάρμακα που θα χορηγούν καθώς και να αξιολογήσουν την κατάσταση σε περίπτωση ανάγκης.
- **Διαχείριση φαρμάκων:** Τα φάρμακα που βασίζονται σε IoMT τεχνολογίες, μπορούν να διαχειρίζονται προβλήματα διαθεσιμότητας όπως και το κόστος προμήθειας των φαρμάκων. Επιπλέον, τελευταία έχουν ανακαλυφθεί και τα «έξυπνα» χάπια τα οποία δίνουν τη δυνατότητα παρακολούθησης των δόσεων του φαρμάκου.

Έξυπνη Γεωργία και Κτηνοτροφία

Είναι πλέον γνωστό ότι, οτιδήποτε μπορεί να επικοινωνήσει με το Ίντερνετ και να αλληλοεπιδράσει αμέσως μπορεί να χαρακτηριστεί «έξυπνο». Έτσι λοιπόν και στην γεωργία και την κτηνοτροφία μπορούν να επέλθουν ριζικές αλλαγές όπως αύξηση παραγωγής τροφίμων και πλήρης παρακολούθηση της παραγωγής.

Για παράδειγμα, στην κτηνοτροφία η σύνδεση των ζώων με αισθητήρες σαν τύπου εμφυτεύματα επιτρέπουν στους αγρότες να παρακολουθούν την υγεία των ζώων, τις κινήσεις τους καθώς και την αποδοτικότητα τους.

Από την άλλη, στην γεωργία διάφορες είναι οι πρακτικές που μπορούν να αυξήσουν την παραγωγή, τη μείωση των εκπομπών, αλλά και να ενισχύσουν την αποθήκευση του άνθρακα στα γεωργικά εδάφη και τη βιομάζα.

Για παράδειγμα, θα διευκολυνθεί ο έλεγχος συνθηκών στα θερμοκήπια με στόχο την μεγιστοποίηση της παραγωγής φρούτων και λαχανικών αλλά και την ποιότητα τους.

1.3.1 Ενεργειακή αναβάθμιση κτιρίων του Α.Τ.Ε.Ι. Πειραιά

Το Ανώτατο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πειραιά βρίσκεται στο Δήμο Αιγάλεω και είναι έκτασης περίπου 100.000m², στον ευρύτερο χώρο του οποίου στεγαζόταν η Ακαδημία του Πλάτωνα.

Το συγκεκριμένο έργο αφορούσε την ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων Α, Β, Γ τα οποία κτίστηκαν το 1982.

Η συνολική επιφάνεια δόμησης των τριών κτιρίων είναι 24.570,00 m².



Εικόνα 5 : Ενεργειακή αναβάθμιση Α.Τ.Ε.Ι. Πειραιά

Το έργο αφορά τις εργασίες που πραγματοποιήθηκαν στα κτίρια Α, Β, Γ με στόχο την ενεργειακή αναβάθμιση με σκοπό να μειωθεί η κατανάλωση ενέργειας και να αντικαταστήσει τις ανάγκες για θέρμανση και ψύξη των εγκαταστάσεων. Έτσι μειώνεται σημαντικά το κόστος λειτουργίας, η ασφάλεια των εγκαταστάσεων είναι αρκετά μεγαλύτερη και οι συνθήκες εκπαίδευσης πολύ καλύτερες.

Πιο συγκεκριμένα η τοποθέτηση νέων ενεργειακών κουφωμάτων αλουμινίου, η μόνωση στα δώματα των κτιρίων, η φύτευση δώματος εκτατικού τύπου, η τοποθέτηση ανεμιστήρων οροφής, η τοποθέτηση εξωτερικών σκιαδίων με αυτορρυθμιζόμενο ηλεκτροκίνητο σύστημα BMS για την σκίαση των εγκαταστάσεων και το βάψιμο των επιφανειών με ενεργειακά χρώματα ήταν οι εργασίες που συνέβαλλαν στην ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων. [10]

1.4 Ιδιωτικότητα και Ασφάλεια στο ΙοΤ

Όπως προαναφέρθηκε ο πολλαπλασιασμός των συσκευών ΙοΤ προσφέρει πρωτοφανείς ευκαιρίες τόσο στους καταναλωτές όσο και στις επιχειρήσεις. Καθώς λοιπόν η έννοια του «έξυπνου» γίνεται η προτεραιότητα των νέων συσκευών, οι καταναλωτές χάνουν σταδιακά την ευκαιρία να παρακολουθούν και να ελέγχουν τα δεδομένα που συλλέγονται για αυτούς. Οι συσκευές συνδυάζουν δεδομένα από διαφορετικές πηγές εξάγοντας συμπεράσματα από τις συνήθειες, τις κινήσεις ακόμη και τα συναισθήματα των ανθρώπων. Αυτό αμέσως τους καθιστά ευάλωτους σε κινδύνους του Διαδικτύου.

Η τεχνολογία ΙοΤ αποτελείται από RFID tags, sensors, Bluetooth και Near Field Communications. Όλα λοιπόν τα δεδομένα που προέρχονται από αυτές τις τεχνολογίες αποθηκεύονται σε κάποιο cloud υπηρεσία. Για παράδειγμα, είναι εύκολο να παρέμβει κάποιος στην επικοινωνία ενός smart watch και του server ώστε να υποκλέψει και να εξάγει πληροφορίες που μπορούν να βλάψουν τον χρήστη.

Η ασφάλεια είναι κυρίαρχη προτεραιότητα στη διάδοση των τεχνολογιών και εφαρμογών IoT. Γι' αυτό λοιπόν οι συσκευές που χρησιμοποιούν IoT θα πρέπει να είναι σε θέση να επιβάλλει δική της ασφάλεια όσον αφορά την πρόσβαση στο διαδίκτυο, τις συσκευές αλλά και τους χρήστες. Ένα ασφαλές δίκτυο έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- Ακεραιότητα (Integrity)
- Πιστοποίηση (Authentication)
- Εμπιστευτικότητα (Confidentiality)
- Κρυπτογράφηση (Encryption)

Η κρυπτογράφηση μπορεί από μόνη της να εξασφαλίσει όλες τις παραπάνω λειτουργίες στα πακέτα και τα σήματα που ανταλλάσσονται στο δίκτυο.

Επιπλέον, ένας λόγος που επιτρέπει σε κακόβουλους να απορροφήσουν πληροφορίες είναι η μικρή υπολογιστική ισχύς ή το χαμηλό κόστος που κάποιοι αλγόριθμοι ασφαλείας προσφέρουν. Αυτό γίνεται κυρίως σε κινητά τηλέφωνα αλλά και σε υπολογιστές. Σε έναν υπολογιστή βέβαια, ο οποίος είναι συνδεδεμένος στο Διαδίκτυο μπορεί να έχει πολλούς περισσότερους τρόπους ασφαλείας καθώς μπορεί να χρησιμοποιεί συνδυασμό σουιτών ασφαλείας. Κάτι το οποίο προστατεύει την ιδιωτικότητα του χρήστη.

Αντιθέτως, σε μικρότερες συσκευές δεν υπάρχει αυτή η πολυτέλεια, όπως στο smart watch όπως αναφέρθηκε Στόχος των τεχνολογιών IoT είναι να δημιουργούνται υπηρεσίες με όσο το δυνατό μικρότερο κόστος και κατά συνέπεια μικρότερη τιμή πώλησης. Συνεπώς η απόδοση της συσκευής θα είναι ανάλογη του κόστους παραγωγής, με λίγα λόγια η ποιότητα της δεν θα είναι σε θέση να αντιμετωπίσει επιθέσεις και τελικά θα καθίσταται ευάλωτο.

Κάποιοι σημαντικοί κίνδυνοι που απειλούν τη συσκευή και γενικότερα την υπηρεσία του IoT, και συνεπώς τα προσωπικά στοιχεία των χρηστών είναι:

Επίθεση Ενδιάμεσου Κόμβου (Man In the Middle-Attack)

Συχνές απειλές σε ένα δίκτυο πραγμάτων είναι η παρεμβολή και η υποκλοπή σήματος. Το μπλοκάρισμα της ασύρματης επικοινωνίας μεταξύ των κόμβων είναι το πιο απλό παράδειγμα. Πιο αναλυτικά η ροή της κυκλοφορίας που προορίζονται για τη σύνδεση με κάποιο τρόπο διαταράσσεται ή εξαλείφεται τελείως λόγω άλλων ανεπιθύμητων ροών. Αυτή θεωρείται η διαδικασία της παρεμβολής.

Υποκλοπή είναι η επίθεση ενός ενδιάμεσου κόμβου που στοχεύει στην κλοπή ή ακόμη και στην αλλαγή των πληροφοριών μεταξύ της επικοινωνίας. Μπορεί να γίνει σε οποιοδήποτε στάδιο της επικοινωνίας. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται αλλιώς και «Man in the middle

attack» και μπορεί να επιτευχθεί με την παρέμβαση του επιτηδείου στέλνοντας δυο binding updates (δηλαδή αποστολή λανθασμένου μηνύματος) , έναν στον χρήστη και έναν στον server με τον οποίο επικοινωνεί. [21]



Εικόνα 6: Man, in the Middle Attack

Μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση σε RFID

Η τεχνολογία RFID αποτελεί το σήμα κατατεθέν του IoT. Ωστόσο είναι ιδιαίτερα ευάλωτη αφού μπορεί να διαβαστεί η πληροφορία της ετικέτας ακόμη και να τροποποιηθεί. Αυτό οφείλεται πολλές φορές στην έλλειψη ενός προτύπου επικοινωνίας. Κάποια παραδείγματα απειλών των RFID είναι η δημιουργία πλαστής ταυτότητας ετικέτας, απενεργοποίηση και αποκόλληση ετικέτας, παρακολούθηση, μπλοκάρισμα, παρεμβολή και πλαστή ταυτότητα αναγνώστη.

Επίσης πολύ σημαντικός είναι και ο κίνδυνος συμφόρησης των σημάτων. Το σήμα που εκπέμπεται από έναν πομπό θα πρέπει να φθάνει στον δέκτη που απευθύνεται και αντίστροφα, καθώς υπάρχει μεγάλος κίνδυνος να στέλνονται λανθασμένες πληροφορίες. Για παράδειγμα, μπορεί κάποιος να δημιουργήσει μια πλαστή ταυτότητα και να αποκτήσει τον σειριακό αριθμό της ετικέτας RFID με σκοπό να εξαπατήσει τον αναγνώστη στο να δεχτεί μια άλλη ετικέτα RFID. Τα δεδομένα αυτά μπορούν να αποκωδικοποιηθούν με συνέπεια να αυτό μπλοκάρεται ο χρήστης λόγω της σύγχυσης που δημιουργείται.

Τέλος, συνήθως τα συστήματα RFIDs μικρού κόστους κατασκευής είναι πιο ευάλωτα στο να παραβιαστούν.

Θέματα Wireless sensor networks (WSNs)

Τα WSN δίκτυα έχουν συνήθως μικρό χώρο αποθήκευσης άρα και λιγότερες δυνατότητες υπολογισμών και στενό εύρος αντίληψης. Γι' αυτό είναι και αρκετά ευάλωτα σε κινδύνους ασφαλείας στο δίκτυο. Για παράδειγμα κατά τη διάρκεια συλλογής των δεδομένων το μήνυμα που στέλνεται μπορεί να πέσει σε κακόβουλη δρομολόγηση, αλλοίωση κ.α.

Κάποια παραδείγματα επιθέσεων που δέχονται στο WSN είναι:

Hello Flood Attack, Denial of Service attack (DoS), Selective Forwarding & Black hole attacks, Wormhole attacks, Sinkhole attacks, Sybil attacks.

Μια από τις απειλές που αναφέρθηκε και αξίζει να σημειωθεί είναι καθώς είναι από τις πιο διαδεδομένες είναι το Denial of Service attack (DoS). Αυτό που δημιουργεί στο σύστημα και το κάνει να «πέφτει» είναι το να κάνει επανάληψη χρήσης τόσες φορές ώστε να το μπλοκάρει και να μην μπορεί να ανταπεξέλθει στην «ζήτηση». Τα μη επαρκή πρωτόκολλα ασφαλείας είναι λόγος για hacking, με λίγα λόγια οι επιτήδειοι δημιουργούν κώδικες που μετατρέπουν τις συσκευές σε «botnets» και συνεπώς αυτές οι συσκευές που είναι συνδεδεμένες στο διαδίκτυο δημιουργούν ψευδή κίνηση προς τους servers και διακόπτεται η λειτουργία τους.

Οι παραπάνω πιθανές επιθέσεις μπορούν να επιλυθούν με εφαρμογή της κρυπτογράφησης ώστε να κωδικοποιείται η πληροφορία με ένα μυστικό κλειδί το οποίο θα έχει στην κατοχή του μόνο ο δέκτης ώστε να επιτευχθεί η εμπιστευτικότητα . Τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων θα πρέπει να διασφαλίζουν τη βιωσιμότητα των υπηρεσιών του δικτύου. Για τη διασφάλιση αυτών των μηνυμάτων θα πρέπει το ασύρματο δίκτυο αισθητήρων να προστατεύει τις πηγές του. Ο δέκτης έτσι θα μπορεί να επιβεβαιώσει εάν και εφόσον η πληροφορία στάλθηκε από τον ισχυρίζοντα αποστολέα. Με την εμπιστευτικότητα το μήνυμα δύσκολα αποκαλύπτεται σε έναν εισβολέα.

Ένα εμφανές παράδειγμα είναι η κατάχρηση του Cloud Computing, καθώς εκεί παραμένουν τα δεδομένα και από εκεί γίνεται η κατανομή των πόρων μεταξύ των servers. Είναι ο πιο εύκολος στόχος απειλής όπως Man-in-the-middle-attack (MITM), που αναφέρθηκε προηγουμένως, δηλαδή η υποκλοπή ή και τροποποίηση των δεδομένων από κακόβουλους.

Η εμπιστευτικότητα μπορεί να θεωρηθεί αρκετά δύσκολο να εφαρμοστεί διότι πολλές αρχιτεκτονικές που ακολουθούν κάποιες συσκευές IoT παρέχουν μικρή υπολογιστική ισχύ.

1.4.1 Αρχιτεκτονική των συσκευών IoT

Η ασφάλεια των συσκευών του IoT χρίζει προσοχής από τον δημιουργό του κάθε συστήματος. Είναι πολύ σημαντικό να παρέχεται σε όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής ενός IoT. Οι επιχειρήσεις που δημιουργούν τέτοιες συσκευές ακόμη και οποιοσδήποτε πάρει την πρωτοβουλία να δημιουργήσει κάποια θα πρέπει να αναλογιστούν την ασφάλεια του συστήματος. Είναι σαφές ότι μία επιχείρηση διαθέτει ένα κεφάλαιο, τεχνογνωσία αλλά και πείρα ώστε να μπορέσει το προσωπικό να εστιάσει στην διασφάλιση της ιδιωτικότητας σε

σχέση με κάποιον που αποφασίζει να το κάνει μόνος του, του οποίου το αποτέλεσμα θα είναι η ύπαρξη μη ασφαλών εφαρμογών.

Η αρχιτεκτονική ενός IoT θα πρέπει να κατέχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- **Ασφαλής εκκίνηση:** Με κάθε εκκίνηση της συσκευής θα απαιτείται ψηφιακή υπογραφή για την διασφάλιση της αυθεντικότητας και της ακεραιότητας.
- **Πρόσβαση:** Απαραίτητο θα είναι να συνδέονται στη συσκευή μόνο οι πόροι που χρειάζονται για την κάθε λειτουργία και με την παροχή εξουσιοδότησης για να κάνουν την κάθε λειτουργία. Με αυτόν τον τρόπο ελαχιστοποιείται η παραβίαση της ασφάλειας.
- **Ταυτότητα Συσκευής:** Κάθε συσκευή πριν συνδεθεί στο δίκτυο για λήψη ή μετάδοση δεδομένων θα πρέπει να πιστοποιείται.
- **Firewalls και IPS:** Οι συσκευές θα πρέπει να έχουν τείχος προστασίας και δικά τους πρωτόκολλα επικοινωνίας με άλλες συσκευές.
- **Ενημερώσεις:** Θα πρέπει οι συσκευές να είναι σε θέση να κάνουν συχνά ενημερώσεις.

2 Τεχνολογίες IoT

Ήταν αναπόφευκτο ότι η ανάπτυξη των υπολογιστικών συστημάτων θα έφερνε νέες συσκευές και τεχνολογίες, πόσο μάλλον για την χρήση του IoT. Η ανάγκη για εύρεση αποτελεσματικών τεχνολογιών οι οποίες έχουν τη δυνατότητα να κάνουν τα πράγματα να εντοπίζονται και να επικοινωνούν μεταξύ τους έφερε τις εξής ανακαλύψεις. Η ψηφιακή ανίχνευση λοιπόν καθοδηγεί όλα τα ενσωματωμένα συστήματα πληροφορικής και επικοινωνίας, τα οποία συνδέονται με σύστημα RFID (αναγνώριση ραδιοσυχνοτήτων), ασύρματων δικτύων αισθητήρων (WSN), micro-chips, barcodes, QR (Quick Response) κωδικούς, Bluetooth, Wi-Fi, Big Data, Cloud Computing κ.α.

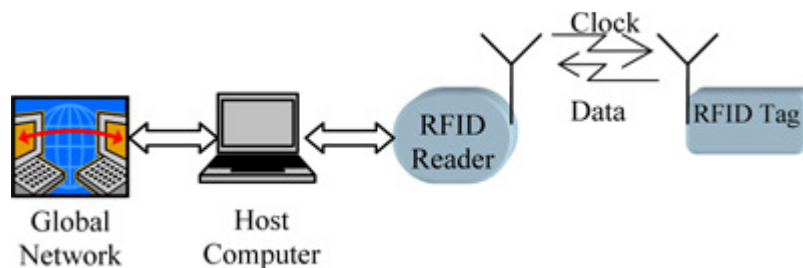
Radio Frequency Identification (RFID)

Το RFID, δηλαδή το σύστημα αναγνώρισης ραδιοσυχνοτήτων αποτελεί την βασικότερη τεχνολογία του IoT για την αναγνώριση, τον προσδιορισμό και την σύνδεση των πραγμάτων. Πιο συγκεκριμένα λειτουργεί σε τεχνολογίες που χρησιμοποιούν ραδιοκύματα για την ανίχνευση και τον προσδιορισμό ανθρώπων ή και αντικειμένων. Επίσης είναι η τεχνολογική εξέλιξη των barcodes (ραβδωτών κωδίκων).

Η λειτουργία των συστημάτων RFID για την συλλογή πληροφοριών γίνεται μέσω ηλεκτρονικών ετικετών και αισθητήρων. Δηλαδή τα δύο μέρη που την αποτελούν: τα RFID tags (ετικέτες) και readers οι (αισθητήρες).

Όσον αφορά τους αισθητήρες που είναι υπεύθυνοι για την επικοινωνία των ετικετών αποτελούνται από μια κεραία. Εκτελούν δυο βασικές λειτουργίες : αρχικά τον καθορισμό των ενεργειών δηλαδή την αποστολή σήματος όπου χρειάζεται , την ανάγνωση ή εγγραφή των ετικετών. Και τέλος επικοινωνούν με το πληροφοριακό σύστημα.

