

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

ΟΦΕΛΗ ΧΡΗΣΗΣ ΔΙΚΤΥΟΥ ΙΟΤ ΣΕ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΓΙΑ ΤΗΝ
ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΥΓΕΙΑΣ ΤΩΝ ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΩΝ

Διπλωματική Εργασία

του

Αγγελόπουλου Γεώργιου

Θεσσαλονίκη, 05/2018

ΟΦΕΛΗ ΧΡΗΣΗΣ ΔΙΚΤΥΟΥ ΙΟΤ ΣΕ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΓΙΑ ΤΗΝ
ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΥΓΕΙΑΣ ΤΩΝ ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΩΝ

Αγγελόπουλος Γεώργιος

Πτυχίο Πληροφορικής, ΤΕΙ Αθήνας 2009

Διπλωματική Εργασία

υποβαλλόμενη για τη μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων του

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟΥ ΤΙΤΛΟΥ ΣΠΟΥΔΩΝ ΣΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ

Επιβλέπων Καθηγητής
Ρουμελιώτης Εμμανουήλ

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 05/11/2018

Ρουμελιώτης Εμμανουήλ

Ψάννης Κωνσταντίνος

Ξυνόγαλος Στυλιανός

.....

.....

.....

Αγγελόπουλος Γεώργιος

.....

Περίληψη

Στη συγκεκριμένη διπλωματική θα μελετήσουμε τα οφέλη χρήσης του Διαδικτύου Αντικειμένων (Internet of Things) όταν αυτό συνδυάζεται με την Υπολογιστική Νέφος (Cloud Computing) σε βιομηχανικό χώρο εργασίας όπου το περιβάλλον έχει αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία του εργαζομένου (χημικές ουσίες στον αέρα και αυξημένη θερμοκρασία). Θα δούμε τη χρήση αισθητήρων, που θα ανήκουν σε ένα wireless sensor network, οι οποίοι θα επικοινωνούν ασύρματα μεταξύ τους αλλά και με έναν κεντρικό εξυπηρετητή στο νέφος (μέσω του διαδικτύου). Το δίκτυο αυτό θα συλλέγει δεδομένα υγείας σε πραγματικό χρόνο τα οποία θα οδεύουν προς επεξεργασία/αποθήκευση στον εξυπηρετητή. Έτσι θα μπορεί ανά πάσα στιγμή να υπάρχει ειδοποίηση στους εργαζόμενους που θα φορούν τους αισθητήρες (wearables) όταν κάποιες τιμές ρύπανσης ξεπεράσουν το επιθυμητό όριο στο χώρο εργασίας ώστε να λαμβάνονται τα απαραίτητα μέτρα για την πρόληψη της υγείας τους. Επίσης θα υπάρχει δυνατότητα εξαγωγής report με στατιστικά στοιχεία έχοντας ως βάση ιστορικά δεδομένα που θα συλλέγονται στο νέφος και θα είναι διαθέσιμα συνεχόμενα. Η ασύρματη επικοινωνία θα γίνεται με ασφάλεια (end-to-end κρυπτογράφηση) και όλη η λειτουργία του δικτύου θα είναι ενεργειακά αποδοτική.

Λέξεις Κλειδιά:

διαδίκτυο αντικειμένων, υπολογιστική νέφος, ασύρματο δίκτυο αισθητήρων, φορητή τεχνολογία, απομακρυσμένη πρόληψη υγείας

Abstract

The purpose of this thesis is to examine the benefits of the usage of the Internet of Things combined with Cloud Computing in industrial working conditions, whereas the environment has negative impacts to the employee's health (chemical substances released into the atmosphere and high temperatures). We shall also study the use of sensors which they belong to a wireless sensor network, communicating wirelessly amongst themselves and a central server in the cloud (via internet). This network will collect data concerning health in real time, which in turn, will be transmitted to the server in order to be processed and stored. Therefore, there will be a notification to the employees who will wear/carry these sensors when some rates of pollution surpass the desirable limit within the working area so as all the necessary measures to be taken for the prevention of their health. Furthermore, there will be a capability of exporting reports with statistic elements, which will be collected into the cloud and will be available constantly. The wireless communication will be safely succeeded (end-to-end encryption) and the whole operation of the network will be energy efficient.

Key Words:

internet of things, IoT, cloud computing, wireless sensors network, WSN, wearables, remote health monitoring

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	4
Abstract	5
1. Εισαγωγή.....	9
1.1. Περιγραφή προβλήματος.....	9
1.2. Στόχος.....	9
1.3. Μεθοδολογία έρευνας	10
2. Περιγραφή επιμέρους τεχνολογιών.....	11
2.1. Cloud Computing (Υπολογιστική Νέφος).....	11
2.1.1. Ιστορική αναδρομή και ορισμός.....	11
2.1.2. Περιγραφή τεχνολογίας.....	13
2.1.2.1. Βασικά λειτουργικά χαρακτηριστικά	13
2.1.2.2. Μοντέλα ανάπτυξης	18
2.1.2.3. Πλεονεκτήματα χρήσης Cloud Computing	21
2.1.2.4. Μειονεκτήματα χρήσης Cloud Computing	24
2.1.2.5. Βασικοί πάροχοι Cloud Services.....	26
2.1.3. Ανοιχτά ζητήματα και προκλήσεις Cloud Computing	28
2.1.4. Το μέλλον του Cloud Computing.....	32
2.2. Διαδίκτυο Αντικειμένων (Internet Of Things)	33
2.2.1. Ορισμός και ιστορική αναδρομή	33
2.2.2. Περιγραφή τεχνολογίας.....	39
2.2.2.1. Βασικά χαρακτηριστικά του Internet Of Things	39
2.2.2.2. Η Αρχιτεκτονική του Internet Of Things	39
2.2.2.3. Μοντέλα διασύνδεσης πραγμάτων/αντικειμένων	41
2.2.3. Ασφάλεια Διαδικτύου των Πραγμάτων.....	45
2.2.4. Εφαρμογές χρήσης του IoT και μελλοντικές προκλήσεις	48
2.3. Ασύρματο δίκτυο αισθητήρων (Wireless Sensor Networks)	51
2.3.1. Ιστορική αναδρομή και ορισμός WSN.....	51
2.3.2. Περιγραφή τεχνολογίας.....	52
2.3.2.1. Τοπολογίες.....	52
2.3.2.2. Πρωτόκολλα επικοινωνίας	54
2.3.2.3. Σύνδεση WSNs με το Διαδίκτυο (Web of things).....	60
2.3.2.4. Σημασιολογικός ιστός (Semantic Web) και Linked Open Data (LOD).....	60
2.3.3. Ασφάλεια στα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων	61
2.4. Φορετές συσκευές – Wearables.....	63
2.4.1. Ορισμός των Wearables συσκευών	63

2.4.2.	Περιγραφή της τεχνολογίας.....	64
2.4.2.1.	Μορφή των φορητών συσκευών/υπολογιστών.....	64
2.4.2.2.	Χρήση ασύρματων δικτύων στα Wearables.....	68
2.4.2.3.	Πρωτόκολλα επικοινωνίας για wearable συσκευές.....	70
2.4.3.	Πλεονεκτήματα Wearables.....	72
2.4.4.	Μειονεκτήματα Wearables.....	74
2.4.5.	Μελλοντική εξέλιξη της wearable τεχνολογίας	76
3.	IoT στο βιομηχανικό περιβάλλον.....	77
3.1.	Παρελθόν - Παρόν.....	77
3.2.	Περιγραφή τεχνολογίας.....	79
3.3.	Οφέλη και προβλήματα.....	82
4.	Υλοποίηση διεπαφής προτεινόμενης εφαρμογής.....	85
4.1.	Γενικά για το Android	85
4.2.	Περιβάλλον ανάπτυξης – Android Studio.....	86
4.3.	Επεξήγηση λειτουργικότητας και παραδείγματα χρήσης.....	86
4.4.	Περιγραφή του κώδικα.....	90
4.5.	Περιορισμοί της προτεινόμενης λύσης/εφαρμογής.....	99
5.	Συμπεράσματα και μελλοντική έρευνα	100
	Παράρτημα Α – Κώδικας.....	101
	Βιβλιογραφία.....	112

Κατάλογος εικόνων

Εικόνα 1 – Σχηματική περιγραφή Cloud Computing.....	11
Εικόνα 2 – Ορισμός του Cloud Computing κατά το NIST	14
Εικόνα 3 – IaaS, PaaS και SaaS	15
Εικόνα 4 – Layers του Cloud Computing	17
Εικόνα 5 – Μοντέλα ανάπτυξης του Cloud Computing.....	20
Εικόνα 6 – Πλεονεκτήματα & μειονεκτήματα του Cloud Computing.....	26
Εικόνα 7 – Μερίδιο αγοράς των υπηρεσιών Cloud.....	27
Εικόνα 8 – Το «πράσινο» Cloud	31
Εικόνα 9 – Internet of Things (IoT)	33
Εικόνα 10 – Αρχιτεκτονική του Internet of Things.....	41
Εικόνα 11 – Μοντέλο Device-to-Device.....	42
Εικόνα 12 – Μοντέλο Device-to-Cloud	43
Εικόνα 13 – Μοντέλο Device-to-Gateway.....	44
Εικόνα 14 – Εμπόδια επενδύσεων στο IoT	45
Εικόνα 15 – Επίπεδα ασφάλειας στο IoT.....	47
Εικόνα 16 – Εφαρμογές χρήσης του IoT.....	49
Εικόνα 17 – Τοπολογίες των Wireless Sensor Networks.....	53
Εικόνα 18 – Layers του ZigBee	56

Εικόνα 19 – Directed Acyclic Graph	59
Εικόνα 20 – Τεχνολογία φορετών αντικειμένων (Wearables)	64
Εικόνα 21 – Body Area Network (BAN)	69
Εικόνα 22 – Ασφάλεια στα wearables.....	75
Εικόνα 23 – Οι «εκδόσεις» της βιομηχανίας.....	78
Εικόνα 24 – Προτεινόμενο μοντέλο.....	81
Εικόνα 25 - Εκδόσεις Android	86
Εικόνα 26 - Τοποθέτηση smartphone.....	87
Εικόνα 27 - Οθόνες εφαρμογής.....	88
Εικόνα 28 - Create Project.....	90
Εικόνα 29 - Ορισμός συμβατότητας	91
Εικόνα 30 - Empty Activity.....	91
Εικόνα 31 - Project Tree View	92
Εικόνα 32 - AndroidManifest.xml.....	94
Εικόνα 33 - activity_main.xml σχεδίαση	95
Εικόνα 34 - activity_main.xml κώδικας.....	96
Εικόνα 35 - colors.xml	97
Εικόνα 36 - strings.xml	97
Εικόνα 37 - MainActivity.java	98

1. Εισαγωγή

1.1. Περιγραφή προβλήματος

Το βιομηχανικό περιβάλλον ανέκαθεν ήταν ένας πολύ απαιτητικός χώρος εργασίας όσον αφορά όχι μόνο την σωματική κούραση των εργαζομένων αλλά και την πρόληψη της υγείας τους. Ειδικά όταν αναφερόμαστε σε περιβάλλοντα όπου οι ατμοσφαιρικοί δείκτες είναι πολύ επικίνδυνοι για την υγεία του ατόμου. Τέτοια περιβάλλοντα συναντάμε συχνά σε χυτήρια μετάλλων/αλουμινίων σε αντίστοιχα εργοστάσια όπου οι εργαζόμενοι καλούνται να εργαστούν σε συνθήκες με υψηλές θερμοκρασίες, χημικές ουσίες στον αέρα που δεν θα πρέπει να εισπνέονται σε καμία περίπτωση. Η παρούσα έρευνα θα μελετήσει μια τέτοια περίπτωση όπου με τη χρήση της τεχνολογίας θα μπορεί να διασφαλιστεί και να προληφθεί η υγεία και ασφάλεια των εργαζομένων όπου περνούν ένα σημαντικό μέρος της ημέρας τους σε τέτοια περιβάλλοντα.

1.2. Στόχος

Ο στόχος της έρευνας αυτής είναι μέσω της περιγραφής των τεχνολογιών του Διαδικτύου Αντικειμένων (Internet of Things), της Υπολογιστικής Νέφους (Cloud Computing) και των Αισθητήρων που μπορούν να φέρουν/φορούν οι άνθρωποι (Wearable Sensors και δίκτυα WSN), να μπορέσουμε να οφέλη της χρήσης τους στον βιομηχανικό εργασιακό τομέα και να προτείνουμε κάποιο αυτοματοποιημένο σύστημα πρόληψης/παρακολούθησης της υγείας ενός εργαζόμενου σε επικίνδυνα περιβάλλοντα εργασίας. Αυτό θα πραγματοποιηθεί με τη συλλογή δεδομένων από αισθητήρες οι οποίοι θα παρακολουθούν διάφορες ενδείξεις του ατόμου που θα τους φέρει αλλά και ατμοσφαιρικές ενδείξεις που υπάρχουν στο περιβάλλον που εργάζεται. Μέσω αυτής της έρευνας θα παραθέσουμε τα θετικά και αρνητικά στοιχεία που έχει η χρήση τέτοιων τεχνολογιών για την μετρίαση αυτού του προβλήματος χρησιμοποιώντας συγκεκριμένα παραδείγματα. Θα δούμε επίσης και πως μπορούν αυτά τα αρνητικά στοιχεία να αλλάξουν πρόσημο.

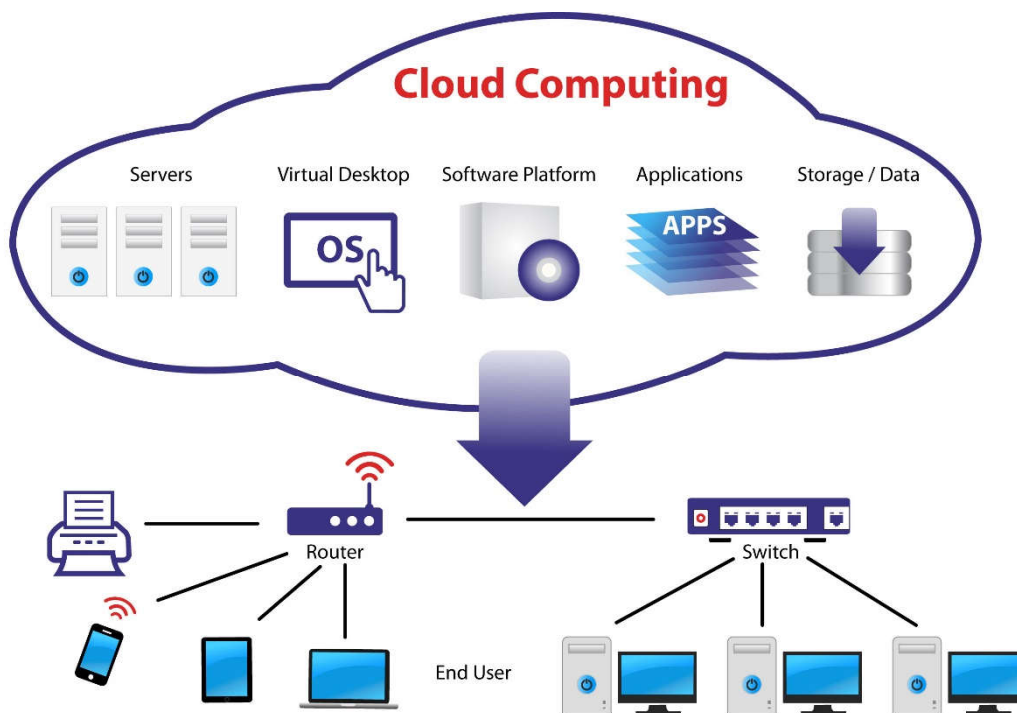
1.3. Μεθοδολογία έρευνας

Η μεθοδολογία που θα ακολουθηθεί για την υλοποίηση της έρευνας θα είναι η βιβλιογραφική περιγραφή/ανάλυση των επιμέρους τεχνολογιών που συνεργάζονται μεταξύ τους ώστε να μπορεί θεωρητικά να υλοποιηθεί αυτό το εγχείρημα. Έπειτα θα δοθούν συγκεκριμένα παραδείγματα τα οποία θα βοηθήσουν στην κατανόηση και αξιολόγηση της εφαρμογής της χρήσης του Διαδικτύου Αντικειμένων στον συγκεκριμένο τομέα της καθημερινότητας κάποιων ανθρώπων.

2. Περιγραφή επιμέρους τεχνολογιών

2.1. Cloud Computing (Υπολογιστική Νέφος)

2.1.1. Ιστορική αναδρομή και ορισμός



Εικόνα 1 – Σχηματική περιγραφή Cloud Computing

Πηγή: <https://www.kisspng.com/png-cloud-computing-architecture-amazon-web-services-i-1669068/>

Η έννοια του Cloud Computing (ο όρος αντίστοιχα στα Ελληνικά είναι «Υπολογιστικό Νέφος») αποτελεί ένα σχετικά καινούριο μοντέλο παροχής υπηρεσιών σε χρήστες κυρίως μέσω του διαδικτύου. Βρίσκεται ήδη στην καθημερινότητά μας μέσω εφαρμογών που χρησιμοποιούμε συνέχεια από το κινητά μας τηλέφωνο (πχ κοινωνικά δίκτυα) και αναμένεται να απασχολήσει ολόκληρη την τεχνολογική κοινότητα, ειδικά τον τομέα της Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών. Μέσα από αυτό παρέχονται υπηρεσίες διαμοιρασμού υπολογιστικών πόρων, λογισμικού, υπολογισμού και αποθήκευσης δεδομένων ανεξάρτητα από τη φυσική γεωγραφική θέση των συστημάτων αυτών αλλά και του τελικού χρήστη που τις χρησιμοποιεί. [3] Το Cloud

Computing αποτελεί μια τεράστια αλλαγή στον τρόπο με τον οποίο ο χρήστης αντιλαμβάνεται τον υπολογιστικό και όχι μόνο πόρο αφού πλέον είναι σε θέση να έχει πρόσβαση σε πόρου, δεδομένα και εφαρμογές χωρίς να είναι αναγκαστικά ο ιδιοκτήτης των πόρων αυτών. Μπορεί κάλλιστα να μην κατανοεί τις απαιτούμενες υποδομές για την παροχή της υπηρεσίας που απολαμβάνει.

Ο πιο πλήρης και ακριβής ορισμός της έννοιας του Cloud Computing θεωρείται αυτός που δίνει το National Institute of Standards and Technology (NIST), το οποίο προσδιόρισε το μοντέλο το οποίο χρησιμοποιείται από τους ενδιαφερόμενους που θέλουν να έχουν έναν κοινό κώδικα επικοινωνίας σχετικά με αυτή την τεχνολογία. Το Cloud Computing είναι ένα νέο μοντέλο πρόσβασης σε υπολογιστικούς πόρους και εφαρμογές μέσω δικτύου η οποία γίνεται on-demand και ευέλικτα. Η διαχείριση αυτών των πόρων μπορεί εξ ολοκλήρου να είναι στην υποχρέωση του παρόχου μειώνοντας έτσι το κόστος των υπηρεσιών και αυξάνοντας την προσβασιμότητα σε χρήστες οι οποίοι δεν χρειάζεται να έχουν τεχνικές γνώσεις επάνω στη λειτουργία του. Αποτελείται από πέντε σημαντικά χαρακτηριστικά, τρία μοντέλα παροχής υπηρεσιών και τέσσερα μοντέλα ανάπτυξης. [4, e1]

Είναι ένα μοντέλο εύκολης πρόσβασης που συνήθως αποτελείται από εργαλεία βασισμένα σε web εφαρμογές όπου ο τελικός χρήστης έχει πρόσβαση μέσω κάποιου web browser. Αντί δηλαδή ο χρήστης να πρέπει να έχει στην κατοχή του το απαραίτητο υλικό-λογισμικό, η υπηρεσία του Νέφους του παρέχει τους απαιτούμενους πόρους (όπως δίκτυα, εφαρμογές, εξυπηρετητές, αποθηκευτικό χώρο) μέσω κάποιου παρόχου. Επομένως οι πόροι αυτοί δίνονται δυναμικά στον χρήστη ανάλογα με τη ζήτησή του. Η πληρωμή της υπηρεσίας αυτής γίνεται επίσης δυναμικά σύμφωνα με το μοντέλο pay-per-use. Η επέκταση τέτοιων συστημάτων διαφαίνεται να είναι μονόδρομος στην εποχή που διανύουμε καθώς οι δυνατότητες του Cloud Computing όσον αφορά και τον τελικό χρήστη που απολαμβάνει την εκάστοτε υπηρεσία με μικρότερο κόστος, καθώς και η μείωση σημαντικών εξόδων των εταιρειών που διαχειρίζονται τους πόρους του υλικού-λογισμικού, είναι μεγάλες.

Η πρώτη ιδέα διανομής των υπολογιστικών πόρων μέσω ενός δικτύου (και αργότερα του διαδικτύου) ξεκίνησε τη δεκαετία του 1960. Το βιβλίο του Douglas Parkhill, The Challenge of the Computer Utility το 1966 διερευνούσε σχεδόν όλα τα χαρακτηριστικά που ξέρουμε ότι διαθέτει το Cloud Computing σήμερα. Το σύγκρινε

επίσης με τη βιομηχανία ηλεκτρικής ενέργειας αφού και εκεί ο τελικός χρήστης του ηλεκτρικού δικτύου χρησιμοποιεί την υπηρεσία (ηλεκτρικό ρεύμα) χωρίς να χρειάζεται να γνωρίζει με ποιο τρόπο επιτυγχάνεται αυτό και που βρίσκονται φυσικά οι πόροι αυτοί. Ο όρος του «Νέφους» (το Cloud) εμφανίστηκε αρχικά στον τομέα της τηλεφωνίας όπου μέχρι το 1990 οι τηλεπικοινωνιακές εταιρείες προσέφεραν αποκλειστικά point-to-point συνδέσεις στους καταναλωτές. Έτσι ξεκίνησαν να παρέχουν τις πρώτες υπηρεσίες VPN (Virtual Private Networks – Εικονικά Ιδιωτικά Δίκτυα) μειώνοντας το κόστος ενώ η ποιότητα της υπηρεσίας παρέμενε υψηλή. Το Νέφος (το Cloud σαν σύμβολο) οριοθετούσε γραφικά το πεδίο ευθύνης του καταναλωτή και του παρόχου. Αυτό το όριο επεκτείνεται από το Νέφος καλύπτοντας τους εξυπηρετητές και την δικτυακή υποδομή. Η επιστημονική χρήση του “Cloud Computing” για πρώτη φορά έγινε σε διάλεξη του Ramnath Chellapa το 1997.

2.1.2. Περιγραφή τεχνολογίας

2.1.2.1. Βασικά λειτουργικά χαρακτηριστικά

Το Cloud Computing έχει πέντε λειτουργικά χαρακτηριστικά τα οποία είναι τα παρακάτω: [e2]

- Αυτό-εξυπηρέτηση κατά απαίτηση (On-demand self-service)
Δεσμεύονται αυτόματα υπολογιστικοί πόροι οι οποίοι παρέχονται στον πελάτη χωρίς να χρειάζεται οποιαδήποτε αλληλεπίδραση με τον πάροχο. Η δέσμευση αυτή των πόρων (πχ αποθηκευτικός χώρος, χρόνος χρήσης εξυπηρετητή) γίνεται δυναμικά ανάλογα με τις εκάστοτε απαιτήσεις.
- Ευρεία πρόσβαση στο δίκτυο (Ubiquitous Network Access)
Η διαθεσιμότητα των υπολογιστικών πόρων επιτυγχάνεται μέσω μηχανισμών που επιτρέπουν τη χρήση διάφορων ετερογενών συσκευών (πχ κινητό, υπολογιστής, PDA) από τον πελάτη.
- Διάθεση πόρων ανεξαρτήτου τοποθεσίας (Location independent resource pooling)
Οι υπολογιστικοί πόροι μπορούν να χρησιμοποιηθούν παράλληλα από πολλούς πελάτες (multi-tenant) ενώ οι διάφοροι φυσικοί/εικονικοί πόροι εκμισθώνονται

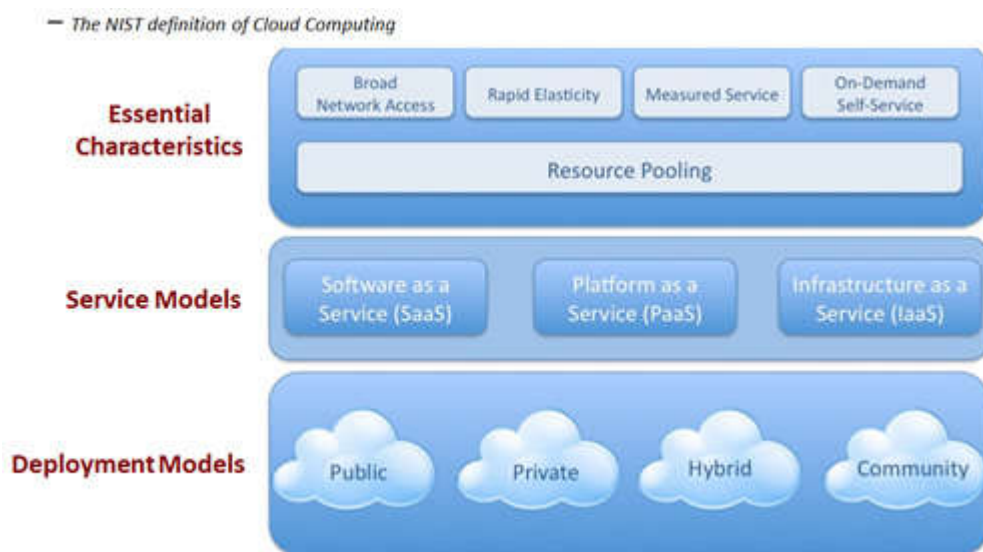
δυναμικά με βάση τη χρήση. Ο πελάτης αισθάνεται ανεξάρτητος κατά τη χρήση της υπηρεσίας αφού δεν είναι σε θέση να γνωρίζει την ακριβή φυσική τοποθεσία των πόρων που χρησιμοποιεί, ενώ γνωρίζει την πιο αφηρημένη τοποθεσία (πόλη, περιοχή, χώρα, data center).

- Ταχεία ελαστικότητα (Rapid elasticity)

Η δέσμευση των απαιτούμενων πόρων μπορεί να γίνει άμεσα, γρήγορα και αυτόματα. Ο χρήστης έχει την εικόνα των απεριόριστων πόρων που μπορεί να τους δεσμεύσει οποιαδήποτε στιγμή χρειαστεί εφόσον τους αγοράσει.

- Μετρήσιμα επίπεδα παροχής υπηρεσιών (Measured service)

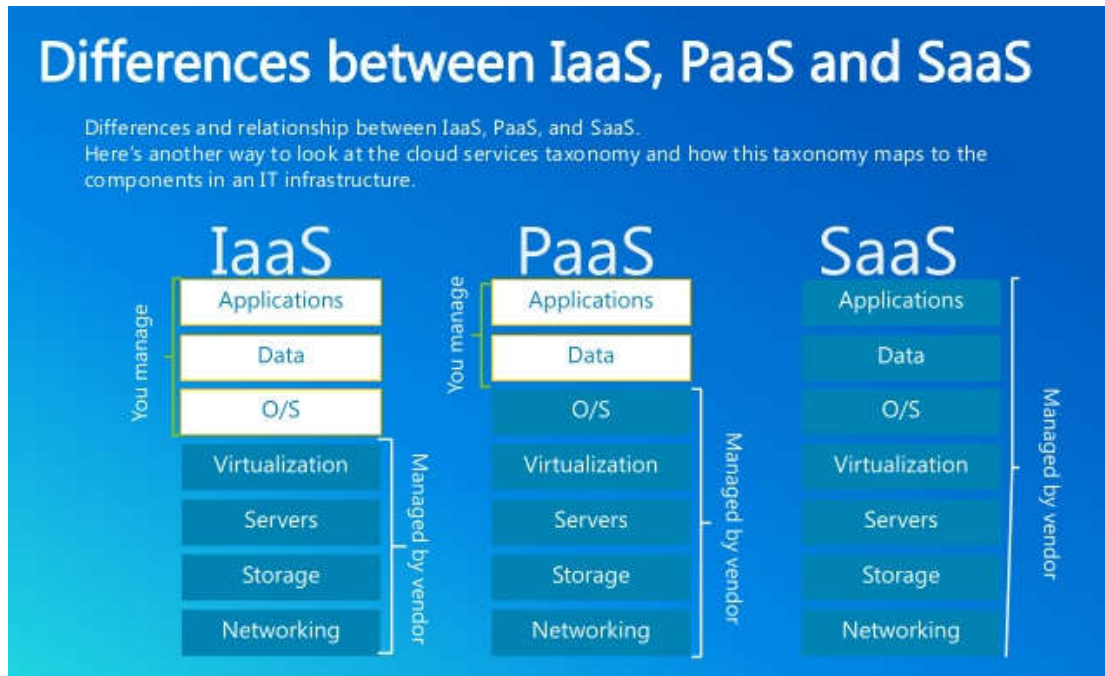
Υπάρχει η δυνατότητα να γίνεται βελτιστοποίηση τη χρήση των πόρων χρησιμοποιώντας μηχανισμούς μέτρησης για τον κάθε τύπο υπηρεσίας που προσφέρεται. Έτσι υπάρχει κεντρική παρακολούθηση, έλεγχος και καταγραφή ώστε να υπάρχει διαφάνεια και στις δύο πλευρές (πάροχος-καταναλωτής).



Εικόνα 2 – Ορισμός του Cloud Computing κατά το NIST

Πηγή: <https://medium.com/@andrewpriceau/when-is-cloud-not-5d4e355ee0ac>

Η Υπολογιστική Νέφος αποτελείται από τρεις κατηγορίες όσον αφορά το είδος της παρεχόμενης υπηρεσίας: [4]



Εικόνα 3 – IaaS, PaaS και SaaS

Πηγή: <http://bijjacobus.nl/difference-between-saas-paas-and-iaas-in-cloud-computing>

Infrastructure as a Service (IaaS)

Ο χρήστης μπορεί να εκμισθώσει υπολογιστικούς πόρους όπως αποθηκευτικό χώρο, δίκτυα και επεξεργαστική ισχύ ώστε να υποστηρίξει το δικό του software από το λειτουργικό σύστημα μέχρι και το λογισμικό που θα φιλοξενηθεί στην υποδομή. Από τη στιγμή που του εκχωρούνται οι πόροι, ο πελάτης μπορεί να τους διαχειριστεί όπως επιθυμεί σύμφωνα με τις ανάγκες του. Δεν έχει έλεγχο στα φυσικά συστήματα ούτε τα διαχειρίζεται. Υπάρχει μόνο περιορισμένος έλεγχος σε εξοπλισμό δικτύωσης (host routers, firewalls) αλλά και στις μνήμες, τα λειτουργικά συστήματα για να τα καταναίμει όπως επιθυμεί.

Platform as a Service (PaaS)

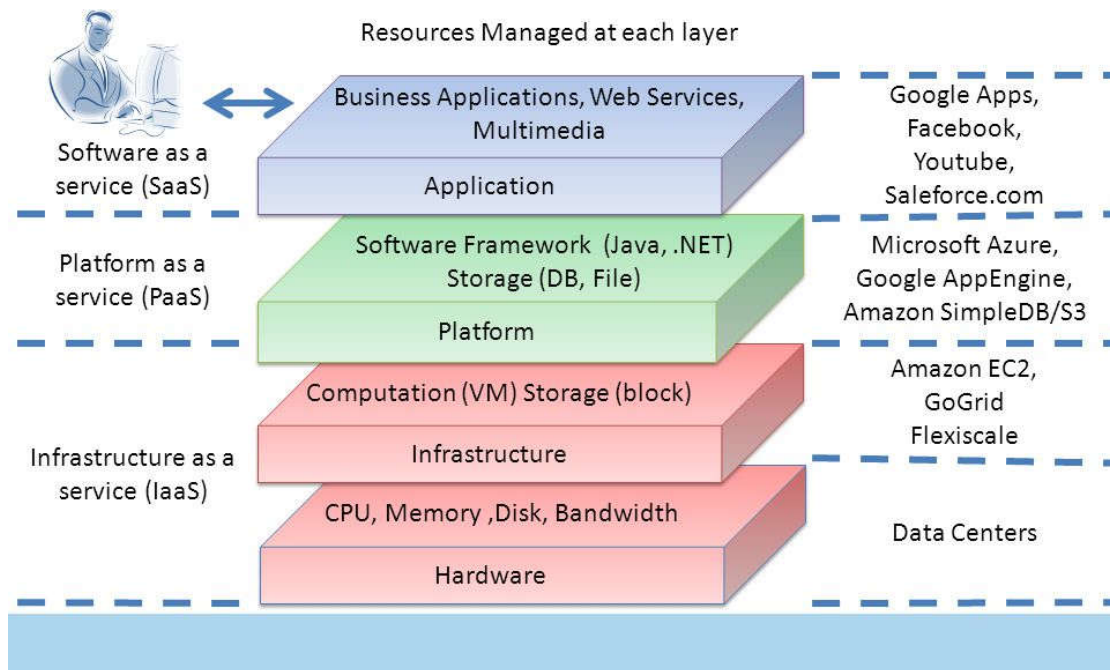
Προσφέρεται η δυνατότητα στον πελάτη να αναπτύσσει και να δοκιμάζει δικές του εφαρμογές ή εφαρμογές τρίτων σε μια έτοιμη πλατφόρμα που του προσφέρει ο

πάροχος. Οι εφαρμογές αυτές μπορούν να δημιουργηθούν με εργαλεία και γλώσσες προγραμματισμού που υποστηρίζει ο πάροχος και είναι ενσωματωμένες στην πλατφόρμα. Ο πελάτης δεν έχει γνώση της υποδομής όπου φιλοξενούνται τα παραπάνω και συνήθως δεν τον ενδιαφέρει να γνωρίζει τους αποθηκευτικούς χώρους, τους εξυπηρετητές και τα δίκτυα που χρησιμοποιούνται στο back end. Έχει όμως τον έλεγχο των εφαρμογών που αναπτύσσονται και μπορεί να παραμετροποιήσει το περιβάλλον φιλοξενίας των εφαρμογών. Ο εκάστοτε πάροχος της υπηρεσίας PaaS προσφέρει ένα συνδυασμό του λογισμικού και της υποδομής ως ένα προγραμματιζόμενο περιβάλλον στον πελάτη ώστε να είναι σε θέση να ξεκινήσει την ανάπτυξη άμεσα.

Software as a Service (SaaS)

Ο καταναλωτής έχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιεί τις εφαρμογές που τον ενδιαφέρουν τις οποίες ο πάροχος έχει αναπτύξει και φιλοξενεί στην υποδομή του. Εδώ ο πελάτης έχει ακόμη λιγότερο συνολικό έλεγχο. Το μόνο που κάνει είναι να κάνει χρήση/καταναλώνει την εφαρμογή για την οποία πληρώνει. Δεν χρειάζεται να ανησυχεί για τους φυσικούς πόρους (αποθηκευτικοί χώροι, δίκτυα, υπολογιστική ισχύς) που χρησιμοποιούνται για να υποστηρίξουν τις εφαρμογές που χρησιμοποιεί. Οι εκάστοτε εφαρμογές του παρόχου είναι συνεχώς προσβάσιμες και από παντού μέσω του διαδικτύου. Αρκεί μόνο η χρήση ενός web browser για να γίνει η χρήση της εφαρμογής μέσω συνήθως κάποιας web διεπαφής ή εργαλείου.

Cloud Computing Layers



Εικόνα 4 – Layers του Cloud Computing

Πηγή: <https://slideplayer.com/slide/4582525/>

2.1.2.2. Μοντέλα ανάπτυξης

Το Cloud Computing χωρίζεται σε τέσσερις κατηγορίες όσον αφορά την αποκλειστικότητα χρήσης από τους πελάτες: [3, 4]

Private Cloud (Ιδιωτικό)

Το νέφος το χρησιμοποιεί αποκλειστικά ένας συγκεκριμένος πελάτης/οργανισμός. Όλα τα λειτουργικά στοιχεία του μπορεί να βρίσκονται είτε στις υποδομές του πελάτη είτε έξω από αυτές. Όσον αφορά τη διαχείριση των υποδομών αυτών μπορεί να γίνεται εσωτερικά από προσωπικό του πελάτη αλλά και εξωτερικά από κάποιον τρίτο. Οι χρήστες αυτού του μοντέλου μπορούν να ελέγξουν και να προβούν σε οποιαδήποτε τροποποίηση των προσφερόμενων πόρων χρησιμοποιώντας κάποια διεπαφή (κυρίως web) όπως αυτές που χρησιμοποιούνται και στα δημόσια clouds. Το private cloud όμως υφίσταται στα πλαίσια του υπάρχοντος Data Center της επιχείρησης επομένως υπακούει σε όλους του φυσικούς/ηλεκτρονικούς περιορισμούς ασφαλείας της όσον αφορά όλα τα δεδομένα. Επίσης, ένα private cloud χρησιμοποιεί και βελτιστοποιεί τον ήδη υπάρχον εξοπλισμό του πελάτη (το hardware) που βρίσκεται στο data center αφού μέσω του virtualization η αποτελεσματικότητα αυξάνεται ενώ παράλληλα τα λειτουργικά κόστη μειώνονται.

Public Cloud (Δημόσιο)

Ολόκληρη η υποδομή του cloud είναι διαθέσιμη μέσω του διαδικτύου στο ευρύ κοινό. Το δημόσιο νέφος στην πιο συνηθισμένη του μορφή διατίθεται στον τελικό χρήστη μέσω κάποιας διεπαφής (μέσω του web) ο οποίος χρησιμοποιεί το μοντέλο “pay-as-you-go” (πληρωμή ανάλογα με τη χρήση). Γενικώς τα δημόσια νέφη προσφέρουν άμεση πρόσβαση σε μια τεράστια υποδομή η οποία επεκτείνεται άμεσα και δεν απαιτείται κάποια επιπλέον επένδυση για να αναπτυχθούν οι επιπλέον υπολογιστικοί πόροι ενός data center. Τέτοιες υπηρεσίες διαμορφώνονται από τους παρόχους ως μια τεράστιας δυναμικότητας υποδομή απευθυνόμενη σε μεγάλο μέρος των πελατών (οι οποίοι δεν είναι σε θέση να γνωρίζουν πως έχει υλοποιηθεί το νέφος και σε τι κλίμακα επεκτείνεται παγκόσμια). Η αποθήκευση των δεδομένων μπορεί να πραγματοποιηθεί σε κοινά μέσα αποθήκευσης οπότε είναι απαραίτητη η κωδικοποίηση/κρυπτογράφησή τους για να επιτευχθεί όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ασφάλεια. Οι παρεχόμενες υπηρεσίες του δημοσίου νέφους αντιμετωπίζονται με

εμπιστοσύνη από τους χρήστες αφού κατανοήσουν και αποδεχτούν την εκάστοτε πολιτική χρήσης του κάθε παρόχου. Γι' αυτό ο πάροχος είναι υπεύθυνος να λειτουργεί σύμφωνα με συγκεκριμένες πολιτικές για να εξασφαλίζεται η προστασία των δεδομένων και το ιδιωτικό απόρρητο. Την τελευταία δεκαετία η ανάπτυξη του private cloud είναι ραγδαία αφού υπάρχει στην αγορά μεγάλη προσφορά τέτοιων υποδομών από εταιρείες κολοσσούς (όπως για παράδειγμα η Google με το Google Apps Engine, η Amazon με το EC2 και η Microsoft με το Azure). Έτσι το κόστος των παρεχόμενων υπηρεσιών έχει μειωθεί αρκετά για το ευρύ κοινό.

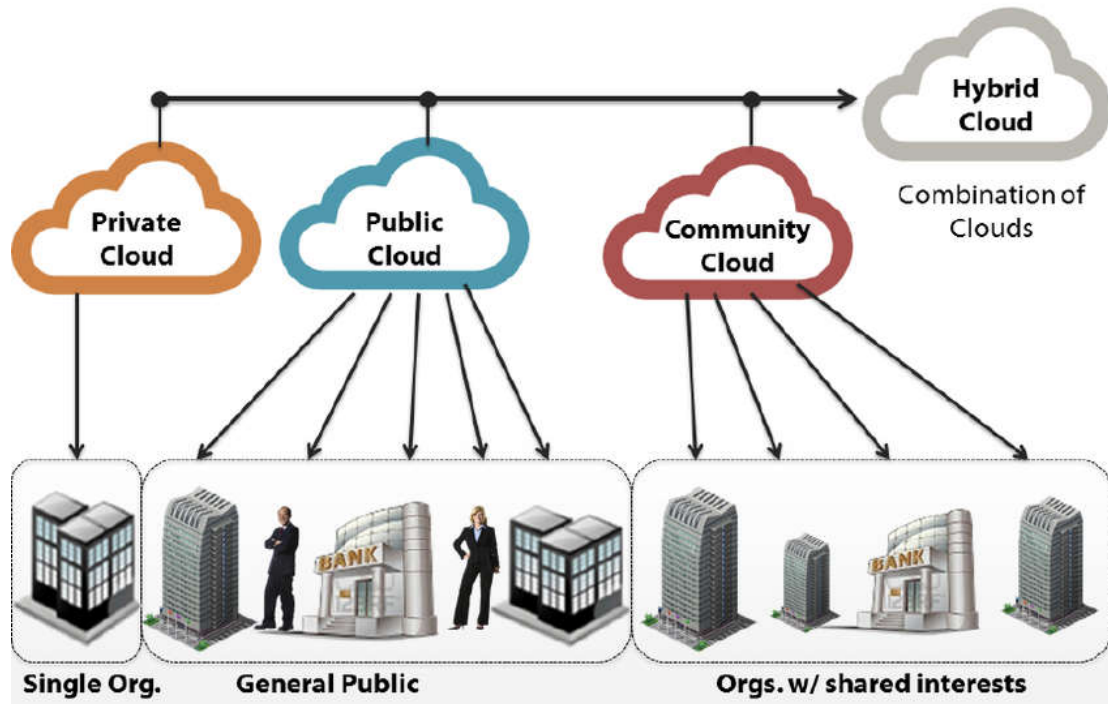
Community Cloud (Κοινοτικό)

Στο συγκεκριμένο μοντέλο, η υποδομή του νέφους διαμοιράζεται σε ένα συγκεκριμένο group οργανισμών οι οποίοι μέσα από αυτή την κοινότητα που δημιουργούν απολαμβάνουν ένα κοινό επίπεδο ασφάλειας και λειτουργικότητας. Δηλαδή επιτρέπεται η ύπαρξη πολλών ανεξάρτητων οντοτήτων/οργανισμών οι οποίοι όμως έχουν ίδιες απαιτήσεις. Όσον αφορά τη διαχείριση του cloud αυτή γίνεται είτε από τους οργανισμούς τους ίδιους οι οποίοι είναι μέλη αυτής της κοινότητας είτε από κάποιον τρίτο. Η συγκεκριμένη μορφή cloud δίνει τεράστιες δυνατότητες σε οργανισμούς που η λειτουργία τους υπόκειται σε περιορισμούς και συμμορφώσεις από τις χώρες που δραστηριοποιούνται. Οι Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής και η Ευρωπαϊκή Ένωση «βλέπουν» τα κοινοτική νέφη σε τοπικό επίπεδο επομένως παρέχονται πολλαπλά οφέλη στους οργανισμούς που ανήκουν σε αυτά τόσο μεμονωμένα όσο και συλλογικά.

Hybrid Cloud (Υβριδικό)

Αυτό το μοντέλο είναι μια σύνθεση δύο clouds (private, public ή community) τα οποία ενώ συμπεριφέρονται ως μοναδικές οντότητες, με τη χρήση διάφορων τεχνολογικών μηχανισμών υπάρχει σύνδεση μεταξύ τους. Έτσι οι εφαρμογές και τα δεδομένα τους μπορούν να γίνουν φορητά ανάμεσα στα διάφορα μοντέλα. Ένα παράδειγμα για να κατανοήσουμε τα παραπάνω είναι να σκεφτούμε μια εφαρμογή η οποία έχει υψηλές απαιτήσεις όσον αφορά την ασφάλεια των δεδομένων. Αμέσως φανταζόμαστε ότι το πιο κατάλληλο περιβάλλον για να κατοικεί είναι ένα private cloud αποκλειστικά. Μια άλλη εφαρμογή όμως μπορεί να χρησιμοποιείται ώστε να ολοκληρωθεί ένα έργο μικρότερης σημασίας χρησιμοποιώντας εργαλεία από κάποιο public cloud. Κάποια στιγμή οι δύο αυτές εφαρμογές χρειάζονται να ανταλλάξουν

δεδομένα μεταξύ τους. Επομένως ο οργανισμός που τις χρησιμοποιεί μεταβαίνει από το ένα μοντέλο στο άλλο (private σε public) ώστε να ανταποκριθεί στις επιχειρηματικές ανάγκες. Έτσι δημιουργεί ένα υβριδικό νέφος ανάμεσα σε αυτά τα δύο ώστε να εκμεταλλευτεί τα θετικά που προσφέρει το καθένα.



Εικόνα 5 – Μοντέλα ανάπτυξης του Cloud Computing

Πηγή: https://www.researchgate.net/figure/Cloud-deployment-model_fig2_260192916

2.1.2.3. Πλεονεκτήματα χρήσης Cloud Computing

Τα πλεονεκτήματα που προσφέρει η χρήση του υπολογιστικού νέφους είναι μεγάλα παρόλο που ακόμη δεν έχει εδραιωθεί σε μεγάλο βαθμό ως νέο επιχειρηματικό μοντέλο. [13] Σήμερα θεωρείται ως μια τεχνολογία που έρχεται από το μέλλον αφού ο τρόπος ευρείας πρόσβασης και χρήσης των υπολογιστικών πόρων είναι πολύ διαφορετικός από αυτόν που έχουμε συνηθίσει έως τώρα. Τα πλεονεκτήματα που θα αναφέρουμε παρακάτω πρέπει να τονίσουμε ότι είναι τα πιο ενδεικτικά αφού το cloud computing εξελίσσεται διαρκώς την ώρα που γράφεται η εργασία αυτή. Με την πάροδο του χρόνου η τεχνολογία αυτή ωριμάζει ακόμη περισσότερο, προκύπτουν καινούρια δεδομένα και επιπλέον οφέλη αλλά και ιδιαιτερότητες που πρέπει να προσέξουμε. Έτσι διαμορφώνονται αρχικά όλα τα νέα τεχνολογικά αντικείμενα στην Πληροφορική. Παρακάτω θα παραθέσουμε τα αδιαμφισβήτητα πλεονεκτήματα του συγκεκριμένου μοντέλου παροχής υπηρεσιών:

Αυξημένη ευελιξία:

Η αγορά υλικού και λογισμικού από μια εταιρεία είναι μια μακροπρόθεσμη υποχρέωση η οποία απαιτεί καλό σχεδιασμό ώστε να καλυφθούν οι τωρινές αλλά και μελλοντικές ανάγκες της. Το cloud computing φέρνει την ευελιξία σε αυτόν τον προγραμματισμό αφού ο τελευταίος γίνεται για μικρότερη χρονική περίοδο, επομένως υπάρχει κάλυψη των απαιτούμενων πόρων ανάλογα με την αυξομείωση στη ζήτησή τους.

Ταχύτητα υλοποίησης:

Κατά τη διάρκεια εγκατάστασης ενός πληροφοριακού συστήματος γίνονται διάφορες εργασίες οι οποίες είναι πολύπλοκες και χρονοβόρες όπως η μελέτη των προδιαγραφών, η παραγγελία και παραλαβή, η εγκατάσταση και οι ρυθμίσεις του συστήματος. Επιπλέον γίνονται και έλεγχοι για τη σωστή λειτουργία πριν το σύστημα γίνει παραγωγικό οι οποίοι μπορεί να διαρκέσουν αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα ανάλογα με την περίπτωση. Σε αυτό το διάστημα όπως καταλαβαίνουμε ο εξοπλισμός δεν προσφέρει τα κέρδη για τα οποία υλοποιείται. Με τη χρήση του μοντέλου του νέφους όμως, οι αντίστοιχες υποδομές μπορούν να λειτουργήσουν ακόμα και μέσα σε λίγα λεπτά ή ώρες από τη στιγμή που θα ζητηθεί η εγκατάστασή τους. [e4]

Καθολική πρόσβαση:

Η υπολογιστική νέφους όπως και οι διαδικτυακές εφαρμογές, δίνουν τη δυνατότητα της πρόσβασης από παντού χωρίς να υπάρχει σύνδεση VPN (Virtual Private Network). Έτσι, οποιοσδήποτε μπορεί έχοντας απλά πρόσβαση στο διαδίκτυο να γίνει καταναλωτής των υπηρεσιών του cloud. Με αυτό τον τρόπο διευκολύνεται και η έννοια της τηλεεργασίας.

Τιμολόγηση υπηρεσιών:

Η κατανάλωση των υπολογιστικών πόρων από τους χρήστες γίνεται ανάλογα με τη ζήτηση (on demand) επομένως πληρώνουν βάση ενός δυναμικού μοντέλου ανάλογα με τη χρήση. Όταν μιλάμε για εταιρείες, σχεδιάζουν τον προϋπολογισμό τους ώστε να καλύψουν λειτουργικές δαπάνες αντί κεφαλαιακές δαπάνες που αφορούν υπολογιστικούς πόρους για τους οποίους υπάρχει εξ αρχής ζήτηση. Αυτό κάνει την υπολογιστική νέφους ένα ελκυστικό κομμάτι επένδυσης ειδικά για μικρομεσαίες επιχειρήσεις οι οποίες διαφορετικά δεν θα μπορούσαν να καλύψουν το κόστος νέου εξοπλισμού. Με το μοντέλο pay-per-use δίνεται η δυνατότητα να πληρώνουν μόνο τις υπηρεσίες που χρειάζονται και για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα που τους είναι απαραίτητες. Έτσι καταβάλλουν το απαιτούμενο αντίτιμο χωρίς να προβαίνουν σε άσκοπα έξοδα επιβαρύνοντας τον προϋπολογισμό τους. Ένα παράδειγμα που μπορούμε να αναφέρουμε είναι το εξής: μια εταιρεία αντί να επενδύσει σε αναβάθμιση/ανανέωση του data center της με νέο ακριβότερο εξοπλισμό σε hardware και software (τα οποία δεν θα χρησιμοποιηθούν και στο 100% τους), μπορούν να νοικιάσουν τους απαιτούμενους πόρους για όσο χρόνο τους χρειάζονται. Έτσι αντί για μια μεγάλη επένδυση σε συστήματα τεχνολογίας, μπορεί με μια σαφώς μικρότερη μηνιαία ή ετήσια συνδρομή να απολαμβάνει τα οφέλη των νέων υπηρεσιών. Το χρηματικό ποσό αυτό που πλέον της μένει στα ταμεία μπορεί να το χρησιμοποιήσει για κάποια άλλη ευκαιρία ανάπτυξης.

Μεγάλος ανταγωνισμός παρόχων:

Ο υψηλός ανταγωνισμός ανέκαθεν έφερνε και χαμηλότερες τιμές στους καταναλωτές των προϊόντων. Έτσι και στο cloud υπάρχουν πλέον πολλές και μεγάλες εταιρείες που προσφέρουν αντίστοιχες υπηρεσίες από τις οποίες μπορεί να διαλέξει ο πελάτης. Τέτοιες είναι η Google, η Microsoft, η Amazon οι οποίες δραστηριοποιούνται στην αγορά του cloud και απευθύνονται στο ευρύ καταναλωτικό κοινό. Έτσι τελικά

αυτός που ευνοείται είναι ο τελικός πελάτης όσο αυξάνεται η προσφορά τέτοιων υπηρεσιών και η συγκεκριμένη αγορά γίνεται πιο ελκυστική.

Ενεργειακή αποδοτικότητα:

Με τη στροφή των εταιρειών στη χρήση του cloud για βασικές ανάγκες τους, έχει μελετηθεί πως μειώνεται δραστικά η παγκόσμια εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα. Αυτό γίνεται γιατί με το cloud computing μειώνεται η χρήση επιπλέον hardware (κυρίως εξυπηρετητών) αφού οι διάφορες υπηρεσίες πληροφορικής φιλοξενούνται στο νέφος. Δεν υπάρχει ανάγκη για ύπαρξη τοπικού εξοπλισμού στο χώρο της εκάστοτε επιχείρησης/οργανισμού. Επομένως τα σημερινά data centers είναι ενεργειακά αποδοτικότερα.

2.1.2.4. Μειονεκτήματα χρήσης Cloud Computing

Το Cloud Computing είναι ίσως η πιο διαδεδομένη και σύγχρονη τεχνολογία του 21^{ου} αιώνα. Επειδή σαν υπηρεσία βασίζεται στο διαδίκτυο γίνεται σαφές πως εκτός από τα πολύ σημαντικά πλεονεκτήματα που παρουσιάζει, έχει και σημαντικά μειονεκτήματα τα οποία πρέπει να σκεφτεί πολύ καλά όποιος επενδύσει σε αυτή. Τα βασικά μειονεκτήματα θα τα δούμε παρακάτω:

Ασφάλεια και ιδιωτικότητα των δεδομένων

Αποτελεί ίσως την μεγαλύτερη ανησυχία σχετικά με το νέφος. Ο κάθε χρήστης σκέφτεται την προστασία και ασφάλεια των προσωπικών δεδομένων του. Κανείς φυσιολογικός άνθρωπος (είτε ιδιώτης είτε μια ολόκληρη επιχείρηση) δεν θα ένοιωθε ασφαλής παραδίδοντας τα δεδομένα του σε κάποια τρίτη οντότητα (κάποιος πάροχος cloud), σε ένα καθεστώς στο οποίο δεν μπορεί να γνωρίζει ανά πάσα στιγμή που βρίσκονται τα δεδομένα αυτά και ποιος έχει πρόσβαση. [1, 16] Η ανησυχία γίνεται ακόμη μεγαλύτερη όταν μιλάμε για μεγάλες εταιρείες οι οποίες έχουν εκατομμύρια ευαίσθητες πληροφορίες αποθηκευμένες στο νέφος που υπόκεινται σε επεξεργασία από εξυπηρετητές τρίτων. [44] Οι πάροχοι σίγουρα προσπαθούν να εξασφαλίσουν την ασφάλεια και την ιδιωτικότητα τέτοιων πληροφοριών αφού διέπονται και από αυστηρή σχετική νομοθεσία. Η ανησυχία όμως δεν παύει να υφίσταται στους χρήστες ανά τον κόσμο που χρησιμοποιούν τη συγκεκριμένη υπηρεσία.

Εξάρτηση και το κλείδωμα προμηθευτή

Ένα άλλο μειονέκτημα είναι η εξάρτηση του χρήστη της υπηρεσίας από τον πάροχο και τον εξοπλισμό του. Ο όρος που χρησιμοποιείται είναι το “κλείδωμα προμηθευτή” αφού είναι πολύ δύσκολο έως και ακατόρθωτο κάποιος χρήστης νέφους κάποιου παρόχου να αλλάξει πάροχο. Στην περίπτωση αυτή η μεταφορά των δεδομένων του από τον ένα πάροχο στον άλλο θα είναι μια επώδυνη και δύσκολη διαδικασία. Επίσης σίγουρα θα βρει διαφορές στη λειτουργικότητα των αντίστοιχων υπηρεσιών οπότε και θα πρέπει να προσαρμοστεί εκ νέου στο νέο περιβάλλον. Γι’ αυτούς τους λόγους ο εν δυνάμει χρήστης μιας τέτοιας υπηρεσίας πρέπει να κάνει καλή έρευνα αγοράς και να εξετάσει όλα τα πιθανά κλειδώματα του παρόχου πριν καταλήξει στην επιλογή του.

Διακοπή λειτουργίας του συστήματος και τεχνικές δυσκολίες

Σίγουρα μέχρι και η πιο μικρή επιχείρηση θα προτιμούσε να μην ασχολείται με τεχνικά θέματα που προκύπτουν καθημερινά στα συστήματά της. Έχοντας τα συστήματα σε έναν πάροχο cloud θα ένιωθε πολύ πιο ασφαλής. Δεν πρέπει να ξεχνάμε όμως ότι και ο πάροχος αναγκαστικά θα κάνει κάποιες ενέργειες συντήρησης των συστημάτων κάποια στιγμή ή μπορεί να αντιμετωπίσει και κάποια βλάβη σε αυτά. Το κακό είναι πως οι διαδικασίες αυτές δεν είναι στο χέρι του πελάτη όσον αφορά τον χρόνο αποκατάστασης και φυσικά τη χρονική στιγμή που θα γίνει η οποιαδήποτε αναβάθμιση. Υποχρεωτικά θα εξαρτάται από τον πάροχο.

Περιορισμένος έλεγχος και ευελιξία

Οι υπηρεσίες και εφαρμογές που προσφέρονται από τον πάροχο βρίσκονται σε κάποιο εικονικό περιβάλλον σε απόσταση από τον χρήστη. Έτσι ο τελευταίος έχει περιορισμένο έλεγχο στις λειτουργίες του υλικού και του λογισμικού που χρησιμοποιούν. Είναι προφανές επίσης πως αφού το λογισμικό εκτελείται απομακρυσμένα, στερείται των πλεονεκτημάτων που έχει μια εφαρμογή που εκτελείται τοπικά στο περιβάλλον του χρήστη.

Αυξημένη ευπάθεια

Αναφέραμε ξανά πως η αρχιτεκτονική του cloud computing βασίζεται στο διαδίκτυο επομένως δυσκολεύει την ασφάλεια και την προστασία της ιδιωτικότητας των δεδομένων. Γι' αυτό το λόγο οι υπηρεσίες του νέφους είναι πολύ ευάλωτες σε κακόβουλο λογισμικό και hackers αφού η έκθεση στο δημόσιο διαδίκτυο είναι συνεχής. Υπάρχουν πολλές περιπτώσεις των μεγαλύτερων παρόχων στην αγορά του cloud οι οποίοι έχουν υποφέρει από σοβαρές επιθέσεις και παραβιάσεις στην ασφάλειά τους. Μπορούμε να σκεφτούμε το μέγεθος της ζημιάς που μπορεί να δημιουργηθεί αν για παράδειγμα κάποιος δημόσιος εξυπηρετητής με δεδομένα χρηστών μολυνθεί από κάποιον ιό ή ακόμα και να διαρρεύσουν προσωπικές πληροφορίες.



Εικόνα 6 – Πλεονεκτήματα & μειονεκτήματα του Cloud Computing

Πηγή: <https://www.business2community.com/cloud-computing/pros-cons-cloud-technology-every-marketer-know-01020840>

2.1.2.5. Βασικοί πάροχοι Cloud Services

Στο σημείο αυτό θα αναφέρουμε τους τέσσερις παγκόσμιους παρόχους με το μεγαλύτερο μερίδιο της αγοράς του cloud: [e3]

Amazon

Η Amazon είναι κορυφαίο εμπορικό σήμα στο ηλεκτρονικό εμπόριο. Από την ίδρυσή της έχει εξελιχθεί από μια πολύ καλή πλατφόρμα ηλεκτρονικού εμπορίου στον κορυφαίο πάροχο υπηρεσιών cloud. Οι δύο υπηρεσίες της που ξεχωρίζουν είναι το Amazon S3 (υπηρεσία αποθήκευσης στο νέφος) και η EC2 (Elastic Compute Cloud) η οποία είναι η υπηρεσία υπολογιστικής νέφους.

Microsoft

Η ανάπτυξη του χώρου του cloud computing φαίνεται ξεκάθαρα με την είσοδο στη συγκεκριμένη αγορά της Microsoft, της μεγαλύτερης για πολλούς εταιρείας software στον κόσμο. Για δεκαετίες ασχολήθηκε με την ανάπτυξη του γνωστού λειτουργικού

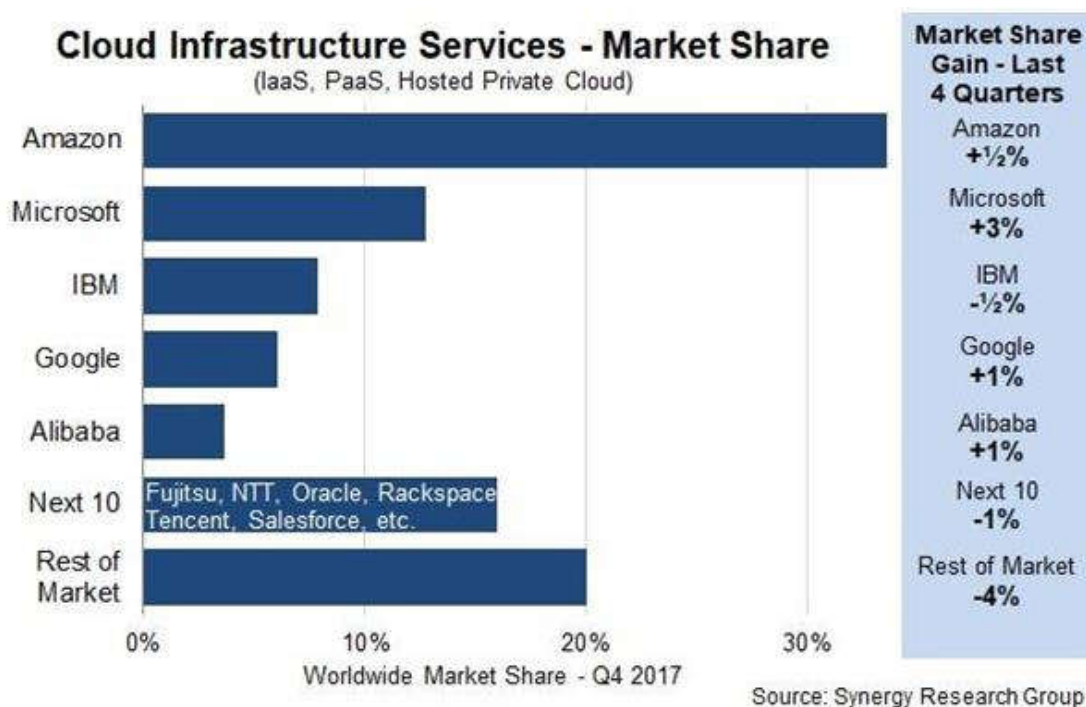
συστήματος και διαφόρων εργαλείων για προσωπικούς υπολογιστές. Με την εμφάνιση του Azure έκανε όχι απλά αισθητή την παρουσία της στο χώρο του cloud αλλά αποτέλεσε και ορόσημο για τη συνέχεια.

IBM

Η IBM στον τομέα της πληροφορικής είναι γνωστή για πολλές δεκαετίες κυρίως για την αξιοπιστία και τη φήμη της. Η εμπειρία της στους προσωπικούς υπολογιστές αλλά και τους εξυπηρετητές είναι αδιαμφισβήτητη αφού προηγείται χρονικά από τις άλλες εταιρείες. Η υπηρεσία BlueCloud συμβάλει τα μέγιστα στην καινοτομία αφού είναι σε θέση να προσφέρει ολόκληρα εικονικά data centers στους πελάτες της.

Google

Το πιο γνωστό και εμπορικό όνομα στο διαδίκτυο δεν θα μπορούσε να λείπει από τη συγκεκριμένη πολλά υποσχόμενη τεχνολογία. Ξεκίνησε ως μια μηχανή αναζήτησης φτάνοντας στην ανάπτυξη της GAE (Google App Engine) η οποία είναι μια πλατφόρμα στο νέφος που φιλοξενεί την ανάπτυξη δικτυακών εφαρμογών. Αυτό πραγματοποιείται σε εικονικά data centers όπου αποθηκεύονται και τα δεδομένα.



Εικόνα 7 – Μερίδιο αγοράς των υπηρεσιών Cloud

Πηγή: <https://globenewswire.com/news-release/2018/02/02/1332405/0/en/Cloud-Growth-Rate-Increases-Amazon-Microsoft-Google-all-Gain-Market-Share.html>

2.1.3. Ανοιχτά ζητήματα και προκλήσεις Cloud Computing

Τα προγραμματιστικά μοντέλα που ήδη υπάρχουν (π.χ. καταμεμημένα συστήματα, service oriented αρχιτεκτονική κ.τ.λ.) αποτελούν δομικά χαρακτηριστικά του cloud. Ωστόσο τα προγραμματιστικά αυτά μοντέλα εμφανίζουν σωρεία θεμάτων που έχουν σχέση μαζί τους ενώ ορισμένες νέες προκλήσεις, οι οποίες έχουν προκύψει από το cloud, χρήζουν άμεσης και ορθής αντιμετώπισης ώστε να αξιοποιηθεί όσο το δυνατόν περισσότερο. Η αντιμετώπιση των προαναφερθέντων θεμάτων πρέπει να γίνει με στόχο αφενός την παροχή υψηλών ποιοτικά υπηρεσιών και αφετέρου τη μέγιστη κατανόηση προσανατολισμένη στις ανάγκες των παρόχων. Τα θέματα είναι δυνατό να κατηγοριοποιηθούν ως εξής: προστασία, ασφάλεια, διαχείριση πόρων, διαχείριση ισχύος και ενέργειας, διαχείριση ταυτοποίησης, διαθεσιμότητα πόρων, απομόνωση δεδομένων, ανομοιογένεια πόρων. [13, ε5] Τα ζητήματα που χρήζουν προσοχής είναι αρκετά, ωστόσο προτεραιότητα στην αντιμετώπισή τους έχουν τα εξής:

Ασφάλεια και ιδιωτικότητα

Τα τρία μεγαλύτερα θέματα ως προς την υλοποίηση του cloud είναι η ασφάλεια, η απόδοση και η διαθεσιμότητα (σύμφωνα με έρευνα του International Data Corporation (IDC)). Ιδιαίτερο χειρισμό χρήζει ο τρόπος που αντιμετωπίζονται τα θέματα ασφαλείας και ιδιωτικότητας όταν μετακινούνται δεδομένα και εφαρμογές μέσω δικτύου, όταν χάνεται ο έλεγχος στα δεδομένα, από τη διαφορετικότητα των πόρων και από διάφορες πολιτικές ασφαλείας που εφαρμόζονται. Έντονη ευαλωτότητα σε επιθέσεις και συνεπώς επικινδυνότητα εμφανίζεται όταν αποθηκεύονται δεδομένα, επεξεργάζονται και μετακινούνται πέρα από τα όρια που δύναται ένας οργανισμός να ελέγχει. [14] Υπάρχουν δύο μορφές/τύποι σε απειλές ασφαλείας: εσωτερικές ή εξωτερικές. Η εσωτερική απειλή μπορεί να προκύψει από τους υπαλλήλους (εν ενεργεία ή πρώην), από θυγατρικές εταιρείες, εργολάβους ή τρίτους που απέκτησαν κάποια δεδομένη στιγμή προσβασιμότητα σε εξυπηρετητές, δίκτυα και δεδομένα του οργανισμού ώστε να εξυπηρετήσουν δραστηριότητές του. Η εξωτερική απειλή μπορεί να προκύψει από τρίτους και οργανισμούς, οι οποίοι δεν διαθέτουν άμεση προσβασιμότητα στο cloud

(π.χ. hackers). Δεδομένου ότι οι πάροχοι υπηρεσιών δύνανται να προσπελάσουν τα δεδομένα, θελημένα ή άθελά τους, να τα τροποποιήσουν ή να τα καταργήσουν, δημιουργώντας έντονες νομικές επιπτώσεις στην επιχείρηση, το cloud εμφανίζει θέματα ιδιωτικότητας.

Αξιοπιστία και διαθεσιμότητα

Η υπεροχή κάθε τεχνολογίας φαίνεται με βάση την αξιοπιστία και τη διαθεσιμότητα. Η διαθεσιμότητα της τεχνολογίας καθορίζεται από το πόσο συχνά παρουσιάζονται διαθέσιμοι οι υπολογιστικοί πόροι χωρίς να εμφανιστεί οποιοδήποτε πρόβλημα όπως απώλεια δεδομένων ή άλλα σφάλματα μέχρι και ολοκληρωτική δυσλειτουργία της υπηρεσίας. Η πιο σημαντική μετρική όταν αναφέρουμε τη διαθεσιμότητα είναι ο χρόνος μη λειτουργίας (downtime). Η πιο χαρακτηριστική προσέγγιση που λύνει εν μέρει αυτό το πρόβλημα είναι η χρήση επιπλέον πόρων από αυτούς που αναγκαίοι, οι οποίοι θα είναι διαθέσιμοι οποιαδήποτε στιγμή υπάρξει πρόβλημα με τη διαθεσιμότητα της υπηρεσίας. Ενώ οι αρχιτεκτονικές που χρησιμοποιούνται χαρακτηρίζονται από αξιοπιστία και υψηλή διαθεσιμότητα, οι υπηρεσίες νέφους είναι ευάλωτες σε DOS επιθέσεις (Denial Of Service), σε εσκεμμένη μείωση της απόδοσης ακόμη και φυσικές καταστροφές. Η διαθεσιμότητα και η αξιοπιστία των πόρων πρέπει να είναι πρωταρχικά μέληματα για έναν πελάτη/οργανισμό κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού και εγκατάστασης των υποδομών του στο νέφος, ώστε να μειωθεί η αμφιβολία και η αβεβαιότητα που γεννάται από τη μεταφορά δεδομένων και υπηρεσιών σε κάποιο δημόσιο ή ιδιωτικό νέφος. [1]

Απόδοση

Η απόδοση είναι από τα πιο σημαντικά ζητήματα στις υλοποιήσεις του cloud computing. Από τη στιγμή που ο χρήστης επιλέξει μια λύση cloud έναντι του κλασικού υπολογιστικού μοντέλου, θα πρέπει η εμπειρία χρήσης του να είναι σίγουρα με βελτιωμένη απόδοση. Υπάρχουν πολλοί παράγοντες που καθορίζουν την απόδοση ενός συστήματος νέφους όπως ή διαθέσιμη μνήμη, η ταχύτητα του επεξεργαστή, ο χώρος αποθήκευσης και φυσικά η ταχύτητα της σύνδεσης στο δίκτυο. Όλοι αυτοί ορίζονται ως έλλειψη κατάλληλων πόρων. Η μειωμένη απόδοση μπορεί να είναι η αιτία έως και διακοπής της παροχής υπηρεσίας από κάποιον πελάτη. [3]

Κλιμακωσιμότητα και ελαστικότητα

Αυτά τα δύο χαρακτηριστικά είναι μοναδικά και άξια θαυμασμού αν αναλύσουμε τη λειτουργία του νέφους. Οι χρήστες της υπηρεσίας έχουν την ψευδαίσθηση πως οι πόροι είναι απεριόριστοι και διαθέσιμοι παντού και πάντα. Συγκεκριμένα η κλιμακωσιμότητα είναι η ικανότητα του συστήματος να μπορεί να ανταπεξέλθει άμεσα σε αύξηση (συνήθως απότομη) της ζήτησης των πόρων από τους χρήστες. Παράλληλα, η ελαστικότητα είναι η ικανότητα να κλιμακώνονται οι πόροι είτε προς τα πάνω είτε προς τα κάτω ανάλογα με την εκάστοτε ζήτηση. [1] Η κλιμακωσιμότητα μπορεί να χωριστεί σε δύο κατηγορίες: την οριζόντια και την κάθετη. Η οριζόντια αναφέρεται στη δυνατότητα προσθήκης επιπλέον κόμβων στην εικονική υποδομή ενώ η κάθετη υποστηρίζει την αύξηση των πόρων σε έναν συγκεκριμένο κόμβο αυτής της υποδομής.