Οι ηλεκτρονικές ετικέτες χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: ενεργές και παθητικές. Αρχικά οι ενεργές ετικέτες λειτουργούν σαν παροχή ισχύς μέσω της εκπομπής σημάτων δεδομένων και αποτελούνται από μια μπαταρία. Αντίθετα οι παθητικές δεν χρειάζονται τροφοδοσία αφού παίρνουν ισχύ από το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο μέσω της κεραίας της συσκευής. Παρακάτω θα δούμε τον τρόπο λειτουργίας ενός συστήματος RFID:

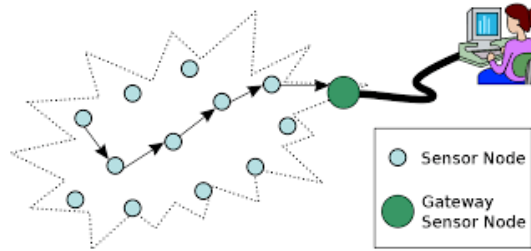


Εικόνα 7: Σύστημα RFID

Ένα από κύρια πλεονεκτήματα της εξάπλωσης της χρήσης των συστημάτων τεχνολογίας RFID είναι το χαμηλό κόστος λειτουργίας της. Από την πρώτη της χρήσης πριν από 50 χρόνια σημειώνει ιδιαίτερη απήχηση στους κλάδους της Βιομηχανίας και συγκεκριμένα αυτόν της ρομποτικής. [22]

Wireless Sensor Network (WSN)

Τα Wireless Sensor Network – WSN γνωστά ως ασύρματα δίκτυα αισθητήρων είναι απαραίτητα για την λειτουργία του Internet of Things διότι μέσω αυτών μπορούν να συλλεχθούν δεδομένα, να επεξεργαστούν ώστε να γίνουν οι δράσεις που χρειάζονται. Τα WSN δημιουργήθηκαν κυρίως για την ανταλλαγή δεδομένων και συνεργασία μεταξύ των πόρων. Για να επιτευχθεί αυτό είναι απαραίτητη η ύπαρξη κάποιου συντονιστή.



Εικόνα 8: WSN System

Το ασύρματο δίκτυο αισθητήρων αποτελείται από κόμβους οι οποίοι μπορούν να συνδεθούν με άλλον ένα ή και παραπάνω κόμβους. Ο κάθε κόμβος ωστόσο συνδέεται σε έναν ή και παραπάνω αισθητήρες. Ο κάθε κόμβος αποτελείται από έναν ραδιοπομποδέκτη με εσωτερική ή εξωτερική κεραία, από έναν μικροελεγκτή, από ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα και μια πηγή ενέργειας. Το μέγεθος του εκάστοτε κόμβου μπορεί να διαφέρει σε μέγεθος κάθε φορά. Όσον αφορά το κόστος τους διαφέρει και κυμαίνεται ανάλογα με την πολυπλοκότητα των αισθητήριων κόμβων τους.

Τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων διακρίνονται σε δύο κατηγορίες: στα Single Hop τα οποία στέλνουν κατευθείαν τα δεδομένα στον συντονιστή και στα Multi Hop στα οποία γίνεται μια πιο περίπλοκη διαδικασία αφού οι απομακρυσμένοι κόμβοι επικοινωνούν με τους κοντινότερους και στέλνουν τα δεδομένα τους μέχρι να φτάσουν στον «συντονιστή». [23]

2.1 Πρωτόκολλα WSN

Το Internet of Things χρησιμοποιεί πολλές τεχνολογίες και πρωτόκολλα, όπως ήδη αναφέρθηκε, αναλόγως με τις ανάγκες και την πολυπλοκότητα του project που θέλουμε να δημιουργήσουμε.

Στην συνέχεια θα δούμε κάποιες τέτοιες τεχνολογίες κάποιες από τις οποίες γνωρίζουμε και χρησιμοποιούμε στην καθημερινότητα μας. Τα πρωτόκολλα αυτά είναι το Wi-Fi, το Bluetooth, το ZigBee, το WiMAX, το UWB και πολλά άλλα τα οποία δημιουργήθηκαν με βάση τις ανάγκες του IoT. Κάποια από αυτά τα πρωτόκολλα θα αναλυθούν στην συνέχεια:

Wi-Fi

Το Wi-Fi ή αλλιώς IEEE 802.11 είναι ο πιο γνωστός τρόπος διασύνδεσης στο Διαδίκτυο. Το Wi-Fi που χρησιμοποιούμε αδιαμφισβήτητά στην καθημερινότητα μας μπορεί να προσαρμοστεί άμεσα στις IoT συσκευές και να τους επιτρέπεται η σύνδεση στο διαδίκτυο. Η τεχνολογία ωστόσο του Wi-Fi έχει μεγάλο κόστος καθώς καταναλώνει μεγάλα επίπεδα ενέργειας. Πιο αναλυτικά:

- Standard: Βασισμένο στο 802.11n
- Συχνότητα: 2.4GHz and 5GHz bands
- Εύρος: Περίπου 100m
- Data Rates: 600 Mbps maximum σύμφωνα με την συχνότητα εκπομπής και τον αριθμό κεραιών.

Το **WiMAX** επίσης αποτελεί τρόπο διασύνδεσης στο διαδίκτυο απλά διαθέτει πολύ μεγαλύτερο εύρος σύνδεσης, γύρω στα 35 χιλιόμετρα και παραπάνω σε σχέση με τα 100 m που προσφέρει το Wi-Fi. [7]

ZigBee

Το ZigBee είναι μια ασύρματη τεχνολογία ειδικά σχεδιασμένη για IoT εφαρμογές και μπορεί να καλύψει εφαρμογές που έχουν ανάγκες για χαμηλό κόστος και χαμηλή κατανάλωση ενέργειας. Μπορεί να υποστηρίξει συσκευές που λειτουργούν με μπαταρία καθώς αυτές απαιτούν χαμηλό ρυθμό μεταφοράς δεδομένων. Το πρωτόκολλο ZigBee έχει σχεδιαστεί να επικοινωνεί δεδομένα μέσω αφιλόξενων περιβαλλόντων ραδιοσυχνοτήτων που είναι κοινά σε εμπορικές εφαρμογές.

Βασίζεται στο πρότυπο IEEE 802.15.4. για τα ασύρματα προσωπικά δίκτυα (WPAN) όπως είναι τα ασύρματα ακουστικά που συνδέονται με ηλεκτρονικές συσκευές μέσω Bluetooth και εκπέμπει συχνότητες 2.4 GHz, 900 MHz και 868 MHz . [7]

Bluetooth

Το Bluetooth είναι ένα ευρέως διαδεδομένο βιομηχανικό πρότυπο για ασύρματα προσωπικά δίκτυα και για την δυνατότητα μεταφοράς δεδομένων σε κοντινές αποστάσεις μέσω μικροκυμάτων. Είναι ένα πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται σε κινητά τηλέφωνα, laptops, εκτυπωτές και γενικά σε wearable εφαρμογές.

Είναι ιδανικό για μεταφορά μικρών πακέτων δεδομένων και σε μικρές αποστάσεις, καθώς προσφέρει σημαντική μείωση στην κατανάλωση ενέργειας. Το σημαντικότερο με την μείωση της κατανάλωσης της ενέργειας είναι ότι η χρήση του Bluetooth μπορεί να μειώσει σημαντικά το κόστος και να είναι εξίσου αποδοτικό, διότι έως τώρα η παραδοσιακή τεχνολογία μείωνε σημαντικά τον χρόνο ζωής της μπαταρίας της συσκευής. Το μόνο μειονέκτημα της λειτουργίας του Bluetooth είναι ότι δε μπορεί να συνδεθεί απευθείας στο Ίντερνετ. Είχε υπολογιστεί ωστόσο ότι μέχρι το 2018 το 90% των συσκευών θα μπορούν να συνδεθούν Internet of Things όπως και έγινε.

Είναι σημαντικό να αναφέρουμε και την BLE «Bluetooth Low-Energy» η νεότερη έκδοση (5.0) που βοηθά στην βελτιωμένη λειτουργικότητα IoT και συμβάλλει στην εξοικονόμηση ενέργειας σε τεράστιο βαθμό. Το BLE μπορεί να επεκτείνει το φάσμα της σύνδεσης μεταξύ των συσκευών περίπου τέσσερις φορές περισσότερο από το δίκτυο Wi-Fi. Μέσω αυτής της τεχνολογίας συνδέονται πολλές συσκευές σε ένα περιβάλλον όπως για παράδειγμα το «έξυπνο» σπίτι. [7]

2.2 Cloud Computing

Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet of Things) είναι πλέον τόσο διαδεδομένο που είναι σχεδόν απαραίτητη η χρήση του Υπολογιστικού Νέφους (Cloud Computing) λόγω των τεράστιων όγκων δεδομένων που απαιτεί η λειτουργία του IoT.

Υπολογιστικό Νέφος είναι μια έξυπνη τεχνολογία υπολογιστών όπου αποτελείται από servers οι οποίοι συγκλίνουν σε μια πλατφόρμα cloud και μας δίνει τη δυνατότητα να αποθηκεύσουμε δεδομένα. Η λειτουργία αυτή επιτρέπει την πρόσβαση σε αυτά τα δεδομένα οποιαδήποτε στιγμή και από οποιοδήποτε μέρος βρισκόμαστε. Για την εξασφάλιση χωρητικότητας των προσωπικών δεδομένων, ο καταναλωτής/χρήστης αγοράζει έναν «Ιντερνετικό χώρο» της υπηρεσίας και ορίζεται ο «ιδιοκτήτης» των δεδομένων αυτών.



Εικόνα 9: Cloud Computing

Όσον αφορά την χρησιμότητα του Cloud στις IoT λειτουργίες είναι ιδιαίτερα σημαντική, ίσως το πιο σημαντικό τους μέρος. Τα IoT παράγουν μεγάλο όγκο δεδομένων ώστε να αναπτύξουν έξυπνες εφαρμογές για τους χρήστες. Δεν βοηθά μόνο στο να συνδέει τους διακομιστές αλλά αναλύσει και τις χρήσιμες πληροφορίες που λαμβάνονται από τους αισθητήρες παρέχοντας τους υψηλή ικανότητα αποθήκευσης.

Οι υπολογιστικοί πόροι του παρόχου χρησιμοποιούνται για να εξυπηρετήσουν πολλαπλούς καταναλωτές με διάφορους φυσικούς ή και εικονικούς πόρους αναλόγως με τη ζήτηση των καταναλωτών. Ο πελάτης δεν έχει γενικά τον έλεγχο ή την γνώση για την ακριβή τοποθεσία

των παρεχόμενων πόρων, μπορούν ωστόσο να μπορούν να προσδιορίσουν την τοποθεσία (π.χ. χώρα, κράτος ή datacenter).

Παραδείγματα πόρων αποτελούν οι αποθηκευτικοί χώροι, η επεξεργασία, η μνήμη, το bandwidth του δικτύου καθώς και οι εικονικές μηχανές. Ένας καταναλωτής μπορεί να δεσμεύσει από μόνος του τους υπολογιστικούς χώρους που χρειάζεται ανάλογα με τις ανάγκες του, όπως χρόνο στον server ή αποθηκευτικό χώρο στο Δίκτυο, σύμφωνα με το κόστος που θέτει η κάθε υπηρεσία.

Οι δυνατότητες που προσφέρουν οι υπηρεσίες Cloud είναι διαθέσιμες μέσω του δικτύου και προσβάσιμες μέσω τυποποιημένων μηχανισμών που προωθούν την χρήση μέσω thin ή thick client πλατφόρμες (π.χ. κινητά τηλέφωνα, φορητοί υπολογιστές και PDAs). Το cloud επίσης διαθέτει virtualization το οποίο εξελίσσεται ραγδαία τα τελευταία χρόνια.

Η ενσωμάτωση του IoT και του Cloud Computing δεν είναι όσο απλή φαίνεται αφού έχουν παρατηρηθεί κάποια σημαντικά ζητήματα. Αυτή η τεχνολογική επανάσταση αντιπροσωπεύει το μέλλον της συνδεσιμότητας και της προσβασιμότητας. Οι άνθρωποι θα πρέπει να εξοικειωθούν με αυτήν την εξέλιξη καθώς έχουν συνηθίσει σε πολύ απλούστερα πράγματα έως τώρα.

Στο Διαδίκτυο των Πραγμάτων, τα πράγματα όπως αναφέραμε προηγουμένως αναφέρονται σε οποιοδήποτε αντικείμενο είτε αυτό είναι μια συσκευή επικοινωνίας είτε ένα μη επικοινωνιακό αντικείμενο. Τα αντικείμενα γίνονται επικοινωνιακές κόμβοι μέσω του Διαδικτύου των Πραγμάτων μέσω μέσων επικοινωνίας δεδομένων, κυρίως μέσω ετικετών RFID (Radio Frequency Identification).

Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων περιλαμβάνει και πολλά έξυπνα αντικείμενα. Τα αντικείμενα που δεν είναι μόνο φυσικές οντότητες αλλά και ψηφιακές και εκτελούν ορισμένες εργασίες για τον άνθρωπο και το περιβάλλον. Η αρχιτεκτονική του IoT αποτελείται από τρία επίπεδα: το επίπεδο της αντίληψης, το επίπεδο δικτύου και το επίπεδο εφαρμογής.

Το cloud computing με λίγα λόγια είναι ένα μοντέλο που επιτρέπει ευέλικτη δικτυακή πρόσβαση σε ένα σύνολο υπολογιστικών πόρων (όπως δίκτυα, servers, αποθηκευτικούς χώρους, εφαρμογές και υπηρεσίες), τα οποία μπορούν να ανταπεξέλθουν γρήγορα και χωρίς να απαιτεί μεγάλη προσπάθεια διαχείρισης ή αλληλεπίδραση με τον πάροχο της υπηρεσίας. Αυτό το μοντέλο αποτελείται από πέντε βασικά χαρακτηριστικά, έξι μοντέλα παροχής υπηρεσιών και τέσσερα μοντέλα ανάπτυξης:

- **Private Cloud:** Είναι η υποδομή που λειτουργεί αποκλειστικά και μόνο για έναν χρήστη. Η διαχείριση της γίνεται από τον ίδιο οργανισμό εντός ή και εκτός των εγκαταστάσεων του οργανισμού.
- **Community Cloud:** Είναι η υποδομή που μοιράζονται πολλοί οργανισμοί και συνήθως υποστηρίζει μια κοινότητα με κοινό σκοπό (πχ. Θέματα ασφάλειας η πολιτικά). Η διαχείριση της γίνεται από τον ίδιο οργανισμό εντός ή και εκτός των εγκαταστάσεων του οργανισμού.
- **Public Cloud:** Είναι η υποδομή που διατίθεται σε ευρύ κοινό ή σε ομάδες εταιρειών και ανήκει σε έναν οργανισμό που πουλά υπηρεσίες Cloud.
- **Hybrid Cloud:** Αυτή η υποδομή είναι ο συνδυασμός δυο ή περισσότερων μοντέλων clouds (private, community ή public) τα οποία παραμένουν μοναδικές οντότητες αλλά συνδέονται με αποκλειστική τεχνολογία που επιτρέπει τη μεταφορά δεδομένων και εφαρμογών.

Στην συνέχεια θα δούμε τα μοντέλα παροχής υπηρεσιών τα οποία προσφέρουν διαφορετικές δυνατότητες. Είναι τα εξής:

- **Software as a Service (SAAS):** Μέσω αυτού του μοντέλου ο χρήστης μπορεί να χρησιμοποιεί τις εφαρμογές του εκάστοτε παρόχου σε cloud υποδομή. Αυτό είναι εφικτό μέσω ενός thin client interface, από διάφορες client συσκευές (πχ. Ένα πρόγραμμα περιήγησης στο Web). Ένα τέτοιο λογισμικό είναι το Google Drive και οι εφαρμογές που τρέχουν κατευθείαν σε αυτό. Ο καταναλωτής δεν έχει τον έλεγχο ή την διαχείριση της υποδομής παρά μόνο κάποιων user-specific ρυθμίσεων παραμετροποίησης των εφαρμογών.
- **Hardware as a Service (HASS):** Σε αυτό το μοντέλο υπάρχει συναλλαγή του προμηθευτή με τον καταναλωτή αφού ο προμηθευτής παρέχει hardware υλικό (όπως web servers, μνήμη CPU, αποθηκευτικό χώρο κ.α.) έναντι κάποιας αμοιβής (συνήθως μηνιαίας αναλόγως με την χρήση των πόρων που ζητά ο καταναλωτής).
- **Platform as a Service (PAAS):** Μέσω του PAAS ο καταναλωτής μπορεί να αναπτύσσει πάνω στην cloud υποδομή εφαρμογές που έχει δημιουργήσει ή εφαρμογές που έχει αποκτήσει. Ωστόσο δεν έχει τη δυνατότητα να διαχειριστεί ή να ελέγξει την cloud υποδομή δηλαδή τους, τα λειτουργικά συστήματα ή τα αποθηκευτικά μέσα. Έχει μόνο τον έλεγχο των εφαρμογών που έχουν αναπτυχθεί.
- **Infrastructure as a Service (IAAS):** Με αυτό το μοντέλο ο καταναλωτής μπορεί να δεσμεύσει για χρήση επεξεργαστική ισχύ, αποθηκευτικά μέσα, δίκτυα, αλλά και

άλλους υπολογιστικούς πόρους. Έχει επίσης την δυνατότητα να αναπτύξει και να εκτελέσει λογισμικό το οποίο να περιλαμβάνει λειτουργικά συστήματα και εφαρμογές. Δεν έχει ωστόσο, την διαχείριση ή τον έλεγχο της υποδομής του cloud παρά μόνο τον έλεγχο των λειτουργικών συστημάτων, των αποθηκευτικών μέσων και των εφαρμογών που έχουν ήδη αναπτυχθεί.

- **Database as a Service (DAAS):** Με αυτό το μοντέλο παρέχεται μια online υπηρεσία που διαθέτει την βάση δεδομένων και η χρήση της γίνεται μέσω κάποιου web application. Το κόστος αυτού του μοντέλου είναι ανάλογο με τη χρήση που του κάνουμε. Δηλαδή όσο περισσότερος κόσμος το χρησιμοποιεί τόσο μεγαλύτερο το κόστος. Μια τέτοια υπηρεσία είναι η mongo DB.
- **Storage as a Service (STAAS):** Σε αυτό το μοντέλο υπάρχει ένας πάροχος αποθηκευτικού χώρου στο Διαδίκτυο ο οποίος παρέχεται έναντι κάποιας αμοιβής. Ένα τέτοιο μοντέλο είναι το Dropbox. [2]

2.3 Συνδεσιμότητα

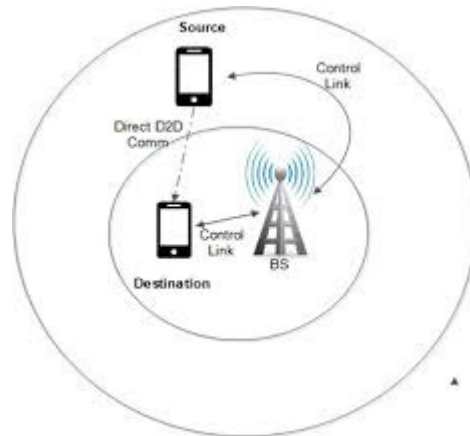
Όλη η τεχνολογία του IoT βασίζεται πάνω στην διασύνδεση μικρών συσκευών ωστόσο χρειάζεται και ο κατάλληλος εξοπλισμός όπου θα συνδέει τόσο τις συσκευές μεταξύ τους όσο αυτές με τον κατασκευαστή τους, ώστε να έχουν περισσότερες υπηρεσίες. Αυτό σημαίνει ότι τα συστήματα χρησιμοποιούν το διαδίκτυο για να συνδεθούν, είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους και είναι διάστασης μικροτσιπ. Αυτές οι συσκευές μπορούν να είναι είτε smart συσκευές είτε real time συστήματα ή και συστήματα συγκέντρωσης πληροφοριών με μεγάλες βάσεις δεδομένων. Τα κύρια μέρη ενός IoT είναι:

- Τα «πράγματα» που συλλέγουν πληροφορίες.
- Τα δίκτυα επικοινωνιών που συνδέουν τα «πράγματα».
- Τα υπολογιστικά συστήματα που ελέγχουν τα δεδομένα που ρέουν από και προς τα «πράγματα» όπως το Cloud Computing.