Φορητότητα και διαλειτουργικότητα

Όταν αναφερόμαστε στη φορητότητα που μας προσφέρει το νέφος, εννοούμε στη δυνατότητα που μας δίνει η υπηρεσία να είναι διαθέσιμη να λειτουργήσει με άλλες εφαρμογές και πλατφόρμες όπως και σε συνεργασία με άλλους παρόχους νέφους. Η διαλειτουργικότητα έχει να κάνει με το χρήση των ίδιων εφαρμογών και εργαλείων σε διαφορετικές cloud πλατφόρμες. Οι πελάτες του cloud θα πρέπει να έχουν τη δυνατότητα να μην εξαρτώνται από τον πάροχο αλλά να μπορούν να μετακινηθούν ανάμεσα σε συστήματα και παρόχους χωρίς να χάσουν τη λειτουργικότητα της υπηρεσίας. [1]

Κατανάλωση ενέργειας

Οι υποδομές cloud στεγάζονται σε τεράστια data center τα οποία παρέχουν την αναγκαία ψύξη για την καλή λειτουργία τους. Οι χιλιάδες εξυπηρετητές που φιλοξενούν παράγουν τεράστια ποσά θερμότητας και καταναλώνουν απίστευτη ηλεκτρική ενέργεια. Καταλαβαίνουμε λοιπόν πως το κόστος λειτουργίας ενός τέτοιου data center είναι πολύ μεγάλο. Ένα παράδειγμα που θα μας βοηθήσει στην κατανόηση αυτού είναι πως η ενέργεια που καταναλώνει ένα από τα πολλά data centers της Google

είναι ισοδύναμη με αυτή της πόλης του San Francisco των ΗΠΑ. Είναι λογικό λοιπόν πως μελλοντικά θα απαιτείται όλο και περισσότερο η σχεδίαση του υλικού, λογισμικού και δικτύων να γίνεται με βάση την ενεργειακή αποδοτικότητα. Στόχος είναι εκτός από τη μείωση του κόστους που θα επιφέρει η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας, να διατηρηθεί η περιβαλλοντική ισορροπία και οι νέες λύσεις να είναι όσο το δυνατόν φιλικές στο περιβάλλον.



Εικόνα 8 – Το «πράσινο» Cloud

Πηγή: <http://www.nttcom.tv/2012/05/07/how-green-is-the-cloud/>

2.1.4. Το μέλλον του Cloud Computing

Το cloud computing αποτελεί πλέον στο κόσμο του internet, το δημοφιλέστερο εργαλείο ως προς τη χρήση του, με έντονη αύξηση χρήσης τόσο σε απλούς χρήστες σε καθημερινή βάση όσο και σε μεγάλες επιχειρήσεις για την κάλυψη σημαντικών επιχειρησιακών αναγκών. Τα παραπάνω αποδεικνύουν την έντονη ζήτησή του από το κοινό καθώς παρουσιάζει τα εξής πλεονεκτήματα: αξιοπιστία, ευκολία χρήσης, δυνατότητα υποστήριξης πολλαπλών εφαρμογών και υπηρεσιών και κυρίως ιδιαίτερα προσιτό οικονομικά συγκριτικά με άλλα αντίστοιχα προϊόντα που κυκλοφορούν στην αγορά.

Επιπρόσθετα, το cloud τείνει να εξελίσσεται καθώς και να προωθεί την ανάπτυξή του σε σημαντικούς τομείς της πολιτικής, με στόχο να ανταποκρίνεται σε ευρύ φάσμα ατόμων αλλά και να παρέχει το καλύτερο περιβάλλον για περαιτέρω ανάπτυξη, καινοτομία, προάσπιση της ιδιωτικότητας στα προσωπικά δεδομένα και της παρεχόμενης ασφάλειας. Με στόχο να γίνει ευρέως διαδεδομένο, αποφεύγεται η στασιμότητα στην ανάπτυξή του ενώ προωθείται η όσο το δυνατόν συνεχόμενη εξέλιξή του. [13]

Μακροπρόθεσμο στόχο όλων αποτελεί η ζήτηση για καθημερινή και συνεχή χρήση του Νέφους, δεδομένης της βελτιστοποίησης στην ταχύτητά παροχής υπηρεσιών, ταχύτητα η οποία θα προκύψει έπειτα από τη βελτιστοποίηση στην ταχύτητα του Internet. Καταλαβαίνουμε λοιπόν ότι άμεση εξάρτηση υπάρχει ανάμεσα στην εξέλιξη της τεχνολογίας με την εξέλιξη στις παρεχόμενες υπηρεσίες του Cloud, βελτιώνοντας παράλληλα τις εμπειρίες των ατόμων ως προς τη χρησιμοποίηση του Η/Υ.

Έρευνα που πραγματοποιήθηκε από τη Microsoft, υπογραμμίζει την προτίμηση των εργαζόμενων στη χρήση του Νέφους στις εταιρείες τους, εμπιστευόμενοι την αποδοτικότητα που μπορεί να τους επιφέρει σε επίπεδα οικονομικά, προώθησης καινούριων υπηρεσιών ή προϊόντων, αλλά και διαφήμισης της εταιρείας τους σε καινούριους τομείς της αγοράς. [15]

2.2. Διαδίκτυο Αντικειμένων (Internet Of Things)

2.2.1. Ορισμός και ιστορική αναδρομή



Εικόνα 9 – Internet of Things (IoT)

Πηγή: <https://www.cse-net.co.uk/the-internet-of-things-a-brief-guide/>

Η έννοια «Διαδίκτυο Αντικειμένων» αφορά στα αντικείμενα που χρησιμοποιούνται άμεσα και καθημερινά είτε πρόκειται για μηχανές που χρησιμοποιούνται στις βιομηχανίες είτε συσκευές που φέρονται/φοριούνται (wearable) με αισθητήρες ενσωματωμένους, RFID (Radio-Frequency IDentificatio), κινητά τηλέφωνα, ενεργοποιητές, κ.τ.λ. με στόχο να συγκεντρώσουν δεδομένα και να αναλάβουν δραστηριότητα εντός δικτύου, έχοντας τη δυνατότητα της αλληλεπίδρασης και της μεταξύ τους συνεργασίας. [ε6]

Το Διαδίκτυο Αντικειμένων (IoT-Internet of Things), είναι η διασύνδεση ενσωματωμένων συσκευών/υπολογιστών μοναδικά αναγνωρίσιμων μέσα στα πλαίσια της ήδη υπάρχουσας διαδικτυακής υποδομής. Το IoT προάγει τη διασύνδεση ανάμεσα σε συστήματα, υπηρεσίες και συσκευές πληρώντας πολλούς πεδία, εφαρμογές και πρωτόκολλα. Η προαναφερθείσα διασύνδεση των συσκευών, εσωκλείοντας και τα έξυπνα αντικείμενα, δύναται να προωθήσει την αυτοματοποίηση στην πλειονότητα των τομέων διευκολύνοντας κατά πολύ την καθημερινότητα των χρηστών. Παραδείγματα

αντικειμένων που αποτελούν το IoT, μπορεί να είναι πολλά όπως οι αναμεταδότες bio chip που χρησιμοποιούνται στα ζώα, οι ενσωματωμένοι αισθητήρες στα οχήματα, τα εμφυτεύματα που παρακολουθούν την καρδιά και πολλές άλλες συσκευές που συμβάλλουν σε ζητήματα έρευνας και διάσωσης.

Το IoT είναι σημαντικό κομμάτι στο μέλλον του internet ενώ δύναται να χαρακτηριστεί ως σημαντική παγκόσμια δικτυακή υποδομή με σπουδαία πλεονεκτήματα ως προς τα επικοινωνιακά πρωτόκολλα και τα πρότυπα, με τα φυσικά και τα εικονικά "πράγματα" να έχουν φυσικές ιδιότητες, ταυτότητα και να χρησιμοποιούν έξυπνες διεπαφές και να έχουν ενσωματώνονται στο δίκτυο. Στο Διαδίκτυο των Αντικειμένων, ο στόχος είναι τα «αντικείμενα» να συμμετέχουν ενεργά στην ανταλλαγή πληροφοριών, στις επιχειρήσεις και στις κοινωνικές συνθήκες, με την αλληλεπίδραση και την επικοινωνία μεταξύ τους αλλά και με το υπόλοιπο περιβάλλον, ανταλλάζοντας δεδομένα και πληροφορίες του περιβάλλοντος, ενώ λαμβάνουν την πρωτοβουλία (με ή χωρίς την ανθρώπινη συμμετοχή) να αντιδράσουν σε ποικιλία γεγονότων επηρεάζοντας με τις ενέργειές τους διάφορες δράσεις και υπηρεσίες. [ε6]

Ιστορική Αναδρομή

Πιθανότατα τα προαναφερθέντα παραδείγματα, που εμφανίζουν τα αντικείμενα και τις συσκευές να αλληλοεπιδρούν με άλλες συσκευές αλλά και με το περιβάλλον, να φαντάζουν μη ρεαλιστικά και ιδιαίτερα ρηξικέλευθα, δίνοντας την αίσθηση ότι η τεχνολογία εξελίσσεται βιαίως στο πλαίσιο του Internet of Things, ώστε να υπάρξει η δυνατότητα για επικοινωνία με ασύγχρονο τρόπο μεταξύ των συσκευών, ωστόσο το Διαδίκτυο Αντικειμένων εμφανίζεται αόριστα ήδη από το 1950.

Οι μηχανικοί της εταιρείας IBM αντιμετώπισαν την ανάγκη διάκρισης των συσκευών και αντικειμένων που χρησιμοποιούνταν στην επιχείρηση, δημιουργώντας για αυτόν τον λόγο τα barcodes. Αντίστοιχοι πειραματισμοί προέκυψαν από επιστήμονες και μηχανικούς σε επίπεδο υλικού και άλλων φορητών συσκευών, οι οποίες μπορεί να είναι φορεμένες στο χέρι (wearables).

Το πρώτο ενδεικτικό και σημαντικό εύρημα ήταν του Edward O. Thorp (1955), κατασκευάζοντας ένα ρολόι, με στόχο να προβλέπονται μέσα από αλγόριθμους οι κύκλοι από τις ρουλέτες στα καζίνο του Las Vegas.

Λίγα χρόνια αργότερα ο Hubert Upton (1967), κατασκεύασε την πρώτη συσκευή σε σχήμα γυαλιών μυωπίας, συμβάλλοντας στη δυνατότητα των ατόμων με ειδικές ανάγκες να αναγνώσουν τα χείλια των ατόμων.

Η κατασκευή του Hubert Upton, ενέπνευσε την εταιρεία Google, δημιουργώντας το project Google Glass που εμφανίζει χαρακτηριστικά επαυξημένης πραγματικότητας.

Έπειτα από 3 χρόνια, όταν δημιουργήθηκε το δίκτυο ARPANET με στόχο οι στρατιωτικές βάσεις των ΗΠΑ να μοιράζονται πληροφορίες και να επικοινωνούν μεταξύ τους, απεστάλη το πρώτο μήνυμα σε απομακρυσμένους υπολογιστές. Η συγκεκριμένη ενέργεια αποτέλεσε πρόδρομο για την εποχή του Διαδικτύου που τώρα διανύουμε καθώς σηματοδότησε μια νέα περίοδο δικτύωσης.

Το 1982 αποτέλεσε τη χρονιά του Διαδικτύου και του πρωτοκόλλου TCP/IP, έχοντας υποβληθεί σε επεξεργασία ώστε να γίνει standard. Το συγκεκριμένο πρωτόκολλο σηματοδοτεί μία καινούρια περίοδο, αυτή όπου τα δίκτυα και ο παγκόσμιος ιστός αλληλοεπιδρούν και ενώνονται ώστε να δημιουργηθεί η γνώριμη δομή του Internet.

Τον Ιανουάριο του 1973, δημιουργείται από τον Mario Cardullo, η τεχνολογία του RFID, η οποία εμφανίζει πολύ έντονη χρήση στην περίοδο του Διαδικτύου Αντικειμένων, καθώς αποτελεί την τεχνολογία που προάγει την ανάγνωση/εγγραφή δεδομένων σε συσκευές που πραγματοποιείται παθητικά και ασύρματα. Η χρήση του RFID εντάθηκε το 2013 στον τομέα των επιχειρήσεων, όταν η πολυεθνική εταιρεία Inditex, εφάρμοσε τη συγκεκριμένη τεχνολογία σε όλα τα καταστήματά της και σε συνδυασμό με άλλες επιχειρήσεις αύξησαν την πίστη στο όραμα του Διαδικτύου των Αντικειμένων.

Δέκα χρόνια αργότερα, φοιτητές του Πανεπιστημίου Carnegie Mellon (Pennsylvania), προχώρησαν στην εγκατάσταση μηχανισμών ώστε να παρακολουθείται η θερμοκρασία από terminal PCs, στα μηχανήματα αυτόματων πωλητών εντός του Πανεπιστημίου, αναπτύσσοντας την επικοινωνία “machine to machine”.

Κατά το έτος 1990 εμφανίζεται άρθρο στον αμερικανικό τύπο αναφορικά με την εξελισσόμενη πορεία των Η/Υ κατά τον 21^ο αιώνα, χρησιμοποιώντας τους όρους «καθολικών συστημάτων» και «ενσωματωμένα συστήματα επαυξημένης

πραγματικότητας», άρθρο που γράφτηκε από τον υπάλληλο της Xerox Parc, Mark Weiser.

Το έτος 1995 ανακοινώνεται από τη Siemens, το πρώτο τσιπ που δίνει τη δυνατότητα σε συστήματα βιομηχανιών να υλοποιούν ασύρματη επικοινωνία εκτελώντας παράλληλα εντολές.

Την ίδια χρονιά η IEEE υλοποιεί το πρώτο διεθνές forum αναφορικά με τους wearable υπολογιστές.

Το έτος 1999, δημιουργείται από το MIT το πρώτο ερευνητικό κέντρο εξοπλισμένο με σύγχρονα συστήματα ερευνών. Δύο χρόνια αργότερα, ο David Brock ανακοινώνει τη βελτίωση των Barcodes, εξελίσσοντάς τα σε καινούριο σύστημα με ευφύτερες μεθόδους ανάγνωσης πληροφοριών.

Η παραπάνω μέθοδος δίνει τη δυνατότητα στις τεχνολογίες RFID, Bluetooth και σε άλλες μορφές ασύρματης επικοινωνίας να προβούν σε αλλαγή, ανάγνωση και εγγραφή δεδομένων σε αντικείμενα χρησιμοποιώντας ένα RFID tag. Το καινούριο αυτό σύστημα ονομάζεται EPC (Electronic Product Code).

Το Auto ID Center μετονομάζεται σε Auto ID Labs, αποτελώντας το πρώτο και πιο σύγχρονο δίκτυο ανάπτυξης και standardizing του Διαδικτύου Αντικειμένων. Το παρόν αποτέλεσε πρωτοβουλία του Kevin Ashton, ο οποίος ανακοίνωσε τον όρο Internet of Things εντός του Auto ID Center, ενώ ένα χρόνο νωρίτερα εργαζόμενος στην ανάπτυξη της εφοδιαστικής αλυσίδας θέλησε να στρέψει το ενδιαφέρον της διοίκησης σε μια ιδιαίτερα ελκυστική τεχνολογία με το όνομα RFID. Στο τέλος 2009, ο Ashton γράφει στο περιοδικό RFID: «Αν είχαμε υπολογιστές που ήξεραν τα πάντα και δούλευαν απροβλημάτιστα για να συλλέγουν ακόμα περισσότερα δεδομένα, χωρίς καμία βοήθεια από εμάς, θα είμαστε σε θέση να παρακολουθούμε και να «μετράμε τα πάντα», και σε μεγάλο βαθμό να μετράμε τα ποσοστά των αποβλήτων, των ζημιών και του κόστους. Θα γνωρίζουμε πότε τα πράγματα χρειάζονται αντικατάσταση, επισκευή ή ανάκληση. Πρέπει να ενισχύσουμε τους υπολογιστές με δικά τους μέσα συγκέντρωσης πληροφοριών, ώστε να μπορούν να δουν, να ακούσουν και να μυρίσουν τον κόσμο για τον εαυτό τους. Το RFID και η τεχνολογία αισθητήρων επιτρέπει στους υπολογιστές να παρατηρούν, να εντοπίζουν και να κατανοούν τον κόσμο, χωρίς να περιορίζονται από τα δεδομένα που έχουν εισαχθεί από τον άνθρωπο.»

Το έτος 2000 δημιουργείται το πρώτο πρωτόκολλο επικοινωνίας Machine to Machine από τους Andy Stanforf (υπάλληλο της εταιρείας IBM) και τον Arlen Nipper (υπάλληλο της εταιρείας Eurotech), για συσκευές που συνδέονται με τον web. Το παρόν πρωτόκολλο ονομάζεται από τους ίδιους MQ Telemetry Transport (MQTT), αποτελώντας σημαντικό πρόδρομο στην εξέλιξη της ιδέας για το Διαδίκτυο Αντικειμένων.

Το έτος 2005, υλοποιείται από μέλη του προγράμματος Interaction Design Institute Inrea, η κατασκευή της πλατφόρμας του Arduino ως μια οικονομικά προσιτή λύση μικροελεγκτή για τη φοιτητική κοινότητα.

Το έτος 2008 συστήνεται η ομάδα IPSO, έχοντας ως στόχο τη διάδοση του πρωτοκόλλου IP σε όλα τις προτάσεις του Διαδικτύου Αντικειμένων που θα ακολουθήσουν στο μέλλον. Η ομάδα IPSO μετράει πλέον περισσότερα από 50 εταιρικά μέλη αφιερωμένα στον αρχικό σκοπό.

Δύο χρόνια αργότερα, σημειώνεται σημαντική εξέλιξη στην Bluetooth τεχνολογία καθώς εμφανίζεται στην αγορά ένα καινούριο standard με το όνομα Smart Bluetooth ή Bluetooth Low Energy(BLE), δίνοντας τη δυνατότητα ενσωμάτωσης στον κόσμο του Διαδικτύου Αντικειμένων σε καινούριες εφαρμογές και συνδεδεμένες συσκευές στα πεδία της υγείας, ψυχαγωγίας στο σπίτι (home entertainment) και άθλησης.

Το έτος 2010, αποκαλύπτονται πληροφορίες αναφορικά με αποθηκευμένους τόνους δεδομένων από τα δίκτυα WiFi ατόμων έπειτα από διαδικασία φωτογράφισης 360 μοιρών και ηλεκτρονικής αποτύπωσης δρόμων και περιοχών μέσω της υπηρεσίας Google Street View. Οι πληροφορίες αυτές εγείρουν συζητήσεις αναφορικά με την έναρξη μία καινούριας στρατηγικής της εταιρείας Google, δημιουργώντας ποικίλες αντιδράσεις τόσο στους χρήστες του internet όσο και στον υπόλοιπο κόσμο. Το ίδιο έτος, η κυβέρνηση της Κίνας, προχωρά σε ανακοίνωση ένταξης του Διαδικτύου των Αντικειμένων στο πενταετές πλάνο τους, ως στρατηγική προτεραιότητα.

Η εταιρεία Gartner, που ασχολείται με έρευνα της αγοράς και εφηύρε την πολύ γνωστή «διαφημιστική εκστρατεία του κύκλου για τις αναδυόμενες τεχνολογίες», εμφανίζει κάτι καινούριο στη λίστα της: «Το Διαδίκτυο Αντικειμένων».

Την επόμενη χρονιά, το «Διαδίκτυο Αντικειμένων» αποτελεί το θέμα της πιο μεγάλης ευρωπαϊκής διαδικτυακής διάσκεψης LeWeb. Παράλληλα, το IoT

εμφανίζεται στο λεξιλόγιο περιγραφής του καινούριου αυτού φαινομένου σε πολύ γνωστά περιοδικά που ασχολούνται με την τεχνολογία, όπως το Fast Company, το Wired και το Forbes. Το ίδιο έτος, το πρωτόκολλο του IP αλλάζει έκδοση υποστηρίζοντας ταχύτερες συσκευές με υψηλότερη απόδοση σε ζητήματα διασύνδεσης, δεσμευόμενο ότι δύναται να υποστηρίξει τον ραγδαία αυξανόμενο ρυθμό ζήτησης για διευθύνσεις έως το έτος 2128.

Η IDC δημοσιεύει τον Οκτώβριο του έτους 2013 έκθεση εκτιμώντας το κόστος του IOT στην αγορά το 2020 στα \$8.900 δισεκατομμύρια. Ο όρος IOT (Διαδίκτυο των Αντικειμένων) καταλαμβάνει σπουδαία θέση στη συνείδηση του αγοραστικού κοινού όταν πλέον η Google ανακοινώνει την αγορά της Nest (εταιρεία που ασχολείται με την κατασκευή συσκευών για το IOT) στα \$3,2 δις. Ταυτόχρονα, με στοχοπροσήλωση στο θέμα του IOT υλοποιείται και το Consumer Electronics Show (CES) στο Λας Βέγκας.

Η εταιρεία Apple ανακοινώνει το 2014, δυο development platforms και τις νέες συσκευές, το HealthKit & HomeKit, με άμεσο στόχο οι ιδέες του έξυπνου σπιτιού & τρόπου ζωής να είναι όσο το δυνατόν πιο εφαρμόσιμες στο παρόν. Παράλληλα, η τεχνολογία iBeacon, προάγει νέα πρότυπα στην πώληση και αγορά των καταστημάτων.

Σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν στην ιστορική αναδρομή, σημαντικά σημεία που σηματοδότησαν την εξέλιξη του IOT είναι η RFID τεχνολογία και άλλες αντίστοιχες τεχνολογίες διευθυνσιοδότησης, οι οποίες αναπτύχθηκαν αρχικά στο Auto ID Lab. Επιπρόσθετα, οι δυνατότητες του IPv6, θα παρέχουν τη δυνατότητα στα αντικείμενα να διαθέτουν τη δική τους ξεχωριστή IP διεύθυνση προχωρώντας στον κόσμο του Διαδικτύου Αντικειμένων. [7]

2.2.2. Περιγραφή τεχνολογίας

2.2.2.1. Βασικά χαρακτηριστικά του Internet Of Things

Τρία είναι τα επιμέρους στοιχεία που αποτελούν το Διαδίκτυο των Αντικειμένων:

- 1) Τα διάφορα συνδεδεμένα "πράγματα" (αντικείμενα, αισθητήρες και οτιδήποτε άλλο μπορεί να προσδιοριστεί μοναδικά με μια IP διεύθυνση στο δίκτυο).
- 2) Τα ασύρματα επικοινωνιακά δίκτυα που τα συνδέουν τα οποία μπορεί να είναι τοπικά (WiFi, Bluetooth κ.λ.π.) ή ευρείας περιοχής (συνήθως 3/4G Cellular).
- 3) Τα συστήματα υπολογισμού τα οποία λαμβάνουν τα δεδομένα από τα αντικείμενα αυτά, τα επεξεργάζονται και τα αποθηκεύουν. Τα συστήματα αυτά μπορεί να είναι κάποιος τοπικός εξυπηρετητής/προσωπικός υπολογιστής, μπορεί όμως να βρίσκονται στο νέφος και η διασύνδεση να γίνεται μέσω του διαδικτύου.

2.2.2.2. Η Αρχιτεκτονική του Internet Of Things

Όσο το Διαδίκτυο Αντικειμένων επεκτείνεται και αυξάνονται οι συσκευές που υποστηρίζονται σε περιβάλλοντα Internet Of Things, η αύξηση της ετερογένειας των συσκευών που διασυνδέονται μεταξύ τους είναι αναγκαία. Η τεχνική υλοποίηση του IoT χαρακτηρίζεται από την ασφαλή μετάδοση των πληροφοριών και την αποτελεσματική τους επεξεργασία. Το αρχιτεκτονικό μοντέλο της τεχνολογίας IoT μπορούμε να το περιγράψουμε αποτελούμενο από τρία επίπεδα τα οποία συνεργάζονται μεταξύ τους. Το πρώτο είναι το sensing layer, έπειτα το network layer και τέλος το application layer. [ε6]

Sensing Layer

Στο συγκεκριμένο επίπεδο ανήκουν οι διαδικασίες απόκτησης των δεδομένων από τις συσκευές/αισθητήρες οι οποίες θα τα επικοινωνίσουν στα ανώτερα επίπεδα. Οι διαδικασίες αυτές περιλαμβάνουν την υλοποίηση διαφόρων συσκευών μικρών σε μέγεθος που όμως είναι ενεργειακά αποδοτικές ώστε η συνολική απόδοσή τους να είναι υψηλή. Πριν από αυτή την υλοποίηση προέχει και η κατάλληλη σχεδίασή τους. Οι συσκευές αυτές θα πρέπει να υποστηρίζουν πρωτόκολλα επικοινωνίας όπως Bluetooth, RFID και NFC.

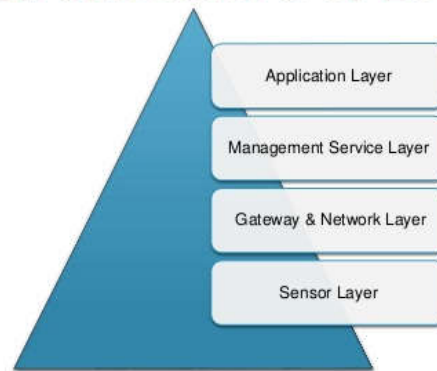
Network Layer

Το σύνολο των δεδομένων που συλλέχθηκαν στο sensing layer, θα πρέπει να μεταδοθεί επιτυχώς στα υπόλοιπα συστατικά του IoT. Υπάρχουν επομένως συγκεκριμένες προϋποθέσεις που θα πρέπει να πληρούν οι εφαρμογές που αναπτύσσονται ώστε να πραγματοποιείται με επιτυχία η μετάδοση αυτή. Αρχικά, το κάθε συνδεδεμένο αντικείμενο θα πρέπει να έχει ένα αναγνωριστικό μοναδικό που θα την ταυτοποιεί. Στα δίκτυα IPv4 που χρησιμοποιούμε σήμερα αυτό το αναγνωριστικό είναι μια μοναδική IP διεύθυνση. Η δεύτερη προϋπόθεση είναι η καλή συνεργασία των δικτυακών πρωτοκόλλων που χρησιμοποιούνται στο διαδίκτυο, τα ασύρματα τοπικά δίκτυα (WLAN) αλλά και τα ευρείας εμβέλειας WAN (όπως τα δορυφορικά δίκτυα και τα δίκτυα κινητών επικοινωνιών). Τέλος, είναι αναγκαίο να πραγματοποιείται όσο το δυνατόν καλύτερη διαχείριση των διαθέσιμων πόρων και να υλοποιηθούν τεχνολογίες που θα διασφαλίζουν την απροβλημάτιστη λειτουργία του δικτύου κατά τη διάρκεια πρόσθεσης/αφαίρεσης κόμβων δυναμικά. [ε6]

Application Layer

Σε αυτό το επίπεδο βρίσκουμε δύο υποεπίπεδα, αυτό των υπηρεσιών και της υποστήριξης. Το σύνολο του όγκου των δεδομένων (το οποίο μπορεί να είναι τεράστιο) θα πρέπει να επεξεργαστεί/αναλυθεί και να αποθηκευτεί ώστε να απαντηθούν τα αιτήματα των χρηστών που χρησιμοποιούν την τεχνολογία. Για να επιτευχθεί το παραπάνω χρησιμοποιούνται τεχνικές επεξεργασίας σε κατανεμημένα συστήματα όπως το cloud computing. Σημαντικά ερευνητικά πεδία αυτού του επιπέδου είναι και η βελτίωση του τρόπου αποθήκευσης/ανάκτησης και διαχείρισης αυτού του όγκου των πληροφοριών. [ε6]

Architecture of IoT



Εικόνα 10 – Αρχιτεκτονική του Internet of Things

Πηγή: <https://pumexintellecto.wordpress.com/tag/internet-of-things/>

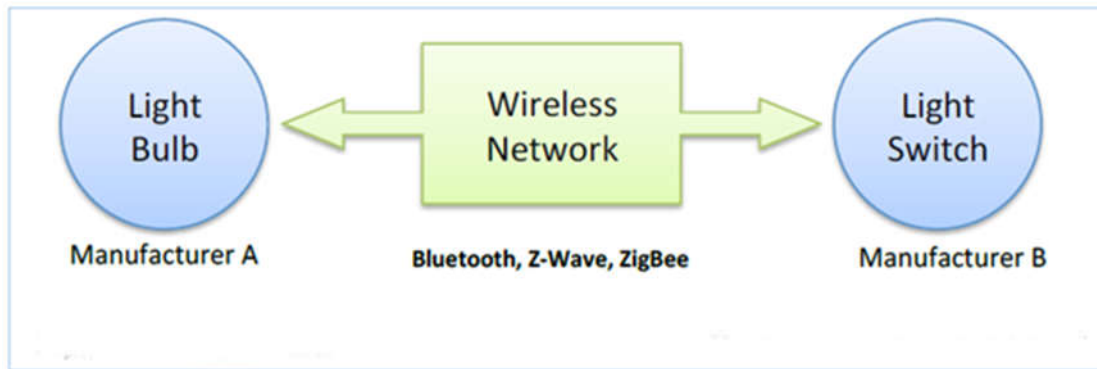
2.2.2.3. Μοντέλα διασύνδεσης πραγμάτων/αντικειμένων

Η αρχιτεκτονική που περιγράψαμε κάνει σαφές ότι για να λειτουργήσουν οι συσκευές που συνδέονται στο πλαίσιο του IoT θα πρέπει να χρησιμοποιούν αυστηρά προκαθορισμένα πρωτόκολλα επικοινωνίας. Ο οργανισμός IAB (Internet Architecture Board) το 2015 έκδωσε μια οδηγία που κατευθύνει το πώς πρέπει να πραγματοποιείται η διασύνδεση των συσκευών αυτών. Η οδηγία αυτή (RFC 7452) περιλαμβάνει όλο αυτό το πλαίσιο μοντέλων επικοινωνίας που χρησιμοποιούν οι συσκευές IoT. Τα μοντέλα αυτά είναι τα εξής τρία: [e7]

- Επικοινωνία συσκευής με συσκευή (Device-to-Device Communication)
- Επικοινωνία συσκευής με το νέφος (Device-to-Cloud Communication)
- Επικοινωνία συσκευής με διαδικτυακή πύλη (Device-to-Gateway Communication)

Μοντέλο Device-to-Device

Περιγράφει την σύνδεση και επικοινωνία δύο συσκευών μεταξύ τους η οποία πραγματοποιείται άμεσα. Αυτή πραγματοποιείται χωρίς να υπάρχει ενδιάμεσα κάποιο λογισμικό ή εξυπηρετητής και χρησιμοποιούνται πρωτόκολλα όπως το ZigBee, το Bluetooth και το Z-Wave.



Εικόνα 11 – Μοντέλο Device-to-Device

Πηγή: <https://www.kernelsphere.com/four-internet-things-communications-models/>

Το δίκτυο συσκευής με συσκευή ακολουθεί πρωτόκολλα τα οποία είναι συγκεκριμένα ώστε να πραγματοποιηθεί η ανταλλαγή των δεδομένων τους. Η χρήση του μοντέλου αυτού είναι κυρίως σε εφαρμογές που μετατρέπουν το σπίτι μας σε «έξυπνο» χρησιμοποιώντας πολλές αυτοματοποιημένες διαδικασίες. Τα δεδομένα που ανταλλάσσονται είναι στη μορφή μικρού πακέτου επομένως δε χρειάζεται κάποια ενδιάμεση συσκευή για να επιτευχθεί η επικοινωνία. Η αμεσότητα αυτή μεταξύ των συσκευών απαιτεί την ύπαρξη ενσωματωμένων μηχανισμών ασφαλείας/πιστοποίησης καθώς και μοντέλα δεδομένων τα οποία εξαρτώνται πλήρως από το hardware του εκάστοτε κατασκευαστή. Όπως καταλαβαίνουμε, μπορούν να δημιουργηθούν προβλήματα ασυμβατότητας στην επικοινωνία μεταξύ τους. Ένα παράδειγμα είναι πως το πρωτόκολλο Bluetooth δεν είναι συμβατό με το ZigBee άρα έχουμε πρόβλημα ανάμεσα σε αντίστοιχες συσκευές. [e8]

Μοντέλο Device-to-Cloud

Το συγκεκριμένο μοντέλο ορίζει την επικοινωνία των «έξυπνων συσκευών» μέσω μιας διαδικτυακής υπηρεσίας η οποία βρίσκεται στο νέφος. Μέσα από αυτό γίνεται όλη η ροή των δεδομένων που ανταλλάσσονται. Το κύριο πρωτόκολλο επικοινωνίας εδώ είναι το WiFi.



Εικόνα 12 – Μοντέλο Device-to-Cloud

Πηγή: <https://www.kernelsphere.com/four-internet-things-communications-models/>

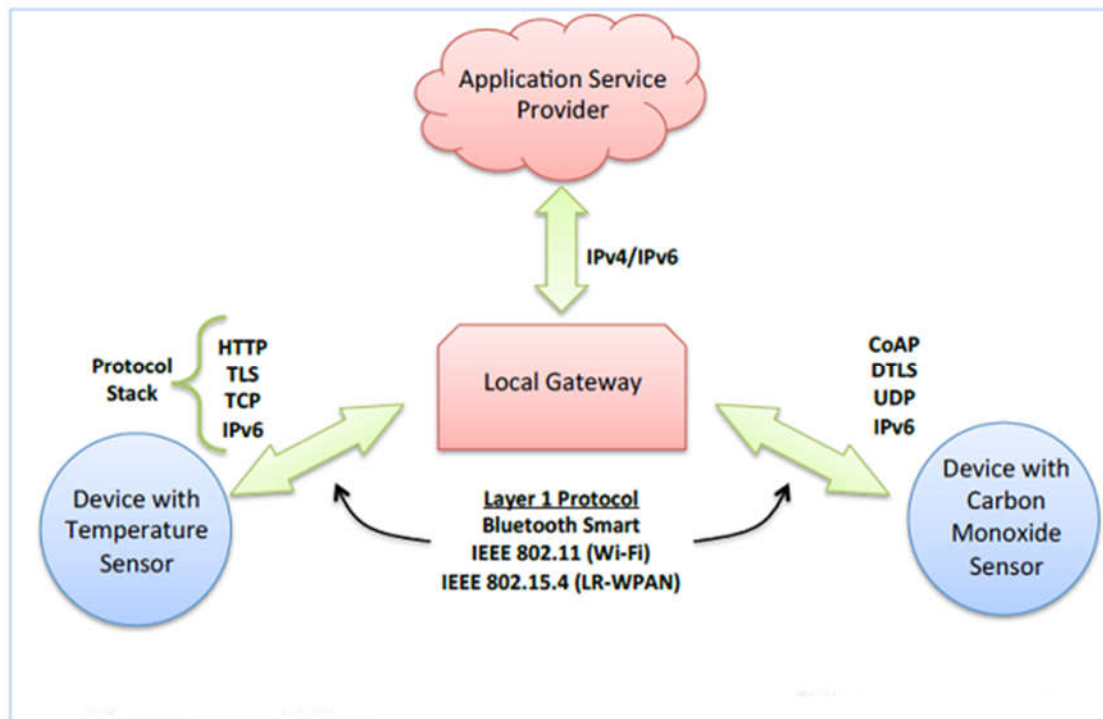
Το Device-to-Cloud για την αποθήκευση των δεδομένων που συλλέγονται, χρησιμοποιεί κάποια βάση δεδομένων που φιλοξενείται σε cloud platform ώστε να πραγματοποιηθεί η περαιτέρω ανάλυσή τους. Μέσω του Νέφους ο χρήστης μπορεί να διαχειριστεί απομακρυσμένα την εφαρμογή που ανέπτυξε/αγόρασε. Ένα τέτοιο εμπορικό παράδειγμα είναι ο «έξυπνος» ανιχνευτής καπνού της εταιρείας Nest Labs ο οποίος εντάσσεται στις εφαρμογές του «έξυπνου» σπιτιού.

Μοντέλο Device-to-Gateway

Μπορεί να θεωρηθεί ως μια επέκταση του Device-to-Cloud αφού στο συγκεκριμένο μοντέλο υπάρχει μια διαδικτυακή πύλη (gateway) η οποία είναι ο ενδιάμεσος στην επικοινωνία συσκευών και υπηρεσίας (cloud). Αυτή η πύλη λειτουργεί και σαν τείχος προστασίας στην επικοινωνία αλλά και μεταφράζει/προσαρμόζει τα δεδομένα και πρωτόκολλα για την επίτευξη της end-to-end επικοινωνίας.