Οι τέσσερις τρόποι δικτύωσης (σύνδεσης και επικοινωνίας) είναι οι εξής: [16]

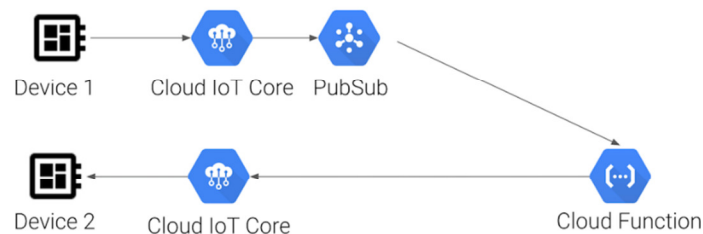
- **Σύνδεση συσκευή-προς-συσκευή (device-to-device communication-D2D):** Αυτό το μοντέλο επικοινωνίας αποτελείται από δύο ή περισσότερες συσκευές που συνδέονται άμεσα και επικοινωνούν μεταξύ τους χωρίς ενδιάμεσο server. Οι συσκευές συνδέονται με πολλούς τύπους δικτύων όπως, των δικτύων IP ή το Internet, χρησιμοποιώντας πρωτόκολλα όπως τα Bluetooth, Z-Wave, ή ZigBee. Το Bluetooth

είναι η ασύρματη τηλεπικοινωνία μικρών αποστάσεων. Το Z-Wave είναι η ασύρματη επικοινωνία για εφαρμογές οικιακού αυτοματισμού και χρησιμοποιεί χαμηλής ισχύος ραδιοκύματα. Τέλος το ZigBee είναι ένα πιο εξελιγμένο μέσο δικτύωσης χαμηλής κατανάλωσης ισχύος. Η device-to-device επικοινωνία χρησιμοποιείται σε εφαρμογές όπως συστήματα οικιακού αυτοματισμού που διαθέτουν μικρά πακέτα δεδομένων και δεν απαιτούν μεγάλο ρυθμό μετάδοσης των δεδομένων. [1]



Εικόνα 10: Device-to-Device Communication

- **Σύνδεση συσκευής-προς-cloud (device-to-cloud communication):** Η διασύνδεση αυτή γίνεται εφαρμόζοντας τεχνολογίες όπως RFID και ασύρματους αισθητήρες, οι οποίες συλλέγουν τα δεδομένα τα οποία στη συνέχεια αξιοποιούνται από τα υπολογιστικά συστήματα. Έτσι δημιουργούνται μεγάλοι όγκοι δεδομένων για να επεξεργαστούν, να αποθηκευτούν και να παρουσιαστούν. Το Cloud Computing δίνει την δυνατότητα για συλλογή, ανάλυση, αποθήκευση και αποστολή πληροφοριών στον πελάτη. Η συσκευή IoT συνδέεται άμεσα με την υπηρεσία cloud στο διαδίκτυο όπως ένας πάροχος υπηρεσίας εφαρμογής για την ανταλλαγή δεδομένων και τον έλεγχο ροής των πληροφοριών. [12]

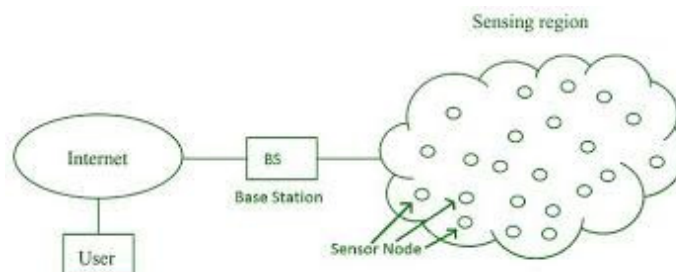


Εικόνα 11: Device-to-cloud-communication

➤ **Σύνδεση συσκευής με διάλυο επικοινωνίας (device-to-gateway communication):**
Σε αυτό το μοντέλο επικοινωνίας η συσκευή και ο πάροχος έρχονται σε επικοινωνία μέσω ενός διαύλου (gateway). Μια gateway συσκευή απορρίπτει, αθροίζει και ελέγχει τη μορφή των δεδομένων από μια ομάδα αισθητήρων πριν τα στείλει. Η συνδεσιμότητα gateway-cloud πραγματοποιείται με τα πρωτόκολλα IPv4/IPv6. Το IPv6 έχει καλύτερη δυνατότητα αυτορρύθμισης των συσκευών, καλύτερη ποιότητα υπηρεσιών και μεγαλύτερη ασφάλεια από το IPv4 γι'αυτό και προτιμάται. Ένα παράδειγμα αυτού του τρόπου σύνδεσης είναι το LoRaWAN. Το LoRaWAN είναι ένα πρωτόκολλο ελέγχου πρόσβασης πολυμέσων και αφορά δίκτυα ευρείας περιοχής. Επιτρέπει στις συσκευές χαμηλής ισχύος να επικοινωνούν με εφαρμογές συνδεδεμένες στο Internet μέσω ασύρματων συνδέσεων μεγάλης εμβέλειας. Η τοπολογία του LoRaWAN είναι η εξής:

- Node – end device (κόμβος-τελική συσκευή): πρόκειται για ένα αντικείμενο με ενσωματωμένη συσκευή επικοινωνίας χαμηλής ισχύος.
- Gateway (Πύλη): είναι οι κεραίες που λαμβάνουν εκπομπές από συσκευές λήξης και αποστέλλουν δεδομένα πίσω στις συσκευές λήξης.
- Διακομιστής δικτύου (Network Server): δρομολογεί τα μηνύματα από τους κόμβους για την σωστή τους εφαρμογή.
- Εφαρμογή (Application): είναι ένα κομμάτι λογισμικού όπου εκτελούνται σε έναν διακομιστή. [3]

➤ **Back-end Μοντέλο Ανταλλαγής Δεδομένων (Back-end Data - Sharing Model):**
Αυτή η τεχνική επικοινωνίας επιτρέπει στους χρήστες να εξάγουν και να αναλύουν τα δεδομένα των «πραγμάτων» από μια υπηρεσία cloud σε συνδυασμό με δεδομένα από άλλες πηγές. Η Back-end ανταλλαγή δεδομένων επιτρέπει την εύκολη πρόσβαση στα δεδομένα και την ανάλυση τους στο cloud. [9]



Εικόνα 12:Back-end Data - Sharing Model

3 Industry 4.0

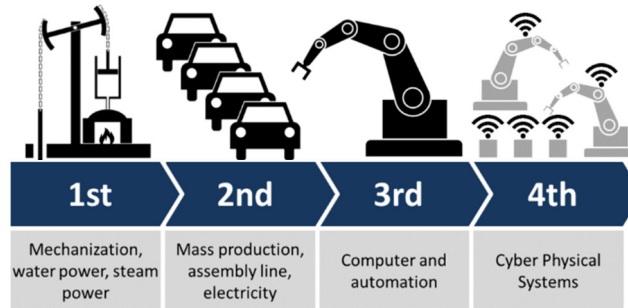
3.1 Ορισμός

Το Industry 4.0 αποτελεί την τέταρτη Βιομηχανική επανάσταση. Παρόλο που η Τεχνολογία της Πληροφορικής αναπτύχθηκε κατά την δεκαετία του 1970 αναφορές για το Industry 4.0 σαν έννοια έγιναν το 1970. Στην ουσία η έννοια του αφορά την εισαγωγή της αυτοματοποίησης και της ανταλλαγής δεδομένων στις τεχνολογίες της παραγωγής. Περιλαμβάνει ωστόσο το Internet of Things αλλά και το cloud computing που προαναφέρθηκε.

Επιπλέον περιλαμβάνει τα **cyber-physical systems(CPS)** που αφορά την έξυπνη λειτουργία των εργοστασίων αφού μέσω αυτών των συστημάτων μπορούν να παρακολουθούν τις φυσικές διαδικασίες , να δημιουργούν εικονικά αντίγραφα του φυσικού κόσμου και να παίρνουν αποφάσεις ακόμη και απομακρυσμένα. Μέσω του IoT τα CPS επικοινωνούν και συνεργάζονται μεταξύ τους αλλά και με ανθρώπους μέσω cloud εφαρμογών από όπου αποθηκεύουν τις αποφάσεις και τις επαναχρησιμοποιούν σε περίπτωση ανάγκης.

Έτσι, η έννοια του Industry 4.0 μπορεί να γίνει αντιληπτή ως στρατηγική για την ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας στο μέλλον. Επικεντρώνεται στη βελτιστοποίηση της αλυσίδας αξίας των προϊόντων λόγω της εφαρμογής αυτοτελούς ελέγχου και δυναμικής παραγωγής. Καλύπτει τον σχεδιασμό και την υλοποίηση ανταγωνιστικών προϊόντων και υπηρεσιών, τη διοίκηση ισχυρών και ευέλικτων συστημάτων εφοδιασμού και παραγωγής.

Πάραυτα, δεν υπάρχει κάποιος σαφής ορισμός για την έννοια του Industry 4.0 αλλά θα χαρακτηριζόταν ως 'ένα νέο οργανωτικό και διοικητικό επίπεδο στην αλυσίδα αξίας σε όλη τη διάρκεια ζωής των προϊόντων'. Επίσης συμβάλλει στη στρατηγική και στην ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας. Βασικό στοιχείο αυτής της βιομηχανίας είναι η βελτιστοποίηση της αλυσίδας αξίας των προϊόντων καθώς δίνει και την δυνατότητα εφαρμογής αυτοτελούς ελέγχου και δυναμικής παραγωγής. Βασικός της στόχος είναι να γίνονται διεργασίες από συσκευές που μπορούν να λειτουργήσουν αυτόνομα και να επικοινωνήσουν με το περιβάλλον παραγωγής τους με τη βοήθεια ελεγκτών, αισθητήρων, διεπαφών επικοινωνίας κ.α. [15][12]



Εικόνα 13: Industrial Revolution

Ιστορική Αναδρομή

Πίσω στις δεκαετίες '70 και '80 όταν είχε αυξηθεί δραματικά η παραγωγή ο ρόλος του ανθρώπου ήταν αμφίδρομος καθώς επόμενο ήταν να μην μπορεί να έχει την ίδια αποδοτικότητα με ένα μηχάνημα. Η μόνη λύση λοιπόν, ήταν αναπόφευκτα η προώθηση των μηχανών. Το γεγονός αυτό προκάλεσε ιδιαίτερη ανησυχία καθώς τα μηχανήματα-ρομπότ όχι μόνο θα έμπαιναν για τα καλά στην ζωή των ανθρώπων αλλά θα τους αντικαθιστούσαν. Θα κατείχαν εξέχοντα ρόλο στην παραγωγική διαδικασία ιδιαίτερη στην βαριά βιομηχανία.

Η άνοδος της υπολογιστικής μηχανικής και της ρομποτικής προήλθε από την ανάπτυξη των υπολογιστών και την πληροφορική. Ωστόσο η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση είναι επίσης η μετάβαση στον ψηφιακό μετασχηματισμό της μεταποιητικής βιομηχανίας, μια συγχώνευση δηλαδή του φυσικού και του ψηφιακού κόσμου.

Το Industry 4.0 λοιπόν εφαρμόστηκε αρχικά στην Γερμανία και συγκεκριμένα από την Bosch στην εμπορική έκθεση του Ανόβερο το 2011. Ξεκίνησε σαν μια νέα στρατηγική για την μεταπήδηση της Γερμανικής Βιομηχανίας στην εποχή των Ευφών Παραγωγικών συστημάτων (Intelligent Manufacturing Systems – IMS). Τα IMS θεωρούνται η επόμενη γενιά βιομηχανοποίησης υιοθετώντας νέα μοντέλα και πρότυπα παραγωγής για την μετατροπή του παραδοσιακού παραγωγικού μοντέλου σε ένα έξυπνο σύστημα παραγωγής.

Στην έκθεση του Ανόβερο αναφέρθηκε από ειδικούς ότι η νέα Βιομηχανική Επανάσταση έφερε καινοτομίες που τέθηκαν σε παραγωγή από το σύγχρονο πρόσωπο της εποχής των πληροφοριών. Η Γερμανική κυβέρνηση έλαβε υπόψιν αυτές τις απόψεις τότε η τέταρτη Βιομηχανική Επανάσταση ήταν πλέον επίσημη.

Μετά την έκθεση δημιουργήθηκε μια ομάδα εργασίας που ανέλαβε την προώθηση του Industry 4.0 και ένα χρόνο μετά την λειτουργία της παρουσίασε τις προτάσεις τις για την πραγματική εφαρμογή του Industry 4.0. Ο διευθυντής της Bosch ,Siegfried Dais, και ο

διευθυντής της SAP AG .Henning Kagermann, προέδρυσαν από κοινού την ομάδα εργασίας.

Πράγματι μέχρι και σήμερα η Γερμανία έχει διαμορφώσει ένα εθνικό πρόγραμμα κατάρτισης στα Festo Didactic εργοστάσια. Σε αυτά λειτουργούν CPS συστήματα και πάνω σε αυτά προσφέρεται εκπαίδευση και τεχνική κατάρτιση σε προμηθευτές, πανεπιστήμια και σχολεία.
[12]

3.2 Θεμελιώδεις αρχές του Industry 4.0

Οι θεμελιώδεις αρχές του Industry 4.0 είναι σημαντικό να αναφερθούν για να κατανοηθεί πλήρως το δομικό στοιχείο αυτής της επανάστασης. Κύριο στοιχείο του Industry 4.0 είναι η διασύνδεση των συστημάτων και γενικότερα όλων των παραγωγικών μονάδων ώστε να διευκολυνθεί η δημιουργία έξυπνων δικτύων που θα μπορούν να λειτουργούν ξεχωριστά αλλά και να αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους με σκοπό τον έλεγχο της σωστής λειτουργίας τους. Οι θεμελιώδεις αρχές είναι:

- **Διαλειτουργικότητα (Interoperability):** Η Διαλειτουργικότητα αφορά την αλληλεπίδραση μέσα στο παραγωγικό περιβάλλον και την σωστή λειτουργία όλων των στοιχείων. Η διαδικασία παραγωγής δεν ακολουθεί ένα σύνολο μεθόδων ή βημάτων αλλά έχει στόχο την ευέλικτη λειτουργία του συνόλου. Αναφέρεται στη δυνατότητα σύνδεσης των μεμονωμένων οντοτήτων, την μεταξύ τους επικοινωνία, σύνδεση και λειτουργία μέσω του Internet of Things. Για παράδειγμα, οι σταθμοί συναρμολόγησης δεν ξεχωρίζουν από τα προϊόντα που δημιουργούνται ή από τους ανθρώπους που δουλεύουν πάνω σε αυτά.
- **Αποϋλοποίηση (Virtualization):** Η παρακολούθηση των πραγματικών διεργασιών και φυσικών μηχανών πραγματοποιείται σε φυσικό κόσμο, διενεργείται μέσω δεδομένων που λαμβάνονται από αισθητήρες και τα εικονικά μοντέλα που δημιουργούνται είναι από διαδικασία προσομοίωσης. Οι μηχανικοί μπορούν να προβούν σε δοκιμαστικές αλλαγές ή αναβαθμίσεις στο εικονικό περιβάλλον που έχουν δημιουργήσει χωρίς να επέμβουν στις φυσικές διαδικασίες. Στόχος αυτής της λειτουργίας είναι η δημιουργία του «Virtual Twin» και πάνω σε αυτό να επενδύσουν οι παραγωγικές επιχειρήσεις, καθώς θα μπορούν πλέον να δοκιμάζουν νέες παραγωγικές διαδικασίες και να μειώσουν τον χρόνο απόκτησης κερδών μέσα από τη διαθεσιμότητα νέων προϊόντων.

- **Αποκέντρωση (Decentralization):** Το Industry 4.0 υποστηρίζει την αποκέντρωση η οποία επιτρέπει στα διάφορα συστήματα μέσα στο έξυπνο εργοστάσιο να λαμβάνουν αποφάσεις αυτόνομα, χωρίς να αποκλίνουν από την πορεία τους προς τον τελικό στόχο.
- **Δυνατότητα λειτουργίας σε πραγματικό χρόνο (Real-time capability):** Πολύ σημαντικό για το Industry 4.0 είναι να υλοποιήσει την λειτουργία όλων των διεργασιών σε πραγματικό χρόνο κάτι το οποίο απαιτεί επίσης σε πραγματικό χρόνο να συλλέγει τα δεδομένα από την παραγωγική διαδικασία, να ανατροφοδοτείται το σύστημα και να παρακολουθούνται όλες οι διαδικασίες. Όλη αυτή η διαδικασία σε ένα μοντέλο παραγωγής μπορεί να υλοποιηθεί σε τέσσερα βασικά σημεία ως εξής:
 - a) **Φυσικός κόσμος:** Αφορά όλα τα φυσικά υλικά αγαθά τα οποία για τον σχεδιασμό και την υλοποίησή τους βασίζονται στις βιομηχανικές παραγγελίες, τα αποθέματα, η κατανάλωση των υλικών και η παράδοση/διαθεσιμότητα τους.
 - b) **Συλλογή δεδομένων:** Διενεργείται κυρίως στις γεωγραφικές διαστάσεις και επικεντρώνεται στην συγκέντρωση επαρκούς δείγματος.
 - c) **Κυβερνοχώρος:** Είναι ο εικονικός κόσμος όπου αναπαρίσταται η ροή των υλικών αλλά και η παραγγελία της πρώτης ύλης.
 - d) **Έλεγχος:** Είναι η αυτόματη διενέργεια ελέγχου και η λήψη αποφάσεων σχετικά με τις διορθωτικές ενέργειες που απαιτούνται. Οι ενέργειες αυτές είναι παράλληλα ορατές στο ανθρώπινο δυναμικό αφού μπορούν και να παρέμβουν σε περίπτωση ανάγκης.
- **Υπηρεσιο-Κεντρική Αρχιτεκτονική (Service Orientation):** Το IoT δημιουργεί υπηρεσίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από άλλα προγράμματα ή υπηρεσίες τρίτων. Συνεπώς, οι εσωτερικές αλλά και οι εξωτερικές υπηρεσίες θα είναι απαραίτητες για τη λειτουργία των έξυπνων εργοστασίων.
- **Οργάνωση σε ενότητες (Modularity):** Η ευελιξία είναι βασική αρχή του Industry 4.0 καθώς είναι απαραίτητο να μπορεί η Βιομηχανία να προσαρμόζεται στις συνεχώς μεταβαλλόμενες συνθήκες και τις αυξημένες απαιτήσεις. Το έξυπνο εργοστάσιο θα πρέπει να διαθέτει αυτή την ευελιξία για να είναι σε θέση να επέμβει σε καταστάσεις ανάγκης. Για παράδειγμα, σε περίπτωση που μια μεμονωμένα γραμμή παραγωγής παρουσιάσει πρόβλημα δεν θα πρέπει να επηρεάσει το συνολικό κορμό της παραγωγής. [15]

3.3 Λειτουργίες/ Εργαλεία του Industry 4.0

Το Industry 4.0 είναι μια ιδιαίτερα χρήσιμη λειτουργία των παραγωγικών μονάδων για την διασύνδεση των συστημάτων και μηχανών ώστε να καταστήσουν την παραγωγή «έξυπνη». Έχουν χαρακτηριστεί εννέα αρχές , οι οποίες αναλύονται παρακάτω, και είναι τα κύρια εργαλεία που οι παραγωγικές επιχειρήσεις λαμβάνουν υπόψιν για την αυτοματοποίηση των παραγωγικών τους διαδικασιών.