Παράδειγμα μιας τέτοιας δικτυακής πύλης μπορεί να είναι ένα έξυπνο κινητό τηλέφωνο (smartphone) το οποίο μέσω κάποιας εφαρμογής συλλέγει τα δεδομένα από τις «έξυπνες» συσκευές, τα τροποποιεί αν υπάρχει ανάγκη και τα προωθεί στο νέφος για επεξεργασία σε κάποια αντίστοιχη υπηρεσία. Το πρωτόκολλο επικοινωνίας ανάμεσα στο κινητό και τις συσκευές είναι συνήθως το Bluetooth το οποίο έχει μικρή εμβέλεια. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα οι «έξυπνες» συσκευές (smart watches, αισθητήρες περιβαλλοντολογικών δεδομένων, παλμογράφοι κ.λ.π) διαθέτουν περιορισμένες δυνατότητες συνδεσιμότητας και δεν θα μπορούσαν να επικοινωνήσουν

με το νέφος άμεσα αν δεν υπήρχε το gateway. Ένα σημαντικό πλεονέκτημα αυτού του μοντέλου είναι και η συμβολή του στην επεκτασιμότητα των εφαρμογών IoT. Αυτό ισχύει διότι μπορούν να εισαχθούν επιπλέον συσκευές σε ένα τοπικό δίκτυο που περιλαμβάνει μια ήδη υπάρχουσα πύλη δικτύου. Έτσι το μοντέλο αυτό επεκτείνεται εύκολα και άμεσα σε αύξηση των κόμβων του δικτύου και επιτρέπει την ανάπτυξη και εξέλιξη των τεχνολογιών Internet of Things. [e8]



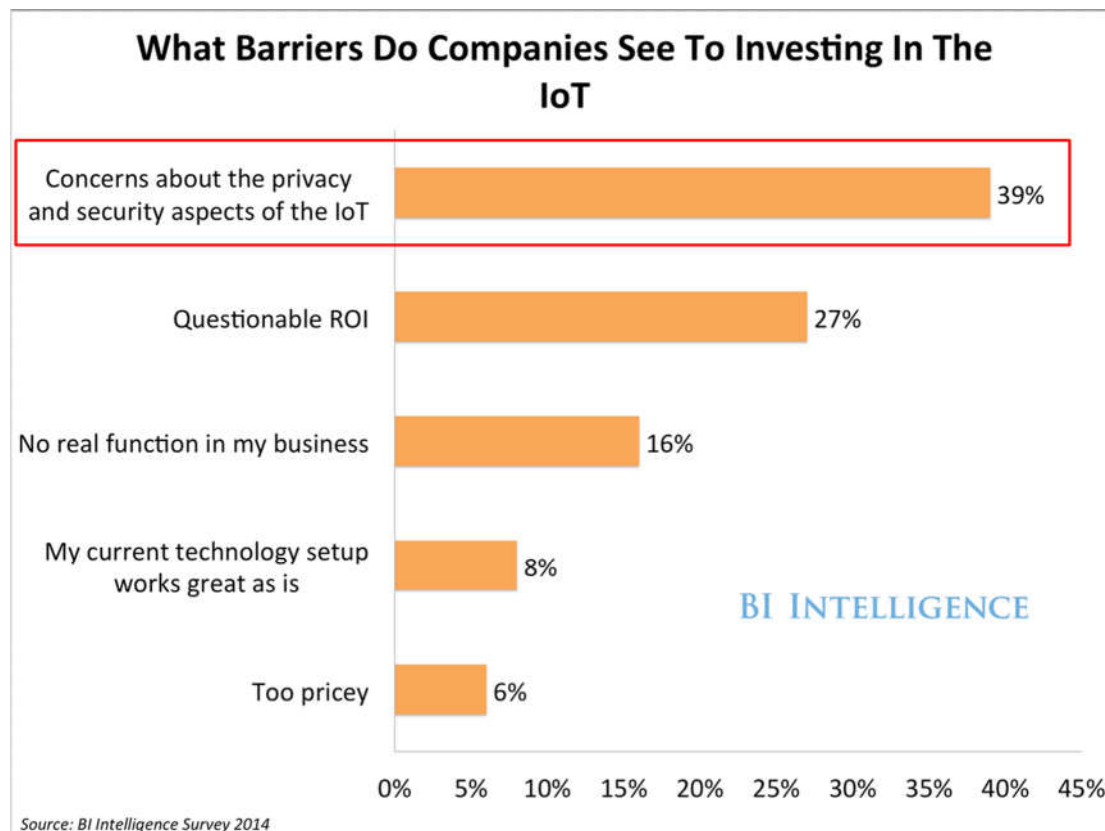
Εικόνα 13 – Μοντέλο Device-to-Gateway

Πηγή: <https://www.kernelsphere.com/four-internet-things-communications-models/>

Αξίζει να αναφερθούν κάποιες πολύ σημαντικές εμπορικές λύσεις που χρησιμοποιούν τις προαναφερθείσες αρχιτεκτονικές και με τη χρήση ανοιχτού λογισμικού και μικρού κόστους υλικού είναι κατάλληλες για τη δημιουργία εφαρμογών Internet Of Things. Τέτοιες λύσεις είναι το Intel Galileo, το BeagleBone, το Raspberry Pi και το Arduino.

2.2.3. Ασφάλεια Διαδικτύου των Πραγμάτων

Σύμφωνα με την παρακάτω έρευνα της BI Intelligence του 2014 βλέπουμε ξεκάθαρα πως κύριος προβληματισμός των εταιρειών που ερωτήθηκαν για την επένδυση στο IoT, είναι η διασφάλιση της ιδιωτικότητας και της ασφάλειας. [6]



Εικόνα 14 – Εμπόδια επενδύσεων στο IoT

Πηγή: <https://www.businessinsider.com/internet-of-things-survey-and-statistics-2015-1>

Παρακάτω αναφέρουμε τα πιο σημαντικά θέματα αναφορικά με την ασφάλεια των «έξυπνων» συσκευών και τα μέτρα τα οποία πρέπει να υιοθετηθούν για να διασφαλιστεί αυτή:

- Σε πολλές περιπτώσεις οι κόμβοι βρίσκονται σε σημεία που δεν επιβλέπονται.
- Αντιμετώπιση φυσικών επιθέσεων στην υποδομή.

- Διασφάλιση της ασφάλειας στην ασύρματη δικτύωση ώστε να μην επιτρέπεται η κακόβουλη σύλληψη/τροποποίηση των πληροφοριών που ανταλλάσσονται μεταξύ των μερών της υποδομής.
- Συνεχής παρακολούθηση των κόμβων οι οποίοι από τη φύση τους έχουν μειωμένες δυνατότητες ώστε να φέρουν δομές προστασίας από επιθέσεις (πχ αισθητήρες).
- Αντιμετώπιση παραβιάσεων της ασφάλειας ειδικά στα σημεία που υπάρχει οποιουδήποτε είδους ασύρματης ζεύξης η οποία εξ ορισμού είναι μη αξιόπιστη.

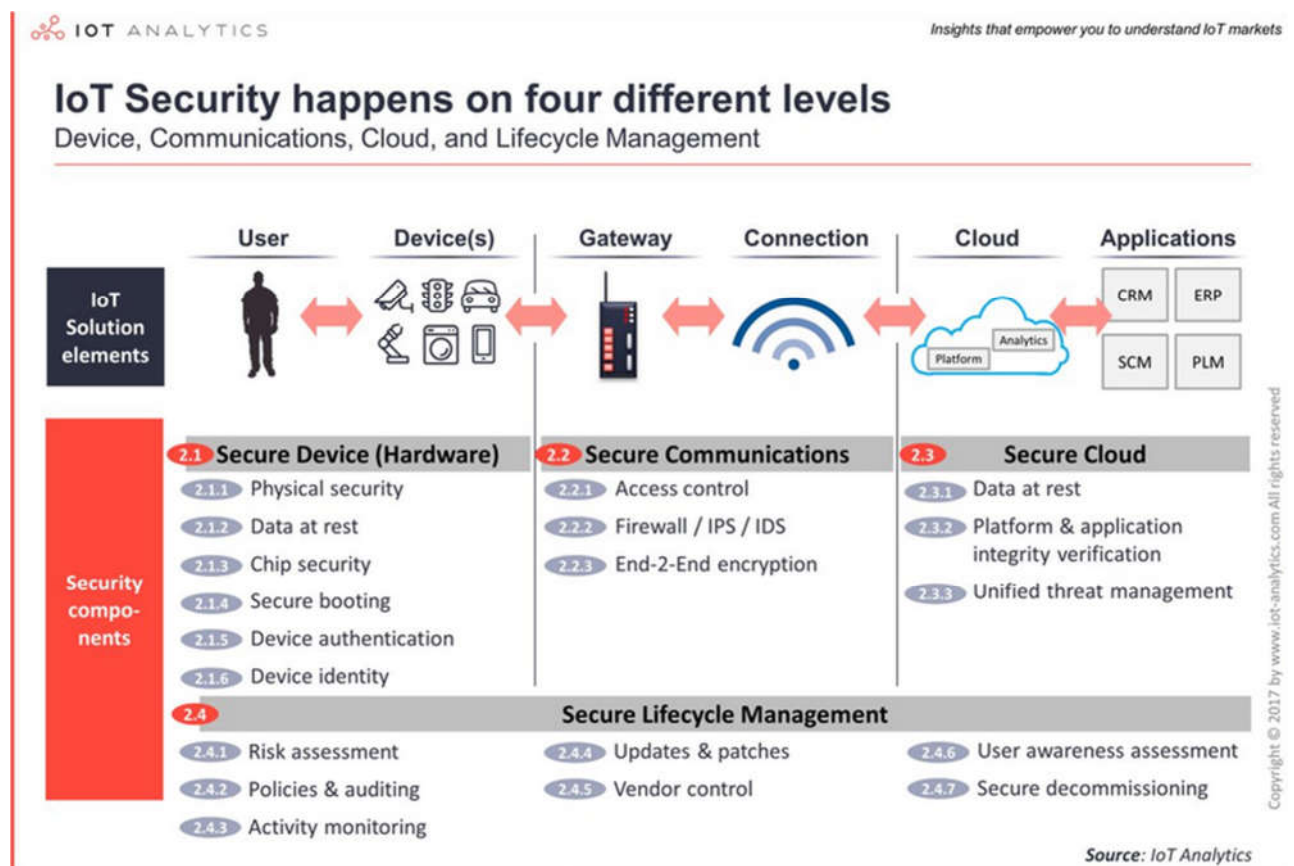
Οι πιο σοβαρές προκλήσεις ώστε να διασφαλιστεί το επιθυμητό επίπεδο ασφαλείας στο Διαδίκτυο των Αντικειμένων είναι οι εξής:

1. Αυθεντικοποίηση των συσκευών που συμμετέχουν στο διαδίκτυο των αντικειμένων.
2. Διασφάλιση της ιδιωτικότητας καθολικά.
3. Παροχή αντοχής στις επιθέσεις, το οποίο συνεπάγεται στην μη ύπαρξη μοναδικών σημείων αστοχίας (single point of failure), ενώ θα πρέπει να μπορεί το δίκτυο να ανακάμψει αυτόματα μετά την ολοκλήρωση μιας επίθεσης (self-recovery).
4. Παροχή κατάλληλων μηχανισμών εξουσιοδότησης, ώστε η πρόσβαση να δίδεται σύμφωνα με τα δικαιώματα της κάθε συσκευής που συμμετέχει σε αυτό το δίκτυο.

Οι πιο συνηθισμένες μέθοδοι επίθεσης στην υποδομή του IoT που πρέπει να αντιμετωπιστούν είναι η καταστροφή των κόμβων, η παραποίηση ή εξασθένηση του σήματος μετάδοσης και οι Denial Of Service (DOS Attack). Αναλυτικότερα, η καταστροφή των κόμβων σημαίνει πλήρης άρνηση της υπηρεσίας και επιπλέον υποκλοπή ή τροποποίηση των δεδομένων που συλλέγονται. Για την αντιμετώπιση αυτού του φαινομένου θα πρέπει να υπάρχει επαρκής φυσική ασφάλεια των κόμβων. Όσον αφορά την μετάδοση των δεδομένων, για να είναι αυτή ασφαλής και να υπάρχει ιδιωτικότητα, θα πρέπει να εφαρμόζονται μέθοδοι κρυπτογράφησης μεταξύ των σημείων. Επιπλέον, η χρήση κάποιου συνθηματικού είναι αναγκαία ώστε να μην επιτρέπεται η μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση από κακόβουλους χρήστες. [6]

Ιδιαίτερη αναφορά πρέπει να γίνει και στις αδυναμίες που παρουσιάζουν τα ίδια τα δίκτυα των αντικειμένων αφού ουσιαστικά είναι οι πύλες εισόδου και αρχής μιας

επίθεσης. Πρέπει λοιπόν να διασφαλιστεί η ανθεκτικότητα της δικτυακής υποδομής. Τη στιγμή που μια νέα «έξυπνη» συσκευή συνδέεται μέσω του διαδικτύου με άλλες, γίνεται αντιληπτό πως εμφανίζονται νέα προβλήματα στην ασφάλεια και συγκεκριμένα στην εμπιστευτικότητα (Confidentiality), ακεραιότητα (Integrity) και στην διαθεσιμότητα (Availability). Τα συγκεκριμένα προβλήματα αφορούν τα δεδομένα που συλλέγονται από τις συσκευές αλλά και που ανταλλάσσονται με άλλες. Μελέτες σε πρωτόκολλα επικοινωνίας δίνουν σημαντικές λύσεις ώστε να μειωθούν (αν όχι να εξαλειφθούν) τα παραπάνω προβλήματα. Τέτοιου είδους πρωτόκολλα είναι το SSL/TLS καθώς και το IPSec που μπορεί να χρησιμοποιηθεί πάνω από ένα ήδη λειτουργικό δίκτυο IPv4 ή IPv6. [ε9]



Εικόνα 15 – Επίπεδα ασφάλειας στο IoT

Πηγή: <https://iot-analytics.com/5-things-to-know-about-iot-security/>

2.2.4. Εφαρμογές χρήσης του IoT και μελλοντικές προκλήσεις

Τα οφέλη που μπορούμε να απολαμβάνουμε μέσω της επεξεργασίας δεδομένων που συλλέγονται από «έξυπνες» συσκευές είναι πολλά. Εδώ παρατίθενται κάποια χαρακτηριστικά παραδείγματα χρήσεων του Internet of Things σε κλάδους της καθημερινότητάς μας με σκοπό την βελτίωση της ποιότητας ζωής: [7, 18]

- Έξυπνα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας (smart electric grids) πραγματοποιούν αποτελεσματικότερα τη σύνδεση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας βελτιώνοντας την αξιοπιστία του συστήματος. Έτσι ο καταναλωτής απολαμβάνει χρεώσεις με μικρότερες προσαυξήσεις.

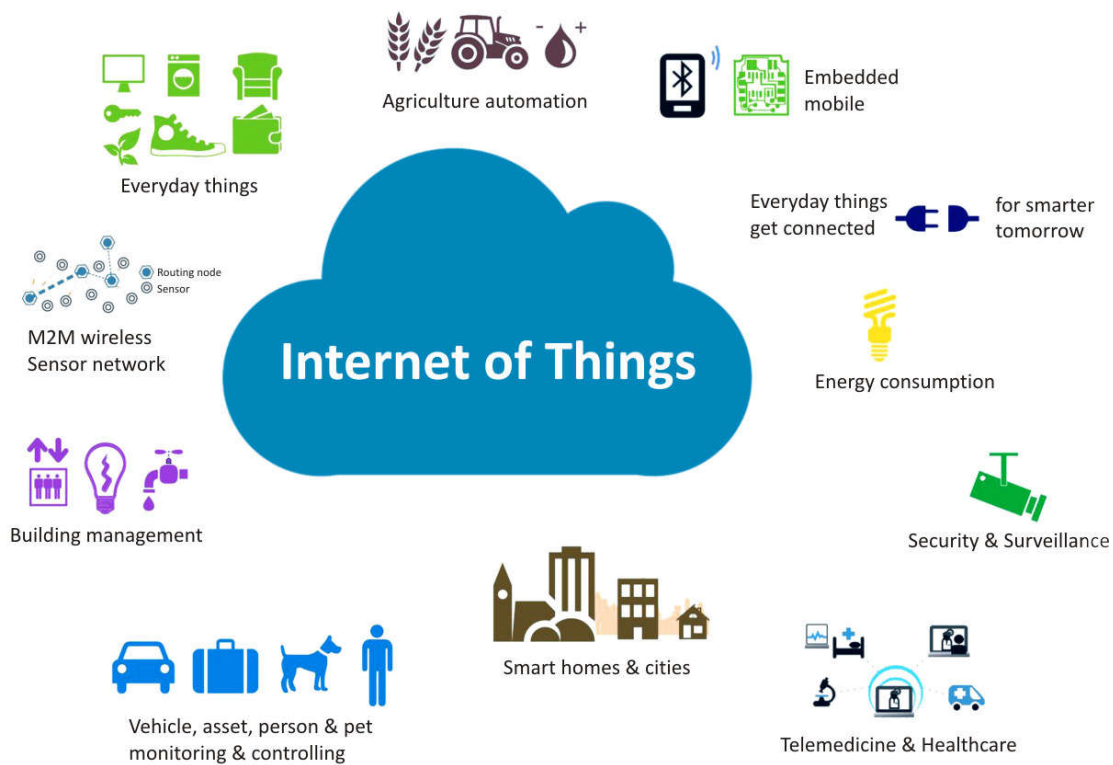
- Έξυπνα μέσα μεταφοράς αυξάνουν την κυκλοφοριακή ροή κάνοντάς την αποδοτικότερη μειώνοντας ταυτόχρονα την κατανάλωση καυσίμου.

- Συστήματα επεξεργασίας δεδομένων παρεχόμενων από το διαδίκτυο αντικειμένων αποτελούν τις υποδομές των «έξυπνων πόλεων». Με αυτόν τον τρόπο γίνονται πιο εύκολες για τους εκάστοτε δήμους οι διαδικασίες επιβολής του νόμου, η διαχείριση αποθεμάτων και άλλα προγράμματα.

- Χρήση αισθητήρων και άλλων συσκευών συνδεδεμένων στο διαδίκτυο για την παρακολούθηση του σπιτιού (smart home). Ο ένοικος μπορεί απομακρυσμένα να λάβει πληροφορίες σχετικά με περιβαλλοντικές αλλαγές (θερμοκρασία, υγρασία) του σπιτιού και να ενεργοποιήσει αντίστοιχους μηχανισμούς. Επίσης μπορεί να πληροφορηθεί για την κατάσταση διαφόρων οικιακών συσκευών (ψυγείο, κουζίνα, φωτισμός) και να λάβει τα απαραίτητα μέτρα. Έτσι εκτός από τη διαχείριση, η τεχνολογία του IoT συμβάλει και στην ενεργειακή αποδοτικότητα του σπιτιού. [2]

- Στη βιομηχανία και στην αγροτική παραγωγή μπορούν με χρήση αισθητήρων να καταγράφονται real time μετρήσεις όπως κλιματικές αλλαγές, κατανάλωση ενέργειας, προβλήματα στην διαδικασία της παραγωγής.

- Στον τομέα της υγείας με τη χρήση του διαδικτύου των αντικειμένων μπορεί να γίνεται συνεχές monitoring ασθενών απομακρυσμένα σε σχέση με συγκεκριμένους δείκτες υγείας (θερμοκρασία, αρτηριακή πίεση, καρδιακοί παλμοί, οξυγόνο στο αίμα κ.λ.π) και να προλαμβάνονται έκτακτες καταστάσεις.



Εικόνα 16 – Εφαρμογές χρήσης του IoT

Πηγή: <https://www.xtendiot.com/top-internet-things-application-areas/>

Η μεγαλύτερη ίσως πρόκληση που θα πρέπει να αντιμετωπίσουμε όλοι μας με τη χρήση «έξυπνων» αντικειμένων, είναι η ασφάλεια. Η έννοια της ασφάλειας στο IoT αναφέρεται αρχικά στο (πλέον πολύ μεγάλο) δίκτυο συνδεδεμένων συσκευών που αυξάνεται με γεωμετρική πρόοδο με την πάροδο των ετών. Αναφέρεται όμως και στα δεδομένα που συλλέγονται από τις συσκευές αυτές και μεταφέρονται συνήθως ασύρματα. [21, 22]

Ένα παράδειγμα είναι όταν υπάρχουν αισθητήρες οι οποίοι κάνουν συλλογή και αποστολή δεδομένων που αφορούν την υγεία ενός ασθενή, καταλαβαίνουμε πως τα δεδομένα αυτά είναι ευαίσθητα/προσωπικά και πρέπει να εξασφαλίζεται η ασφάλειά τους και η εμπιστευτικότητα.

Άλλη μια πρόκληση που αφορά κυρίως τις εταιρείες είναι η χρήση όσο το δυνατόν πιο αξιόπιστων και ενεργειακά αποδοτικών μέσων ανάλυσης/επεξεργασίας και φυσικά αποθήκευσης των δεδομένων που παράγονται ταυτόχρονα από τις συσκευές. Αυτές αφού διασυνδέονται μέσω του διαδικτύου καταλαβαίνουμε πως μετρούνται σε δισεκατομμύρια παγκοσμίως.

Η ραγδαία ανάπτυξη του Διαδικτύου των Αντικειμένων, αυξάνει παράλληλα και τις ανάγκες διαχείρισης σε πραγματικό χρόνο μεγάλων απαιτήσεων κίνησης δεδομένων. Καταλαβαίνουμε λοιπόν πως το παρεχόμενο bandwidth πρέπει να καλύπτει ποικίλες ανάγκες που γεννά το IoT. Θα πρέπει να υπάρχει επαρκές ώστε να υποστηρίζει έναν απλό αισθητήρα που θα μετρά τη θερμοκρασία του δωματίου μέχρι και το high definition video που θα λαμβάνει μια κάμερα κυκλοφορίας στο δρόμο. Αντίστοιχα, οι απαιτήσεις σε ασφάλεια των δεδομένων και κρυπτογράφηση θα αυξάνονται συνεχώς. [19, 20]

2.3. Ασύρματο δίκτυο αισθητήρων (Wireless Sensor Networks)

2.3.1. Ιστορική αναδρομή και ορισμός WSN

Στην εποχή μας, η παρουσία των αισθητήρων σε περιβάλλοντα που περιγράφονται ως «έξυπνα», αυξάνεται δυναμικά. Επομένως είναι αναγκαία η ύπαρξη αποτελεσματικών τρόπων διάδοσης των μετρήσεων (δηλ. δεδομένων) που λαμβάνουν οι αισθητήρες αυτοί, είτε ως εξωτερική πληροφορία που συλλέγουν από το περιβάλλον τους, είτε ως πληροφορία που αφορά τη λειτουργία του δικτύου των αισθητήρων. Τα δομικά στοιχεία ενός δικτύου αισθητήρων το οποίο είναι σχεδόν πάντα ασύρματο (Wireless Sensor Network), αποτελείται από αισθητήρες-κόμβους οι οποίοι έχουν κάποιες ελάχιστες υπολογιστικές δυνατότητες και επικοινωνούν μεταξύ τους ασύρματα χρησιμοποιώντας κάποια μορφή ενέργειας (συνήθως ηλεκτρικής μέσω μπαταριών). [2, e10]

Η πρώτη εμφάνιση των δικτύων αισθητήρων που συνδέονται ασύρματα έγινε στο στρατό τη δεκαετία του 1950, ενώ αργότερα και οι ακαδημαϊκές κοινότητες/κυβερνήσεις επωφελήθηκαν από τη νέα αυτή τεχνολογία. Η μεγαλύτερη χρήση της έγινε κυρίως στη λειτουργία μετεωρολογικών σταθμών, αυτοματισμών κτηρίων και έλεγχο των περιβαλλοντικών συνθηκών. Δεν άργησαν να εμφανιστούν μεγάλες εταιρίες οι οποίες προώθησαν τη χρήση τους σε βιομηχανικούς αυτοματισμούς και άλλες εφαρμογές, διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας αλλά και μεγαλύτερη εξοικονόμηση των υδάτινων πόρων οι οποίοι λιγοστεύουν με το πέρασμα των χρόνων. Στα επόμενα χρόνια παρουσιάστηκε αυξημένη ζήτηση για αυτή την ασύρματη τεχνολογία που χρησιμοποιεί αισθητήρες, όμως το κόστος τους και η έλλειψη ικανών πρωτοκόλλων επικοινωνίας δεν επέτρεψαν την ευρεία χρήση τους σε άλλες εφαρμογές. [11]

Η αξία της τεχνολογίας αυτής είναι πλέον αναγνωρισμένη και χρόνο με το χρόνο η υιοθέτησή της από την βιομηχανία και το ακαδημαϊκό περιβάλλον ολοένα και αυξάνεται όταν επιβάλλεται ασύρματη δικτύωση αισθητήρων σε οικιακές εφαρμογές και ελαφριά βιομηχανία. Ένα πολύ σημαντικό πλεονέκτημα που μας προσφέρεται με τη χρήση ασύρματων αισθητήρων, το οποίο αποτελεί και στόχο όλων, είναι η ελαχιστοποίηση του κόστους και της ενεργειακής κατανάλωσης των αισθητήρων/κόμβων καθώς και της εύκολης εγκατάστασής τους ενώ απαιτούν ελάχιστη συντήρηση. [e10]

2.3.2. Περιγραφή τεχνολογίας

Αναμφίβολα το πιο σημαντικό μέρος αυτής της τεχνολογίας είναι ο ίδιος ο αισθητήρας. Αισθητήρες CMOS αναπτύσσονται κυρίως για εφαρμογές που μετρούν θερμοκρασία και υγρασία σωμάτων και περιβάλλοντος. Επίσης αισθητήρες τύπου MEMS (MicroElectroMechanicalSystems) χρησιμοποιούνται στη μέτρηση πίεσης και επιτάχυνσης, ενώ αισθητήρες τεχνολογίας LED μετρούν την ένταση του φωτός και της εγγύτητας. [9]

2.3.2.1. Τοπολογίες

Τρεις είναι οι διαφορετικές τοπολογίες επικοινωνίας και συντονισμού των κόμβων/συσκευών (end nodes) ενός Ασύρματου Δικτύου Αισθητήρων με την διαδικτυακή πύλη (gateway) και τους κόμβους δρομολογητή. Η λειτουργία των απλών κόμβων και των κόμβων δρομολογητή είναι παρόμοια με την εξής σημαντική διαφορά: οι τελευταίοι χρησιμοποιούνται για να συλλέξουν δεδομένα και μετρήσεις αλλά μπορούν και να δρομολογούν δεδομένα σε άλλους κόμβους μέσω του δικτύου. [10]

Τοπολογία αστέρα (star)

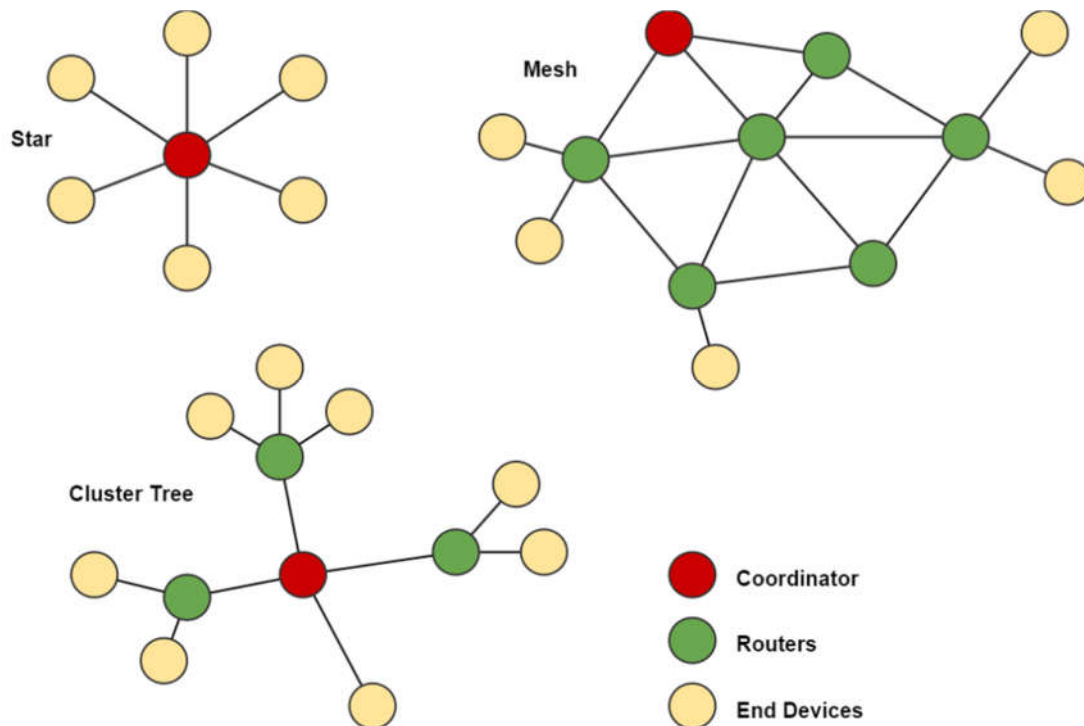
Η συγκεκριμένη είναι η πιο απλή στην λειτουργία και την υλοποίηση. Οι κόμβοι διατηρούν ένα άμεσο μονοπάτι επικοινωνίας (point-to-point) με την πύλη. Προφανώς το μειονέκτημα αυτής της τοπολογίας είναι η περιορισμένη απόσταση κάλυψης του δικτύου. [5, 12]

Τοπολογία δένδρου (tree)

Η επιλογή της τοπολογίας δένδρου μας επιτρέπει να ξεπεράσουμε το προηγούμενο μειονέκτημα. Σε αυτήν όλοι οι κόμβοι διαθέτουν ένα μονοπάτι προς την πύλη όμως αυτό γίνεται διαμέσου των κόμβων δρομολόγησης που βρίσκονται κατά μήκος του. Το πρόβλημα που εμφανίζεται άμεσα είναι οι περιπτώσεις βλάβης ενός κόμβου δρομολόγησης. Η επικοινωνία των κόμβων που χρησιμοποιούν αυτόν τον δρομολογητή θα υποστούν διακοπή της επικοινωνίας αφού δεν υπάρχει εναλλακτική διαδρομή. [5, 12]

Τοπολογία βρόχου (mesh)

Η τοπολογία βρόχου είναι αυτή που ξεπερνά αυτό το πρόβλημα εισάγοντας εναλλακτικούς δρόμους/μονοπάτια προς την πύλη που μπορούν να χρησιμοποιήσουν οι κόμβοι σε περίπτωση βλάβης αλλά και για την υλοποίηση load balancing. Με αυτόν τον τρόπο αυξάνεται σημαντικά η αξιοπιστία του ασύρματου δικτύου αφού τη στιγμή της βλάβης ενός σημείου, το δίκτυο μπορεί αυτόματα να δρομολογήσει τα δεδομένα από αλλού. Για να επιτευχθεί αυτή η αξιοπιστία όμως φέρει και κάποιο επιπλέον κόστος. Αυτό αφορά στο κόστος υλοποίησης των επιπλέον συνδέσεων μεταξύ των κόμβων αλλά και στην αύξηση της καθυστέρησης (latency) που δημιουργείται αφού τα network hops τα οποία διασχίζουν τα δεδομένα είναι περισσότερα. [5, 12]



Εικόνα 17 – Τοπολογίες των Wireless Sensor Networks

Πηγή: <https://www.datarespons.com/industrial-or-commercial-wireless-mesh-technologies/>

2.3.2.2. Πρωτόκολλα επικοινωνίας

Τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων αρχικά υποστήριζαν επικοινωνιακά πρωτόκολλα που επέτρεπαν μόνο την λειτουργία one-way. Στη συνέχεια εξελίχθηκαν σε bi-directional και τέλος πήραν τη μορφή των τοπολογιών αστέρα και βρόχου. Οι χρήστες της τεχνολογίας αυτής έχουν στραφεί στα πρότυπα πρωτόκολλα τα οποία δεν εξαρτώνται από συγκεκριμένους προμηθευτές. Έτσι το κόστος μειώνεται και οι χρήστες είναι πιο ελεύθεροι από τους vendors και πιο προσηλωμένοι στην ανάπτυξη των εφαρμογών τους. Όσον αφορά την παροχή ενέργειας για τη λειτουργία των αισθητήρων, υπάρχει στο εμπόριο μεγάλη ποικιλία σε μπαταρίες όσον αφορά το μέγεθος και την απόδοση κάνοντας τη χρήση τους εύκολη σε περιβάλλοντα ελάχιστου χώρου και φορητότητας. [20]

Η ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας των αισθητήρων, των επικοινωνιακών πρωτοκόλλων αλλά και της παροχής ενέργειας, τα WSN αποτελούν τον πυρήνα του Διαδικτύου των Αντικειμένων. Με τη χρήση του σε συνδυασμό του με το Cloud Computing, οι χρήστες έχουν πλέον απεριόριστες δυνατότητες στον τομέα αυτό. Ολοένα και αναπτύσσονται εφαρμογές ελέγχου των περιβαλλοντικών συνθηκών κυρίως, αλλά εφαρμογές που έχουν διεισδύσει για τα καλά στην υγεία του ανθρώπου και την εργασία του (όπως π.χ. στην βιομηχανική παραγωγή).

Low power and Lossy Networks (LLNs) [24]

Ο συγκεκριμένος όρος αναφέρεται στη διασύνδεση συσκευών οι οποίες διαθέτουν από κατασκευής τους περιορισμένη υπολογιστική ισχύ, μνήμη και βασίζονται σε μικρές ενεργειακές πηγές. Η σύνδεσή τους σε φυσικό επίπεδο πραγματοποιείται με διάφορους τρόπους/πρωτόκολλα. Τέτοιοι είναι το Low Power WiFi, το Bluetooth και το ZigBee. Κοινό χαρακτηριστικό των παραπάνω είναι το μικρό μέγεθος πλαισίου (frame) που μεταφέρονται μέσω της ασύρματης ζεύξης. [45] Επίσης πολύ σημαντικό χαρακτηριστικό για τη λειτουργία τους είναι η πολύ μικρή κατανάλωση ενέργειας που εμφανίζουν και είναι απαραίτητη ώστε ένα τέτοιο δίκτυο να είναι βιώσιμο.

Η έλλειψη αρχιτεκτονικής IP για τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων, ενώ αυτά αποτελούν τον κορμό του διαδικτύου των αντικειμένων, οδήγησε την Αμερικάνικη IETF (Internet Engineering Task Force) να δημιουργήσει πρότυπα μέσω ομάδων εργασίας ώστε να περιγράψει εκτενώς τη λειτουργία των WSN. Ο απώτερος στόχος είναι η σύνδεση των LLNs που περιγράψαμε πριν με το παγκόσμια διαδεδωμένο

Διαδίκτυο. Τέτοια πρότυπα είναι το πρωτόκολλο δρομολόγησης RPL (Routing Protocol for Low power and Lossy Networks) και το 6LoWPAN (IPv6 over Low-Power Wireless Personal Area Networks) τα οποία περιγράφονται αναλυτικά στα RFC 7388, RFC7400, RFC6550 και RFC4919.

ZigBee

Το συγκεκριμένο αποτελεί το πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο πρότυπο ασύρματης δικτύωσης WPAN (μικρής εμβέλειας) από τους μεγαλύτερους κατασκευαστές hardware και software όταν μιλάμε για WSN και διαδίκτυα αντικειμένων. Ενδεικτικοί κατασκευαστές είναι οι Samsung, Motorola, Philips, Texas Instruments κ.λ.π. Η τοπολογία την οποία εκμεταλλεύεται είναι αυτή του βρόχου (mesh topology) αφού όλοι οι κόμβοι είναι σε θέση να στείλουν αλλά και να λάβουν δεδομένα. [45] Διακρίνεται από την υψηλή ασφάλεια και την ανθεκτικότητα σε σφάλματα ενώ χρησιμοποιείται ευρέως σε βιομηχανικές και ιατρικές εφαρμογές.