- **Υπολογιστικό Νέφος (Cloud Computing):** Όπως προαναφέρθηκε το Υπολογιστικό Νέφος είναι ιδιαίτερα σημαντικό στοιχείο του IoT πόσο μάλλον όσον αφορά το Industry 4.0 που η ανταλλαγή μεγάλων όγκων δεδομένων είναι επιτακτική ανάγκη. Η αποθήκευση και η ανάλυση αυτών των δεδομένων επίσης. Οι πάροχοι των υπηρεσιών cloud μπορούν να δημιουργήσουν ιδιωτικά δίκτυα υπηρεσιών cloud κατάλληλα για αποθήκευση και επεξεργασία παραγωγικών δεδομένων.
- **Ανάλυση Μεγάλου Όγκου Δεδομένων (Big Data Analytics):** Ο τεράστιος όγκος δεδομένων που δημιουργείται από διάφορες πηγές πρέπει να συγκεντρώνεται, να ταξινομείται και να οργανώνεται με συνεκτικό τρόπο ώστε να αναλύεται με σκοπό την σωστή λήψη αποφάσεων. Αυτό είναι πολύ χρήσιμο για τις επιχειρήσεις για την βελτίωση της παραγωγής, την ποιότητα και εξυπηρέτηση, την μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και την αποτελεσματικότητα της παραγωγικής διαδικασίας. Οι επιχειρήσεις θα μπορούν να αναλύσουν αυτόν τον μεγάλο όγκο δεδομένων και να εντοπίσουν σχετικές ελλείψεις στην λειτουργία τους και συνεπώς στην επίλυση του προβλήματος. Κάποιες συσχετίσεις που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν είναι: συνδέσεις που σχετίζονται με αισθητήρες και δίκτυα, υπηρεσίες Cloud, εικονικά μοντέλα παραγωγής κ.α.
- **Ρομποτική:** Η ρομποτική είναι εξίσου σημαντική για την παραγωγική διαδικασία. Η χρήση των ρομπότ άλλωστε είχε ξεκινήσει από τις αρχές της βαριάς βιομηχανίας και αποτελεί ξεκάθαρα βελτίωση και εξέλιξη σε αυτόν τον κλάδο. Ο σκοπός λειτουργίας τους είναι να είναι αυτόνομα και αυτόνομα, έτσι ώστε να μην είναι απλά ένα εργαλείο για τον άνθρωπο αλλά διαδραστική οντότητα που να συνεργάζεται και να αλληλοσυμπληρώνεται με τους ανθρώπους.
- **Προσομοίωση:** Με την τεχνολογία της προσομοίωσης οι επιχειρήσεις μπορούν να δημιουργούν ψηφιακά μοντέλα και να κάνουν δοκιμές πάνω στα ίδια. Για παράδειγμα η δημιουργία των Digital Twins είναι μια προσομοίωση. Έτσι έχουν την δυνατότητα

να ελέγξουν εάν μια διαδικασία λειτουργεί αποδοτικά και αποτελεσματικά χωρίς φυσικά σφάλματα παρά μόνο εικονικά. Η βελτιστοποίηση της παραγωγής μέσω της προσομοίωσης είναι φανερή και η αποφυγή ζημιών ιδιαίτερα σημαντική για την οικονομία της εκάστοτε επιχείρησης.

- **Επαυξημένη Πραγματικότητα (Augmented Reality):** Η μείωση των εξόδων μιας επιχείρησης είναι ο βασικός της στόχος τόσο στα έξοδα συντήρησης αλλά στην ταυτόχρονη κατάρτιση της παραγωγής. Επακολουθεί το μάρκετινγκ και οι πωλήσεις. Η επαυξημένη πραγματικότητα βοηθά στην επίτευξη αυτών των στόχων ενώ παράλληλα μπορεί να μειώσει το κόστος με την παρουσία των ανθρώπων στον χώρο τους.
- **Οριζόντια και κάθετη ολοκλήρωση συστημάτων:** Ένας ακόμη στόχος του Industry 4.0 είναι να δημιουργήσει σενάρια όπου η μηχανική, η παραγωγή και η εξυπηρέτηση των πελατών να είναι ολοκληρωτικά συνδεδεμένα. Αυτό συμπεριλαμβάνει δίκτυα ενσωμάτωσης δεδομένων, αυτοματοποιημένες συνεργασίες και αλυσίδες αξίας επίσης. Το να υπάρχουν ολοκληρωμένα λειτουργικά και παραγωγικά πληροφοριακά συστήματα είναι βασικός στόχος.
- **Κυβερνο-ασφάλεια (Cyber security):** Ένας κίνδυνος αυτών των πληροφοριακών συστημάτων είναι οι κυβερνο- επιθέσεις από το διαδίκτυο καθώς τα δεδομένα είναι ευάλωτα σε απειλές καθώς πολλά είναι τα καταγεγραμμένα γεγονότα τελευταία. Για την αντιμετώπιση αυτού του ζητήματος, θα πρέπει να εφαρμοστούν μέτρα για την ασφάλεια τους στο διαδίκτυο με σκοπό να καταστήσουν τα συστήματα πιο ανθεκτικά και ανταποκρίσιμα στις προκλήσεις αυτές.
- **Βιομηχανικό Διαδίκτυο Αντικειμένων:** Το βιομηχανικό Διαδίκτυο των Αντικειμένων (Industrial IoT) επιτρέπει τις νέες συσκευές και τους μορφοτροπείς να λειτουργούν πλήρως στο παραγωγικό πεδίο. Οι μορφοτροπείς (transducers) συνδέονται με ενσωματωμένους μικρό-υπολογιστές και με την επέκταση των δικτύων υπολογιστών και αποτελούν σημαντικό μέρος του Industry 4.0. Συγκεκριμένα οι συσκευές αυτές είναι εξοπλισμένες με ασύρματη δικτύωση χαμηλής ισχύος και έτσι μπορούν να αλληλοεπιδρούν και να επικοινωνούν μεταξύ τους.
- **Προσθετική Κατασκευή:** Η προσθετική κατασκευή όπως για παράδειγμα το 3D Printing που δίνει τη δυνατότητα σχεδίασης προτύπων ή εικονικών μοντέλων μπορεί να μειώσει πολύ τον χρόνο σχεδίασης αλλά και πολύ φόρτο εργασίας. Μπορεί επίσης, να μειώσει το κόστος και τυχόν απώλειες και λάθη των κατασκευαστών. Για

παράδειγμα η παραγωγή σε μικρές παρτίδες προϊόντων μπορούν να κατασκευάζονται προσαρμοσμένα και να προσφέρουν περισσότερη αξία στους πελάτες. [15]

3.3.1 Το Digital Twin στην Βιομηχανία 4.0

Το Digital Twin όπως είδαμε χρησιμοποιείται στις διαδικασίες προσομοίωσης. Είναι με λίγα λόγια ένα ψηφιακό αντίγραφο των διαδικασιών και των συστημάτων που χρησιμοποιούνται σε διάφορες διαδικασίες κατά τη διάρκεια της παραγωγής. Με την ψηφιακή αναπαράσταση απεικονίζονται όλα τα στοιχεία και τρόπος λειτουργίας μιας συσκευής IoT.

Το Digital Twin περιλαμβάνει όλες τις παρακάτω λειτουργίες: την τεχνητή νοημοσύνη (**artificial intelligence**), την δυνατότητα των μηχανών να μαθαίνουν (**learning machine**) αλλά και την ανάλυση δεδομένων (**data analysis**) ,έτσι ώστε κατά τη δημιουργία της προσομοίωσης να υπάρχει πλήρης ενημέρωση και προσαρμογή του ψηφιακού μοντέλου σύμφωνα με τις αλλαγές που δέχεται και στο φυσικό του περιβάλλον. Όλες αυτές οι λειτουργίες δίνουν την δυνατότητα στα ψηφιακά αντίγραφα να αναπαριστούν πραγματικά μηχανήματα και σε πραγματικό χρόνο. Οι αισθητήρες βοηθούν στο να λαμβάνονται τα δεδομένα από το περιβάλλον τους.

Ένα σύνηθες παράδειγμα είναι η δημιουργία τρισδιάστατων μοντέλων (3D printing) για την αντιγραφή των φυσικών αντικειμένων. Όταν οι αισθητήρες συλλέγουν δεδομένα από μια συνδεδεμένη συσκευή που θέλουν να «αντιγράψουν» αυτομάτως ενημερώνεται και η κατάσταση του “Digital” αντικειμένου σε πραγματικό χρόνο. Το Ψηφιακό Δίδυμο τείνει να είναι ακριβές και πλήρως ενημερωμένο αντίγραφο ακόμη και στο σχήμα του, την θέση του και την κατάσταση της κίνησης του. Στην Βιομηχανία τα Digital Twins έχουν στόχο την βελτιστοποίηση της λειτουργίας και της συντήρησης των υλικών στοιχείων, των συστημάτων και των διαδικασιών παραγωγής. Ένα παράδειγμα Digital Twin είναι:



Εικόνα 14: Παράδειγμα Digital Twin

Το μοντέλο στην «Εικόνα 14» αφορά την κατασκευαστική διαδικασία ενός προϊόντος. Φαίνεται το ψηφιακό του αντίγραφο το οποίο λειτουργεί σε πραγματικό χρόνο σε ένα έξυπνο

εργοστάσιο. Αποτελείται επίσης από πολλούς αισθητήρες οι οποίοι συλλέγουν δεδομένα από τα χαρακτηριστικά του εξοπλισμού της παραγωγής αλλά και από το γενικότερο περιβάλλον του εργοστασίου. Τα δεδομένα αυτά επικοινωνούν συνεχώς και ομαδοποιούνται κατά τη διάρκεια λειτουργίας του Digital Twin.

Το σύστημα στην εικόνα περιέχει πέντε βασικές λειτουργίες οι οποίες θα αναλυθούν παρακάτω. Αυτές συνοπτικά είναι οι αισθητήρες, η ενσωμάτωση του λογισμικού των αισθητήρων και του άλλου εξοπλισμού που θα επικοινωνήσουν με το κεντρικό σημείο ελέγχου ώστε να επιβλέψουν όλη την διαδικασία, τη λήψη των αποφάσεων, την ανάλυση των δεδομένων και την συνεχή ενημέρωση του ψηφιακού μοντέλου.

Με αυτή την τεχνολογία τα φυσικά αντικείμενα μπορούν να συνεργάζονται με άλλες μηχανές αλλά και με ανθρώπους. Τα τελευταία χρόνια όλο και περισσότερες επιχειρήσεις υιοθετούν το μοντέλο αυτό της προσομοίωσης καθώς παλαιότερα το κόστος της ψηφιακής τεχνολογίας ήταν αρκετά υψηλό και οι διαδικασίες περισσότερο πολύπλοκες. Πλέον με τον συνδυασμό διαφόρων τεχνολογιών η υλοποίηση του ψηφιακού διδύμου είναι πολύ ευκολότερη για την διαδικασία παραγωγής.

Το Digital Twin επιτρέπει στις επιχειρήσεις να έχουν πλήρη ψηφιακή εικόνα των προϊόντων τους από τον σχεδιασμό τους, την ανάπτυξη και εξέλιξη τους μέχρι και τον τερματισμό λειτουργίας τους. Μέσα από αυτό το μοντέλο υπάρχει σαφή εικόνα για όλη την διαδικασία από την κατασκευή του κάθε αντικειμένου έως το τέλος του.

Μέσω της ενσωμάτωσης του Digital Twin, οι επιχειρήσεις όχι μόνο βελτιστοποιούν τα προϊόντα τους με ταχύτερη και λιγότερο δαπανηρή παραγωγή αλλά μειώνουν κατά πολύ την ζημία τους, μειώνοντας μεγάλη ποσότητα ελαττωματικών προϊόντων. Συνεπώς υπάρχει και αύξηση των εσόδων τους. Τα οφέλη με την εισαγωγή του Digital Twin είναι πολλά αφού τα συστήματα είναι πιο αποτελεσματικά και χειρίζονται εύκολα, η παραγωγή μπορεί να προβλεφθεί ώστε να αποφευχθούν ζημιές και ατυχή περιστατικά και γενικότερα η ροή της παραγωγής να είναι πλήρως αποδοτική.

Αναλυτικά η διαδικασία λειτουργίας του Digital Twin αποτελείται από:

- **Αισθητήρες:** Κύριο μέρος της διαδικασίας είναι οι αισθητήρες αφού είναι αυτοί που παράγουν όλα τα δεδομένα κατά τη διάρκεια της παραγωγής τόσο λειτουργικά όσο και περιβαλλοντικά. Τα δεδομένα αυτά συλλέγονται και αναλύονται σε πραγματικό χρόνο.
- **Ενεργοποιητές:** Με τους ενεργοποιητές γίνεται ο έλεγχος των συστημάτων όπως η μεταφορά των εξαρτημάτων μιας βαλβίδας. Το σύστημα έτι αλληλοεπιδρά με το

περιβάλλον του. Το σύστημα ελέγχου μπορεί να είναι ένα λογισμικό, μια μηχανή ή ακόμη και ο άνθρωπος. Ο ενεργοποιητής λειτουργεί μόνο εάν λάβει σήμα από το κέντρο ελέγχου, αυτό μπορεί να είναι είτε ρεύμα είτε και ανθρώπινη παρέμβαση. Έτσι ξεκινά την μετατροπή της ενέργειας του σήματος σε μηχανική κίνηση.

- **Ολοκλήρωση Παραγωγής μέσω Η/Υ (CIM):** Ο όρος δηλαδή CIM Computer Integration Manufacturing είναι με λίγα λόγια η παρέμβαση του υπολογιστή στην παραγωγική διαδικασία. Μέσα από υπολογιστές γίνεται ο τελικός έλεγχος για την ολοκλήρωση της παραγωγής. Αυτή η διαδικασία επιτρέπει να ανταλλάσσονται πληροφορίες και να εκτελούνται ενέργειες μεταξύ και των άλλων διαδικασιών. Με αυτό τον τρόπο όλη η παραγωγή γίνεται ταχύτερη και πιο ανθεκτική σε σφάλματα. Το CIM εκτελεί κυρίως διαδικασίες ελέγχου κλειστού κυκλώματος, με βάση την είσοδο των δεδομένων από τους αισθητήρες σε πραγματικό χρόνο. Μερικές από τις διαδικασίες του είναι : Κατασκευή προϊόντων, Σχεδίαση προϊόντων μέσω υπολογιστή, Κατασκευή πρωτότυπων, Καθορισμός των μεθόδων κατασκευής, Υπολογισμός του κόστους, Έλεγχοι ποιότητας σε όλα τα στάδια της παραγωγής, Αυτόματη διανομή προϊόντων από και σε χώρους αποθήκευσης.
- **Δεδομένα και Ανάλυση:** Ένα εργοστάσιο σήμερα για να χαρακτηριστεί έξυπνο απαιτείται η χρήση Digital Twin για να επεξεργάζεται τα δεδομένα και να εφαρμόζει αναλύσεις μέσω αλγοριθμικών προσομοιώσεων. Τα δεδομένα είναι Λ και το Ω σε όλη την διαδικασία της ψηφιακής παραγωγής. Με αυτόν τον τρόπο οδηγείται το εργοστάσιο σε εύστοχες διαδικασίες και στην παραγωγή γνώσεων.
- **Ψηφιακό Δίδυμο (Digital Twin):** Τα δεδομένα λοιπόν είναι αυτά που χρησιμοποιούνται στην δημιουργία του Digital Twin δηλαδή στην εφαρμογή που συνδυάζει όλες τις διαδικασίες παραγωγής σε έναν ψηφιακό κόσμο. Η αναπαράσταση της προσομοίωσης προσφέρει μια σαφή εικόνα της κατάστασης και να αναλύσει τον τρόπο που λειτουργεί ο κινητήρας, την θερμοκρασία του περιβάλλοντος και των μηχανημάτων κ.α. Τα πλεονεκτήματα της παρακολούθησης μέσα από τον ψηφιακό κόσμο είναι: η βελτίωση του σχεδιασμού, η βελτιστοποιημένη χρήση των πόρων και η πρόβλεψη μελλοντικών επιδόσεων.

Ο φυσικός και ο ψηφιακός κόσμος τείνει να ενοποιηθεί μέσω του Digital Twin με σκοπό να γίνεται γρήγορα η ολοκλήρωση των διαδικασιών παραγωγής, η ανατροφοδότηση και οι έλεγχοι σε όλα τα στάδια της παραγωγής. Πλέον οι μονάδες παραγωγής μπορούν να

επικοινωνούν με άλλες με την βοήθεια του cloud computing και του IoT. Το συμπέρασμα είναι ότι ένα ζωντανό σύστημα μπορεί να δημιουργηθεί ψηφιακά και είναι ικανό να προσαρμόσει την παραγωγή, να καταναίμει άριστα τις διαδικασίες και να προσφέρει μια εφικτή επικοινωνία μεταξύ του εικονικού και του ψηφιακού κόσμου της κατασκευής. [15]

3.4 Έξυπνο Εργοστάσιο

Η μεταποίηση είναι υφασμένη στην οικονομία και την κοινωνία. Ο εντοπισμός νέων τρόπων παραγωγής είναι ζωτικής σημασίας για την μεταποίηση. Η πρόοδος των τεχνολογιών παραγωγής σχετίζεται με τις τεχνολογίες της πληροφορίας. Δεδομένου ότι ο σχεδιασμός και η λειτουργία ενός κατασκευαστικού συστήματος απαιτεί πολυάριθμους τύπους λήψης αποφάσεων σε όλα τα επίπεδα και τους τομείς των επιχειρηματικών δραστηριοτήτων, καθώς όλες οι αποφάσεις δεν εξαρτώνται από τις τεχνικές συλλογισμούς αλλά και από την ποιότητα και ποσότητα των δεδομένων.