Το ZigBee χρησιμοποιεί στα κατώτερα στρώματα το IEEE 802.15.4 τα οποία και τα δύο μαζί καθορίζουν την ασύρματη διαδικτυακή υποδομή ώστε να αναπτυχθούν και να λειτουργήσουν εφαρμογές αισθητήρων. Στο Physical και MAC layer το IEEE 802.15.4 καθορίζει τις λειτουργίες, ενώ το ZigBee καθορίζει τα ανώτερα στρώματα (Network και Application layers). Οι κύριες σχεδιαστικές απαιτήσεις των εφαρμογών σε ένα ασύρματο δίκτυο αισθητήρων, μπορούν να συνοψιστούν στο χαμηλό κόστος κατασκευής και λειτουργίας, τις μικρές ενεργειακές απαιτήσεις και την υποστήριξη ενός ασύρματου δικτύου το οποίο θα πλαισιώνει πολλές συσκευές που θα επικοινωνούν μεταξύ τους.

Πιο συγκεκριμένα, τα τέσσερα layers της στοίβας του ZigBee είναι τα εξής:

Physical Layer

Είναι το χαμηλότερο στρώμα της στοίβας ZigBee και πραγματοποιεί τη φυσική διασύνδεση με το μέσο μετάδοσης (εδώ είναι ο αέρας μέσω ραδιοκυμάτων). Είναι χωρισμένο σε δύο υποστρώματα τα οποία χρησιμοποιούν δύο ξεχωριστές μπάντες συχνοτήτων. Το υψηλό στρώμα με την περιοχή των 2.4GHz (στο οποίο λειτουργεί και το γνωστό μας WiFi) χρησιμοποιείται παγκόσμια, ενώ το χαμηλότερο στρώμα καλύπτει τις Ευρωπαϊκές χώρες (στα 868MHz) αλλά και τις ΗΠΑ/Αυστραλία (915MHz).

Medium Access Control Layer

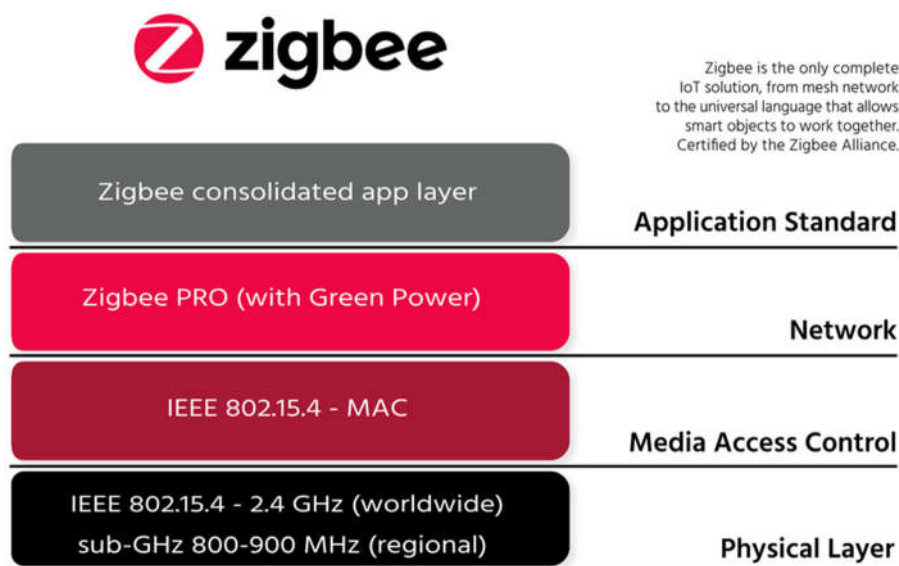
Ακριβώς πάνω από το φυσικό επίπεδο βρίσκεται το MAC Layer το οποίο παρέχει στο δίκτυο τη δυνατότητα της αξιόπιστης επικοινωνίας ανάμεσα στους κόμβους του, αφού είναι λειτουργεί ώστε να αποφευχθούν τα collisions των frames όσο ταξιδεύουν στον αέρα. Είναι υπεύθυνο για την αποσυναρμολόγηση/ συναρμολόγηση των frames αυτών κατά τη μετάδοσή τους.

Network Layer

Στο επίπεδο αυτό πραγματοποιείται η IP διευθυνσιοδότηση των κόμβων καθώς και η δρομολόγηση των IP packets ώστε να φτάσουν στον τελικό προορισμό τους. Επίσης εδώ πραγματοποιούνται και διάφοροι μηχανισμοί ασφάλειας της δικτυακής μετάδοσης.

Application Layer

Στην κορυφή της αρχιτεκτονικής του ZigBee υπάρχει το στρώμα εφαρμογής, το οποίο είναι η διεπαφή του λογισμικού με τα κατώτερα στρώματα (και το hardware του κόμβου).



Εικόνα 18 – Layers του ZigBee

Πηγή: <https://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/ZigBee>

IEEE 802.15.4

Το συγκεκριμένο πρότυπο χρησιμοποιείται στα δίκτυα περιορισμένης εμβέλειας που είναι μειωμένης ενέργειας (Low-Power PAN) και χαρακτηρίζεται από κόστος το οποίο είναι χαμηλό. Ο ρυθμός δεδομένων που υποστηρίζεται είναι μικρός και είναι της τάξης των 20, 40 και 250Kbps. Μπορεί να κάνει χρήση της τοπολογίας αστέρα (peer-to-peer) και είναι μια απλή και αξιόπιστη λύση. Επιπλέον, λόγω της μικρής πολυπλοκότητας και χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας, προσφέρει χαμηλή καθυστέρηση στην επικοινωνία (low latency). [46]

Οι δύο έννοιες που είναι πολύ βασικές ώστε να περιγράψουμε το συγκεκριμένο πρότυπο είναι το networking device (συσσκευή δικτύου) και ο coordinator (συντονιστής). Η συσκευή δικτύου είναι οποιαδήποτε συσκευή η οποία έχει πρόσβαση στο μέσο μετάδοσης (ασύρματα) και χρησιμοποιείται ως διεπαφή μαζί του. Ο συντονιστής είναι και αυτός μια συσκευή δικτύου, αλλά επιπλέον είναι επιφορτισμένη και με το συνολικό συντονισμό των δικτυακών υπηρεσιών. Επομένως ο ρόλος του συντονιστή είναι κυρίαρχος σε αυτά τα δίκτυα καθιστώντας τον ως main controller.

Χαρακτηριστικό του προτύπου IEEE 802.15.4 είναι το μικρό μέγεθος frame στο δεύτερο επίπεδο των OSI Layers (δηλ. στο Data Link Layer). Στο συγκεκριμένο χαρακτηριστικό οδηγεί η μικρή κατανάλωση ενέργειας από τους κόμβους, καθώς και η φύση των ασύρματων ζεύξεων. Λόγω τυχών απώλειας πακέτων κατά την μετάδοση (που στην περίπτωση του ασύρματου μέσου είναι σίγουρη), η επαναποστολή των frames θα πρέπει να εμφανίζει όσο το δυνατόν μικρότερο overhead (άρα και μικρά πακέτα). Για την επίτευξη του ζητούμενου overhead, το συγκεκριμένο πρότυπο χρησιμοποιεί frame μήκους 127 bytes. Από αυτά, το header είναι 68 bytes και το payload των δεδομένων τα υπόλοιπα 58 bytes περίπου. Βλέπουμε δηλαδή πως η αναλογία του ωφέλιμου φορτίου προς την κεφαλίδα είναι το $\frac{1}{2}$.

IPv6 over Low-power Wireless Personal Area Networks (6LoWPAN)

Στο διαδίκτυο των αντικειμένων (λόγω του ολοένα και αυξανόμενου πλήθους τους) αρχίζει να χρησιμοποιείται ευρέως το IPv6 πρωτόκολλο αφού οι διευθύνσεις που προσφέρει είναι ανεξάντλητες. Τα συγκεκριμένα δίκτυα χαμηλής κατανάλωσης όμως, καθιστούν απαραίτητη την περεταίρω βελτίωση του πρωτοκόλλου ώστε να ανταποκριθεί στις συγκεκριμένες ανάγκες.

Η χρήση των IP δικτύων στην τεχνολογία των Wireless Sensor Networks είναι σχεδόν καθολική. Ο λόγος γι' αυτό δεν είναι άλλος από την μεγάλη διείσδυση αυτών των δικτύων στην τεχνολογία, χρησιμοποιώντας τις υποδομές που είναι ήδη λειτουργικές και λειτουργούν αδιάλειπτα. Αξίζει να σημειωθεί πως το IP πρωτόκολλο δεν χρειάζεται περίπλοκες ενδιάμεσες συσκευές αφού η διασύνδεση των συσκευών μπορεί να γίνει άμεσα μέσω αυτού.

Το IPv6 χρήζει επιπλέον προσαρμογών ώστε να χρησιμοποιηθεί αποδοτικά σε δίκτυα LoWPAN τα οποία συνεργάζονται με το IEEE 802.15.4 στο φυσικό επίπεδο. Λαμβάνοντας υπ' όψη τις ιδιαιτερότητες του συγκεκριμένου προτύπου, η ομάδα εργασίας που ασχολείται με αυτό το θέμα περιέγραψε συγκεκριμένους μηχανισμούς συμπίεσης των κεφαλίδων των IP packets κατά την ενθυλάκωση. Το 6LoWPAN προσαρμόζει λοιπόν αυτά τα IPv6 πακέτα ώστε να μπορέσουν να κάνουν χρήση του 802.15.4 στο φυσικό επίπεδο. Η προσαρμογή αυτή χαρακτηρίζεται κυρίως στην συναρμολόγηση/αποσυναρμολόγηση των πακέτων όπως επίσης την συμπίεση που δέχονται οι κεφαλίδες του IPv6. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται σημαντική μείωση του συνολικού μεγέθους του packet αφού η κεφαλίδα συρρικνώνεται στα 7 bytes και αφήνει περισσότερο χώρο για το payload. Έτσι η μετάδοση της πληροφορίας στο δίκτυο γίνεται αποδοτικότερη.

IPv6 Routing Protocol for LLNs (IPv6 RPL) [e11]

Όταν αναφερόμαστε στη δρομολόγηση της πληροφορίας σε καταστάσεις Low power and Lossy Networks (LLNs), αυτή χρήζει ειδικής μεταχείρισης την οποία δεν την συναντάμε στα routing protocols που κυριαρχούν στα IP δίκτυα. Έτσι αναπτύχθηκε εξ' αρχής ένα νέο πρωτόκολλο δρομολόγησης, το Routing Protocol for LLNs (RPL) ώστε να καλύψει τις συγκεκριμένες ανάγκες. Είναι distance vector και χρησιμοποιεί τον αλγόριθμο Bellman-Ford ώστε να ανακαλύψει το καλύτερο μονοπάτι κάθε δεδομένη στιγμή. Είναι ιδανικό σε περιβάλλοντα χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης και λειτουργεί πάνω από το IPv6. [46]

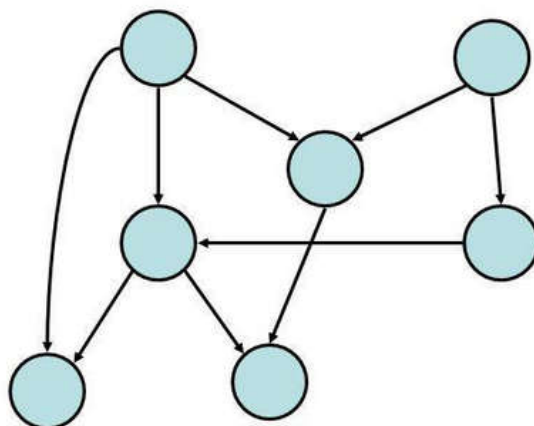
Κύρια δυνατότητα του συγκεκριμένου πρωτοκόλλου είναι η αυτόματη ανάκαμψη σε συνθήκες μη διαθεσιμότητας δικτυακών πόρων που μπορεί να προκληθεί από εξασθένηση και παρεμβολές στο ασύρματο δίκτυο. Σε μια τέτοια κατάσταση το RPL διατηρεί πολλαπλά μονοπάτια προς έναν στόχο ώστε να προσφέρει αξιοπιστία στην επικοινωνία. Επίσης στο RPL, αντίθετα με τα περισσότερα routing protocols, το κόστος

της κάθε διαδρομής είναι δυναμικό και επανυπολογίζεται συνεχώς κάνοντας χρήση μετρικών όπως ο μέγιστος αριθμός μεταδόσεων.

Κατά τον υπολογισμό της καλύτερης διαδρομής, το RPL σχηματίζει λογικούς γράφους οι οποίοι ονομάζονται Directed Acyclic Graphs (DAGs). [e11] Με άλλα λόγια τα μονοπάτια ανάμεσα στους κόμβους του δικτύου είναι loop-free (άνευ κυκλικών διαδρομών). Έτσι ο κάθε κόμβος διατηρεί άλλους «πατέρες» στο δένδρο που σχηματίζεται ώστε να δρομολογούνται τα μηνύματα προς τη ρίζα του.

Directed Acyclic Graph

- DAG – directed graph with no directed cycles



Εικόνα 19 – Directed Acyclic Graph

Πηγή: <https://slideplayer.com/slide/1550136/>

Τα πρότυπα της κίνησης που υποστηρίζει το RPL είναι τα εξής:

- Point-to-point (P2P): Τα δεδομένα κινούνται απ' ευθείας μεταξύ δύο κόμβων.
- Point-to-multipoint (P2MP): Η κίνηση είναι από έναν κόμβο προς πολλούς.
- Multipoint-to-point (MP2P): Πολλοί κόμβοι διακινούν την πληροφορία προς τη ρίζα του γράφου (ένα συγκεντρωτικό σημείο).

2.3.2.3. Σύνδεση WSNs με το Διαδίκτυο (Web of things)

Το διαδίκτυο των αντικειμένων το οποίο περιλαμβάνει και τα WSNs, μπορεί να επεκταθεί ως ορισμός στο Web of Things όταν τα αντικείμενα αυτά διασυνδέονται μεταξύ τους μέσω του internet (web). Η αρχιτεκτονική που προτιμάται όταν αναπτύσσονται εφαρμογές σε αυτό το περιβάλλον είναι η REST (Representational State Transfer). Η αρχιτεκτονική αυτή επιτρέπει την επαναχρησιμοποίηση εξαρτημένων υπηρεσιών οι οποίες εκμεταλλεύονται τεχνολογίες όπως οι HTTP, JSON, CoAP μέσω XML και URI για την πρόσβαση στους δικτυακούς πόρους. [e12]

Όταν μιλάμε για LLNs, η χρήση web services κάθε άλλο παρά απλή χαρακτηρίζεται σε σχέση με παραδοσιακές εφαρμογές ιστού, αφού η φύση των συσκευών είναι διαφορετική. Επιπλέον, τα δίκτυα διασύνδεσης είναι ασύρματα και χαμηλού εύρους ζώνης ώστε να είναι όσο το δυνατόν πιο αποδοτικά σε συνθήκες χαμηλής παρεχόμενης ενέργειας.

2.3.2.4. Σημασιολογικός ιστός (Semantic Web) και Linked Open Data (LOD)

Ο σημασιολογικός ιστός έχει ως χαρακτηριστικό του την παροχή πληροφορίας μέσω καταναμημένων συστημάτων η οποία γίνεται αποτελεσματικά και με το ελάχιστο δυνατό κόστος. Για να μειωθεί το κόστος της μεταφοράς των πληροφοριών, είναι σημαντικό να επιλεγούν τα κατάλληλα πρότυπα ανάμεσα στα συστήματα που θα επικοινωνούν. Ο τρόπος που γίνεται η αναπαράσταση των δεδομένων είναι υψίστης σημασίας ώστε όλα τα εμπλεκόμενα τμήματα να μπορέσουν να την κατανοήσουν. Έτσι χρησιμοποιούνται συγκεκριμένα συντακτικά, σχήματα και λεξικά ώστε η πληροφορία που ανταλλάσσεται να αποκτήσει νόημα.

Τα δεδομένα που αποτελούν το παγκόσμιο διαδίκτυο αποτελούνται από ετερογενείς δομές εξυπηρετούμενα από συστήματα διαφορετικά μεταξύ τους οπότε χρησιμοποιούν πολλά διαφορετικά πρότυπα. Όπως καταλαβαίνουμε ο χρόνος ανάκτησης της πληροφορίας αυξάνεται καθώς μεσολαβούν αυτά τα συστήματα. Ο σημασιολογικός ιστός δίνει τη λύση σε αυτό το πρόβλημα. Η διασύνδεση ετερογενών λεξικών και σχημάτων πρέπει να επιτευχθεί μέσω ανοικτών μηχανισμών και προτύπων.

Στον παραδοσιακό παγκόσμιο ιστό η πληροφορία ήταν αποθηκευμένη με τη μορφή HTML αρχείων και η προσπέλασή τους ήταν εφικτή με τη χρήση των Uniform

Resource Identifiers (τα URIs περιγράφονται στο RFC 3986). Σήμερα, χρησιμοποιούνται τεχνολογίες που διαδίδουν σε απομακρυσμένους κόμβους τα δεδομένα χαρακτηρισμένα ως ένας γράφος. Οι τεχνολογίες που εμπλέκονται είναι οι HTTP, URI και RDF όμως δεν χρησιμοποιούνται με την κλασσική έννοια της εξυπηρέτησης των χρηστών. Ο απώτερος στόχος είναι η κατανόηση των δεδομένων από τους υπολογιστές ώστε να ενοποιηθούν και να ανακτώνται με τα κατάλληλα queries.

2.3.3. Ασφάλεια στα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων

Τα WSNs μας δίνουν τη δυνατότητα δημιουργίας «έξυπνων» εφαρμογών οι οποίες έχουν τη δυνατότητα ενσωμάτωσης στην καθημερινή μας ζωή. Η διατήρηση του απορρήτου των επικοινωνιών καθώς και τα διάφορα ζητήματα ασφάλειας που δημιουργούνται μέσω αυτής της τεχνολογίας, αποτελεί άμεση προτεραιότητα και συνεχή έρευνα. Ορισμένα από τα ζητήματα που προκύπτουν μπορούν εν μέρει να λυθούν ή τουλάχιστον να βελτιωθούν με τη βελτίωση του υλικού και λογισμικού (hardware και software) των αισθητήρων. Για τα υπόλοιπα ανοιχτά ζητήματα απαιτείται η χρήση και ωρίμανση νέων τεχνολογιών. [25]

Στο εγγύς μέλλον προβλέπεται τα WSNs να αποτελούνται από κόμβους/αισθητήρες με πλήθος από μερικές εκατοντάδες έως και χιλιάδες. Καταλαβαίνουμε λοιπόν πως αφού κάθε ένας από αυτούς αποτελεί έναν πιθανό στόχο επίθεσης, δεν είναι εφικτή η real time παρακολούθηση και προστασία του καθενός σε φυσικό και λογικό επίπεδο. Η πιθανότητα κατάληψης και επαναπρογραμματισμού ενός κόμβου από έναν κακόβουλο χρήστη, είναι πολύ πιθανή ειδικά όταν το δίκτυο των κόμβων εκτείνεται σε μεγάλες αποστάσεις. Μια άλλη συνηθισμένη επίθεση είναι η χρήση μεταμφιεσμένων κόμβων (rogue nodes) από τον επιτιθέμενο ώστε να ενσωματωθούν στο δίκτυο ως νόμιμοι και να ξεκινήσει η πλαστογράφηση των δεδομένων από εκεί. Εκτός από την παραποίηση και υποκλοπή των δεδομένων, θα μπορούσε να προκληθεί και ολοκληρωτική άρνηση της υπηρεσίας (Denial of Service – DOS Attack).

Η αντιμετώπιση τέτοιων κινδύνων απαιτεί χρηματικούς πόρους ώστε ο κάθε κόμβος να γίνει απρόσβλητος από επιθέσεις. Για να βρεθεί μια βιώσιμη λύση θα πρέπει

λοιπόν να ξεκινάμε με την ύπαρξη κακόβουλων κόμβων ως δεδομένο στο δίκτυο. Αυτοί σίγουρα θα είναι ένα μικρότερο υποσύνολο, αλλά θα είναι εκεί δίχως να μπορούμε να τους ελέγξουμε άμεσα. Επομένως, θα πρέπει να γίνει χρήση κατάλληλου λογισμικού στα WSNs το οποίο θα παρέχει αρκετή ασφάλεια ενώ θα υπάρχουν κακόβουλοι κόμβοι στο δίκτυο. [25]

Οι δύο βασικές τεχνικές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε επίπεδο κόμβων ώστε να αποτρέψουν μια πιθανή επίθεση είναι:

Node revocation: Σε περίπτωση ανίχνευσης της ύπαρξης ξένου κόμβου, να μπορεί το ίδιο το δίκτυο να του αφαιρεί όλα τα δικαιώματα (revoke).

Node-to-node authentication: Ύπαρξη μηχανισμών αυθεντικοποίησης με τους οποίους κάθε κόμβος που εισέρχεται στο δίκτυο ή βρίσκεται ήδη εκεί, να πιστοποιεί την ταυτότητά του.

Node-to-node path encryption: Ύπαρξη μηχανισμών κρυπτογράφησης στη ζεύξη μεταξύ των κόμβων ώστε να επιτυγχάνεται end to end ασφάλεια μετάδοσης.

Τα παραπάνω μπορούν να εφαρμοστούν με όσο το δυνατόν μικρό κόστος hardware χρησιμοποιώντας «ελαφριά» πρωτόκολλα ασφαλείας. Πιο συγκεκριμένα, τα επικοινωνιακά πρωτόκολλα και τα πρωτόκολλα που επεξεργάζονται τα δεδομένα πρέπει να χαρακτηρίζονται από την υψηλή ανθεκτικότητά τους. Αυτό θα πρέπει να συμβαδίζει με την αυξημένη αποδοτικότητα σε περιβάλλοντα όπου η ύπαρξη κακόβουλων κόμβων θεωρείται βέβαια. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι τα πρωτόκολλα που εξυπηρετούν τη δρομολόγηση των πληροφοριών ανάμεσα σε νόμιμους αλλά και κακόβουλους κόμβους/αισθητήρες.

2.4. Φορετές συσκευές – Wearables

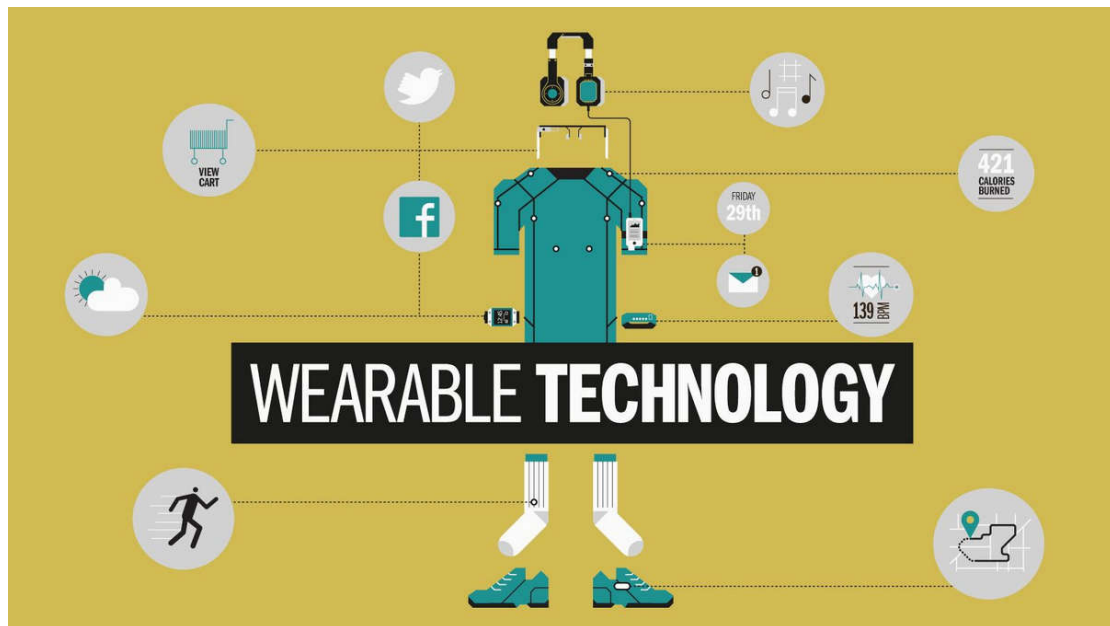
2.4.1. Ορισμός των Wearables συσκευών

Οι συσκευές που φοριούνται/φέρονται (wearables) έχουν μπει για τα καλά στην καθημερινότητά μας και φέρνουν την επανάσταση στην επικοινωνία ανθρώπου-υπολογιστή. Με την απότομη εξέλιξή τους καταλαβαίνουμε πως οδηγούν το μέλλον στη συνδεσιμότητα σε εφαρμογές που εξυπηρετούν τον άνθρωπο. Η αύξηση αυτή οφείλεται κυρίως στον εξοπλισμό με κάθε είδους αισθητήρες, οθόνες και υπολογιστικούς πόρους όλο και περισσότερων συσκευών που χρησιμοποιεί ο άνθρωπος. Η λειτουργία τους μοιάζει αυτή των κινητών τηλεφώνων (smartphones) και των φορητών υπολογιστών αφού μπορούν να εκτελέσουν υπολογισμούς και φυσικά να υποστηρίξουν τη συνδεσιμότητα που είναι απαραίτητη. Λόγω του μικρού μεγέθους τους, τα wearables μπορούν να αντικαταστήσουν εξ ολοκλήρου τις αντίστοιχες συσκευές χειρός, για συγκεκριμένες χρήσεις πάντα. [27, e13]

Η συγκεκριμένη τεχνολογία στο σήμερα, χαρακτηρίζεται από πολυπλοκότητα που δεν βρίσκουμε στις παραδοσιακές συσκευές όπως το smartphone αφού μας δίνει δυνατότητες παρακολούθησης των ψυχοφυσιολογικών του ανθρώπινου οργανισμού μέσω της βιοανάδρασης. Με αυτό τον τρόπο μπορούμε για παράδειγμα να προλαμβάνουμε δυσάρεστες καταστάσεις (σωματικές και ψυχολογικές) ενός εργαζόμενου σε δύσκολες συνθήκες εργασίας ή ενός ασθενούς.

Μια από τις ικανότητες των συσκευών αυτών είναι η μη αναγκαιότητα ενεργοποίησης και απενεργοποίησής τους. Έχουν σχεδιαστεί να λειτουργούν απρόσκοπτα επικοινωνώντας άμεσα μεταξύ τους, ώστε ο χρήστης να μπορεί σε πραγματικό χρόνο να έχει πρόσβαση στις πληροφορίες από παντού και πάντα. Πολύ σημαντικό επίσης είναι πως επιτρέπουν το multitasking στον άνθρωπο, αφού δεν χρειάζεται να διακόψει μια εργασία που κάνει για να χρησιμοποιήσει μια wearable συσκευή. Μπορούμε να πούμε δηλαδή πως τα wearables επεκτείνουν το σώμα και το μυαλό του χρήστη. Τέτοιες συσκευές που υπάρχουν ήδη στο εμπόριο μπορεί να είναι από γυαλιά, «έξυπνα» υφάσματα, ρολόγια, φακοί επαφής μέχρι και καπέλα, κοσμήματα όπως σκουλαρίκια και δαχτυλίδια. [27]

Οι χρήσεις φορετών τεχνολογιών μπορούν να έχουν θετικές επιπτώσεις σε πολλούς τομείς όπως στην ψυχαγωγία, την υγεία, την εκπαίδευση, τις τηλεπικοινωνίες και τις μεταφορές.



Εικόνα 20 – Τεχνολογία φορετών αντικειμένων (Wearables)

Πηγή: <https://www.raconteur.net/wearable-technology>

2.4.2. Περιγραφή της τεχνολογίας

2.4.2.1. Μορφή των φορετών συσκευών/υπολογιστών

Έπειτα από μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί, δημιουργήθηκε ένας οδηγός σχεδίασης ο οποίος περιγράφει τη μετατροπή ενός μικρού κόμβου (συνήθως κάποιος αισθητήρας) σε ένα αντικείμενο το οποίο είναι φορέσιμο. Χρησιμοποιώντας των οδηγό αυτό μπορούμε να εξασφαλίσουμε την ελευθερία κινήσεων αλλά και την άνεση ενός χρήστη που φορά μια τέτοια συσκευή. [27]

Ο οδηγός αυτός συνοψίζεται παρακάτω:

Σχήμα της συσκευής

Καθώς η μορφή του σώματος είναι δυναμική και τελείως διαφορετική μεταξύ των ανθρώπων, όταν σχεδιάζεται το σχήμα μιας συσκευής που θα φορεθεί, θα πρέπει να εξασφαλιστεί η άνετη και σταθερή εφαρμογή η οποία δεν θα δυσκολεύει το χρήστη στις κινήσεις του. Η επιφάνεια της συσκευής που έχει επαφή με το σώμα, θα πρέπει να είναι κατάλληλα διαμορφωμένη (ίσως με τη χρήση κοιλότητας) ώστε να εναρμονίζεται με τις κοιλότητες του ανθρωπίνου σώματος. Εξωτερικά θα πρέπει να είναι κυρτή

έχοντας άκρες με κυκλική μορφή χωρίς γωνίες ώστε να αποφεύγονται τα χτυπήματα στη συσκευή αλλά και να εξασφαλίζεται μια ασφαλής για τον άνθρωπο μορφή.

Τοποθέτηση της συσκευής

Η τοποθέτηση της συσκευής στο ανθρώπινο σώμα επιβάλλεται να είναι όσο το δυνατόν διακριτική. Το σημείο τοποθέτησης καθορίζεται σύμφωνα με κάποια κριτήρια παρατηρώντας την εκτενή περιοχή επάνω στον άνθρωπο. Αναλόγως με τις λειτουργικές ανάγκες και της προσβασιμότητας, δημιουργείται μια ποικιλία κριτηρίων τοποθέτησης. Είναι πολύ σημαντικό στο τέλος να επιλέγουμε συγκεκριμένες περιοχές που είναι κατάλληλες και ασφαλείς για την υγεία του ανθρώπου. Σε καμία περίπτωση δεν πρέπει να διαταράσσουν την ισορροπία του σώματος.

Κίνηση του ανθρώπινου σώματος

Για να καθοριστεί το περίγραμμα της συσκευής, είναι αναγκαίο να λάβουμε υπ' όψη μας όλα αυτά τα στοιχεία που συνθέτουν την ανθρώπινη κίνηση. Τέτοια στοιχεία είναι το δέρμα και πως μετακινείται, η επέκταση και κάμψη των μυϊκών ομάδων που βρίσκονται κάτω από το δέρμα καθώς και τις ενώσεις των άκρων και πως αυτές πραγματοποιούνται μέσω των αρθρώσεων.

Αντίληψη του ανθρώπινου χώρου

Η αντίληψη του ανθρώπινου εγκεφάλου όσον αφορά την «αύρα» που περιβάλλει το σώμα, παίζει καθοριστικό ρόλο στην απόσταση μιας συσκευής που φοριέται από το σώμα. Για να αντιληφθεί ο εγκέφαλος πως η μορφή είναι μέρος του σώματος ώστε να μην την θεωρεί σαν κάτι ξένο που θα θεωρήσει ότι πρέπει να το αποβάλει, θα πρέπει να βρίσκεται σε σχέση με το σώμα σε απόσταση από 0-12cm.

Βάρος της συσκευής

Όταν σκεφτόμαστε το βάρος της συσκευής που θα φορεθεί, είναι προφανές πως δεν θα πρέπει σε καμία περίπτωση να δυσκολεύει τις κινήσεις του ανθρώπου και την ισορροπία του. Υπάρχει εμπειρική σύσταση η οποία λέει πως το βάρος της συσκευής συστήνεται να τοποθετείται όσο πιο κοντά στο κέντρο βάρους του ανθρώπου ενώ στα άκρα να είναι αμελητέο.

Εκπομπή θερμότητας

Ο σχεδιασμός των συσκευών θα πρέπει να λαμβάνει υπ' όψη τα είδη θερμότητας που δημιουργούνται κατά τη χρήση της. Αυτά είναι η βιολογική θερμότητα (αυτή που εκπέμπει το ανθρώπινο σώμα) και η λειτουργική θερμότητα (εκπέμπεται από τη συσκευή). Το δέρμα του ανθρώπου χρειάζεται ανά πάσα στιγμή να αναπνέει και αντιδρά στην δημιουργία ή συγκέντρωση θερμότητας από συσκευές γύρω του με την έκκριση ιδρώτα. Αυτό είναι πολύ σημαντικό όταν σχεδιάζεται μια συσκευή που θα λειτουργεί σε άμεση επαφή με το δέρμα.

Ταξινόμηση των συσκευών

Ο σχεδιασμός των συσκευών θα πρέπει να είναι τέτοιος που θα ταιριάζει με πολλούς διαφορετικούς τύπους σωμάτων ώστε να έχουν την επιθυμητή εμπορική επιτυχία. Φανταστείτε να έπρεπε ανάλογα με τη σωματική διάπλαση του χρήστη να σχεδιάζόταν κάθε φορά και άλλη παραλλαγή της συσκευής. Σίγουρα δεν θα ήταν αποδοτικό από θέμα κόστους για τον κατασκευαστή.

Περιορισμός στη χρήση υλικών

Ο σχεδιασμός των αντικειμένων/συσκευών που θα φορεθούν θα πρέπει να χρησιμοποιεί υλικά φιλικά προς το ανθρώπινο σώμα. Σίγουρα η τεχνολογία απαιτεί την ύπαρξη μετάλλων και αγωγών ηλεκτρικού ρεύματος, όμως αυτό πρέπει να περιορίζεται στο εσωτερικό των συσκευών. Εξωτερικά αφού θα έρχεται σε επαφή με ευαίσθητα ανθρώπινα όργανα, είναι αναγκαία η χρήση μαλακών υλικών που δεν αντιδρούν με το δέρμα.

Προσαρμογή στο σώμα

Η προσαρμογή της συσκευής στο σώμα δεν πρέπει να γίνεται με χρήση συνδετικών συστημάτων όπως κόλλα ή ταινία, συνδετήρες ή λαστιχένια νήματα. Η σύνδεση με το σώμα θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο φυσική «αγκαλιάζοντάς» το για να το συνηθίζει ο χρήστης και να μην καταλαβαίνει μετά από λίγο πως το φορά.

Φυσική πρόσβαση στα συστήματα του σώματος

Για να είναι το «έξυπνο» αντικείμενο χρήσιμο, η φυσική πρόσβαση στο σώμα είναι αναγκαία. Για να εξασφαλίζεται η πρόσβαση χωρίς ανεπιθύμητα αποτελέσματα έχουν πραγματοποιηθεί αρκετές έρευνες στην κιναισθητική, οπτική, ακουστική και απτική πρόσβαση στο σώμα του ανθρώπου.

Αισθητική του αντικειμένου

Η αισθητική παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στους χρήστες των wearables συσκευών ακριβώς όπως και στην επιλογή των ρούχων και των χρωμάτων που επιλέγουν να φορέσουν. Επομένως όταν σχεδιάζεται μια συσκευή που θα φορεθεί, θα πρέπει να ταιριάζει στο περιβάλλον και την κουλτούρα της αγοράς στην οποία θα διατεθεί.

Ενεργητική – Παθητική αισθητήρια αλληλεπίδραση

Η αλληλεπίδραση του χρήστη με τη συσκευή πρέπει να είναι ενδιαφέρουσα και απλή ώστε να είναι αποτελεσματική και να τη δεχθεί ο χρήστης. Ο τελευταίος θα πρέπει να φτάσει στο σημείο που να μη χρειάζεται να σκεφτεί ώστε να αλληλεπιδράσει με το αντικείμενο, να του είναι κάτι πολύ φυσικό.

2.4.2.2. Χρήση ασύρματων δικτύων στα Wearables

Οι συσκευές που βρίσκονται πάνω στο ανθρώπινο σώμα, για να επικοινωνήσουν μεταξύ τους, απαιτούν την ύπαρξη ενός ασύρματου επικοινωνιακού δικτύου που θα έχει ως επίκεντρο το ίδιο το σώμα του χρήστη.

Η επικοινωνία των wearable devices περιγράφεται ως εξής: «έξυπνοι» κόμβοι τοποθετούνται σε κοντινή απόσταση η πάνω στο σώμα και επικοινωνούν μεταξύ τους αλλά και με άλλους κόμβους που είναι απομακρυσμένοι. Επίσης ο τελικός προορισμός μπορεί να είναι κάποια συσκευή αποθήκευσης της πληροφορίας, κάποιο wireless access point ή και υπολογιστικό σύστημα επεξεργασίας (που μπορεί να βρίσκεται στο νέφος). [28, e14]

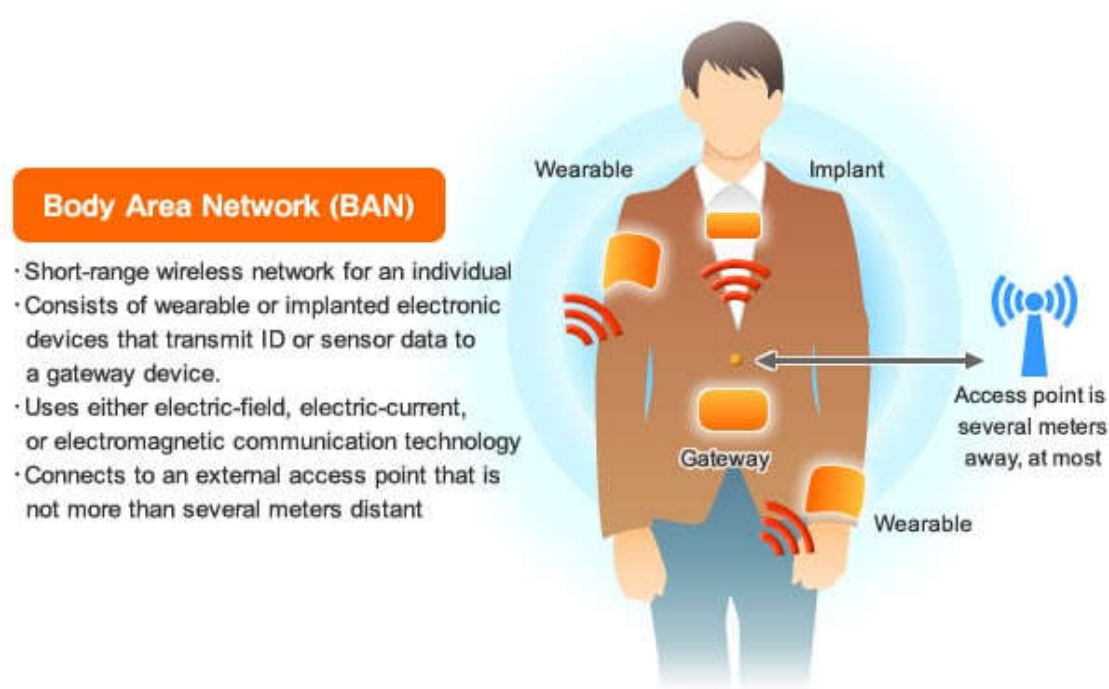
Η διασύνδεση των συσκευών μεταξύ τους είναι πολύ σημαντική. Η χρήση οποιουδήποτε είδους καλωδίου δεν είναι εφικτή καθώς το σώμα δεν θα μπορεί να κινηθεί φυσιολογικά και θα δημιουργηθούν δυσκολίες. Μια επιλογή που υπάρχει είναι η χρήση εξειδικευμένων ενδυμάτων που αποτελούνται από ειδικές κλωστές και υφάσματα. Η συνεχόμενη εφαρμογή των ενδυμάτων αυτών όμως πιθανόν να είναι δύσχρηστη για τους χρήστες. Μια άλλη επιλογή που θα μπορούσε να υιοθετηθεί είναι ο σωματικός μηχανισμός ρεύματος (body current mechanism) δηλαδή η χρήση του μικρής έντασης ηλεκτρικού ρεύματος που παράγεται από το σώμα. Επίσης, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί το ρεύμα που δημιουργείται μέσω της επαγωγικής μεθόδου μέσω κάποιου μικρού μαγνητικού πεδίου. Οι επιλογές που αναφέραμε όμως δεν μπορούν να αναπτυχθούν για να υποστηρίξουν τεχνολογίες στις οποίες θέλουμε ο ρυθμός μετάδοσης να είναι υψηλός. Για τον λόγο αυτό επιλέγεται κυρίως η ασύρματη διασύνδεση μέσω ειδικών κεραιών που τοποθετούνται επάνω στο σώμα ή είναι ενσωματωμένες στην ίδια τη συσκευή.

Τα πιο συνηθισμένα πρότυπα τα οποία αναπτύχθηκαν για τις ασύρματες επικοινωνίες και είναι ευρέως γνωστά είναι τα BodyLAN, WLAN (Wi-Fi), Ultra-Wideband (UWB) και το Bluetooth. Το τελευταίο είναι πολύ δημοφιλές πρότυπο (ανήκει στα Personal Area Networks - PAN) λόγω της χρήσης του στα smartphones. Το μεγάλο μειονέκτημα των πρωτοκόλλων διασύνδεσης όταν μιλάμε για wearables είναι η αρκετά μεγάλη κατανάλωση ενέργειας από την μπαταρία. [e14]

Η τεχνολογία των φορετών συσκευών εκπίπτει στην κατηγορία των BAN (Body Area Networks) η οποία ασχολείται με την απόδοση και τον συνολικό σχεδιασμό της

ασύρματης κεραίας, τα διαθέσιμα κανάλια που μπορούν να χρησιμοποιηθούν, η ισχύς της εκπομπής και το κατά πόσο την επηρεάζει η κίνηση του σώματος.

Όλες οι συσκευές που φοριούνται απαιτείται να έχουν το ελάχιστο δυνατό βάρος καθώς και το μέγεθός τους να είναι μικρό. Παράλληλα, ο ρυθμός μετάδοσης των δεδομένων στοχεύουμε να είναι υψηλός ώστε να καλύπτει τις εφαρμογές που το απαιτούν. Η ενεργειακή τους κατανάλωση επίσης θέλουμε να είναι μικρή για να μεγαλώσει αρκετά η αυτονομία. Για να ανταπεξέλθει η τεχνολογία σε αυτές τις προκλήσεις, οι ασύρματες ζεύξεις πρέπει να είναι όσο το δυνατόν αποδοτικότερες και παράλληλα να χρησιμοποιούνται υψηλές συχνότητες.



Εικόνα 21 – Body Area Network (BAN)

Πηγή: <https://www.renesas.com/sg/en/about/edge-magazine/solution/08-body-area-networks.html>

2.4.2.3. Πρωτόκολλα επικοινωνίας για wearable συσκευές

Οι wearable συσκευές εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τη λειτουργία των ασύρματων δικτύων. Όπως αναφέραμε και στο προηγούμενο κεφάλαιο, δεν μπορεί να υπάρξει σύνδεση των αισθητήρων μεταξύ τους μέσω καλωδίωσης. Θα πρέπει να είναι ανεξάρτητοι και να εκτείνονται σε μεγάλο πεδίο, κάτι το οποίο μπορεί να επιτευχθεί με χρήση ασύρματων ζεύξεων. Ταυτόχρονα, ο κάθε κόμβος ενός wireless sensor network θα πρέπει να είναι ενεργειακά αποδοτικός χωρίς να μειώνεται η αποτελεσματικότητά του. [23]

Για να επιτύχουμε την ενεργειακή απόδοση που είναι αναγκαία, θα πρέπει οι συσκευές που συνδέονται μεταξύ τους να λειτουργούν σε κατάσταση αναμονής την περίοδο που δεν χρησιμοποιούνται. Η ενεργοποίησή τους θα εξαρτάται από το αν τη δεδομένη χρονική στιγμή έχουν να στείλουν ή να λάβουν κάποια απόφαση για τη λειτουργία τους. Με αυτόν τον τρόπο οι αισθητήρες, για το μεγαλύτερο χρονικό διάστημα της λειτουργίας τους θα είναι σε κατάσταση suspended οπότε και θα καταναλώνουν την ελάχιστη δυνατή ενέργεια.

Η αρχιτεκτονική που χρησιμοποιείται στο επίπεδο του υλικού είναι καθοριστικής σημασίας για το πόσο ενεργοβόρα είναι μια συσκευή. Η 32bit αρχιτεκτονική είναι συμβατή με τα περισσότερα ανοιχτά πρωτόκολλα και λογισμικά, είναι όμως και μη αποδοτική από την άποψη της ενέργειας που καταναλώνουν οι επεξεργαστές που ανήκουν σε αυτή την κατηγορία. Επομένως εκτός από το υλικό, θα πρέπει και το κατάλληλο λογισμικό να βοηθήσει για να πετύχουμε την ενεργειακή αποδοτικότητα των «έξυπνων» συσκευών.

Τα πρωτόκολλα επικοινωνίας που χρησιμοποιούνται ευρέως για να καλύψουν αυτές τις ανάγκες συνοψίζονται παρακάτω:

ZigBee (σε συνεργασία με το IEEE 802.15.4)

Είναι ένα πρότυπο που βασίζεται στο 802.15.4, είναι χαμηλής ισχύος και ξεκίνησε να λειτουργεί το 2003. Για την υλοποίησή του συνεργάστηκαν 16 εταιρείες αυτοματισμού. Η δικτυακή αρχιτεκτονική που χρησιμοποιεί είναι η δικτύωση βρόχου (mesh topology) η οποία κάνει την αποδοτικότερη χρήση των επικοινωνιακών πόρων και έτσι είναι ιδανικό για περιβάλλοντα IoT με wearables συσκευές. Οι κόμβοι μέσω του ZigBee επικοινωνούν μεταξύ τους ώστε η πληροφορία να φτάσει τελικά στην κεντρική μονάδα ελέγχου διατηρώντας την αξιοπιστία στην επικοινωνία.

Bluetooth Low Energy

Το συγκεκριμένο πρωτόκολλο ήταν γνωστό προηγουμένως και ως Bluetooth Smart. Χρησιμοποιεί ίδιους μηχανισμούς και έχει όμοια χαρακτηριστικά με το γνωστό Bluetooth, με τη διαφορά όμως πως σχεδιάστηκε για την υποστήριξη low energy συσκευών. Η κάλυψη του δικτύου όπως και το bandwidth είναι εφάμιλλα με αυτά του ZigBee. Με την χαμηλή ενεργειακή κατανάλωση είναι ιδανική επιλογή ώστε να ενσωματωθεί σε μικρού μεγέθους microcontrollers.

HaLow (WiFi 802.11ah)

Ο οργανισμός WiFi Alliance ανακοίνωσε το 2017 το πρότυπο HaLow του οποίου η χρήση προορίζεται για τη λειτουργία των «έξυπνες» οικιακών συσκευών. Το νέο αυτό πρότυπο έχει σχεδιαστεί για να λειτουργεί στην 900MHz band, όποτε η κάλυψη του δικτύου διπλασιάζεται σε σχέση με το παραδοσιακό WiFi το οποίο κάνει χρήση της 2.4GHz band. Επίσης λόγω του μεγαλύτερου μήκους κύματος που χρησιμοποιεί, είναι πιο ανθεκτικό σε περιβάλλοντα με πολλά εμπόδια (σε οικίες με τοίχους κ.λ.π.) ενώ παράλληλα έχει μικρότερη κατανάλωση ενέργειας. Είναι λοιπόν ιδανικό για τη λειτουργία και επικοινωνία αισθητήρων κίνησης, έξυπνων κλειδαριών και θερμοστατών και γενικά μικρών συσκευών που ανήκουν στην κατηγορία IoT και χρησιμοποιούν μπαταρίες.

WiFi (το κλασσικό 802.11 με τις παραλλαγές του)

Είναι το ασύρματο πρωτόκολλο το οποίο έχει ωριμάσει και ήδη επικρατούν πολλές παραλλαγές του. Κυριαρχεί ακόμα και στα wireless sensor networks αφού έχει την αποδοτικότερη ισχύ ανά bit δεδομένων. Με τεχνολογίες όπως το WPS (Wi-Fi Protected Setup) γίνεται ακόμη πιο εύκολη η ενσωμάτωση των αντικειμένων σε υπάρχοντα ασύρματα δίκτυα. Το μεγαλύτερο μειονέκτημα όπως καταλαβαίνουμε, λόγω του μεγάλου ρυθμού μετάδοσης και της υψηλής μπάντας που χρησιμοποιεί, είναι η αυξημένη ενεργειακή κατανάλωση σε σχέση ειδικά με τα πρωτόκολλα που αναφέραμε πιο πριν (ZigBee, Bluetooth Low Energy). Έτσι η χρήση του δεν είναι ιδανική σε περιβάλλοντα που δικτυώνονται μικρές low power συσκευές όπως είναι οι αισθητήρες.

2.4.3. Πλεονεκτήματα Wearables

Η χρήση των wearables στην καθημερινή μας ζωή τείνει να αλλάξει τις συνήθειές μας και τον τρόπο που αλληλεπιδρούμε με την ψηφιακή τεχνολογία. Το μέλλον τους σε εφαρμογές στην επιχειρηματικότητα και την κοινωνία διακρίνεται ιδιαίτερα ελπιδοφόρο. Πολλά είναι τα οφέλη από τη χρήση της συγκεκριμένης τεχνολογίας αφού καθημερινά δημιουργούνται ευκαιρίες στην συγκεκριμένη αγορά η οποία αναπτύσσεται με πολύ γρήγορους ρυθμούς. [e14]

Πλέον τα φορετά αντικείμενα κατέχουν πολύ υψηλές θέσεις στις παγκόσμιες πωλήσεις των μεγάλων εταιριών, ενώ ταυτόχρονα οι άνθρωποι που τις χρησιμοποιούν στην εργασία τους δεν ανησυχούν για το αν θα υπάρξει αρνητική επιρροή της τεχνολογίας σε αυτήν.

Γραμμή παραγωγής: Τα wearables θα μπορούσαν να διευκολύνουν την παραγωγή αποτελεσματικών προϊόντων και παροχή καλύτερων υπηρεσιών από τους εργάτες. Ιδιαίτερα στη βιομηχανία, τα «έξυπνα» φορετά αντικείμενα μπορούν να βοηθήσουν σε όλο το μήκος της γραμμής παραγωγής αλλά και στην προώθηση των τελικών προϊόντων στον καταναλωτή μέσω της διαφήμισης.

Ασφάλεια και υγεία εργαζομένων: Πολύ σημαντική είναι η εφαρμογή των wearables στην παρακολούθηση της υγείας και ασφάλειας των εργαζομένων ώστε να αποτραπούν συμβάντα επικίνδυνα για τους ανθρώπους τα οποία μειώνουν σημαντικά την εργατική δύναμη μιας επιχείρησης/βιομηχανίας.

Εκπαίδευση υπαλλήλων: Οι φορετές συσκευές μπορούν να έχουν ρόλο στην επιχειρησιακή εκπαίδευση των υπαλλήλων αφού με την αποστολή του κατάλληλου feedback θα γίνεται πιο αποτελεσματική η παραγωγική διαδικασία.

Ιατρική: Χρήση των wearables μπορεί να γίνει αποτελεσματικά και στον τομέα της υγείας. Σε νοσοκομεία και κλινικές, οι συσκευές αυτές με τους αισθητήρες που κουβαλούν μπορούν να λάβουν και να μεταδώσουν γρήγορα ιατρικά δεδομένα πολύτιμα για την πρόληψη της υγείας των ασθενών. [29, 30]

Λιανικό εμπόριο και κατασκευές: Στο λιανικό εμπόριο οι συσκευές αυτές μπορούν να επιταχύνουν τις διαδικασίες πωλήσεων και να βελτιώσουν όλη την παροχή των υπηρεσιών. Στις κατασκευές μπορούν να χρησιμοποιηθούν wearables ώστε να

δημιουργηθούν εργαλεία που δεν χρήζουν ανθρώπινης καθοδήγησης και έτσι να αυξηθεί η συνολική αποτελεσματικότητα στην παραγωγή.

Αναφέροντας τα παραπάνω πλεονεκτήματα στα οποία οδηγούμαστε με τη χρήση των wearables, είναι αναμενόμενη η σημαντική αύξηση των λιανικών πωλήσεων ειδικά των επιχειρήσεων που επενδύουν σε αυτόν τον τομέα. Συνεπώς θα αυξηθεί και η ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών αφού οδηγούμαστε στην αυτοματοποίηση λειτουργιών από τις οποίες θα ωφεληθεί ο πελάτης. Η συνολική ανταγωνιστικότητα αναμένεται να έχει αύξουσα πορεία όσο θα εξελίσσεται η καινοτομία που γεννιέται από την εφαρμογή της τεχνολογίας αυτής.

Αξίζει να αναφέρουμε πως δημιουργούνται δυνατότητες εξυπηρέτησης αναγκών οι οποίες μέχρι τώρα δεν εκπληρώνονταν. Τέτοιες ανάγκες που γεννώνται από τη χρήση των wearables είναι η επικοινωνία/διασύνδεση φίλων και οικογένειας αλλά και η αποτελεσματική διαχείριση του άγχους. Όλα τα παραπάνω μας δείχνουν πως τα πλεονεκτήματα είναι αναρίθμητα και ο συνδυασμός των αισθητήρων με το διαδίκτυο των αντικειμένων εξελίσσουν την καινοτομία και τις νέες μελλοντικές τεχνολογικές εφαρμογές.

2.4.4. Μειονεκτήματα Wearables

Τα wearables εκτός από τα φοβερά πλεονεκτήματα που αναφέραμε στο προηγούμενο κεφάλαιο, εμφανίζουν και σημαντικά μειονεκτήματα τα οποία δεν μπορούμε να παραβλέψουμε. Πρέπει να είμαστε προσεκτικοί με την αντιμετώπισή τους ώστε να διορθωθούν μέσω εκτεταμένης έρευνας.

Τα κύρια μειονεκτήματα είναι τα παρακάτω:

Κόστος: Τα wearables είναι πολύ νέα τεχνολογία ακόμα η οποία δεν έχει ωριμάσει. Γνωρίζουμε πως όλες οι νέες τεχνολογίες μέχρι να περάσει κάποιο χρονικό διάστημα, έχουν σχετικά μεγάλο κόστος αγοράς αλλά και λειτουργίας. Με τον καιρό και την αύξηση του ανταγωνισμού τα κόστη αυτά μειώνονται σημαντικά.

Ατέλειες της τεχνολογίας: Η ωρίμανση που δεν έχει ακόμα επέλθει όπως λέγαμε και πριν, φέρει και άλλο ένα σημαντικό πρόβλημα, αυτό των ατελειών που χρήζουν επανεξέτασης. Τα υλικά δεν είναι ακόμη τα ιδανικά ώστε να επιτευχθεί η μείωση του βάρους αλλά και της θερμοκρασίας που εκλύουν οι συσκευές. Η θερμοκρασία αυτή σίγουρα είναι δυσάρεστη για τον χρήστη που φορά τη συσκευή, αλλά έχει και αρνητικό αντίκτυπο στα ηλεκτρονικά κυκλώματα της ίδιας. Επιπλέον, δεν έχουν εμφανιστεί στο εμπόριο οι κατάλληλες περιφερειακές μικροσυσκευές που θα καλύψουν νέες λειτουργίες ή θα βελτιώσουν ήδη υπάρχουσες.

Συνεργασία: Πολλές wearable συσκευές δεν είναι αυτόνομες, επομένως η συγκέντρωση και αποθήκευση της πληροφορίας γίνεται σε άλλα συνεργαζόμενα μέρη. Για να πραγματοποιηθεί αυτό, το βασικό θέμα που δημιουργείται είναι η υλοποίηση αυτής της συνεργασίας με άλλες συσκευές οι οποίες μπορεί να έχουν μια τελείως διαφορετική προσέγγιση στην υλοποίησή τους (μπορεί να ανήκουν και σε διαφορετικό κατασκευαστή). Το γεγονός αυτό δημιουργεί αυτομάτως ένα σημαντικό κόστος για τον κατασκευαστή το οποίο περνά και στον καταναλωτή ώστε να αυξηθεί η διαλειτουργικότητα της συσκευής.

Ευελιξία: Τα φορετά συστήματα δεν είναι το ίδιο ευέλικτα όπως τα παραδοσιακά συστήματα υπολογισμού και σίγουρα δεν μπορούν να ανταποκριθούν στις ίδιες λειτουργικές ανάγκες ενός υπολογιστή. Μπορούμε να φανταστούμε όμως πως τα wearables δημιουργήθηκαν για να καλύψουν τελείως διαφορετικές ανάγκες, οπότε ίσως να μην χρειάζεται να υπάρξει κάποια μελλοντική βελτίωση σε αυτό το κομμάτι.

Μην ξεχνάμε πως οι συσκευές αυτές λόγω του περιορισμένου μεγέθους τους, σίγουρα ορισμένες λειτουργίες είναι αδύνατο ή στην καλύτερη περίπτωση πολύ δύσκολο να υποστηριχθούν.

Ασφάλεια: Το σημαντικότερο ίσως πρόβλημα/μειονέκτημα της τεχνολογίας των wearables είναι η ασφάλεια. Όλες οι εταιρίες έχουν σα στόχο τους τη βελτίωση της ασφάλειας ώστε να προστατευθούν και οι συσκευές αλλά και οι χρήστες τους. Το μεγαλύτερο πλήθος των συσκευών αυτών που σχεδιάστηκαν για χρήση από τον τελικό χρήστη, έχουν σαν βασική λειτουργία την συλλογή, επεξεργασία και αποθήκευση πληροφορίας που σχετίζεται με τις καθημερινές συνήθειές του. Τέτοιες είναι τα μέρη που επισκέπτεται, πράγματα που τον αφορούν και του αρέσουν, χιλιομετρικές αποστάσεις που περπάτησε, το βάρος του κ.λ.π. Καταλαβαίνουμε λοιπόν πως αυτές οι προσωπικές πληροφορίες μπορεί να είναι αρκετά σημαντικές και να θέλει ο χρήστης να γνωρίζει ανά πάσα στιγμή που αποθηκεύονται και ποιος έχει πρόσβαση σε αυτές. Ειδικά όταν οι συσκευές αυτές χρησιμοποιούνται σε κάποιο αντικείμενο εργασίας, σίγουρα οι πληροφορίες που συλλέγονται μεταφέρονται ίσως σε κάποιον εξυπηρετητή της εταιρίας για περαιτέρω ανάλυση/αποθήκευση. Αυτοί οι εξυπηρετητές αλλά και τα ασύρματα κανάλια επικοινωνίας στοχοποιούνται από επίδοξους hackers ώστε να υποκλαπούν απόρρητες πληροφορίες. [25]



Εικόνα 22 – Ασφάλεια στα wearables

2.4.5. Μελλοντική εξέλιξη της wearable τεχνολογίας

Η εξέλιξη των wearables και των εφαρμογών τους συνεχίζει καλπάζοντας και θα συνεχίσει με αυτούς τους ρυθμούς στο άμεσο μέλλον. Πλέον δεν θεωρείται καθόλου γραφικό να προλάβουμε να δούμε εφαρμογές που θυμίζουν ταινίες επιστημονικής φαντασίας. Αυτή τη στιγμή αναπτύσσονται ήδη τεχνολογίες ώστε τα wearables να μην τοποθετούνται επιφανειακά στο ανθρώπινο σώμα, αλλά να μπορούν να εμφυτευτούν και να ενσωματωθούν μέσα σε αυτό (implantables και embeddables) καθώς και να καταποθούν (ingestibles) χωρίς να δημιουργήσουν κάποια επιπλοκή. Η εμφύτευση των συσκευών θα μπορεί να γίνει στο χέρι μέχρι και στον ίδιο τον εγκέφαλο. Τα επόμενα wearables προϊόντα οδεύουν προς αυτές τις κατευθύνσεις. [8]

Πραγματοποιείται καθημερινή έρευνα από διάφορες εμπορικές επιχειρήσεις η οποία οδηγείται από την ανάγκη του ανθρώπου για συνεχή βελτίωση της καθημερινότητάς του μέσω της τεχνολογίας. Έτσι σχεδιάζονται συνεχώς νέες καινοτόμες συσκευές που μπορούν να φορεθούν. Από τις εταιρείες ήδη λαμβάνεται feedback από τους πολίτες αναφορικά με προτάσεις τους για επιπλέον εξέλιξη των wearables μέσω ιστοσελίδων που έχουν κατασκευάσει.

Σίγουρα θα προκύψουν στο άμεσο μέλλον ζητήματα νομικής φύσεως και νόμοι/οδηγίες για την εξασφάλιση της προστασίας της δημόσιας υγείας, αλλά και άλλοι κανονισμοί που θα έχουν να κάνουν με την ασφάλεια της υγείας των χρηστών τέτοιων εφαρμογών. Τίθεται πρακτικά το πολύ σοβαρό ζήτημα του εάν υπάρχει το απαιτούμενο πλήθος ανθρώπων το οποίο θα δεχτεί να «τροποποιήσει» το σώμα του ώστε να μπορεί να απολαμβάνει αυτές τις νέες δυνατότητες. Χρειάζεται το κατάλληλο νομικό πλαίσιο το οποίο θα ελέγχει και θα αντιμετωπίζει την ραγδαία εμφάνιση αυτού του φαινομένου το οποίο κινδυνεύει από ένα νέο είδος hackers αυτό των bio-hackers. [26]

Ένα πολύ θετικό βήμα στην ανάπτυξη της wearable τεχνολογίας, είναι το κόστος των υλικών που χρησιμοποιούνται το οποίο όσο ωριμάζει η τεχνολογία θα μειώνεται ακόμη περισσότερο. Αυτό θα επιταχυνθεί ακόμα πιο πολύ με την εμφάνιση μιας νέας τεχνολογίας που αναμένεται να βοηθήσει στην κατασκευή των wearables, αυτή των 3D εκτυπωτών.

3. IoT στο βιομηχανικό περιβάλλον

3.1. Παρελθόν - Παρόν

Ένας πολύ σημαντικός τομέας της καθημερινότητας του ανθρώπου στον οποίο έχουν εισχωρήσει δυναμικά οι νέες τεχνολογίες είναι αυτός της εργασίας. Πιο συγκεκριμένα, η βιομηχανία είναι αυτή που βγαίνει περισσότερο κερδισμένη με την συνεχόμενη ανάπτυξη εκατοντάδων καινοτόμων λύσεων χρόνο με το χρόνο, οι οποίες υπόσχονται να φέρουν την αύξηση της παραγωγικότητας στο εργασιακό περιβάλλον. [e17]

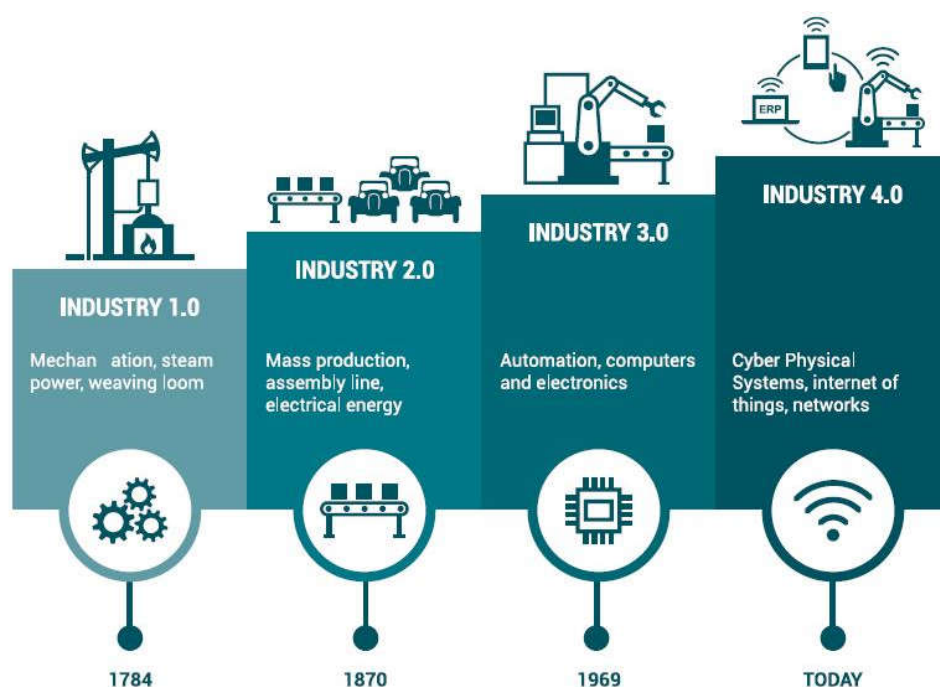
Ανέκαθεν, η βιομηχανία στηριζόταν στην βοήθεια της τεχνολογίας ώστε να γίνει πιο παραγωγική, ενώ ταυτόχρονα να μειωθεί το κόστος (σε ανθρώπινο δυναμικό αλλά και σε υλικά που χρησιμοποιούνται). Στον αιώνα που διανύουμε, η παγκόσμια τάση που εμφανίστηκε στην παραγωγή είναι η στροφή προς την προστασία του περιβάλλοντος παράλληλα με την χρήση των φυσικών της πόρων. Ακόμα και σε αυτό η τεχνολογία έχει καθοριστικό ρόλο και είναι σε θέση ακόμα και να μετατρέψει τα εργοστάσια χημικών σε «πράσινα».

Σε όλους τους διαφορετικούς εργασιακούς τομείς που απασχολούνται άνθρωποι, αλλά κυρίως στη βαριά βιομηχανία, η μεγαλύτερη ανάγκη όμως είναι η προστασία της ίδιας της ανθρώπινης ζωής και της υγείας του εργαζομένου. Εδώ είναι που η τεχνολογία πρέπει να αποδείξει πως είναι σε θέση πραγματικά να κάνει τη διαφορά και να εμπλακεί στην προστασία του ανθρώπινου παράγοντας κάνοντας όσο το δυνατόν πιο εύκολες τις συνθήκες εργασίας. Ο εργάτης ανέκαθεν χρησιμοποιούσε την τεχνολογία (έως βασιζόταν ολοκληρωτικά από αυτή) για να προστατεύσει τον εαυτό του στην εργασία. Τέτοια παραδείγματα είναι τα μηχανήματα που ανυψώνουν βαριά υλικά, διάφοροι μετρητές θερμοκρασίας και ανιχνευτές χημικών και άλλων βλαβερών ουσιών στον αέρα, και φυσικά η χρήση υπολογιστών που αναλύουν ουσίες και πιέσεις και εκτελούν εργασίες οι οποίες είναι βλαβερές για τον οργανισμό.

Με την έλευση των «έξυπνων» αντικειμένων (αυτό που ονομάζουμε Internet of Things), η χρήση της τεχνολογίας απογειώνεται στον εργασιακό τομέα. Διανύουμε την εποχή όπου εμφανίζονται εφαρμογές φορητών αισθητήρων οι οποίες φαντάζουν να έχουν βγει από ταινία επιστημονικής φαντασίας και όχι άδικα. Κατά την διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών, η παραγωγή έχει αυτοματοποιηθεί στο μεγαλύτερο μέρος της.

Από το 1969, η βιομηχανία υιοθέτησε πλήρως τα ηλεκτρονικά συστήματα, τους αυτοματισμούς και τη χρήση των ηλεκτρονικών υπολογιστών στην παραγωγή. Έτσι η βιομηχανία αναβαθμίστηκε στη λεγόμενη “Industry 3.0” όπου ήταν μια έκδοση με διαφορετική φιλοσοφία από τις προηγούμενες στο πως εκμεταλλευόταν τον ανθρώπινο παράγοντα. Ο άνθρωπος άρχισε να σχεδιάζει, να προγραμματίζει συστήματα και να χρησιμοποιεί αυτοματισμούς ώστε να γίνεται πιο αποδοτική η εργασία του προστατεύοντας ταυτόχρονα και τον εαυτό του. Αυτό ήρθε σε αντίθεση με τη θέση του εργάτη που όλη του η παραγωγική ημέρα αναλωνόταν σε χειρωνακτικές εργασίες.

Σήμερα, αναβαθμίζεται εκ νέου η βιομηχανία στην έκδοση 4.0 (Industry 4.0) με τη μαζική χρήση των αισθητήρων και των ασύρματων δικτύων. Το Internet of Things δεν αναπτύσσεται μόνο για τον τελικό καταναλωτή και τις εμπορικές εφαρμογές, αλλά αρχίζει και ενσωματώνεται σε όλο το μήκος της παραγωγικής διαδικασίας.



Εικόνα 23 – Οι «εκδόσεις» της βιομηχανίας

Πηγή: <http://blogs.brighton.ac.uk/thedigitalrevolution/2018/04/03/uk-preparing-students-fourth-industrial-revolution/>

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο αυτής της εργασίας, θα ασχοληθούμε με τον τρόπο ενσωμάτωσης των επιμέρους τεχνολογιών που αναφέραμε προηγουμένως στην βιομηχανική παραγωγή. Θα ασχοληθούμε με την προστασία της υγείας του εργαζομένου και πιο συγκεκριμένα θα μελετήσουμε τη χρήση αισθητήρων

συνδεδεμένων στο νέφος ώστε να υλοποιηθεί ένας τέτοιος μηχανισμός. Στη συνέχεια θα δούμε τα πλεονεκτήματα αλλά και τα προβλήματα που δημιουργούνται από αυτήν την τεχνολογία καταλήγοντας σε κάποια συμπεράσματα τα οποία χρήζουν περαιτέρω έρευνας στο μέλλον.

3.2. Περιγραφή τεχνολογίας

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο θα μελετήσουμε τα οφέλη χρήσης του Διαδικτύου Αντικειμένων (Internet of Things) όταν αυτό συνδυάζεται με τα φορητά «έξυπνα» αντικείμενα και την Υπολογιστική Νέφος (Cloud Computing) σε βιομηχανικό χώρο εργασίας όπου το περιβάλλον έχει αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία του εργαζομένου (χημικές ουσίες στον αέρα και αυξημένη θερμοκρασία). Θα δούμε τη χρήση αισθητήρων, που θα ανήκουν σε ένα wireless sensor network, οι οποίοι θα επικοινωνούν ασύρματα μεταξύ τους αλλά και με έναν κεντρικό server στο cloud (μέσω του Internet). Το δίκτυο αυτό θα συλλέγει ατμοσφαιρικά δεδομένα σε πραγματικό χρόνο τα οποία θα οδεύουν προς επεξεργασία/αποθήκευση στον εξυπηρετητή. Έτσι θα μπορεί ανά πάσα στιγμή να υπάρχει ειδοποίηση στους εργαζόμενους που θα φορούν τους sensors (wearables) όταν κάποιες τιμές ρύπανσης ξεπεράσουν το επιθυμητό όριο στο χώρο εργασίας ώστε να λαμβάνονται τα απαραίτητα μέτρα για την πρόληψη της υγείας τους. Επίσης θα υπάρχει δυνατότητα συσχέτισης των δεδομένων που συλλέχθηκαν για την εξαγωγή report με στατιστικά στοιχεία έχοντας ως βάση ιστορικά δεδομένα που θα είναι αποθηκευμένα στο νέφος συνεχόμενα. [e16, e17]

Τα «έξυπνα» αντικείμενα τα οποία διαθέτουν ενσωματωμένους αισθητήρες, επιλέγουμε να είναι δύο, ένα «έξυπνο» ρολόι και μια έξυπνη μάσκα. Τα δύο αυτά αντικείμενα, με τους κατάλληλους αισθητήρες μπορούν να μετρούν τέσσερα πολύ βασικά δεδομένα τα οποία μας δείχνουν την κατάσταση της υγείας του χρήστη. Τα δεδομένα αυτά είναι οι καρδιακοί παλμοί του χρήστη καθώς και το ποσοστό του οξυγόνου στο αίμα (το ρολόι), η εξωτερική θερμοκρασία και την ύπαρξη χημικών ουσιών στον αέρα μέσω μέτρησης του PH της ατμόσφαιρας. [e15]

Η διασύνδεση μεταξύ των επιμέρους τεχνολογιών μπορεί να χωριστεί σε δύο ανεξάρτητα μέρη τα οποία όμως συνεργάζονται ώστε να πραγματοποιείται ο ζητούμενος στόχος. Το πρώτο κομμάτι είναι η υλοποίηση του WPAN (Wireless Personal Area Network) το οποίο βρίσκεται ανάμεσα στους δύο αισθητήρες (έξυπνο

ρολόι και μάσκα) και την διαδικτυακή πύλη (στη συγκεκριμένη περίπτωση το ρόλο του gateway έχει το smartphone). Η επικοινωνία θα γίνεται μέσω του πρωτοκόλλου Bluetooth. Το συγκεκριμένο είναι ιδανικό για χρήση σε αντικείμενα με χαμηλή κατανάλωση ενέργειας τα οποία βρίσκονται σε κοντινή απόσταση μεταξύ τους (το πολύ 10m). Έτσι λοιπόν, ο χρήστης θα φορά το «έξυπνο» ρολόι, την «έξυπνη μάσκα» και θα φέρει πάνω του το smartphone. Αυτό θα δέχεται τα δεδομένα των δύο αισθητήρων και μέσω κατάλληλης εφαρμογής θα τα προωθεί στον προεπιλεγμένο εξυπηρετητή.