Κάθε σημαντική αλλαγή στην παραγωγή υποστηρίζεται από την εξέλιξη της τεχνολογίας της πληροφορίας. Η ευρεία υιοθέτηση του αριθμητικού ελέγχου υπολογιστών και των βιομηχανικών ρομπότ έκαναν εφικτά τα ευέλικτα συστήματα παραγωγής.

Παράδειγμα Έξυπνου εργοστασίου

Η πολυπλοκότητα των λειτουργιών ενός συστήματος είναι ανάλογη με το μέγεθος του. Ένα έξυπνο εργοστάσιο κάνει έξυπνη και την παραγωγή του ώστε να εξασφαλίσει σημαντικές βελτιώσεις στην παραγωγικότητα και την αποδοτικότητα του. Ένα σαφές παράδειγμα είναι αυτό της αυτοκινητοβιομηχανίας Audi.

Η Audi κατασκευάζει τα μοντέλα της σε «έξυπνα εργοστάσια». Αυτό πάραυτα, δεν είναι κάτι νέο για την εταιρεία αλλά τελευταία, κατά κύριο λόγο τα εργοστάσια της λειτουργούν με προηγμένες τεχνολογίες παραγωγής, καθώς είναι πιο πράσινα και αποδοτικά.

Στην έδρα της Audi, στο Ingolstadt, στο τμήμα Pre-Series Logistics, είναι οι πρώτοι κατασκευαστές αυτοκινήτων που δοκίμασαν ένα νέο σύστημα μεταφοράς χωρίς οδηγούς, με οχήματα ρομπότ που ακολουθούν τους ανθρώπους. Ένα τέτοιο όχημα φαίνεται και στην φωτογραφία που ακολουθεί.



Εικόνα 15 : Οχημα-ρομπότ της Audi

Τα “**Effibot**” όπως ονομάστηκαν χρησιμοποιούν αισθητήρες λέιζερ ώστε να ανιχνεύουν τα βήματα και την ακριβή τοποθεσία των εργαζομένων και να τους ακολουθούν αυτόματα με χαμηλή ταχύτητα. Ωστόσο δεν απαιτούν πολύπλοκες ρυθμίσεις ή ειδική υποδομή, παρά μόνο το πάτημα ενός κουμπιού. Η αυτόνομη λειτουργία οδήγησης επιτρέπει στο Effibot να κινείται ανεξάρτητα με πιθανούς προηγούμενους προορισμούς. Οι εργαζόμενοι θα έχουν συνεχώς δίπλα τους κάποιον βοηθό χωρίς να χρειάζεται να κινούν χειροκίνητα τα καρότσια παραλαβής των παραγγελιών.

Ψηφιακοί βοηθοί όπως αυτοί είναι μόνο ένα παράδειγμα της χρήσης της έξυπνης τεχνολογίας στο τμήμα Logistics της Audi. Πολλά συστήματα μεταφοράς χρησιμοποιεί επίσης η επιχείρηση στα εργοστάσια της.

Μεταφέρουν αυτόματα τα εξαρτήματα στους σταθμούς εργασίας, για παράδειγμα στην παραγωγή ηλεκτρικών κινητήρων στο Győr της Ουγγαρίας. Χρησιμοποιούν σαρωτές λέιζερ για να προσανατολιστούν στην αίθουσα παραγωγής και να βρουν τη βέλτιστη διαδρομή. Αυτή η εξαιρετικά ευέλικτη διαδικασία καθίσταται δυνατή με αλγορίθμους και διαδικασία αυτό-εκπαίδευσης των ρομπότ, που ελέγχονται από ένα έξυπνο σύστημα πληροφορικής στο σταθμό ελέγχου. Αυτό επιτρέπει στο τμήμα IT να παρακολουθεί όλα τα οχήματα μεταφοράς χωρίς οδηγό αλλά και το προϊόν, σε πραγματικό χρόνο.

Στο ίδιο εργοστάσιο, στο Győr, η Audi εισήγαγε την ψηφιακή σήμανση ραφιών. Αυτή η τεχνολογία είναι εξοπλισμένη με τις αποκαλούμενες «οθόνες με e-μελάνι» παρόμοιες με αυτές που χρησιμοποιούνται στα e-books.

Όταν τα ονόματα, οι αριθμοί ή η διάταξη των εξαρτημάτων στα ράφια αλλάξουν, οι υπεύθυνοι δεν χρειάζεται να ενημερώνουν χειροκίνητα την σήμανση. Οι πληροφορίες εμφανίζονται άμεσα, δηλαδή όταν κάποιο εξάρτημα εξαντληθεί μπορεί να αντικατασταθεί αμέσως. Ένα άλλο πλεονέκτημα είναι ότι οι ψηφιακές οθόνες παραμένουν πάντα καθαρές και καταναλώνουν ελάχιστη ηλεκτρική ενέργεια.

Κατά την χειρωνακτική συγκέντρωση εξαρτημάτων οι εργαζόμενοι στα εργοστάσια της Audi χρησιμοποιούν συνήθως tablets ή ψηφιακούς σαρωτές χειρός. [11]

3.5 Ο ρόλος των Big Data και Analytics στο Industry 4.0

Οι σύγχρονες τεχνολογίες πληροφοριών και επικοινωνιών, όπως το Cyber-Physical System (CPS), η ανάλυση μεγάλου όγκου δεδομένων (Big Data) και τα υπολογιστικά συστήματα cloud ωθούν στην ανίχνευση ελαττωμάτων και πιθανών αποτυχιών της παραγωγής. Έτσι επιτρέπουν την πρόβλεψη και την αποφυγή τους και συνεπώς αυξάνεται η παραγωγή, η ποιότητα και η ευελιξία. Οι αναλύσεις των δεδομένων αυτών γίνονται συνήθως με σύστημα 6C (σύστημα ανίχνευσης) για το ολοκληρωμένο περιβάλλον των βιομηχανικών συστημάτων 4.0 και Cyber Physical Systems. Το σύστημα 6C περιλαμβάνει:

- Σύνδεση (αισθητήρας και δίκτυα)
- Cloud (υπολογισμός και δεδομένα κατόπιν συζήτησης)
- Cyber (μοντέλο και μνήμη)
- Περιεχόμενο/Πλαίσιο (έννοια και συσχέτιση)
- Κοινότητα (κοινή χρήση και συνεργασία)
- Προσαρμογή (εξατομίκευση και αξία)

3.6 Cyber-Physical-Systems (CPS)

Αρχικά πρέπει να τονίσουμε ότι πίσω από την έννοια Industry 4.0 δεν βρίσκεται μόνο μια έννοια αλλά πολλά περισσότερα. Πρόκειται για την αυξανόμενη πρόοδο της επικοινωνίας και της πληροφορίας σε συνδυασμό με την ραγδαία εξέλιξη των υπολογιστών, της μετάδοσης και της χωρητικότητας τα οποία ενεργοποιούν την νέα αναδυόμενη τεχνολογία των Cyber-Physical-Systems. Αυτά τα συστήματα αποτελούνται από νέες και ποικίλες τεχνολογίες.

Υπάρχουν επίσης, πολλοί ορισμοί για τα CPS. Το 2008, ο Lee E.A όρισε τα CPS σαν «...την ολοκλήρωση των υπολογισμών με φυσικές διαδικασίες. Ενσωματώνοντας υπολογιστές και δίκτυα μπορεί κανείς να παρακολουθήσει και να ελέγξει τις διεργασίες, συνήθως με την ανάδραση βρόγχων όπου οι φυσικές διαδικασίες επηρεάζουν τους υπολογισμούς»

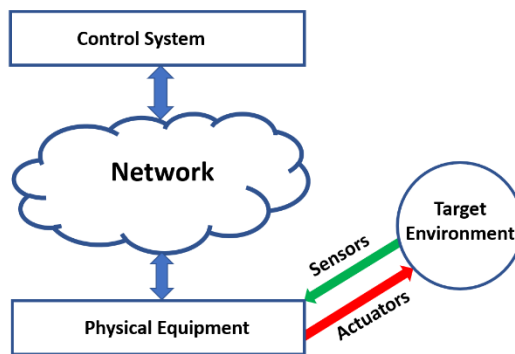
Η Γερμανική επιτροπή των ειδικών στο Industry 4.0 έδωσε τον παρακάτω ορισμό: «CPS είναι τα συστήματα τα οποία συνδέουν άμεσα τα φυσικά αντικείμενα με τα εικονικά αντικείμενα μέσω διαδικασιών και επεξεργασίας πληροφοριών»

Τα CPS υπάρχουν παντού στην καθημερινότητα καθώς έχουν διευκολύνει πολύπλοκα ζητήματα. Η χρήση τους είναι αναπόφευκτη καθώς η σύγχρονη κοινωνία έχει σχεδιαστεί πάνω σε αυτά, από ένα smartphone κινητό μέχρι τα έξυπνα σπίτια. Επίσης, είναι κύριος παράγοντας για την αποφυγή της γραφειοκρατίας ακόμη και για την εξοικονόμηση χρόνου σε υπηρεσίες εξυπηρέτησης πελατών. Επιπλέον, η χρήση τους στους τομείς της ιατρικής και υγείας είναι αναπόφευκτη αφού πλέον η διάγνωση ασθενειών και ο τρόπος αντιμετώπισης τους γίνεται με μεγαλύτερη ακρίβεια και με μηδενικό σχεδόν κόστος.

Το κύριο χαρακτηριστικό των συστημάτων CPS είναι η άμεση σύνδεση του πραγματικού και του εικονικού κόσμου. Τα αυτοματοποιημένα αντικείμενα υπάρχουν κιόλας από τα μέσα της δεκαετίας του '70. Η βασική καινοτομία των συστημάτων, είναι η διασύνδεση των αντικειμένων και των διαδικασιών μέσω των παγκοσμίων δικτύων. Η τεχνολογική βάση του πάραυτα, είναι τα λογισμικά hardware και software.

Αρχικά, η υποδομή ενός συστήματος CPS αποτελείται από ενσωματωμένα συστήματα και αισθητήρες υψηλής απόδοσης, ενεργοποιητές και άλλες διασυνδέσεις επικοινωνίας που παρέχουν μεγάλη χωρητικότητα hardware υλικού. Επιπλέον, όλες αυτές οι πλατφόρμες ενοποίησης βασίζονται σε τεχνολογίες cloud και έχουν ανοίξει νέες επιχειρηματικές ευκαιρίες. Είναι φανερό ότι μόνο τα ενσωματωμένα αντικείμενα συγκροτούν το CPS. Λόγω αυτού του γεγονότος το CPS είναι ακόμη μια θεωρητική ιδέα παρά πρακτική, αν και έχει ήδη προσαρμοστεί σε κάποιες εφαρμογές στην βιομηχανική πρακτική. Ένα άλλο χαρακτηριστικό του είναι ο βαθμός αποκέντρωσης της δομής του καθώς και ο όγκος της χωρητικότητας του.

Μέσω προηγμένων τεχνολογιών μικροσυστήματος, το CPS τοποθετείται σε ένα μόνο μικροτσίπ που περιλαμβάνει διάφορους αισθητήρες και έναν μικροεπεξεργαστή για την επεξεργασία των δεδομένων. Ένα μεγαλύτερο CPS μπορεί να κατασκευαστεί με την μορφή ενός εργαλείου το οποίο με τη σειρά του να είναι μέρος ενός μεγαλύτερου CPS-ενός μεγαλύτερου εργοστασίου. Μια εξωπραγματική λύση θα ήταν η διάθεση ενός CPS σε ένα παγκόσμιο δίκτυο, π.χ. μια παγκόσμια λειτουργική εταιρεία. Αυτά τα χαρακτηριστικά του προβάλλουν μοντέλα βασικών τεχνολογιών και ταξινομούνται με βάση τους τύπους της τεχνολογίας.



Εικόνα 16 :Τρόπος Λειτουργίας CPS

Συμπερασματικά, το CPS σχεδιάζεται σύμφωνα με τις ανάγκες του πελάτη ώστε να αξιοποιεί πλήρως τις δυνατότητες του οι οποίες είναι ποικίλες. Με λίγα λόγια μπορούν να ανταπεξέλθουν σε λειτουργίες όπως η αναζήτηση κατάλληλων υπηρεσιών στο διαδίκτυο ακόμη και σε λειτουργίες για συγκεκριμένες εφαρμογές, π.χ. βελτιστοποίηση πλοήγησης σε ένα δίκτυο logistics. Η ανάπτυξη αυτών των συστημάτων θα περάσει από διάφορα στάδια. Οι Geisberger και Brooy(2015) περιγράφουν πέντε βασικές διαστάσεις του CPS οι οποίες βασίζονται στην διεύρυνση, την πολυπλοκότητα και την ευφυΐα:

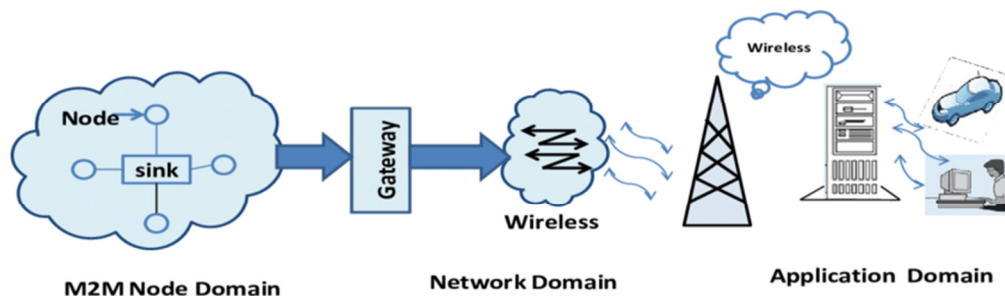
- Συγχώνευση του φυσικού με τον εικονικό κόσμο.
- Συστήματα με δυναμικά όρια προσαρμογής.
- Αυτόνομα συστήματα προσαρμογής στο περιβάλλον με έλεγχο σε πραγματικό χρόνο.
- Συνεργατικά συστήματα με δυνατότητα καταναμημένου ελέγχου
- Εκτεταμένη συνεργασία ανθρώπου-συστήματος

Σε κάθε ένα από αυτά τα στάδια, ο σχεδιασμός του CPS επιτρέπει την ανάπτυξη πολλών εφαρμογών, με συγκεκριμένες ωστόσο λειτουργίες, οι οποίες ωφελούν τις επερχόμενες τεχνολογίες. [15]

3.7 Machine-to-Machine Communication

Machine-to-machine (M2M) είναι η επικοινωνία μεταξύ υπολογιστών, ενσωματωμένων επεξεργαστών, έξυπνων αισθητήρων και φορητών συσκευών με περιορισμένη ανθρώπινη παρέμβαση ή και με πλήρης απουσία του ανθρώπινου παράγοντα. Ο στόχος αυτής της τεχνολογίας είναι ότι τα μηχανήματα θεωρούνται πιο πολύτιμα όταν είναι δικτυωμένα και το δίκτυο είναι πιο πολύτιμο όταν έχει όλο και περισσότερα μηχανήματα συνδεδεμένα.

Πιο αναλυτικά η τεχνολογία M2M αφορά την αλληλεπίδραση μεγάλου αριθμού απομακρυσμένων συσκευών που συνήθως ενεργούν ως διεπαφή με τον τελικό χρήστη. Σήμερα όπως είδαμε όλο και περισσότερες συσκευές συνδέονται στο δίκτυο επικοινωνίας και είναι επόμενο η machine-to-machine (M2M) επικοινωνία να γίνει μια τυπική μορφή επικοινωνίας για ασύρματα δίκτυα. Κάποιες εφαρμογές αυτής της επικοινωνίας είναι τα έξυπνα ρομπότ, τα κυβερνο-συστήματα μεταφοράς, τα συστήματα παραγωγής, οι έξυπνες τεχνολογίες στο σπίτι και τα ευφυή δίκτυα.



Εικόνα 17: M2M Communication

3.7.1 Στάδια M2M επικοινωνίας

Η επικοινωνία αυτή μπορεί να χαρακτηριστεί από χαμηλή ισχύ, χαμηλό κόστος και χαμηλή ανθρώπινη παρέμβαση. Το M2M είναι ευθύνεται για την ροή των δεδομένων μεταξύ μηχανών και μηχανημάτων αλλά και μεταξύ μηχανών και ανθρώπων. Πέρα από τον τύπο του κάθε μηχανήματος ή τον τύπο των δεδομένων, όλες οι πληροφορίες ρέουν με τον ίδιο τρόπο. Δηλαδή το μηχάνημα προωθεί τις πληροφορίες μέσω ενός δικτύου και στην συνέχεια μέσω της πύλης του συστήματος οι πληροφορίες εφαρμόζονται ή αναθεωρούνται αναλόγως.

Σε αυτό το βασικό πλαίσιο μεταφοράς πληροφοριών υπάρχουν πολλές διαφορετικές επιλογές για την σύνδεση της συσκευής, το είδος της επικοινωνίας που χρησιμοποιείται και πως τα δεδομένα χρησιμοποιούνται. Αυτή η διαδικασία φαίνεται να είναι περίπλοκη αλλά εάν καθοριστεί ο σκοπός του χρήστη, για παράδειγμα μια επιχείρηση πρέπει να προσδιορίζει τον τρόπο και τον λόγο μεταφοράς των δεδομένων της, τότε η εγκατάσταση και η χρήση της εφαρμογής είναι συνήθως πολύ απλές.

Η εγκατάσταση λοιπόν της M2M επικοινωνίας αποτελείται από τέσσερα βασικά στάδια τα οποία είναι κοινά σε κάθε εφαρμογή M2M. Τα στάδια είναι:

- **Συλλογή δεδομένων** : Η διαδικασία της M2M επικοινωνίας ξεκινά με την λήψη των δεδομένων από μια μηχανή έτσι ώστε να αναλυθούν τα δεδομένα και να αποσταλούν σε ένα δίκτυο. Η συλλογή της πληροφορίας από ελεγχόμενα μηχανήματα είναι μια

αρκετά απλή λειτουργία. Για παράδειγμα στην IoT τεχνολογία το μηχάνημα είναι ο αντίστοιχος αισθητήρας (π.χ. αισθητήρας θερμοκρασίας).

Μια έξυπνη ηλεκτρονική μηχανή συνδέεται σε μια σειριακή θύρα του εξοπλισμού ώστε να ζητήσει τα δεδομένα. Σκοπός του M2M hardware είναι να γεφυρώσει το μηχάνημα με το δίκτυο επικοινωνιών. Ένα ασύρματο μοντέλο δεδομένων είναι συνδεδεμένο με το ελεγχόμενο μηχάνημα και προγραμματίζεται σύμφωνα με τους κανόνες του πρωτοκόλλου (π.χ. ο τρόπος που στέλνει και λαμβάνει τα δεδομένα). Το ελεγχόμενο μηχάνημα μπορεί να τεθεί σαν master συσκευή και να έχει τον πλήρη έλεγχο ώστε να διαχειρίζεται τη συσκευή M2M. Για παράδειγμα να την μετατρέψει σε ένα απλό ασύρματο μόντεμ, φορτώνοντας του δεδομένα και αυτό με τη σειρά του να τα μεταφέρει στο δίκτυο.

Το κάθε μηχάνημα μπορεί να θεωρηθεί έξυπνο εάν έχει διακόπτες και αισθητήρες, επομένως μια συσκευή M2M μπορεί να λειτουργήσει ως master. Ένα master μηχάνημα λοιπόν, η διαδικασία που κάνει είναι να λαμβάνει την πληροφορία με το να διαβάζει τους αισθητήρες και τους διακόπτες, ή αλλιώς με το να στέλνει αιτήματα δεδομένων μέσω μιας σειριακής θύρας.

Για παράδειγμα υπάρχουν μηχανές υψηλής επικινδυνότητας, όπως ένας ηλεκτρικός υποσταθμός, η διαδικασία είναι να στέλνεται μια σταθερή ροή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο περιγράφοντας το μηχάνημα ή τη διαδικασία. Βέβαια αυτό δεν είναι αναγκαίο σε πολλές περιπτώσεις καθώς η διαδικασία αυτή είναι αρκετά κοστοβόρα. Στις πιο απλές περιπτώσεις η συσκευή M2M ελαχιστοποιεί την ποσότητα των δεδομένων σύμφωνα με τα προγραμματισμένα όρια και τις επιθυμητές τιμές και στη συνέχεια εκπέμπει μόνο την πληροφορία που χρειάζεται σε πραγματικό χρόνο.

Τέλος, η εφαρμογή είναι προγραμματισμένη έτσι ώστε να στέλνει ενημερώσεις με τα πλήρη στοιχεία σε μια εξίσου προγραμματισμένη βάση δεδομένων ύστερα από αίτηση που γίνεται από τον web server.

- **Μετάδοση δεδομένων** : Η μεταφορά των δεδομένων από απομακρυσμένο εξοπλισμό σε ένα κέντρο λειτουργίας του δικτύου είναι πολλές (π.χ. δίκτυο κινητής τηλεφωνίας). Ο καλύτερος τρόπος ελέγχου ενός εξοπλισμού, ενός κινητού σε απομακρυσμένη περιοχή για παράδειγμα, είναι η δορυφορική επικοινωνία. Ωστόσο είναι η πιο δαπανηρή λύση. Η ευρεία κάλυψη της κινητής τηλεφωνία είναι ο σκοπός της M2M επικοινωνίας και ο λόγος που είναι τόσο διαδεδομένη τα τελευταία χρόνια.

Οι δυο πιο διαδεδομένες μέθοδοι είναι το CDMA (Code-division multiple access) και το GPRS (General Packet Radio Service). Το πλεονέκτημα αυτών των συστημάτων είναι ότι μπορούν να στέλνουν μεγάλες ποσότητες δεδομένων και το κόστος τους να είναι σε λογικά έως χαμηλά επίπεδα.

Η σύνδεση τους με τα δορυφορικά δίκτυα γίνεται μέσω μιας πύλης. Αυτή η πύλη λαμβάνει τα δεδομένα από το ασύρματο δίκτυο επικοινωνίας και τα μετατρέπει σε μορφή που να μπορούν να αναγνωριστούν από το κέντρο λειτουργίας του δικτύου, μέσω μιας σύνδεσης στο Internet ή μέσω μιας frame relay (τηλεφωνική γραμμή) σύνδεσης.

Πάραυτα υπάρχουν απειλές και σε αυτού του είδους την επικοινωνία. Η ασφάλεια και ο έλεγχος λοιπόν των δεδομένων γίνονται από την πύλη και το software της εφαρμογής ελέγχοντας την ταυτότητα και την πρόσβαση των δεδομένων. Η πύλη παίζει τον σημαντικότερο ρόλο στα δεδομένα ειδικά όταν αυτά αντιστρέφονται, δηλαδή πηγαίνουν από το δίκτυο προς το μηχάνημα όταν γίνεται απομακρυσμένος έλεγχος. Επίσης η πύλη λειτουργεί ως μετατροπέας πρωτοκόλλου, αλλά στη συγκεκριμένη περίπτωση παίρνει υψηλού εύρους ζώνης Internet πρωτόκολλα και τα μετατρέπει σε χαμηλού εύρους ζώνης ασύρματα πρωτόκολλα, ώστε να βελτιστοποιηθούν τα δεδομένα για τη μεταφορά τους μέσω ενός δικτύου κινητής τηλεφωνίας.

Οι εταιρείες που αναπτύσσουν εφαρμογές M2M όσον αφορά την πύλη, το λογισμικό εφαρμογή και την αποθήκη δεδομένων μπορούν να τις στεγάζουν στο εσωτερικό τους αλλά και να φιλοξενηθούν από τρίτους στο Κέντρο Διαχείρισης Δικτύων. Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως κυρίως στο Cloud Computing το μοντέλο της φιλοξενίας είναι πολύ διαδεδομένο καθώς δεν έχει κόστος για δημιουργία της υποδομής κράτησης των δεδομένων αλλά και την διαχείριση τους. Έτσι πολλές επιχειρήσεις προτιμούν το μοντέλο φιλοξενίας λόγω του χαμηλότερου κόστους και την αποφυγή περαιτέρω διαδικασιών (εξειδικευμένους χρήστες και χρόνο αφιέρωσης).

- **Αξιολόγηση Δεδομένων :** Οι χώροι αποθήκευσης των δεδομένων μπορεί να είναι δύο, είτε στο software της εφαρμογής είτε σε ένα αυτόνομο σύστημα που είναι σχεδιασμένο ειδικά για M2M. Τα δεδομένα πλέον ελέγχονται κυρίως εξ' αποστάσεως με αυτόματα συστήματα για εφαρμογές αφού οι περισσότερες εφαρμογές M2M ειδικεύονται στην απομακρυσμένη παρακολούθηση. Με αυτή τη

διαδικασία μειώνεται το κόστος προσθήκης νέων δεδομένων στα υπάρχοντα συστήματα.

- **Ανταπόκριση στην διαθέσιμη πληροφορία :** Για να είναι εφικτή η ανταπόκριση η τεχνολογία θα πρέπει να είναι ικανή να στέλνει τα δεδομένα στο σωστό μέρος και με τον κατάλληλο τρόπο κάθε φορά σύμφωνα με τις απαιτήσεις των περιστάσεων. Στόχος είναι η αυτοματοποίηση μιας επιχειρηματικής διαδικασίας κάνοντας πολύ πιο απλή την ροή των δεδομένων τόσο για τους ανθρώπους όσο για τα συστήματα.

3.7.2 Αρχιτεκτονικές της M2M επικοινωνίας

Το M2M συνδυάζει διάφορες τεχνολογίες επικοινωνίας και λογισμικού. Αυτές είναι:

- Ένα τέτοιο τυπικό σύστημα περιλαμβάνει **έξυπνα μοντέλα επικοινωνίας** όπως ενσωματωμένους αισθητήρες, ενεργοποιητές, ετικέτες RFID , PLCs ή οποιοδήποτε άλλο μηχάνημα, συσκευή ή εφαρμογή μπορεί να δεχτεί μοντέλα επικοινωνίας. Για παράδειγμα οι αισθητήρες μπορούν να γίνουν έξυπνοι και να κατασκευάζουν συσκευές όπως τα ρομπότ από τη στιγμή που μπορούν να αισθανθούν την πληροφορία και να εκτελέσουν καθήκοντα με ή χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση. Μπορούν επίσης να κατασκευάσουν βιομηχανικά PLC (Programmable Logic Control) ή GSM μηχανήματα για ασύρματη λειτουργία. Τα ασύρματα μοντέλα όπως τα Smartphones και PDA και άλλα, που επικοινωνούν μέσω Bluetooth ή Wi-Fi ενσωματώνονται στο σύστημα ως πρόσθετα εξαρτήματα.
- **M2M Δίκτυο** είναι ο τρόπος που συνδέονται οι έξυπνες συσκευές με την M2M πύλη. Αυτά περιλαμβάνουν δίκτυα όπως τα M-BUS και τα Wireless M-BUS, τα Personal Area Network (PAN), και άλλες τεχνολογίες όπως IEEE802.15, SRD(Short Range Device), UWB, Bluetooth, Zigbee κ.α. Με λίγα λόγια η συνδεσιμότητα είναι η κυριότερη λειτουργία στην M2M επικοινωνία.
- **M2M πύλη** η οποία είναι υπεύθυνη για την εξαγωγή των δεδομένων από την συσκευή και η προετοιμασία για να δεχτεί τα δεδομένα το δίκτυο. Σε αυτή την διαδικασία χρησιμοποιείται αυστηρό πρωτόκολλο ώστε να αλληλοεπιδρά αποτελεσματικά με την έξυπνη συσκευή και να μεταφράζει σωστά τα δεδομένα ώστε να είναι κατανοητά στον παραλήπτη-συσκευή/εφαρμογή/άνθρωπο. Βοηθά συνεπώς την επικοινωνία μεταξύ των συσκευών.
- **Δίκτυο επικοινωνίας** το οποίο συνδέει μια έξυπνη συσκευή με έναν απομακρυσμένο χρήστη. Δίνει τη δυνατότητα επικοινωνίας μεταξύ της πύλης και των χρηστών.

Κάποια παραδείγματα είναι: x DSL, IEEE802.11, Δίκτυα (LAN), Geran (GSMEDGE Radio Access Network), UTRAN(UMTS Terrestrial Radio Access Network), W-LAN, WiMAX(Worldwide Interoperability for Microwave Access),), GPRS (General Packet Radio Service), 3G,LTE (Long Term Evolution), CDMA, κ.α. Το δίκτυο επικοινωνιών επιτρέπει στο σύστημα να στέλνει την πληροφορία σε έναν back-end server το οποίο επεξεργάζεται τα δεδομένα και τα στέλνει εκεί που προβλέπει το πρωτόκολλο που συνήθως είναι τύπου TCP/IP.

- **Εφαρμογές/ απομακρυσμένοι χρήστες** μπορεί όμως να είναι ακόμη οποιοδήποτε υλικό ή λογισμικό που λαμβάνει δεδομένα. Χρήστης μπορεί να είναι ένα κινητό ένας web browser (π.χ Internet Explorer, Firefox, ή Google Chrome),email ακόμη και SMS.
- **Software:** είναι οι εφαρμογές που δίνουν σημαντικές πληροφορίες σχετικά με το δίκτυο της μηχανής είτε με αίτηση είτε με αυτοματοποιημένες υπηρεσίες. Μπορούν να παρέχονται αυτές οι πληροφορίες από τους πελάτες (off-the-shelf) ή μέσω τρίτων ως μέρος του μοντέλου Application Service Provider (ASP). Μια γλώσσα web που βοηθά στην ανταλλαγή δεδομένων είναι η XML κάνοντας την διαχείριση των δεδομένων μέσω του Διαδικτύου πολύ πιο εύκολη. Μια άλλη ανεξάρτητη γλώσσα προγραμματισμού είναι η Java η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία εφαρμογών που μπορούν να αναπτυχθούν σε ένα ευρύ φάσμα λειτουργικών συστημάτων όπως είναι τα windows ή τα συστήματα UNIX.

Το **Middleware** είναι επίσης μέρος του τρέχοντος λογισμικού στα απομακρυσμένα μηχανήματα. Το M2M περιλαμβάνει τη μεταφορά των δεδομένων μεταξύ πολλών συστημάτων που λειτουργούν σε διαφορετικές πλατφόρμες και ακολουθούν διαφορετικά πρωτόκολλα για τη μεταφορά των δεδομένων. Το middleware επιτρέπει στα μηχανήματα να γεφυρώνουν τα διαφορετικά πρωτόκολλα που υπακούν τα δεδομένα. Παρέχει επίσης υποστήριξη σε διάφορες εφαρμογές πραγματικού χρόνου όπως η πρόγνωση του καιρού ακόμη και σε εταιρικά συστήματα πληροφοριών όπως είναι τα ERP, CRM και SCM ώστε να προστατεύει τις επιχειρηματικές διαδικασίες.

3.8 Ασφάλεια στο Industry 4.0

Οι εξωτερικές απειλές του έξυπνου εργοστασίου αυξάνονται αφού αυξάνεται και ο αριθμός των διεπαφών σε απομακρυσμένα συστήματα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ανάγκη για κατάλληλα μέτρα ασφαλείας. Η πολυπλοκότητα των νέων συστημάτων έχει αλλάξει αφού

όλο και περισσότερα εξαρτήματα έχουν εισαχθεί στην παραγωγή, κάτι το οποίο μπορεί να προκαλέσει ανεπιθύμητα σφάλματα. Για την αντιμετώπιση τους έχει δοθεί μεγάλη προσοχή στα θέματα ασφαλείας.

Τα μέτρα ασφαλείας στο έξυπνο εργοστάσιο περιλαμβάνουν τόσο τις φυσικές όσο και τις ψηφιακές διεργασίες. Βασικά στοιχεία αποτελούν η διαθεσιμότητα, η ακεραιότητα και η εμπιστευτικότητα. Προκειμένου να ενισχυθεί η ασφάλεια έχουν αναπτυχθεί πρόσθετα μέτρα ώστε να αντιμετωπιστούν ζητήματα που περιλαμβάνουν τα δίκτυα συστημάτων πληροφοριών.

Το έξυπνο εργοστάσιο θέτει στόχο να ανιχνεύει τις απειλές και να αντιδρά σε αυτές προσαρμοστικά. Στόχος είναι να αποφευχθεί η εξάπλωση ενός άτυχου συμβάντος σε περισσότερες από μια λειτουργίες. Δυστυχώς, τα σημερινά πρότυπα ασφαλείας δεν επαρκούν να καλύψουν τις τρέχουσες απαιτήσεις γι' αυτό και πρέπει να αναπτυχθούν νέα μέτρα για τα σύγχρονα εργοστάσια. Για να επιτευχθεί αυτό, θα πρέπει να οριστεί ένα πλαίσιο το οποίο θα εφαρμόζεται σε όλες τις τεχνολογίες του εργοστασίου. Το πλαίσιο αυτό θα καθορίζει εάν τα μέτρα αυτά επαρκούν για τις πιθανές απειλές καθώς και θα διασφαλίζει την αποτροπή τους τόσο στις φυσικές όσο και στις ψηφιακές απειλές. Η ασφάλεια των εργαζομένων και του εξοπλισμού αποτελούν μείζον θέμα προσοχής για την αντιμετώπιση βλαβών του συστήματος ελέγχου και επιθέσεων στον κυβερνοχώρο.

Έως τώρα τα συστήματα δεν ήταν σε θέση να επηρεάσουν τη συμπεριφορά των μηχανών γι' αυτό και λόγω των αυξανόμενων διεργασιών και της αυτοματοποιημένης ανταλλαγής πληροφοριών, η έως τώρα ασφάλεια δεν είναι πια εγγυημένη. [15]

4 Ανάπτυξη εκπαιδευτικού προγράμματος για Industry 4.0

Το **Industry 4.0** είναι το αποτέλεσμα που διατυπώθηκε από την Τέταρτη Βιομηχανική Επανάσταση - το πόρισμα του συνδυασμού μεταξύ του φυσικού και του ψηφιακού κόσμου. Το αναπόφευκτο είναι το αποτέλεσμα της συνεχούς αύξησης της προσαρμοσμένης ζήτησης από τις αγορές, η οποία αναγκάζει τις εταιρείες να επανεξετάσουν την παραγωγή και τα λογιστικά συστήματα τους.

Η δεύτερη βιομηχανική επανάσταση λαμβάνει χώρα στη φυσική και αναλογική σφαίρα, με σημαντικές βελτιώσεις στον τομέα του σχεδιασμού, των νέων υλικών και των νέων προϊόντων, και είναι γνωστή ως **Τεχνολογία Επιχειρήσεων-Operations Technology (OT)**.

Η τρίτη επανάσταση συνέβη στον ψηφιακό τομέα, όπου και προήλθε ο όρος «cyber» (δηλαδή κυβερνοχώρος) και είναι γνωστή ως **Πληροφορική-Information Technology (IT)**. Το Industry 4.0 είναι επομένως μια ανάμειξη της δεύτερης και της τρίτης επανάστασης και βασίζεται σε δύο πυλώνες - αφενός στα **Cyberphysical Systems** και αφετέρου στο **(IoT)-Διαδίκτυο των πραγμάτων**. Η σχέση μεταξύ του «cyber» και των φυσικών διαστάσεων εξηγείται από τον ενάρτετο κύκλο που ορίζεται από την **προσομοίωση** και την **υλοποίηση**.

Η **Μοντελοποίηση/Προσομοίωση** επιτρέπει τη μεταφορά φυσικών αντικειμένων στον ψηφιακό κόσμο και τις τεχνικές προσομοίωσης που χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία "Digital Twins", τα οποία χρησιμοποιούνται σε πειράματα υψηλής ταχύτητας χωρίς φυσικό κίνδυνο, καθώς και σε περιβάλλοντα εκπαίδευσης, κατάρτισης και υποστήριξης για λειτουργίες μέσω επαυξημένης πραγματικότητας και αυτόματης μάθησης (Machine Learning). Αυτά μπορούν να συνδυαστούν με στοιχεία μοντελοποίησης διεργασιών, δημιουργώντας μια ψηφιακή αλυσίδα αξίας. Τόσο ο φυσικός κόσμος όσο και ο προσομοιωμένος δηλαδή ο ηλεκτρονικός κόσμος είναι πηγές για τη δημιουργία μεγάλου όγκου δεδομένων (Bigdata).

Η **Υλοποίηση** αφορά αντικείμενα από τον ψηφιακό κόσμο που μπορούν να μετατραπούν σε αντικείμενα στον φυσικό κόσμο, όπου ο έλεγχος των αντικειμένων που χρησιμοποιούν λογισμικό είναι γνωστός ως αυτοματισμός. Τεχνολογίες όπως η τρισδιάστατη εκτύπωση (3D Printing) σε συνδυασμό με ενσωματωμένα ηλεκτρονικά συστήματα οδηγούν στην εμφάνιση μιας νέας γενιάς συνδεδεμένων Cyberphysical Systems, με τεχνολογίες όπως το OPC-UA, επιτρέποντας την εικονική λειτουργία και νέες ευέλικτες μορφές ανάπτυξης, στις οποίες τα φυσικά αντικείμενα αλληλοεπιδρούν με προσομοιωμένα αντικείμενα.

Οι κόσμοι της **IT** και της **OT** λειτουργούν παράλληλα, μοιράζονται παρόμοιους τομείς λειτουργικότητας και αλληλοεπιδρούν. Η ζήτηση για αυτά συστήματα που έχει αυξηθεί δραματικά σημαίνει ότι τα τείχη που υπάρχουν εδώ και δεκαετίες μεταξύ τους πρέπει να κατεδαφιστούν, οδηγώντας σε «σύγκλιση IT / OT», η οποία είναι μια από τις σημαντικότερες προκλήσεις που θέτει η Βιομηχανία 4.0.