Το δεύτερο κομμάτι είναι το WLAN (Wireless Local Area Network) το οποίο ουσιαστικά περιγράφει τη σύνδεση του WPAN με το διαδίκτυο. Εδώ περιγράφεται η σύνδεση του smartphone με το διαδίκτυο. Το πρωτόκολλο διασύνδεσης που χρησιμοποιείται είναι το WiFi (802.11). Με αυτό θα συνδέεται το κινητό τηλέφωνο του χρήστη μέσω κάποιου Access Point του χώρου. Η ασύρματη επικοινωνία θα γίνεται με ασφάλεια (end to end κρυπτογράφηση) και όλη η λειτουργία του δικτύου θα είναι ενεργειακά αποδοτική. [31, e18]

Στο τελικό στάδιο, θα υπάρχει ένας εξυπηρετητής στο νέφος ο οποίος θα είναι ο τελικός αποδέκτης των πληροφοριών (των μετρήσεων) που θα συλλέγονται για περαιτέρω επεξεργασία και αποθήκευση. Πάνω σε αυτόν τον server θα αναπτυχθεί ένα web application το οποίο θα λαμβάνει τις μετρήσεις, μέσω του διαδικτύου, κρυπτογραφημένες και με κάποια κωδικοποίηση (πιθανή η χρήση xml αρχείων) και στη συνέχεια θα τις αποθηκεύει σε μια τοπική βάση δεδομένων. Θα υπάρχει η προγραμματιστική λογική ώστε τα δεδομένα αυτά να συσχετίζονται παράγοντας κάποια πολύ χρήσιμα reports που θα μπορούν να χρησιμοποιηθούν.

Συνοψίζοντας, θα περιγράψουμε μια τυπική χρήση του ολοκληρωμένου συστήματος που παρουσιάζουμε το οποίο δημιουργείται από τη συνεργασία των τεχνολογιών IoT, WSN και Cloud. Ο χρήστης της τεχνολογίας είναι ο εργαζόμενος στην παραγωγή κάποιας βαριάς βιομηχανίας (π.χ. βιομηχανία αλουμινίου) ο οποίος εργάζεται σε περιβάλλον με αυξημένη εξωτερική θερμοκρασία και κινδύνους από χημικές ουσίες στον αέρα (ένα παράδειγμα είναι το χυτήριο στο οποίο λιώνει το scrap). Αυτός θα φέρει πάνω του ένα «έξυπνο» ρολόι το οποίο θα μετρά τους σφυγμούς του και το οξυγόνο στο αίμα του. Παράλληλα θα φορά προστατευτική μάσκα η οποία μέσω αισθητήρα που θα διαθέτει θα μετρά την θερμοκρασία και το PH του αέρα. Τα

δεδομένα θα συλλέγονται από το smartphone που θα έχει μαζί του και θα αποστέλλονται στον εξυπηρετητή του νέφους. Εκεί θα ελέγχονται αν βρίσκονται στα επιτρεπτά όρια που έχουν οριστεί. Αν έχουμε απόκλιση, θα ειδοποιείται ο χρήστης άμεσα με ειδοποίηση στο «έξυπνο» ρολόι και θα μπορεί να δει τις λεπτομέρειες του προβλήματος στην οθόνη του κινητού. Ταυτόχρονα, οι πληροφορίες αυτές θα αποθηκεύονται στο cloud ώστε να είναι διαθέσιμες ανά πάσα στιγμή στους ενδιαφερόμενους. Μέσω κατάλληλης εφαρμογής θα δημιουργούνται τα ζητούμενα reports. Με τη χρήση αυτή θα μπορούν να ελέγχονται αλλά και να προλαμβάνονται ζητήματα υγείας των εργαζομένων σε πραγματικό χρόνο.

Στην επόμενη εικόνα βλέπουμε σχηματικά την συνεργασία των τεχνολογιών:



Εικόνα 24 – Προτεινόμενο μοντέλο

3.3. Οφέλη και προβλήματα

Πολλά είναι τα οφέλη που δημιουργούνται από τη χρήση των τεχνολογιών που περιγράψαμε στα προηγούμενα κεφάλαια, όμως δημιουργούνται παράλληλα σημαντικά προβλήματα τα οποία είναι προς μελλοντική διερεύνηση. [31, e18]

- Τα μεγαλύτερα οφέλη συνοψίζονται παρακάτω:

Αίσθηση σιγουριάς του εργαζομένου

Ο εργαζόμενος, εφόσον αφομοιώσει στην καθημερινότητα της εργασίας του τη χρήση της συγκεκριμένης τεχνολογίας, θα αισθάνονται μεγαλύτερη σιγουριά κατά την εκτέλεση εργασιών σε επικίνδυνα περιβάλλοντα. Αμέσως θα γίνει πιο αποδοτικός και πιο συγκεντρωμένος στην παραγωγική διαδικασία. Με αυτή την συγκέντρωση θα μπορεί πλέον να ανησυχεί μόνο για την αποφυγή σοβαρών τραυματισμών (π.χ από βαρέως τύπου μηχανήματα) αφού η παρακολούθηση της υγείας του θα είναι αυτοματοποιημένη.

Άμεση προειδοποίηση

Ο εργαζόμενος αλλά και ο εργοδότης θα μπορούν άμεσα (σε πραγματικό χρόνο) να πληροφορούνται για τυχόν αρνητικές αλλαγές στα δεδομένα υγείας. Έτσι θα προλαμβάνονται ακόμη πιο γρήγορα τυχόν εργατικά ατυχήματα αλλά και θα μειωθεί η εμφάνιση μελλοντικών παθήσεων.

Ελάχιστος επιπλέον εξοπλισμός

Σύμφωνα και με το σχεδιάγραμμα που παρουσιάσαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο το οποίο περιγράφει τα συστατικά στοιχεία που θα χρησιμοποιηθούν, ο επιπλέον εξοπλισμός που αναλογεί σε κάθε εργαζόμενος είναι μικρός. Αρκεί να σκεφτούμε πως πρόκειται για δύο αισθητήρες και ένα smartphone (το οποίο πιθανόν ήδη να το φέρουν μαζί τους) για κάθε εργαζόμενο. Οι αισθητήρες συγκεκριμένα έχουν αμελητέο βάρος επομένως δε θα επηρεάσουν καθόλου τη λειτουργικότητα του εργαζόμενου. Μην ξεχνάμε επίσης πως η διασύνδεση θα γίνεται με τη χρήση της ήδη υπάρχουσας ασύρματης δικτυακής υποδομής.

Στατιστικά και ιστορικά στοιχεία

Όλα τα δεδομένα θα μεταφέρονται σε έναν εξυπηρετητή στο νέφος όπου και θα αποθηκεύονται. Θα μπορούν να διατηρούνται και προηγούμενα ιστορικά στοιχεία μέσω των οποίων θα γίνονται διαθέσιμα διάφορα στατιστικά συμβάλλοντας στην διαρκή βελτίωση της εταιρείας σε θέματα πρόληψης υγείας των εργαζομένων.

Διαθεσιμότητα των δεδομένων

Τα δεδομένα που θα συλλέγονται θα αποθηκεύονται στο νέφος (στο διαδίκτυο), επομένως θα είναι συνεχώς διαθέσιμα και προσβάσιμα 24 ώρες 365 ημέρες. Σε αυτό συμβάλει καθοριστικά και ο εξυπηρετητής που θα φιλοξενεί τα δεδομένα αυτά, μέσω χρήσης διαδικασιών backup.

Διασύνδεση με άλλες εφαρμογές της επιχείρησης

Η υλοποίηση της τεχνολογίας αυτής θα είναι ένα ξεχωριστό υπολογιστικό περιβάλλον. Εφόσον όμως η επικοινωνία των αντικειμένων θα γίνεται με τη χρήση της υπάρχουσας δικτυακής υποδομής (WLAN και διαδίκτυο), θα μπορεί να διασυνδεθεί και να συνεργαστεί με τις υπόλοιπες επιχειρησιακές εφαρμογές (π.χ. ERP) ώστε να αυξηθεί η αποτελεσματικότητα.

- Όσον αφορά τα προβλήματα που δημιουργούνται, τα πιο βασικά είναι τα εξής:

Εξοπλισμός wearables πάνω στον εργαζόμενο

Ο ίδιος ο εξοπλισμός που θα φέρει ο εργαζόμενος πάνω του θα δημιουργήσει αντικειμενικές δυσκολίες. Όσο μικρό και να είναι το βάρος των αισθητήρων, δεν παύει να είναι επιπλέον βάρος και όγκος που θα φέρει ο κάθε άνθρωπος για 8 συνεχόμενες ώρες. Επίσης σημαντικό είναι το υλικό από το οποίο είναι φτιαγμένοι ώστε να εξασφαλιστεί η βιοσυμβατότητα με το ανθρώπινο σώμα. Τέλος, ένα άλλο σημαντικό πρόβλημα είναι η ενεργειακή αυτονομία που θα πρέπει να παρέχουν οι συσκευές αυτές αφού όπως καταλαβαίνουμε δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν μεγάλες και βαριές πηγές ενέργειας.

Επιπλέον κόστος της υλοποίησης (εξοπλισμού και διαχείρισης)

Το κόστος της υλοποίησης της λύσης αυτής είναι αντικειμενικά μικρό. Δεν παύει πάραυτα να είναι επιπλέον το κόστος της αγοράς του εξοπλισμού των αισθητήρων. Το κόστος αυτό αυξάνεται αρκετά όταν το πλήθος των χρηστών είναι μεγάλο. Επίσης δεν

πρέπει να ξεχνάμε και το επιπλέον κόστος της διαχείρισης, αφού όσο αυτοματοποιημένα και να είναι το σύστημα, θα χρειαστεί σίγουρα επιπλέον προσωπικό το οποίο θα αναλάβει τη διαχείριση και τη συντήρησή του.

Ασφάλεια του συστήματος

Κύριο πρόβλημα της υιοθέτησης αυτής της τεχνολογίας είναι η ασφάλεια του συστήματος. Πρέπει να κατανοήσουμε πως εφόσον προσθέτουμε στο δίκτυο της εταιρείας επιπλέον συστήματα με πρόσβαση σε αυτό, δημιουργούνται ακούσια επιπλέον «τρύπες» στην ολική ασφάλεια της υποδομής. Αυτές τις ευπάθειες μπορεί να χρησιμοποιήσει κάποια κακόβουλη οντότητα ώστε να δημιουργήσει ζημιά στη λειτουργία της εταιρείας.

Διασφάλιση προσωπικών δεδομένων υγείας

Ένα άλλο μεγάλο ζήτημα που δημιουργείται είναι η διασφάλιση των προσωπικών δεδομένων υγείας των εργαζομένων. Το συγκεκριμένο ζήτημα γεννάται αφού όλα τα δεδομένα που συλλέγονται, προωθούνται για επεξεργασία και αποθήκευση στο νέφος μέσω του διαδικτύου το οποίο είναι δημόσιο. Σίγουρα κανείς άνθρωπος δεν επιθυμεί τα προσωπικά του δεδομένα (ακόμη περισσότερο όταν αφορούν την υγεία του) να υποκλαπούν ή και να διαρρεύσουν από κάποιον τρίτο.

Μη ωρίμανση της τεχνολογίας

Όπως όλες οι νέες τεχνολογίες που εμφανίζονται στις μέρες μας, έτσι κι αυτή δεν έχει προλάβει να ωριμάσει αρκετά ώστε μπορεί να τύχει πλήρους αποδοχής. Σίγουρα τα δίκτυα των αισθητήρων και οι αισθητήρες οι ίδιοι εξελίσσονται μέρα με τη μέρα. Όμως ακόμα υπάρχουν πολλά προβλήματα και βελτιώσεις στη λειτουργία τους ώστε να έρθει η στιγμή που θα υιοθετηθούν από τις μεγάλες βιομηχανίες. Έως τότε, η μεγαλύτερη χρήση των wearables γίνεται από καταναλωτές οι οποίοι διαθέτουν το χρόνο, τη διάθεση και το χρήμα ώστε να απολαμβάνουν τα οφέλη αυτής της τόσο συναρπαστικής τεχνολογίας η οποία βρίσκεται σε πρώιμο επίπεδο.

4. Υλοποίηση διεπαφής προτεινόμενης εφαρμογής

4.1. Γενικά για το Android

Για το πρακτικό μέρος της συγκεκριμένης διπλωματικής, αποφάσισα να υλοποιήσω την εφαρμογή η οποία θα είναι ο συνδετικός κρίκος ανάμεσα στους αισθητήρες που θα φορά ο εργαζόμενος και στον cloud server που θα εκτελεί την επεξεργασία και αποθήκευση των δεδομένων που θα λαμβάνει.

Η ανάπτυξη της εφαρμογής έγινε ώστε να μπορεί να εκτελεστεί σε περιβάλλον λειτουργικού android. Το android είναι λειτουργικό σύστημα του οποίου η ανάπτυξη και υποστήριξη ανήκει στην Google Inc. Βασίζεται στον πυρήνα του Linux ο οποίος είναι ανοιχτού κώδικα. Η κύρια γλώσσα προγραμματισμού που χρησιμοποιείται για το back end των εφαρμογών είναι η Java, ενώ για τη διεπαφή με το χρήστη (front end) χρησιμοποιείται η XML.

Το android σχεδιάστηκε αρχικά για συσκευές που διαθέτουν οθόνη αφής (κυρίως smartphones και tablets). Στη συνέχεια μπήκε δυναμικά στην αγορά των τηλεοράσεων (Android TV), στα αυτοκίνητα (Android Auto) και στα ρολόγια χειρός μέσω του Android Wear. Μετά τη ραγδαία εξέλιξή του το βλέπουμε πλέον να υπάρχει και σε κονσόλες παιχνιδιών, ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές και σε άλλες ηλεκτρονικές συσκευές (πχ οικιακές συσκευές). [e19]

Η απόφαση να χρησιμοποιηθεί το android ως το λειτουργικό που θα φιλοξενήσει την εφαρμογή μου βασίστηκε σε μεγάλο βαθμό στο ότι στις μέρες μας είναι το πιο διαδεδομένο λογισμικό στον κόσμο με το μεγαλύτερο adaption συσκευών και τεράστια βάση developers που το χρησιμοποιούν. Επίσης η ανάπτυξη είναι εύκολη, γρήγορη και υπάρχουν αμέτρητες πηγές στο διαδίκτυο που μπορεί να χρησιμοποιήσει ακόμα και ο πιο αρχάριος προγραμματιστής.

Στις 5 Νοεμβρίου 2007 έγινε η πρώτη παρουσίαση του λειτουργικού android, ενώ ταυτόχρονα ανακοινώθηκε η ίδρυση του οργανισμού Open Handset Alliance. Η τελευταία είναι μια κοινοπραξία 48 εταιρειών που ασχολούνται με την ανάπτυξη λογισμικού, την κατασκευή υλικού και τις τηλεπικοινωνίες. Ο οργανισμός αυτός είναι αφιερωμένος στην ανάπτυξη/εξέλιξη ανοιχτών προτύπων για τις συσκευές κινητής τηλεφωνίας. Ο κώδικας του android (το μεγαλύτερο μέρος του τουλάχιστον) δημοσιεύτηκε από την Google υπό της ελεύθερης άδειας λογισμικού Apache License.

Οι εκδόσεις του android φαίνονται συνοπτικά στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 25 - Εκδόσεις Android

Πηγή: <http://magivatech.com/blog/info/android-versions>

4.2. Περιβάλλον ανάπτυξης – Android Studio

Για την ανάπτυξη της εφαρμογής χρησιμοποιήθηκε το Android Studio. Το συγκεκριμένο είναι το πιο διαδεδομένο IDE (ολοκληρωμένο προγραμματιστικό περιβάλλον) για την ανάπτυξη android εφαρμογών. Είναι ελεύθερα διαθέσιμο με την άδεια Apache License 2.0 ενώ αρχικά ανακοινώθηκε στις 13 Μαΐου 2013 στο συνέδριο Google I/O. [e21]

Ένα IDE αποτελεί μια ολοκληρωμένη σουίτα ανάπτυξης λογισμικού η οποία βοηθά σημαντικά στον σχεδιασμό, ανάπτυξη και τεκμηρίωση των εφαρμογών που υλοποιούνται μέσω αυτής. Δίνει στον προγραμματιστή πολύ χρήσιμες δυνατότητες και εργαλεία τα οποία χρησιμοποιεί καθ' όλη τη διάρκεια του development. Τα πιο σημαντικά εργαλεία είναι η αυτόματη παραγωγή κώδικα, ο editor για τη συγγραφή του source code, ο compiler μαζί με debugger για αποσφαλμάτωση, η αυτόματη εισαγωγή βιβλιοθηκών καθώς και εργαλεία ενσωμάτωσης γραφικών στην εφαρμογή για το σχεδιασμό του interface που βλέπει ο χρήστης (μέσω επεξεργαστή XML). Ανά πάσα στιγμή μπορούμε να δούμε σε λειτουργία την εφαρμογή μας αφού υπάρχει δυνατότητα preview ακόμη και σε συνδεδεμένο android τηλέφωνο. [e20, e21]

4.3. Επεξήγηση λειτουργικότητας και παραδείγματα χρήσης

Η εφαρμογή αυτή θα βρίσκεται στο «έξυπνο κινητό» του κάθε ανθρώπου που θα φέρει τους αισθητήρες. Το smartphone ενδείκνυται να τοποθετείται σε σημείο που δεν θα εμποδίζει τις κινήσεις του ατόμου και θα είναι σε συνεχή επικοινωνία με τους

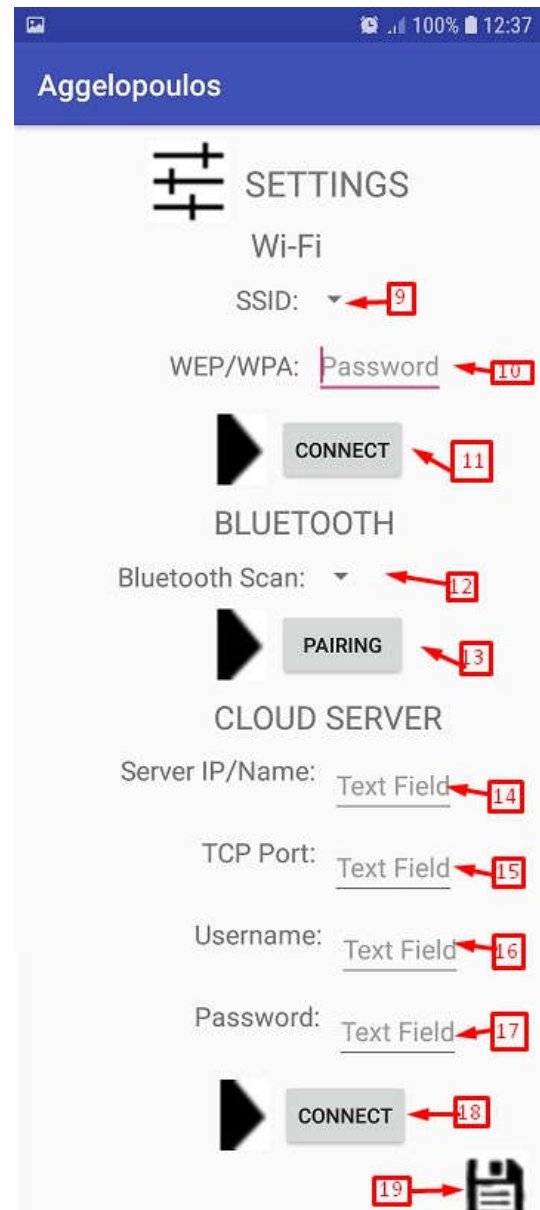
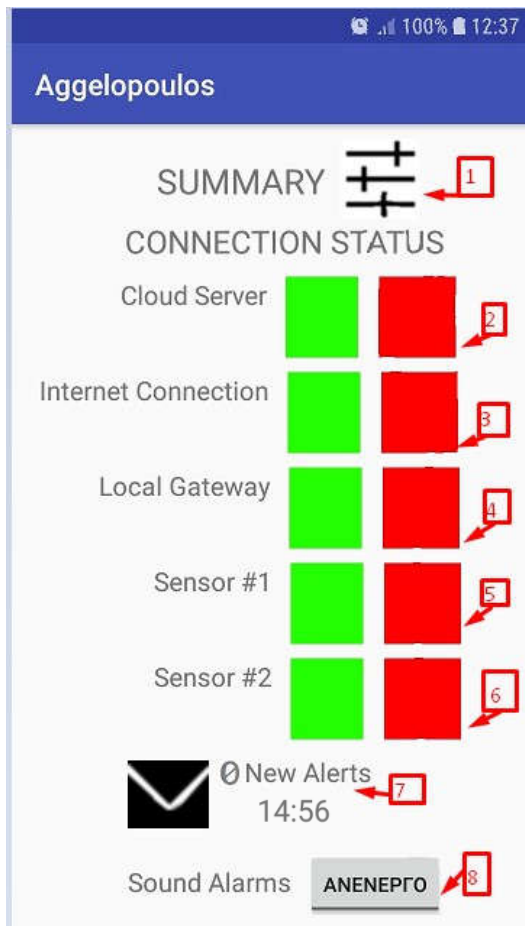
αισθητήρες πάνω του. Ένα καλό παράδειγμα τοποθέτησης είναι το μπράτσο του χεριού με τη χρήση ειδικής θήκης που προσαρμόζεται στο χέρι και προστατεύει το smartphone.



Εικόνα 26 - Τοποθέτηση smartphone

Το use case scenario της εφαρμογής (στο οποίο βασίζεται και η ανάπτυξή της) είναι το παρακάτω: Ο χρήστης έχει προσαρμοσμένο πάνω του το smartphone στο οποίο εκτελείται η εφαρμογή καθ' όλη τη διάρκεια της εργασίας του. Με τη χρήση του Bluetooth η εφαρμογή θα επικοινωνεί με τους δύο αισθητήρες που φέρει το σώμα. Ταυτόχρονα μέσω Wifi θα συνδέεται στον cloud server στο διαδίκτυο όπου θα αποστέλλει δεδομένα που συλλέγει από τους αισθητήρες. Εκεί θα γίνεται η κατάλληλη επεξεργασία τους και θα επιστρέφει στο smartphone η πληροφόρηση σε μορφή alert για να προειδοποιεί τον εργαζόμενο.

Η εφαρμογή για να είναι απλή και εύκολη στη χρήση της αποτελείται από δύο οθόνες (την SUMMARY και την SETTINGS) οι οποίες παρατίθενται παρακάτω με τις κατάλληλες επεξηγήσεις.



Εικόνα 27 - Οθόνες εφαρμογής

Επεξηγήσεις:	
1	Κουμπί το οποίο μας οδηγεί στην οθόνη με τις ρυθμίσεις (SETTINGS) της εφαρμογής κατά την πρώτη παραμετροποίησή της ή αν θέλουμε να κάνουμε κάποια αλλαγή.
2	Πράσινη/Κόκκινη ένδειξη η οποία μας δείχνει αντίστοιχα εάν υπάρχει σύνδεση με τον cloud server τον οποίο ορίσαμε στις ρυθμίσεις.
3	Πράσινη/Κόκκινη ένδειξη η οποία μας δείχνει αντίστοιχα εάν υπάρχει σύνδεση με το διαδίκτυο.
4	Πράσινη/Κόκκινη ένδειξη η οποία μας δείχνει αντίστοιχα εάν υπάρχει σύνδεση με τον gateway του δικτύου (λογικά το WiFi router).
5	Πράσινη/Κόκκινη ένδειξη η οποία μας δείχνει αντίστοιχα εάν υπάρχει σύνδεση με τον πρώτο αισθητήρα.
6	Πράσινη/Κόκκινη ένδειξη η οποία μας δείχνει αντίστοιχα εάν υπάρχει σύνδεση με τον δεύτερο αισθητήρα.
7	Πλαίσιο κειμένων όπου εμφανίζονται τα alerts από τον server. (επεξήγηση και ώρα εμφάνισης)
8	Κουμπί με το οποίο ενεργοποιούμε/απενεργοποιούμε και την ηχητική ειδοποίηση για τα alerts.
9	Λίστα η οποία περιέχει τα ονόματα (SSIDs) των ασύρματων δικτύων που βρίσκονται σε εμβέλεια και μπορούμε να συνδεθούμε.

10	<i>Κουτί κειμένου όπου ορίζουμε τον κωδικό WEP ή WPA που απαιτεί το ασύρματο δίκτυο ώστε να συνδεθούμε με ασφάλεια.</i>
11	<i>Κουμπί με το οποίο συνδεόμαστε στο ασύρματο δίκτυο της επιλογής μας.</i>
12	<i>Λίστα με τους αισθητήρες με τους οποίους μπορούμε να συνδεθούμε μέσω Bluetooth.</i>
13	<i>Κουμπί με το οποίο συνδεόμαστε στους αισθητήρες της επιλογής μας.</i>
14	<i>Κουτί κειμένου όπου ορίζουμε τη διεύθυνση IP ή το όνομα του server στον οποίο θα συνδεθούμε.</i>
15	<i>Κουτί κειμένου όπου ορίζουμε την TCP port στην οποία εξυπηρετεί η εφαρμογή που βρίσκεται στον cloud server.</i>
16	<i>Κουτί κειμένου όπου ορίζουμε το όνομα χρήστη (username) για να συνδεθούμε στην η εφαρμογή του cloud server.</i>
17	<i>Κουτί κειμένου όπου ορίζουμε τον κωδικό (password) για να συνδεθούμε στην η εφαρμογή του cloud server.</i>
18	<i>Κουμπί με το οποίο συνδεόμαστε στον server με χρήση των επιλογών μας.</i>
19	<i>Κουμπί με το οποίο αποθηκεύουμε τις ρυθμίσεις μας και επιστρέφουμε στην πρώτη οθόνη (SUMMARY).</i>

Ας δούμε δύο συγκεκριμένα παραδείγματα χρήσης.

Περίπτωση 1 (χωρίς alerts):

Όταν οι συνδέσεις της εφαρμογής με τον cloud server, το διαδίκτυο, το local gateway και τους αισθητήρες λειτουργούν κανονικά τότε οι ενδείξεις 2, 3, 4, 5, και 6 είναι πράσινες. Σε αντίθετη περίπτωση που κάποια ένδειξη είναι κόκκινη δείχνει στον χρήστη το αντίστοιχο πρόβλημα το οποίο πρέπει να πάει στις ρυθμίσεις πατώντας το εικονίδιο 1. Εκεί θα αλλάξει την κατάλληλη μεταβλητή και θα αποθηκεύσει τις αλλαγές του με το κουμπί 19. Στη συνέχεια θα επιστρέψει στην αρχική οθόνη όπου θα βλέπει στο πλαίσιο 7 την ένδειξη “0 New Alerts”.

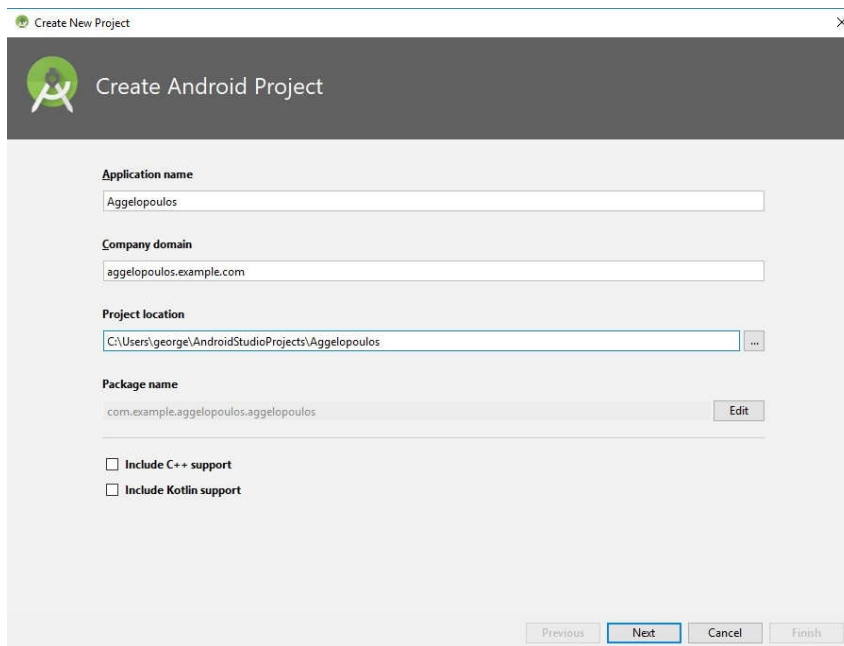
Περίπτωση 2 (με alerts):

Η διαφορά με την περίπτωση 1 είναι πως στο πλαίσιο 7 θα εμφανίζεται σε πραγματικό χρόνο ο αριθμός των alerts όταν κάποιος αισθητήρας διαβάσει κάποια τιμή εκτός ορίων και θα έχει ηχητική προειδοποίηση εφόσον έχει ενεργοποιηθεί από το κουμπί 8. Επίσης θα εμφανίζεται και η ώρα του alert η οποία θα καταγράφεται στον cloud server για μελλοντική χρήση (reports). Δίπλα από τα alerts θα εμφανίζεται και η αντίστοιχη περιγραφή ανάλογα τον αισθητήρα που ενεργοποιήθηκε (πχ “2 New Alerts 10:56 – High Temperature Detected!”).

4.4. Περιγραφή του κώδικα

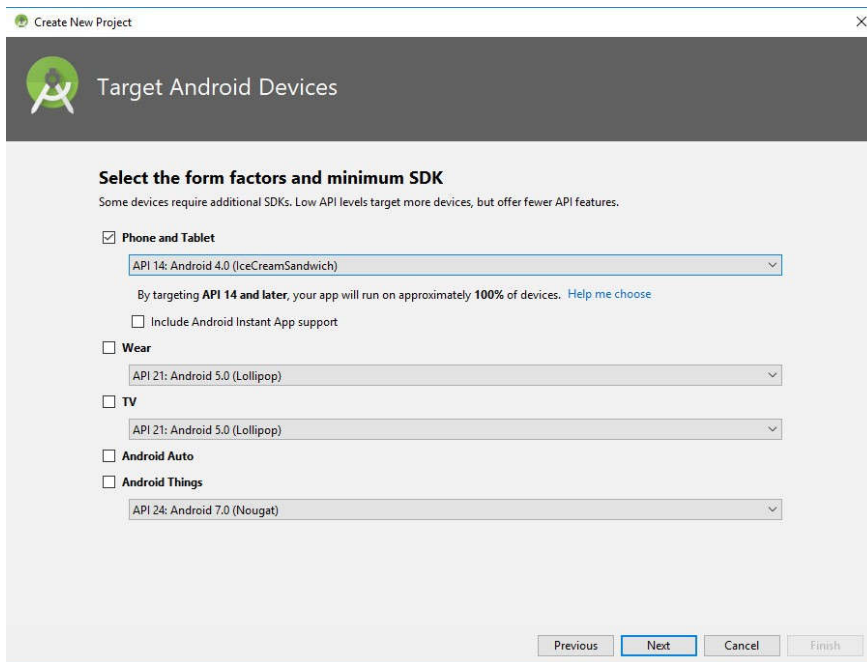
- Δημιουργία Project

Αρχικά δημιουργούμε το νέο project από τον οδηγό του Android Studio. Ορίζουμε το όνομα της εφαρμογής και το σημείο στον δίσκο που θα αποθηκευτεί το project με όλα τα αρχεία που το συνοδεύουν. [e22]



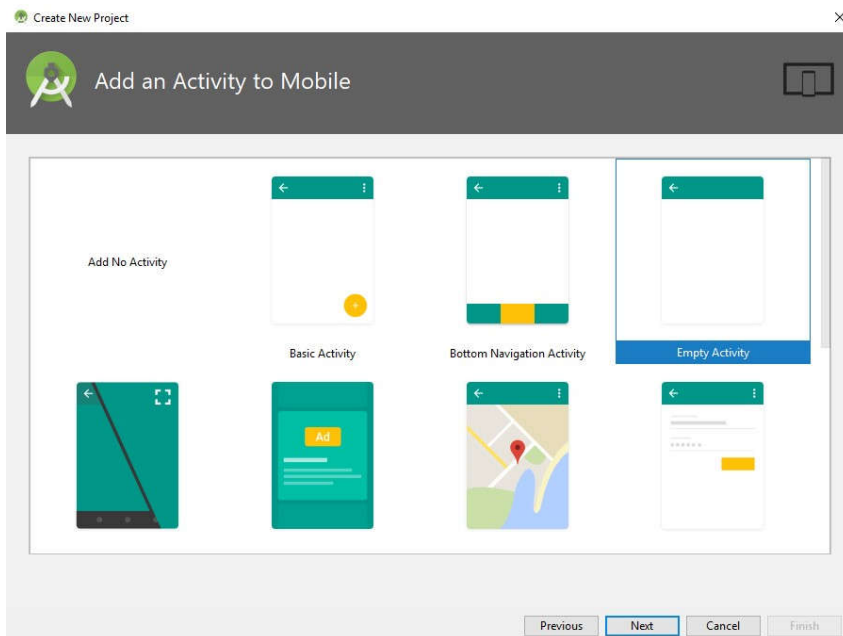
Εικόνα 28 - Create Project

Στη συνέχεια δηλώνουμε την ελάχιστη έκδοση του android στην οποία θα τρέχει η εφαρμογή μας καθώς και τον τύπο της συσκευής (στην περίπτωσή μας το κινητό τηλέφωνο). Αυτό γίνεται για λόγους συμβατότητας που θέλουμε να έχουμε.



Εικόνα 29 - Ορισμός συμβατότητας

Ολοκληρώνουμε τη δημιουργία του project επιλέγοντας το empty activity από την επόμενη οθόνη. Έτσι θα δημιουργηθούν τα απαραίτητα αρχεία ώστε να ξεκινήσουμε με ένα άδειο activity το οποίο θα αποτελεί την αρχική οθόνη της εφαρμογής μας.