Στην συνέχεια θα αναλυθούν μεταπτυχιακά ή διδακτορικά πτυχία που ασχολούνται με INDUSTRY 4.0. Στο παράρτημα αναφέρεται μια εκτενής λίστα σχετικών μεταπτυχιακών που προέρχεται από το έργο Master Degree in Industry 4.0 στο οποίο συμμετέχει το Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

4.1 Master's Degree in Industry 4.0 – UNIVERSITAT POLITECNINA DE CATALUNYA

Ο στόχος του συγκεκριμένου μεταπτυχιακού προγράμματος του Πολυτεχνείου της Καταλονίας είναι να εκπαιδεύσει όσους θέλουν να κατανοήσουν τις δυσκολίες και τις πολυπλοκότητες της Βιομηχανίας 4.0 με διεπιστημονικό τρόπο. Οι συμμετέχοντες θα αποκτήσουν τις απαραίτητες γνώσεις για τη δημιουργία Digital Twins καθώς και την ανάπτυξη πρωτότυπων Cyberphysical συστημάτων για το Industry 4.0, χρησιμοποιώντας τα υπάρχοντα Digital Twins πάνω σε παραγωγικά συστήματα και συστήματα συνεργατικής ρομποτικής, επιπλέον θα χρησιμοποιούν 3D Printing, ενσωματωμένα συστήματα και αισθητήρες ώστε να δικτυωθούν οι φοιτητές σε δομές πολλαπλών παραγόντων. Με λίγα λόγια ένα βήμα πέρα από τις παραδοσιακές τυπικές δομές της Βιομηχανίας 3.0. Το μάστερ αυτό εκτυλίσσεται στα Ισπανικά, οι διδακτικές ώρες συνολικά είναι 367 με συνολική διάρκεια εννέα μηνών και το κόστος 8.300 €.

Στόχοι του προγράμματος:

- Κατανόηση προβλημάτων του Industry 4.0 και των διαδικασιών ψηφιακού μετασχηματισμού.
- Αναγνώριση του πότε ένα επιχειρηματικό πρόβλημα μπορεί να διατυπωθεί σε πλατφόρμα οικονομίας ή αυτοματισμού του Industry 4.0.
- Προσδιορισμός των καταλληλότερων μοντέλων μάθησης και τεχνικών στατιστικής και επιστημονικής έρευνας για ένα συγκεκριμένο πρόβλημα.
- Χρήση μοντέλων και εργαλείων για δημιουργία στατιστικών.
- Χρήση «Digital Twins» σε βιομηχανικές διεργασίες, συνεργατική ρομποτική και εικονική σχεδίαση.

- Εκμάθηση πάνω στην πρωτότυπη δημιουργία ελάχιστων βιώσιμων προϊόντων (MVPs) για το Internet of Things με ενσωματωμένα ηλεκτρονικά μέσα και 3D εκτύπωση.
- Κατανόηση των κύριων ζητημάτων που επηρεάζουν ένα Industry 4.0 project.

4.1.1 Πρόγραμμα Σπουδών

Το συγκεκριμένο πρόγραμμα σπουδών αποτελείται από 60 διδακτικές μονάδες (ECTS) με τα περισσότερα θεωρητικά μαθήματα να έχουν από 2 έως 4 ECTS και αυτά που διαθέτουν εργαστήρια 8 ECTS. Καθώς και η τελική εργασία με την παρουσίαση της 12 ECTS. Αναλυτικά τα μαθήματα είναι τα παρακάτω.

Τα θεωρητικά μαθήματα είναι:

Industry 4.0 και κοινωνία: 3 ECTS - 18 Ώρες

Industry 4.0, Στατιστική και Διαχείριση Δεδομένων: 3 ECTS - 30 Ώρες

Simulation, Basics and Applications: 2 ECTS – 12 Ώρες

Simulation, Basic Modeling and Programming: 4 ECTS – 30 Ώρες

Introduction to Modeling: 4 ECTS – 24 Ώρες

Architecture IoT, Technologies IoT: 4 ECTS – 24 Ώρες

Optimization and Management of Large Data Volume: 2 ECTS – 12 Ώρες

Optimization and Intelligent Systems: 4 ECTS – 30 Ώρες

Project Management, Frameworks for I4.0 and IoT: 2 ECTS – 12 Ώρες

Project Management. Agile Methodologies for Cyberphysical Systems: 4 ECTS - 30 Ώρες

Τα δυο μαθήματα που είναι πιο εργαστηριακά, διαθέτουν δηλαδή εφαρμογές σε κώδικες και αποτελούν πιο πρακτική εκπαιδευτική μορφή είναι:

Technologies IoT, Hands on and MVPs: 8 ECTS – 60 Ώρες και έχει τις εξής ενότητες:

- 3D printing.
- Electronic simulation of boards.
- Systems based on microcontrollers.
 - Arduino microcontrollers, sensors.
 - Arduino PLC.
 - Industrial controllers.

- Systems based on Operating Systems (Linux).
 - Raspberry Pi.
- Communications protocols.
 - MQTT.
 - CoaP.
 - Modbus TCP.
- Web SCADA 4.0.
 - Cloud.
 - Web widgets.
 - Push/Pull GUIs.
- OPC - UA.
- Energy infrastructure.
- Robotics.
- Public policies.

Modeling and Digital Twins: 8 ECTS – 60 Ωρες με τις εξής ενότητες,

- 3D modelling exercises.
 - Fusion 360.
 - Virtual and augmented reality.
- General modelling of systems.
 - Orientation to Objects.
 - Polymorphism, inheritance.
 - Implementation with ES6.
- Integration with UML.
 - Structure diagrams.
 - The concept of the metamodel.
 - Behavioral diagrams.
- Object-oriented analysis and design.
 - Design patterns.
- Agent-oriented design.
 - Communication between objects.
 - HTTP REST.
- From formalism to the model: automatic code generation tools.
 - Working with Pragma DEV Studio, SDL, DEVS and Petri Networks.

- From formalism to the model: general tools.
 - Working with FlexArm and Net Logo.
 - Automatic validation of simulation models.
 - Integration with UML.
- Tools that use the model.
 - HLA standard.
 - Examples of models in SDL.
 - BIM (tools including energy+, NECADA).

Τέλος για την λήψη του πτυχίου απαιτείται η τελική εργασία που έχει 12 ECTS – 25 Ωρες και περιλαμβάνει:

- Διαχείριση έργου.
- Παρουσίαση του έργου.
- Συνεδρίες παρακολούθησης έργου. [13]

4.2 Master in Industry 4.0 -Technical University of Ostrava

Το συγκεκριμένο μεταπτυχιακό πρόγραμμα σπουδών για την τέταρτη Βιομηχανική Επανάσταση είναι ένα νέο πρόγραμμα με προοπτική, το οποίο συνδέει την Επιστήμη των Υπολογιστών και την Cybernetics σε μια μοναδική μορφή. Οι σπουδαστές θα εισαχθούν σε νέες τάσεις στην ανάλυση δεδομένων, στην ψηφιοποίηση και τη βελτιστοποίηση της παραγωγής, καθώς και με την εκμάθηση μηχανών, την ανάλυση εικόνας και την όραση στον υπολογιστή.

Η ισορροπία μεταξύ της πρακτικής και της θεωρητικής γνώσης που προσφέρει το συγκεκριμένο μάστερ επιτρέπει στους απόφοιτους να είναι χρήσιμα μέλη των ομάδων καινοτομίας των εργοστασίων παραγωγής και να επιλύει πρακτικά προβλήματα με νέες προσεγγίσεις. Η μεταπτυχιακή εργασία επικεντρώνεται σε θέματα πραγματικού κόσμου σχετικά με την προσομοίωση και την μοντελοποίηση των διαδικασιών παραγωγής, την προγνωστική ποιότητα και συντήρηση, τη χρήση των συστημάτων κάμερας ή τον προγραμματισμό ρομπότ και την βελτιστοποίηση της κίνησης.

Τέλος, το μεταπτυχιακό αυτό απευθύνεται σε απόφοιτους από σχολές Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Επιστήμης Υπολογιστών. Διεξάγεται στο Τεχνολογικό Ίδρυμα της Οστράβα στην Τσεχία και η γλώσσα που εκτυλίσσεται είναι τα αγγλικά και η διάρκεια του είναι δύο έτη με τακτική μελέτη. Επιπλέον τα δίδακτρα είναι 4.000€ ετησίως.

4.2.1 Προφίλ φοιτητών

Το προφίλ που θα δημιουργήσουν οι απόφοιτοι μέσα από αυτό το πρόγραμμα σπουδών θα αναλυθεί στην συνέχεια. Στόχος λοιπόν, είναι να διδάξει τους φοιτητές πολύ-επιστημονικές δεξιότητες που συνδυάζουν την Επιστήμη των Υπολογιστών με την Cybernetics. Η πρωταρχική έμφαση δίνεται στις δεξιότητες Πληροφορικής λόγω της σημασίας που έχει αποκτήσει η ανάλυση των δεδομένων στα σύγχρονα εργοστάσια. Η πολυπλοκότητα των γραμμών παραγωγής και η αυτοματοποίηση των διαδικασιών φέρνουν την αναγκαιότητα της Cybernetics. Οι κύριοι στόχοι του προγράμματος είναι οι εξής:

- Οι μαθητές θα κατανοήσουν τις διαδικασίες παραγωγής και τα συστήματα ελέγχου τους, συμπεριλαμβανομένης της χρήσης βιομηχανικών ρομπότ.
- Οι μαθητές θα έχουν μια βαθιά γνώση της επεξεργασίας δεδομένων και της εξόρυξης γνώσης, της επεξεργασίας εικόνας, της μεγάλης ανάλυσης δεδομένων και της χρήσης της στη βελτιστοποίηση της παραγωγής.
- Οι σπουδαστές θα ειδικευτούν σε περιοχές ανάλυσης ή ελέγχου από επιπλέον θέματα.
- Οι σπουδαστές θα μπορούν να εργάζονται σε βιομηχανικές επιχειρήσεις και να έχουν χρήσιμα και πολύτιμα μέλη των ομάδων.

Η επαγγελματική κατάρτιση που προσφέρει αυτό το μεταπτυχιακό είναι η επαρκής εκπαίδευση ώστε να ανταπεξέλθουν στις απαιτήσεις μιας βιομηχανικής επιχείρησης και σε εταιρείες πληροφορικής. Να εργαστούν επίσης σαν προγραμματιστές παραγωγής σε εργασίες που σχετίζονται με τη βελτιστοποίηση της παραγωγής αλλά και ως αναλυτές δεδομένων σε βιομηχανικές εταιρείες, ως βοηθοί παραγωγής κ.α.

4.2.2 Στόχος/ Περιεχόμενο του μεταπτυχιακού

Γενικότερος στόχος του μεταπτυχιακού είναι να προετοιμάσει τους σπουδαστές για μεμονωμένες εργασίες στα τμήματα βελτιστοποίησης της παραγωγής και να είναι σε θέση να συμμετάσχουν στην επίλυση σύνθετων προβλημάτων του πραγματικού κόσμου. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την καλή επικοινωνία μεταξύ των ομάδων κάνοντας τους χρήσιμα μέλη της ομάδας. Η συνεχής εξέλιξη του περιβάλλοντος γύρω μας θα βοηθήσει τους απόφοιτους να απορροφήσουν νέες ιδέες και γνώσεις ώστε να τις εφαρμόσουν στο έργο τους.

Το θεωρητικό κομμάτι του μεταπτυχιακού περιλαμβάνει τη μαθηματική και στατιστική γνώση καθώς και την γνώση ανάλυσης δεδομένων, της εξόρυξης γνώσης, της επεξεργασίας

εικόνας, της ψηφιοποίησης βιομηχανικών εφαρμογών και των κυβερνο-φυσικών συστημάτων. Επίσης ο κάθε φοιτητής έχει την δυνατότητα να επιλέξει ένα προαιρετικό θέμα από τα εξής:

computer vision, παράλληλη επεξεργασία δεδομένων, βελτιστοποίηση της παραγωγής, ή το προηγμένο σύστημα ελέγχου και κατανομής.

Πέρα από τις θεωρητικές γνώσεις που θα τους δώσει, οι πρακτικές δεξιότητες που θα λάβουν επικεντρώνονται κυρίως στην ορατότητα των υπολογιστών και στη μηχανική μάθηση, στην εξόρυξη γνώσης καθώς και στην βελτιστοποίηση της παραγωγής και στον προγραμματισμό. Επιπλέον, περιλαμβάνεται επίσης ο προγραμματισμός βιομηχανικών ρομπότ και ο προηγμένος σχεδιασμός του συστήματος ελέγχου.

4.2.3 Γενικές απαιτήσεις υποδοχής των υποψηφίων

Κάποια κριτήρια εισδοχής των υποψηφίων που έχουν τεθεί για την εισαγωγή τους στο συγκεκριμένο μεταπτυχιακό πρόγραμμα είναι τα εξής:

- Πτυχίο Bachelor (Προπτυχιακό). Με επίδειξη Διπλώματος Πτυχίου.
- Ευχέρεια στην ομιλία της Αγγλικής γλώσσας ώστε να μπορέσουν να ανταπεξέλθουν στις απαιτήσεις του Master. Οι φοιτητές θα πρέπει να έχουν διαπιστευτήρια ότι γνωρίζουν την γλώσσα. Όπως το IELTS με βαθμολογία 5 και άνω, και το TOEFL με διαδικτυακό σκορ 62.
- Επιτυχής Βαθμός στις εξετάσεις (σύμφωνα με τους Κανόνες και Όρους της σχολής).
- Πληρωμή αμοιβή εγγραφής 500 CZK (Czech korona) .
- Ισχύον διαβατήριο του φοιτητή. [18]

4.3 Master in Industry 4.0 – University of Pau and Pays de l' Adour

Το συγκεκριμένο μάστερ διεξάγεται στην πόλη Pau της Γαλλίας, αποτελείται από 60 ECTS, η διάρκεια του είναι ένας χρόνος και το κόστος όλου του προγράμματος κυμαίνεται στα 243 € για τους φοιτητές που κατάγονται από κάποια χώρα της Ευρωπαϊκής Ένωσης και 3.770 € για τους φοιτητές εκτός αυτής. Επιπλέον η γλώσσα διεξαγωγής του είναι τα Αγγλικά.

Σκοπός αυτού του μάστερ είναι να εκπαιδεύσει έμπειρους στην επιστήμη της Πληροφορικής και των Τεχνολογιών προκειμένου να είναι σε θέση να αντιμετωπίσουν νέες προκλήσεις των σημερινών και μελλοντικών ψηφιακών κοινωνιών.

Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων εκπροσωπεί διάφορες τάσεις στην ψηφιακή τεχνολογία τις οποίες έχουμε αναλύσει παραπάνω. Κάποιες από αυτές είναι τα Cyber-Physical Systems, τα

Social Networks, το Cloud Computing, τα Big Data και οι γνωστικοί υπολογιστές. Όλα αυτά αποτελούν την βάση για την Βιομηχανική Επανάσταση (Industry 4.0).

Αυτό το μεταπτυχιακό πρόγραμμα του University de Pau et des Pays de l' Adour που φιλοξενείται στο Κολλέγιο Επιστημών και Τεχνολογιών και Περιβάλλοντος (College of Sciences and Technologies for Energy and Environment (STEE)), είναι κατάλληλο για φοιτητές που στοχεύουν σε Ακαδημαϊκή καριέρα πάνω στην Βιομηχανία. Παρέχει θεωρητική αλλά και πρακτική εξειδίκευση ώστε να προετοιμαστούν για ερευνητικούς οργανισμούς πάνω σε αυτόν τον τομέα.

Το πρόγραμμα διεξάγεται με στενή συνεργασία με το ερευνητικό εργαστήριο LIUPPA και με πολλούς ακόμη οργανισμούς Έρευνας και Ανάπτυξης. Μέσα από τους οποίους θα πραγματοποιούνται επιστημονικές και πειραματικές πρακτικές. [5]

Στόχοι

Οι κύριοι Στόχοι του προγράμματος είναι:

- Να διδάξει τους μαθητές ένα εξειδικευμένο επίπεδο ώστε να μπορούν να αντιμετωπίσουν τις σημερινές και μελλοντικές, επιστημονικές και τεχνολογικές προκλήσεις σε Βιομηχανίες.
- Να αναπτύξει στους μαθητεύομενους ερευνητικές δεξιότητες για συμμετοχή σε ποιοτική και επιτυχημένη έρευνα.
- Να τους προετοιμάσει για κορυφαίες θέσεις σε ιδιωτικούς και δημόσιους οργανισμούς σε τμήματα έρευνας και ανάπτυξης.

Γνώσεις και Δεξιότητες

Στο τέλος του προγράμματος οι μαθητές του «Industry 4.0 Computer Sciences Master» θα είναι ικανοί:

- Να σχεδιάζουν και να διεξάγουν πειράματα για να αξιολογούν τα συστήματα Industry 4.0.
- Να προσδιορίζουν και να αναλύουν τις λειτουργικές και μη λειτουργικές απαιτήσεις των ψηφιακών οργανισμών σε βιομηχανίες και επιχειρήσεις .
- Να σχεδιάζουν και να μοντελοποιούν πολυδιάστατες αρχιτεκτονικές αλλά και να συντονίζουν τις οντότητες του Internet of Everything (IoT, Data, Services και Cloud Computing) με στόχο την ικανοποίηση των απαιτήσεων της ψηφιακής οργάνωσης.

- Να αναλύουν και να ερμηνεύουν τα σύγχρονα θέματα και τις καινοτομίες σε επιστημονικό επίπεδο στον κλάδο της Πληροφορικής.
- Να εκτελούν ερευνητικό έργο που στοχεύει στην ανάπτυξη τεχνολογίας ακμής αλλά και στον εντοπισμό και επίλυση των τεχνολογικών προκλήσεων στα πλαίσια του Industry 4.0.

4.3.1 Δομή του Προγράμματος

Τα μαθήματα περιλαμβάνουν:

- Industry 4.0, Cyber-Physical Systems, Engineering
- Business Intelligence and Business Analytics
- Service and Micro-Service Oriented Architectures
- Cloud Computing Services and Technologies
- Internet of Things
- Semantic Web, Advanced Database and Open Linked Data

Επαγγελματική Αποκατάσταση στην Γαλλία

Η Γαλλία δίνει την δυνατότητα στους φοιτητές που κατάγονται από χώρες της ΕΕ να εργασθούν και να εγκατασταθούν στην χώρα χωρίς πολύπλοκες διαδικασίες.

Αρχικά οι φοιτητές θα πρέπει να ελέγξουν ορισμένα έγγραφα για την διαμονή τους στην Γαλλία, χωρίς να χρειαστεί να υποβάλουν αίτηση για άδεια εργασίας. Στην συνέχεια θα πρέπει να φροντίσουν το μέρος διαμονής τους καθώς οι φοιτητικές εστίες δεν μπορούν να καλύψουν αυτήν την ανάγκη. Τέλος θα οι απόφοιτοι θα πρέπει να ενημερωθούν σχετικά με τους φόρους της μισθοδοσίας καθώς το Γαλλικό κράτος κρατάει κάποιο ποσοστό από τον μισθό τους.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ/ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ/ ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Η τεχνολογία του Internet of Things με την άνθηση που έχει ήδη γνωρίσει σε όλους τους τομείς τα τελευταία χρόνια έχει έρθει για να μείνει. Οι περισσότερες από τις τεχνολογικές προόδους που απαιτούνται έχουν ήδη υλοποιηθεί και κάποιοι κατασκευαστές και οργανισμοί έχουν ήδη ξεκινήσει την εφαρμογή του IoT. Έχοντας μελετήσει την βιβλιογραφία και τα πολυάριθμα άρθρα για αυτήν την τεχνολογική εξέλιξη, μπορούμε να διακρίνουμε πως το Internet of Things δεν είναι πια απλώς ένα όραμα καθώς υπάρχει ήδη παντού γύρω μας.

Στα παραπάνω κεφάλαια αναλύθηκαν προσεγγίσεις οι οποίες δεν αντικρούουν η μια την άλλη, αντιθέτως επωφελούνται η μια της άλλης. Πάραυτα η εφαρμογή του IoT φέρει και αρκετούς κινδύνους καθώς δεν έχουν διευκρινιστεί ακόμη οι επιπτώσεις του στο νομικό, ηθικό, κοινωνικό και ασφάλειας τομέα. Στο Διαδίκτυο των πραγμάτων οι κίνδυνοι αλλάζουν μορφή καθώς τα συστήματα αλληλοεπιδρούν με το φυσικό περιβάλλον γεγονός που μπορεί να ανατρέψει τις στρατηγικές ασφαλείας. Συνοψίζοντας, οι χρήστες του IoT, θα πρέπει να είναι πλήρως ενημερωμένοι σχετικά με τις δυνατότητες αλλά και τους κινδύνους που περιλαμβάνουν τα συγκεκριμένα συστήματα.

Η κύρια προσέγγιση του IoT είναι ιδιαίτερα εμφανής στον τομέα της Βιομηχανίας. Με την υιοθέτηση της στρατηγικής Industry 4.0, ή αλλιώς η μεταμόρφωση της επιχείρησης ώστε να λειτουργεί στον ψηφιακό κόσμο. Κύριος στόχος είναι ο μετασχηματισμός τριών βασικών τομέων: η εμπειρία του πελάτη, η εταιρική λειτουργία και το επιχειρησιακό τους μοντέλο.

Τέλος μπορούμε να δούμε και την ολοφάνερη εξέλιξη του κλάδου καθώς, ολοένα και περισσότερα πανεπιστήμια διδάσκουν πλέον την 4^η Βιομηχανική Επανάσταση με στόχο την προετοιμασία εξειδικευμένων εργαζομένων για την πλήρη χρήση και τον έλεγχο συστημάτων IoT σε όλα τα μέρη της παραγωγικής διαδικασίας.

Το νέο κύμα στην αύξηση της παραγωγικότητας σημαίνει την συνολική βελτίωση της ποιότητας της ζωής.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] (n.d.). Retrieved from <https://en.wikipedia.org/wiki/Device-to-device>
- [2] (n.d.). Retrieved from <https://cloud.google.com/solutions/iot-overview>
- [3] (n.d.). Retrieved from <https://www.thethingsnetwork.org/docs/lorawan/architecture.html>
- [4] (n.d.). Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/330425585_Internet_of_Things-IOT_Definition_Characteristics_Architecture_Enabling_Technologies_Application_Future_Challenges
- [5] 4.0, U. o. (n.d.). *StudyPortals Masters*. Retrieved from https://www.mastersportal.com/studies/291928/industry-40.html#content:work_permit
- [6] 4.0., I.-M. D. (n.d.). Retrieved from <http://www.ind4-0-eu.my/>
- [7] About”, “. I. (2015, Απρίλης). Retrieved from <https://www.rs-online.com/designspark/eleven-internet-of-things-iot-protocols-you-need-to-know-about>
- [8] Ammar Rayes, S. S. (2019). *Internet of Things From Hype to Reality*.
- [9] Architecture, I. (2015, Μάρτιος). Retrieved from <https://tools.ietf.org/html/rfc7452>
- [10] *AtticaExecutive*. (2016). Retrieved from http://atticaexecutive.gr/portfolio_page/piraeus-university-of-applied-sciences/
- [11] Audi. (n.d.). Retrieved from <https://www.audi.gr/gr/web/el.html>
- [12] Bartodziej, C. J. (2017). *The Concept Industry 4.0, An Empirical Analysis of Technologies and Applications in Production Logistics*.
- [13] Catalunya, U. P. (n.d.). Retrieved from <https://www.talent.upc.edu/ing/estudis/formacio/curs/202500/master-degree-industry-40/>
- [14] Dictionaries, O. L. (2018, Οκτώβριος). Retrieved from https://www.lexico.com/en/definition/internet_of_things
- [15] Gilchrist, A. (2016). *Industry 4.0: The Industrial Internet of Things*.
- [16] IAB, I. A. (2015, Μάρτιος). Retrieved from <https://tools.ietf.org/html/rfc7452>
- [17] Manville, C. C. (2014). *Mapping smart cities in the EU*.
- [18] Ostrava, V. -T. (n.d.). *KEYSTONE MASTERSTUDIES*. Retrieved from <https://www.masterstudies.com/Master-in-Industry-4.0/Czech-Republic/V%C5%A0B-TUO/>
- [19] Rose, K. E. (2015). *The internet of things: An overview. The Internet Society*.
- [20] Trends, T. (n.d.). *History of IoT: A Timeline of Development*. Retrieved from <https://www.iottechrends.com/history-of-iot/>

- [21] Wikipedia. (n.d.). Retrieved from https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%95%CF%80%CE%AF%CE%B8%CE%B5%CF%83%CE%B7_man-in-the-middle
- [22] WIKIPEDIA. (n.d.). Retrieved from <https://el.wikipedia.org/wiki/RFID>
- [23] WIKIPEDIA. (n.d.). Retrieved from https://el.wikipedia.org/wiki/Ασύρματο_δίκτυο_αισθητήρων
- [24] ΠΕΙΡΑΙΩΣ, Τ. (2019). *Έξυπνες πόλεις: παράγοντες «ευφυΐας» και προοπτικές*. Retrieved from <http://www.greenbanking.gr/news/eksypnes%20poleis>

5 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

5.1 Κατάλογος Μεταπτυχιακών Προγραμμάτων σχετικών με Ind 4.0

Ακολουθεί κατάλογος μεταπτυχιακών προγραμμάτων σχετικών με το αντικείμενο του Industry 4.0 όπως προέκυψε από σχετική έρευνα του έργου Master Degree in Industry 4.0 που χρηματοδοτείται από το πρόγραμμα Erasmus+ της Ε.Ε. (Project Number 610455-EPP-1-2019-1-MYEPKKA2-CBHE-JP).

Στον παρακάτω πίνακα αναφέρονται 16 Μεταπτυχιακά Προγράμματα που αφορούν ή σχετίζονται με το Industry 4.0 στην Ευρώπη. [6]

No.	University	Category	Country	City	No of programs
1	Technical University of Ostrava	Public	Czech Republic	Ostrava	1
2	Léonard de Vinci Business School (EMLV)	Public	France	Paris	1
3	University of Pau and Pays De L'adour	Public	France	Pau	1
4	XU Exponential University	Private	Germany	Berlin	1
5	SRH Berlin University of Applied Sciences	Public	Germany	Berlin	1
6	Karlsruhe Institute of Technology (KIT)	Public	Germany	Karlsruhe	1
7	Bauhaus University Weimar	Public	Germany	Weimar	1
8	Hellenic Open University	Public	Greece	Patras	1
9	Università degli Studi di Firenze	Public	Italy	Florence	1
10	MIP Politecnico di Milano	Public	Italy	Milan	1
11	Università di Pisa, Università degli Studi	Public	Italy	Pisa	1

	di Firenze, Università di Siena e la Scuola Superiore Sant'Anna				
12	Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)	Public	Spain	Barcelona	1
13	University of the Basque Country	Public	Spain	Leioa	1
14	Universidad Carlos III de Madrid (UC3M)	Public	Spain	Madrid	1
15	University of Strathclyde Glasgow	Public	UK	Glasgow	1
16	Manchester Metropolitan University	Public	UK	Manchester	1

Πίνακας 1: Πανεπιστήμια στην Ευρώπη με θέμα Ind 4.0

Όλα τα παρακάτω προγράμματα διδάσκονται στα Αγγλικά, περιορισμένα είναι αυτά σε Γαλλικά και Ισπανικά και μόλις ένα στα Ελληνικά.

Σε γενικές γραμμές τα προγράμματα χωρίζονται σε δύο κατηγορίες με βάση τη διάρκεια τους. Τα «μικρής διάρκειας» προγράμματα ολοκληρώνονται σε 8 με 12 μήνες. Ενώ τα άλλα διαρκούν από 18 έως 24 μήνες.

Επιπλέον, όσον αφορά τις μονάδες ECTS ποικίλουν από πρόγραμμα σε πρόγραμμα και κυμαίνονται από 60 έως και 180 μονάδες.

Στην συνέχεια φαίνεται αναλυτικά η διάρκεια των προγραμμάτων και οι ECTS μονάδες τους.

No.	Program Title	University	Language	Duration in Months	ECTS Credits
1	Master in Industry 4.0	Technical University of Ostrava	English	24	60
2	MSc Digital Business Analytics	Léonard de Vinci Business School (EMLV)	English	12	60

3	Master in Industry 4.0	University of Pau and Pays De L'adour	English	12	60
4	Master of Engineering in Industry 4.0	XU Exponential University	English	24	120
5	Master in Engineering and Sustainable Technology Management - Focus on Digital Industry and Industrial Automation	SRH Berlin University of Applied Sciences	English	24	120
6	Executive Master Program - Production & Operations Management	Karlsruhe Institute of Technology (KIT)	English	15	90
7	Master of Science	Bauhaus University Weimar	English	24	120
8	Pervasive and Mobile Computing Systems MSc	Hellenic Open University	Greek	24	120
9	Master Digital transformation (MDT)	Università degli Studi di Firenze	Italian	11	60
10	Global master's in industrial management 4.0	MIP Politecnico di Milano	English	18	124
11	Master di I livello in Industry 4.0 Design – Enterprise Digitalization and 4.0	Università di Pisa, Università degli Studi di Firenze, Università di Siena	Italian	8	60

	Technologies	e la Scuola Superiore Sant'Anna			
12	Master's degree in Industry 4.0	Universitat Politecnica di Catalonia (UPC)	Spanish	9	60
13	Master in Digital Manufacturing	University of the Basque Country	Spanish, English	18	90
14	Master in Connected Industry 4.0	Universidad Carlos III de Madrid (UC3M)	English	12	60
15	Master in Digital Manufacturing	University of Strathclyde Glasgow	English	12	180
16	Master in Mechanical Smart Systems Engineering	Manchester Metropolitan University	English	12	180

Πίνακας 2: Μεταπτυχιακά Προγράμματα στην Ευρώπη

5.2 Κατευθύνσεις Προγραμμάτων

Όλα τα προγράμματα σχεδόν στο εκπαιδευτικό τους μέρος χωρίζονται σε τρεις κατευθύνσεις (Technology and Engineering, Business, User Experience). Μόνο ένα από τα αυτά έχει σχεδόν εξ'ολοκλήρου την κατεύθυνση Technology & Engineering.

No.	Program Title	University	Technology & Engineering	Business	User Experience
1	Master in Industry 4.0	Technical University of Ostrava	79%	15%	6%
2	MSc Digital Business Analytics	Léonard de Vinci Business School (EMLV)	13%	82%	0%
3	Master in Industry 4.0	University of Pau and Pays De L'adour	53%	37%	10%
4	Master of	XU Exponential	70%	30%	0%

	Engineering in Industry 4.0	University			
5	Master in Engineering and Sustainable Technology Management - Focus on Digital Industry and Industrial Automation	SRH Berlin University of Applied Sciences	60%	35%	5%
6	Executive Master Program - Production & Operations Management	Karlsruhe Institute of Technology (KIT)	50%	45%	5%
7	Master of Science	Bauhaus University Weimar	65%	22%	13%
8	Pervasive and Mobile Computing Systems MSc	Hellenic Open University	50%	0%	50%
9	Master Digital transformation (MDT)	Università degli Studi di Firenze	25%	75%	0%
10	Global Master in Industrial Management 4.0	MIP Politecnico di Milano	0%	84%	16%
11	Master di I livello in Industry 4.0 Design – Enterprise Digitalization and 4.0 Technologies	Università di Pisa, Università degli Studi di Firenze, Università di Siena	68%	32%	0%

		e la Scuola Superiore Sant'Anna			
12	Master's degree in Industry 4.0	Universitat Politecnica di Catalunia (UPC)	97%	0%	3%
13	Master in Digital Manufacturing	University of the Basque Country	64%	28%	8%
14	Master in Connected Industry 4.0	Universidad Carlos III de Madrid (UC3M)	70%	12%	18%
15	Master in Digital Manufacturing	University of Strathclyde Glasgow	39%	25%	36%
16	Master in Mechanical Smart Systems Engineering	Manchester Metropolitan University	50%	44%	6%

Πίνακας 3: Κατευθύνσεις των Προγραμμάτων

Η πλειοψηφία των προγραμμάτων που προσφέρονται παρέχουν μια λίστα υποχρεωτικών μαθημάτων για την ολοκλήρωσή τους. Ωστόσο, τέσσερα από αυτά παρέχουν ένα μικρό ποσοστό προαιρετικών μαθημάτων ενώ μόλις δύο είναι αυτά που δίνουν την δυνατότητα στους σπουδαστές να επιλέξουν οι ίδιοι τα περισσότερα μαθήματα που θα παρακολουθούν.

No.	Program Title	University	Compulsory	Elective
1	Master in Industry 4.0	Technical University of Ostrava	100%	0%
2	MSc Digital Business Analytics	Léonard de Vinci Business School (EMLV)	100%	0%
3	Master in Industry 4.0	University of Pau and Pays De L'adour	100%	0%
4	Master of Engineering in Industry 4.0	XU Exponential University	47%	53%
5	Master in Engineering and	SRH Berlin University of	100%	0%

	Sustainable Technology Management - Focus on Digital Industry and Industrial Automation	Applied Sciences		
6	Executive Master Program - Production & Operations Management	Karlsruhe Institute of Technology (KIT)	100%	0%
7	Master of Science	Bauhaus University Weimar	100%	0%
8	Pervasive and Mobile Computing Systems MSc	Hellenic Open University	73%	27%
9	Master Digital transformation (MDT)	Università degli Studi di Firenze	100%	0%
10	Global Master in Industrial Management 4.0	MIP Politecnico di Milano	44%	56%
11	Master di I livello in Industry 4.0 Design – Enterprise Digitalization and 4.0 Technologies	Università di Pisa, Università degli Studi di Firenze, Università di Siena e la Scuola Superiore Sant’Anna	100%	0%
12	Master’s degree in Industry 4.0	Universitat Politecnica di Catalonia (UPC)	100%	0%
13	Master in Digital Manufacturing	University of the Basque Country	64%	36%
14	Master in Connected Industry 4.0	Universidad Carlos III de Madrid (UC3M)	90%	10%
15	Master in Digital Manufacturing	University of Strathclyde Glasgow	75%	25%
16	Master in Mechanical Smart Systems Engineering	Manchester Metropolitan University	100%	0%

Πίνακας 4: Διαχωρισμός σε Υποχρεωτικά/Προαιρετικά μαθήματα

Σχεδόν όλα τα προγράμματα ακολουθούν τον παραδοσιακό τρόπο διδασκαλίας. Δύο από αυτά παρέχουν κάποια μαθήματα διαδικτυακά και μόνο ένα χρησιμοποιεί έναν συνδυασμό παραδοσιακής και Online διδασκαλίας.

No.	Program Title	University	Traditional	Online	Blended
1	Master in Industry 4.0	Technical University of Ostrava	100%	0%	0%
2	MSc Digital Business Analytics	Léonard de Vinci Business School (EMLV)	100%	0%	0%
3	Master in Industry 4.0	University of Pau and Pays De L'adour	100%	0%	0%
4	Master of Engineering in Industry 4.0	XU Exponential University	100%	0%	0%
5	Master in Engineering and Sustainable Technology Management - Focus on Digital Industry and Industrial Automation	SRH Berlin University of Applied Sciences	100%	0%	0%
6	Executive Master Program - Production & Operations Management	Karlsruhe Institute of Technology (KIT)	100%	0%	0%
7	Master of Science	Bauhaus University Weimar	100%	0%	0%
8	Pervasive and Mobile Computing Systems MSc	Hellenic Open University	13%	0%	87%
9	Master Digital	Università degli Studi	100%	0%	0%

	transformation (MDT)	di Firenze			
10	Global Master in Industrial Management 4.0	MIP Politecnico di Milano	93%	7%	0%
11	Master di I livello in Industry 4.0 Design – Enterprise Digitalization and 4.0 Technologies	Università di Pisa, Università degli Studi di Firenze, Università di Siena e la Scuola Superiore Sant’Anna	100%	0%	0%
12	Master’s degree in Industry 4.0	Universitat Politecnica di Catalonia (UPC)	72%	28%	0%
13	Master in Digital Manufacturing	University of the Basque Country	100%	0%	0%
14	Master in Connected Industry 4.0	Universidad Carlos III de Madrid (UC3M)	100%	0%	0%
15	Master in Digital Manufacturing	University of Strathclyde Glasgow	100%	0%	0%
16	Master in Mechanical Smart Systems Engineering	Manchester Metropolitan University	100%	0%	0%

Πίνακας 5: Διαχωρισμός στον τρόπο διδασκαλίας των μαθημάτων

Για την ολοκλήρωση του προγράμματος απαιτείται σχεδόν σε όλα η τελική Διπλωματική εργασία καθώς στα μισά από αυτά είναι υποχρεωτική και η Πρακτική Άσκηση.

No.	Program Title	University	Final Project	Internship
1	Master in Industry	Technical University of	Yes	Yes

	4.0	Ostrava		
2	MSc Digital Business Analytics	Léonard de Vinci Business School (EMLV)	Yes	Yes
3	Master in Industry 4.0	University of Pau and Pays De L'adour	No	Yes
4	Master of Engineering in Industry 4.0	XU Exponential University	Yes	No
5	Master in Engineering and Sustainable Technology Management - Focus on Digital Industry and Industrial Automation	SRH Berlin University of Applied Sciences	Yes	Yes
6	Executive Master Program - Production & Operations Management	Karlsruhe Institute of Technology (KIT)	Yes	Yes
7	Master of Science	Bauhaus University Weimar	Yes	No
8	Pervasive and Mobile Computing Systems MSc	Hellenic Open University	Yes	No
9	Master Digital transformation (MDT)	Università degli Studi di Firenze	Yes	No
10	Global Master in Industrial Management 4.0	MIP Politecnico di Milano	Yes	No
11	Master di I livello in	Università di Pisa,	Yes	Yes

	Industry 4.0 Design – Enterprise Digitalization and 4.0 Technologies	Università degli Studi di Firenze, Università di Siena e la Scuola Superiore Sant’Anna		
12	Master’s degree in Industry 4.0	Universitat Politècnica de Catalunia (UPC)	Yes	No
13	Master in Digital Manufacturing	University of the Basque Country	Yes	Yes
14	Master in Connected Industry 4.0	Universidad Carlos III de Madrid (UC3M)	Yes	No
15	Master in Digital Manufacturing	University of Strathclyde Glasgow	Yes	No
16	Master in Mechanical Smart Systems Engineering	Manchester Metropolitan University	Yes	No

Πίνακας 6: Διαχωρισμός Διπλωματικής Εργασίας/Πρακτικής Άσκησης

Πνευματικά δικαιώματα

Copyright©Πανεπιστήμιο Πατρών. Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. Allrightsreserved.

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν. 1599/1988 και τα άρθρα 2,4,6 παρ. 3 του Ν. 1256/1982, η παρούσα εργασία αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής εργασίας και δεν προσβάλλει κάθε μορφής πνευματικά δικαιώματα τρίτων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον.

Παππά Ελευθερία, [2021]