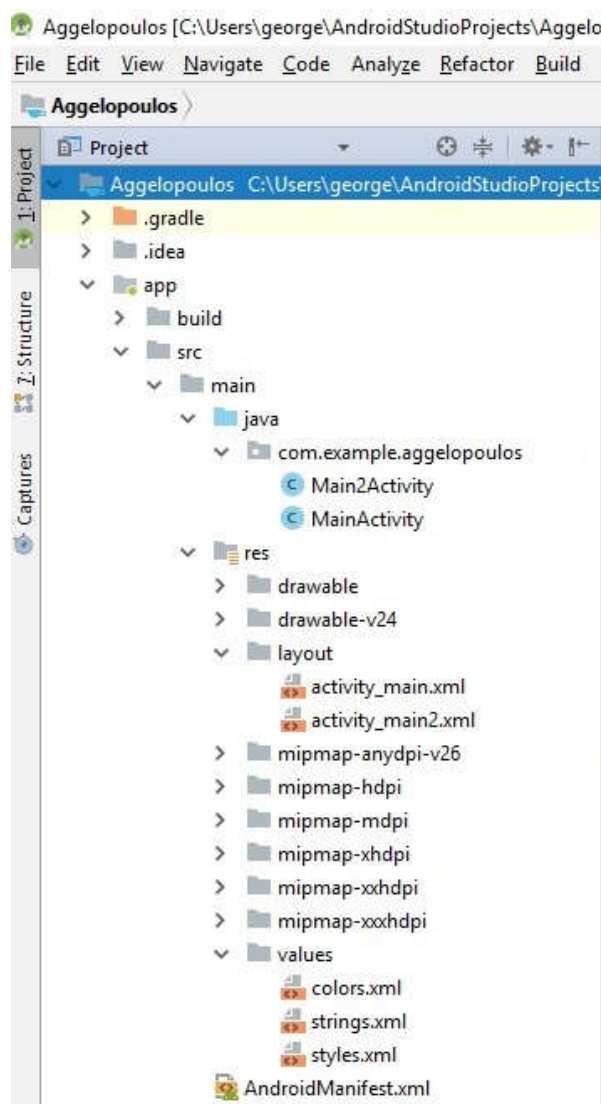


Εικόνα 30 - Empty Activity

- Δομή των παραγόμενων αρχείων

Μετά τη δημιουργία του νέου project, θα δημιουργηθούν κάποια αρχεία αυτόματα τα οποία θα αρχίσουμε να εμπλουτίζουμε με τον δικό μας κώδικα. Τα αρχεία αυτά είναι ένα MainActivity.java και ένα activity_main.xml. Το πρώτο περιέχει τον κώδικα java ο οποίος θα είναι υπεύθυνος για όλες τις λειτουργίες της εφαρμογής (back end) ενώ το δεύτερο είναι αυτό που καθορίζει όλα τα στοιχεία της διεπαφής που βλέπει ο χρήστης (layout). Εδώ “σχεδιάζουμε” την όψη της εφαρμογής χρησιμοποιώντας κατάλληλα εικονίδια, κουμπιά, λίστες με επιλογές, χρώματα κλπ. [e22]

Το tree view που δημιουργείται στα αριστερά του Android Studio είναι ως εξής:



Εικόνα 31 - Project Tree View

Ο φάκελος που μας ενδιαφέρει είναι ο **app/src/main** ο οποίος περιέχει το αρχείο **AndroidManifest.xml**, τον φάκελο **java** που έχει τα **.java** αρχεία με τον κώδικα, και τον φάκελο **res**. Ο τελευταίος περιέχει υποφάκελο **layout** που κρατά τα **.xml** αρχεία που περιγράφουν την όψη των οθονών (activities) της εφαρμογής καθώς και άλλα μικρά **.xml** στον φάκελο **values** που χρησιμοποιούνται για την παραμετροποίηση της εμφάνισης. [e23]

Αναλυτικότερα:

Το **AndroidManifest.xml** είναι ένα αρχείο πολύ σημαντικό για την εφαρμογή καθώς εκεί περιγράφονται όλα τα activities και τα components που απαρτίζουν την εφαρμογή. Επίσης έχει κάποια πληροφορία αναγκαία για το λειτουργικό σύστημα (το Android) στο οποίο θα εκτελείται η εφαρμογή καθώς και τα απαραίτητα packages.

Το **MainActivity.java** είναι το αρχείο με τον κώδικα από όπου ξεκινά και η εκτέλεση της εφαρμογής. Για κάθε οθόνη της εφαρμογής δημιουργείται ξεχωριστό **.java** αρχείο. Στην δική μας περίπτωση που υπάρχει και δεύτερη οθόνη, υπάρχει και το **Main2Activity.java** που έχει τον κατάλληλο κώδικα.

Τα αρχεία **activity_main.xml** και **activity_main2.xml** είναι αρχεία που περιγράφουν την εμφάνιση των δύο αντίστοιχων οθονών και περιέχουν ορισμούς όλων των αντικειμένων (εικονιδίων, υπομενού, κουμπιών κλπ).

Τέλος, τα αρχεία **colors.xml**, **strings.xml** και **styles.xml** είναι αυτά στα οποία ορίζουμε τους χρωματικούς συνδυασμούς και το theme της εφαρμογής. Στον φάκελο **drawable** βρίσκονται όλα τα εικονίδια που χρησιμοποιούμε και τα καλούμε μέσα στα **activity_main.xml** και **activity_main2.xml**.

- Περιγραφή χαρακτηριστικών κομματιών κώδικα

Ας δούμε αναλυτικότερα κάποια χαρακτηριστικά κομμάτια κώδικα, τι εξυπηρετούν καθώς και τις εντολές που έχουμε διαθέσιμες.

AndroidManifest.xml



```
1 <?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
2 <manifest xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
3     package="com.example.aggelopoulos">
4
5     <application
6         android:allowBackup="true"
7         android:icon="@mipmap/ic_launcher"
8         android:label="Aggelopoulos"
9         android:roundIcon="@mipmap/ic_launcher_round"
10        android:supportsRtl="true"
11        android:theme="@style/AppTheme">
12        <activity android:name=".MainActivity">
13            <intent-filter>
14                <action android:name="android.intent.action.MAIN" />
15
16                <category android:name="android.intent.category.LAUNCHER" />
17            </intent-filter>
18        </activity>
19        <activity android:name=".Main2Activity"></activity>
20    </application>
21
22 </manifest>
```

Εικόνα 32 - AndroidManifest.xml

Το συγκεκριμένο αρχείο με αυτό ακριβώς το όνομα είναι απαραίτητο για κάθε εφαρμογή που δημιουργείται στο android. Ο κώδικας που βρίσκεται εδώ περιγράφει πληροφορίες που είναι χρήσιμες για το λειτουργικό σύστημα που θα εκτελείται, για τα εργαλεία ανάπτυξης (πχ android studio) καθώς και για την υπηρεσία Google Play. Η τελευταία είναι η επίσημη υπηρεσία από όπου μπορεί ο καθένας προγραμματιστής να αναρτήσει την εφαρμογή του και να τη διαθέσει με αυτόν τον τρόπο στο υπόλοιπο κοινό.

Μέσα στο τμήμα <application> ορίζουμε κάποια χαρακτηριστικά της εφαρμογής μας όπως το όνομα (android:label), το εικονίδιο που θα έχει (android:icon), το theme που θα χρησιμοποιεί για την εμφάνισή του (android:theme) και τα activities από τα οποία αποτελείται. Τα activities μπορούμε να πούμε πως είναι οι οθόνες της εφαρμογής μας όπου σε αυτές βρίσκονται όλα τα υπόλοιπα αντικείμενα ελέγχου.

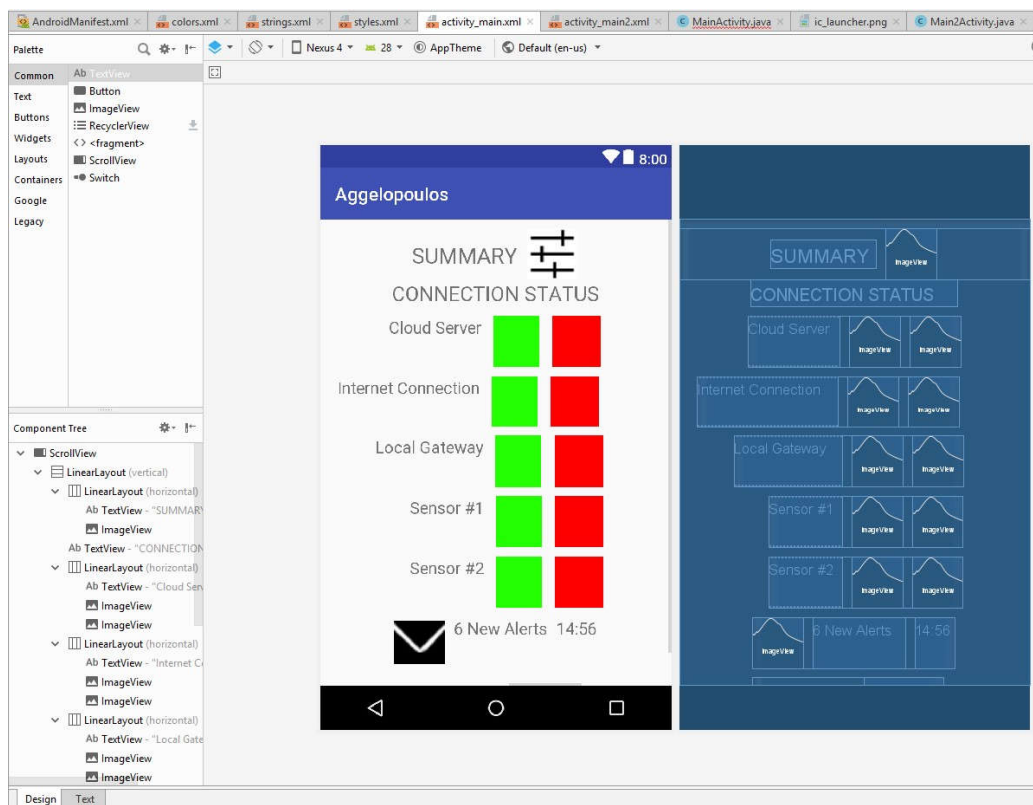
Η εφαρμογή μας θα αποτελείται από δύο οθόνες επομένως και δύο activities. Τα ονόματά τους είναι τα MainActivity και Main2Activity. Αυτά θα είναι και τα ονόματα των αντίστοιχων xml αρχείων με τον κώδικα του κάθε activity. Να σημειώσουμε πως στο MainActivity, ο κώδικας <action android:name="android.intent.action.MAIN">

καθορίζει πως από το συγκεκριμένο activity θα ξεκινάει η εκτέλεση της εφαρμογής και θα εμφανίζεται πρώτη στον χρήστη.

activity_main.xml και activity_main2.xml

Τα δύο αυτά αρχεία είναι υπεύθυνα για τη σχεδίαση του graphics user interface (GUI) της εφαρμογής. Μέσω αυτών σχεδιάζουμε αυτό που θέλουμε να βλέπει ο χρήστης και να αλληλεπιδρά.

Ο πιο εύκολος τρόπος να σχεδιάσουμε ακριβώς όπως θέλουμε την κάθε οθόνη είναι να χρησιμοποιήσουμε την καρτέλα design. Έτσι βλέπουμε την οθόνη που σχεδιάζουμε και μπορούμε να προσθέτουμε το κείμενο (textbox), τα κουμπιά (buttons), τις αναδυόμενες λίστες μας (spinners) καθώς και τα κουτάκια επιλογής (checkboxes) της αρεσκείας μας. Πολύ εύκολα καθορίζουμε το μέγεθός τους και τα στοιχίζουμε ανάλογα.

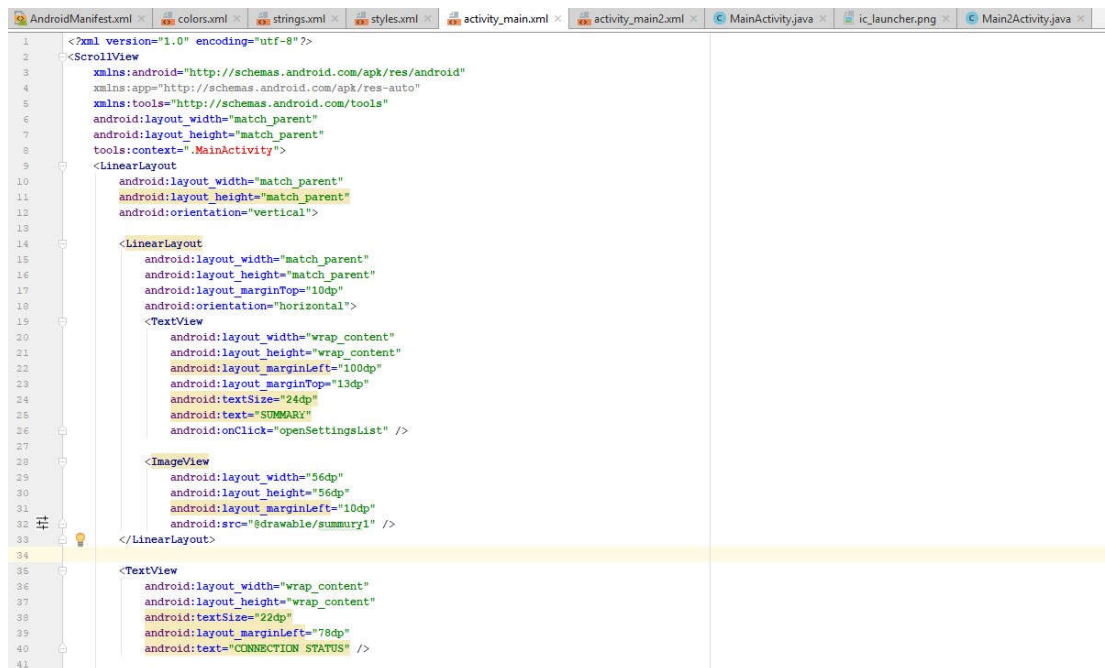


Εικόνα 33 - activity_main.xml σχεδίαση

Το android studio αναλαμβάνει ταυτόχρονα να δημιουργήσει αυτοματοποιημένα τον απαραίτητο κώδικα που περιγράφει όλα αυτά τα αντικείμενα. Τον κώδικα αυτόν μπορούμε να τον δούμε και να τον τροποποιήσουμε αφού βρίσκεται στο αντίστοιχο xml. Κάποιος αρχάριος με τον προγραμματισμό android εφαρμογών μπορεί κάλλιστα

να χρησιμοποιεί το γραφικό περιβάλλον ώστε να σχεδιάσει την εφαρμογή του και να μην χρειαστεί να ασχοληθεί με τον κώδικα. [ε23]

Παρακάτω βλέπουμε και τον αντίστοιχο κώδικα που δημιουργείται για το activity_main.xml του οποίου τις βασικές παραμέτρους θα αναλύσουμε.



```
1 <?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
2 <ScrollView
3     xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
4     xmlns:app="http://schemas.android.com/apk/res-auto"
5     xmlns:tools="http://schemas.android.com/tools"
6     android:layout_width="match_parent"
7     android:layout_height="match_parent"
8     tools:context=".MainActivity">
9     <LinearLayout
10        android:layout_width="match_parent"
11        android:layout_height="match_parent"
12        android:orientation="vertical">
13
14        <LinearLayout
15            android:layout_width="match_parent"
16            android:layout_height="match_parent"
17            android:layout_marginTop="10dp"
18            android:orientation="horizontal">
19            <TextView
20                android:layout_width="wrap_content"
21                android:layout_height="wrap_content"
22                android:layout_marginLeft="100dp"
23                android:layout_marginTop="13dp"
24                android:textSize="24dp"
25                android:text="SUMMARY"
26                android:onClick="openSettingsList" />
27
28            <ImageView
29                android:layout_width="56dp"
30                android:layout_height="56dp"
31                android:layout_marginLeft="10dp"
32                android:src="@drawable/summary1" />
33        </LinearLayout>
34
35        <TextView
36            android:layout_width="wrap_content"
37            android:layout_height="wrap_content"
38            android:textSize="22dp"
39            android:layout_marginLeft="78dp"
40            android:text="CONNECTION STATUS" />
41    </LinearLayout>
</ScrollView>
```

Εικόνα 34 - activity_main.xml κώδικας

Εδώ βλέπουμε πως καθορίζεται ένα <LinearLayout> το οποίο είναι μια κάθετη γραμμική απεικόνιση. Μέσα σε αυτήν εσωκλείονται τα υπόλοιπα στοιχεία. Για παράδειγμα, υπάρχει το <TextView> που είναι το κείμενο που γράφει τη λέξη “SUMMARY”. Έχουμε ορίσει το μέγεθος που θέλουμε να καταλαμβάνει στην οθόνη χρησιμοποιώντας τα android:layout_width, android:layout_height, android:layout_marginLeft και android:layout_marginTop.


Στη συνέχεια καθορίζουμε το μέγεθος του κειμένου με τη χρήση του android:textSize καθώς και το κείμενο με το android:text. Έχουμε τέλος και την ενέργεια που θα εκτελεστεί κατά το πάτημα του κειμένου. Στη συγκεκριμένη περίπτωση δηλώνουμε το <android:onClick> το οποίο περιγράφει ποια ενέργεια θα εκτελεστεί.

Ένα δεύτερο χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι το <ImageView> παρακάτω. Με αυτό τοποθετούμε μια εικόνα στην οθόνη μας. Στο συγκεκριμένο ορατό σημείο κώδικα

ορίζουμε και πάλι το μέγεθος και την τοποθεσία της εικόνας με τις αντίστοιχες παραμέτρους. Αυτή τη φορά έχουμε και την παράμετρο `<android:src>` όπου δηλώνουμε το path της συγκεκριμένης εικόνας που θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε.

colors.xml

Στο αρχείο αυτό ορίζονται τα χρώματα που θα χρησιμοποιούνται στο GUI της εφαρμογής με τον δεκαεξαδικό κώδικά τους. Στη συγκεκριμένη περίπτωση βλέπουμε πως τα χρώματα θα είναι τρία.



```
1 <?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
2 <resources>
3 <color name="colorPrimary">#3F51B5</color>
4 <color name="colorPrimaryDark">#303F9F</color>
5 <color name="colorAccent">#FF4081</color>
6 </resources>
7
```

Εικόνα 35 - colors.xml

strings.xml

Εδώ καθορίζουμε το περιεχόμενο (τις επιλογές) διαφόρων αντικειμένων όπως αναπτυσσόμενες λίστες.



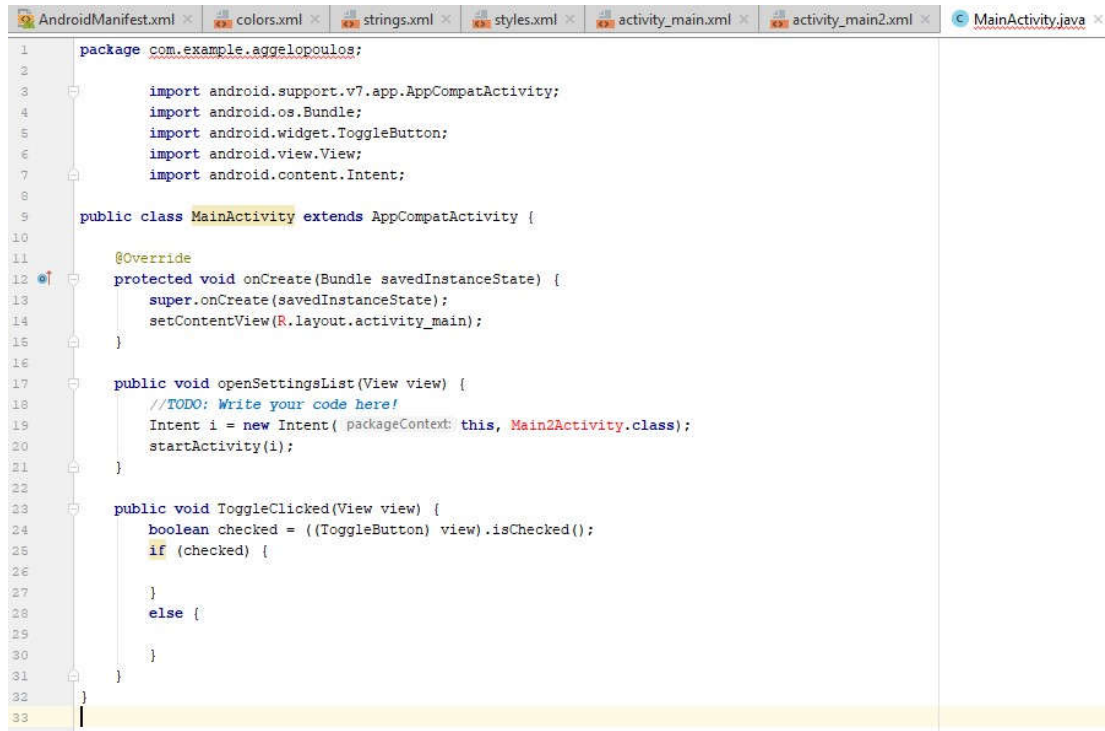
```
1 <resources>
2 <string name="app_name">Aggelopoulos</string>
3 <string-array name="ssid_array">
4 <item>A</item>
5 <item>B</item>
6 <item>C</item>
7 <item>D</item>
8 </string-array>
9 </resources>
```

Εικόνα 36 - strings.xml

Στο συγκεκριμένο αρχείο μας έχουμε καθορίσει τα περιεχόμενα του `<string-array>` με όνομα `ssid_array` το οποία θα εμφανίζει τα διαθέσιμα ασύρματα δίκτυα για να συνδεθεί η εφαρμογή μας. Τα περιεχόμενα είναι της μορφής `<item>`.

MainActivity.java

Αυτό είναι το java αρχείο που είναι υπεύθυνο για την πραγματική υλοποίηση των μηχανισμών της εφαρμογής. Εδώ βρίσκονται όλες οι εντολές που κάνουν την εφαρμογή να “λειτουργεί”. Το συγκεκριμένο που παραθέτω παρακάτω είναι ο κώδικας που ξεκινά πρώτος να εκτελείται (main class).



```
1 package com.example.aggelopoulos;
2
3 import android.support.v7.app.AppCompatActivity;
4 import android.os.Bundle;
5 import android.widget.ToggleButton;
6 import android.view.View;
7 import android.content.Intent;
8
9 public class MainActivity extends AppCompatActivity {
10
11     @Override
12     protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
13         super.onCreate(savedInstanceState);
14         setContentView(R.layout.activity_main);
15     }
16
17     public void openSettingsList(View view) {
18         //TODO: Write your code here!
19         Intent i = new Intent( packageContext: this, Main2Activity.class);
20         startActivity(i);
21     }
22
23     public void ToggleClicked(View view) {
24         boolean checked = ((ToggleButton) view).isChecked();
25         if (checked) {
26
27         }
28         else {
29
30         }
31     }
32 }
33
```

Εικόνα 37 - MainActivity.java

Αρχικά χρησιμοποιούμε κάποια συγκεκριμένα import ώστε να ενσωματώσουμε κάποιον κώδικα ο οποίος είναι σε έτοιμες βιβλιοθήκες και είναι απαραίτητος για τη βασική λειτουργία της εφαρμογής.

Στη συνέχεια δηλώνουμε την κλάση MainActivity η οποία κληρονομεί την AppCompatActivity με την εντολή `public class MainActivity extends AppCompatActivity`. Αυτό που έχουμε να κάνουμε από εκεί και πέρα είναι να υλοποιήσουμε (να κάνουμε override) τις μεθόδους που προϋπάρχουν στην κλάση που κληρονομήσαμε. Το συγκεκριμένο το βλέπουμε στη δήλωση των μεθόδων `openSettingsList()` και `ToggleClicked()`. Σε αυτές θα πρέπει να προσθέσουμε τον κώδικά μας ο οποίος θα είναι υπεύθυνος για τις αντίστοιχες ενέργειες.

Σημείωση: Το σύνολο του κώδικα βρίσκεται στο Παράρτημα Α όπου μπορεί να ανατρέξει κανείς για να δει την πλήρη υλοποίηση.

4.5. Περιορισμοί της προτεινόμενης λύσης/εφαρμογής

Μετά την ολοκλήρωση της συγκεκριμένης έρευνας και προτεινόμενης πρακτικής λύσης, προκύπτουν συγκεκριμένοι περιορισμοί οι οποίοι μπορούν να μετριαστούν και γιατί όχι να απαλειφθούν σε κάποια μελλοντική επέκτασή της.

Ο πιο βασικός περιορισμός που προκύπτει είναι το βάρος που έπεσε στο θεωρητικό κομμάτι της προτεινόμενης λύσης, καθώς και την περιγραφή όλων αυτών των τεχνολογιών που αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους ώστε να περάσει από τη θεωρία στην πράξη. Αντίθετα, το πρακτικό μέρος της διπλωματικής έχει περιοριστεί στην ανάπτυξη της εφαρμογής android που “δένει” μεταξύ τους τα επιμέρους στοιχεία. Η ανάπτυξη αυτή είχε σαν στόχο τη δημιουργία της διεπαφής που θα βλέπει και θα χειρίζεται ο χρήστης της. Η πλήρης λειτουργικότητα δυστυχώς δεν είναι εφικτή για λόγους που αναφέρω παρακάτω.

Για να αναπτυχθεί ολοκληρωμένα μια τέτοια εφαρμογή χρειάζεται πολύπλοκη τεχνογνωσία προγραμματισμού η οποία δεν ήταν εξ αρχής το ζητούμενο της συγκεκριμένης διπλωματικής. Επίσης, η δοκιμή της σε πραγματικές συνθήκες προϋποθέτει την ολοκληρωμένη ύπαρξη του δικτύου αισθητήρων και του εξυπηρετητή στο cloud. Το κόστος του εξοπλισμού είναι ένας απαγορευτικός παράγοντας για το επίπεδο μιας διπλωματικής.

Όσον αφορά τον cloud server που χρειάζεται ώστε όλο αυτό το εγχείρημα να ζωντανέψει, η ανάπτυξή του (προγραμματισμός σε επίπεδο λογισμικού αλλά και παραμετροποίηση του λειτουργικού) θα μπορούσε κάλλιστα να είναι το θέμα μιας ξεχωριστής διπλωματικής.

Τέλος και πολύ βασικό, δεν πρέπει να ξεχνάμε πως μια υλοποίηση αυτού του μεγέθους προϋποθέτει τη συνεργασία μεγάλου και έμπειρου ανθρώπινου δυναμικού με τις κατάλληλες γνώσεις ο καθένας στον τομέα του εφόσον οι τομείς που συνεργάζονται είναι πολύπλοκοι ως μονάδες (υπολογιστική νέφους, ασύρματα δίκτυα αισθητήρων, προγραμματισμός σε android).

Παρόλα αυτά, θεωρώ πως το τελικό αποτέλεσμα μέσω της έρευνας που έγινε (στο θεωρητικό κομμάτι) μπορεί να βάλει τα θεμέλια που θα επιτρέψουν να πραγματοποιηθεί μελλοντικά μια τέτοια υλοποίηση η οποία θα είναι πετυχημένη.

5. Συμπεράσματα και μελλοντική έρευνα

Όπως είδαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο, τα οφέλη της χρήσης ενός δικτύου Internet of Things σε βιομηχανικό περιβάλλον για συλλογή/επεξεργασία πληροφοριών υγείας εργαζομένων, είναι πολλά. Επομένως η τεχνολογία αυτή με τις κατάλληλες βελτιώσεις θα μπορούσε να έχει μια πολύ σημαντική θέση στην παραγωγική διαδικασία ενός εργοστασίου. [e17, e18]

Ο άνθρωπος-εργαζόμενος είναι αναμφίβολα το πιο σημαντικό περιουσιακό στοιχείο που διαθέτει μια επιχείρηση/βιομηχανία. Όσο και να αναπτυχθεί η τεχνολογία η οποία παίρνει εξολοκλήρου τη θέση των εργατών σε συγκεκριμένα πόστα, ο ανθρώπινος παράγοντας δεν μπορεί να εκλείψει. Μπορεί να μειωθεί ραγδαία το απαραίτητο πλήθος τους ώστε να πραγματοποιηθούν συγκεκριμένες διεργασίες στην παραγωγή, πάντα όμως ο άνθρωπος θα έχει τον τελευταίο λόγο και την συνολική ευθύνη. Για το λόγο αυτό είναι τόσο σημαντικές τεχνολογίες σαν κι αυτή που περιγράψαμε να αρχίσουν να εφαρμόζονται ώστε η υγεία των εργαζομένων (και η συνολική ποιότητα της ζωής τους) συνεχώς να βελτιώνεται.

Είναι σίγουρο πως υπάρχει πολύς χώρος για μελλοντική έρευνα η οποία θα κάνει πιο αποτελεσματική την συγκεκριμένη τεχνολογία. Τα προβλήματα που περιγράψαμε δεν είναι ανυπέρβλητα. Θέλουν συγκεκριμένη μελέτη ώστε να μειωθούν κατά πολύ και γιατί όχι και να εξαλειφθούν.

Οι wearables συσκευές, όσο περνάνε τα χρόνια από την πρώτη εμφάνισή τους, γίνονται ολοένα πιο μικρές και ελαφριές φτάνοντας στο σημείο ο άνθρωπος να μην καταλαβαίνει την παρουσία τους πάνω του. Αυτός ο μετασχηματισμός τους θα εξακολουθήσει να συμβαίνει και στο μέλλον παρέχοντας μας και επιπλέον εφαρμογές των φορετών συσκευών τις οποίες ακόμα δεν μπορούμε καν να φανταστούμε.

Τέλος, πολύ σημαντικό είναι στο άμεσο μέλλον να βελτιωθούν τα ήδη υπάρχοντα πρωτόκολλα για την επικοινωνία των wearables αισθητήρων ή ακόμα και να εμφανιστούν νέα τα οποία θα οδηγήσουν την τεχνολογία ακόμα πιο μακριά. Θα προσφέρουν επιπλέον ασφάλεια στην end-to-end επικοινωνία με εξελιγμένες μορφές κρυπτογράφησης οι οποίες θα καθιστούν τους κόμβους του δικτύου σχεδόν απαραβίαστους. Όλα τα παραπάνω πρέπει να γίνουν μειώνοντας ακόμα πιο πολύ την κατανάλωση ενέργειας, κάνοντας τα συστήματα όσο το δυνατόν πιο αυτόνομα. [e17, e18]

Παράρτημα Α – Κώδικας

Στο σημείο αυτό παρατίθεται όλος ο κώδικας του project που δημιουργήθηκε στο Android Studio και παρουσιάστηκε στο τελευταίο κεφάλαιο. Αρχικά υπάρχει το Android Manifest, στη συνέχεια τα επιπλέον xml αρχεία του layout και τέλος ο κώδικας java (backend).

AndroidManifest.xml (διαδρομή: app/src/main)

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<manifest xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
    package="com.example.aggelopoulos">

    <application
        android:allowBackup="true"
        android:icon="@mipmap/ic_launcher"
        android:label="@string/app_name"
        android:roundIcon="@mipmap/ic_launcher_round"
        android:supportsRtl="true"
        android:theme="@style/AppTheme">
        <activity android:name=".MainActivity">
            <intent-filter>
                <action android:name="android.intent.action.MAIN" />

                <category
                    android:name="android.intent.category.LAUNCHER" />
            </intent-filter>
        </activity>
        <activity android:name=".Main2Activity"></activity>
    </application>

</manifest>
```

activity_main.xml (διαδρομή: app/src/main/res/layout)

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<ScrollView
    xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
    xmlns:app="http://schemas.android.com/apk/res-auto"
    xmlns:tools="http://schemas.android.com/tools"
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="match_parent"
    tools:context=".MainActivity">
    <LinearLayout
        android:layout_width="match_parent"
        android:layout_height="match_parent"
        android:orientation="vertical">

        <LinearLayout
            android:layout_width="match_parent"
            android:layout_height="match_parent"
            android:layout_marginTop="10dp"
            android:orientation="horizontal">
            <TextView
                android:layout_width="wrap_content"
```

```

        android:layout_height="wrap_content"
        android:layout_marginLeft="100dp"
        android:layout_marginTop="13dp"
        android:textSize="24dp"
        android:text="SUMMARY"
        android:onClick="openSettingsList" />

    <ImageView
        android:layout_width="56dp"
        android:layout_height="56dp"
        android:layout_marginLeft="10dp"
        android:src="@drawable/summury1" />
</LinearLayout>

<TextView
    android:layout_width="wrap_content"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:textSize="22dp"
    android:layout_marginLeft="78dp"
    android:text="CONNECTION STATUS" />

<LinearLayout
    android:layout_width="wrap_content"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:layout_marginTop="10dp"
    android:layout_marginLeft="75dp"
    android:orientation="horizontal">
    <TextView
        android:layout_width="0dp"
        android:layout_height="match_parent"
        android:layout_weight="1"
        android:textSize="18dp"
        android:text="Cloud Server" />
    <ImageView
        android:layout_width="56dp"
        android:layout_height="56dp"
        android:layout_marginLeft="10dp"
        android:src="@drawable/green" />
    <ImageView
        android:layout_width="56dp"
        android:layout_height="56dp"
        android:layout_marginLeft="10dp"
        android:src="@drawable/red" />
</LinearLayout>

<LinearLayout
    android:layout_width="wrap_content"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:layout_marginTop="10dp"
    android:orientation="horizontal"
    android:layout_marginLeft="19dp" >
    <TextView
        android:layout_width="0dp"
        android:layout_height="match_parent"
        android:layout_weight="1"
        android:textSize="18dp"
        android:text="Internet Connection" />
    <ImageView
        android:layout_width="56dp"
        android:layout_height="56dp"
        android:layout_marginLeft="10dp"

```

```

        android:src="@drawable/green" />
    <ImageView
        android:layout_width="56dp"
        android:layout_height="56dp"
        android:layout_marginLeft="10dp"
        android:src="@drawable/red" />
</LinearLayout>

<LinearLayout
    android:layout_width="wrap_content"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:layout_marginTop="10dp"
    android:orientation="horizontal"
    android:layout_marginLeft="60dp">
    <TextView
        android:layout_width="0dp"
        android:layout_height="match_parent"
        android:layout_weight="1"
        android:textSize="18dp"
        android:text="Local Gateway" />
    <ImageView
        android:layout_width="56dp"
        android:layout_height="56dp"
        android:layout_marginLeft="10dp"
        android:src="@drawable/green" />
    <ImageView
        android:layout_width="56dp"
        android:layout_height="56dp"
        android:layout_marginLeft="10dp"
        android:src="@drawable/red" />
</LinearLayout>

<LinearLayout
    android:layout_width="wrap_content"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:layout_marginTop="10dp"
    android:orientation="horizontal"
    android:layout_marginLeft="98dp">
    <TextView
        android:layout_width="0dp"
        android:layout_height="match_parent"
        android:layout_weight="1"
        android:textSize="18dp"
        android:text="Sensor #1" />
    <ImageView
        android:layout_width="56dp"
        android:layout_height="56dp"
        android:layout_marginLeft="10dp"
        android:src="@drawable/green" />
    <ImageView
        android:layout_width="56dp"
        android:layout_height="56dp"
        android:layout_marginLeft="10dp"
        android:src="@drawable/red" />
</LinearLayout>

<LinearLayout
    android:layout_width="wrap_content"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:layout_marginTop="10dp"
    android:orientation="horizontal"

```



```

        android:layout_marginLeft="98dp">
        <TextView
            android:layout_width="0dp"
            android:layout_height="match_parent"
            android:layout_weight="1"
            android:textSize="18dp"
            android:text="Sensor #2" />
        <ImageView
            android:layout_width="56dp"
            android:layout_height="56dp"
            android:layout_marginLeft="10dp"
            android:src="@drawable/green" />
        <ImageView
            android:layout_width="56dp"
            android:layout_height="56dp"
            android:layout_marginLeft="10dp"
            android:src="@drawable/red" />
    </LinearLayout>

    <LinearLayout
        android:layout_width="wrap_content"
        android:layout_height="wrap_content"
        android:layout_marginTop="10dp"
        android:orientation="horizontal"
        android:layout_marginLeft="80dp">
        <ImageView
            android:layout_width="56dp"
            android:layout_height="56dp"
            android:src="@drawable/msg1" />
        <TextView
            android:layout_width="wrap_content"
            android:layout_height="match_parent"
            android:layout_marginLeft="10dp"
            android:textSize="18dp"
            android:text="6 New Alerts" />
        <TextView
            android:layout_width="wrap_content"
            android:layout_height="match_parent"
            android:layout_marginLeft="10dp"
            android:textSize="18dp"
            android:text="14:56" />
    </LinearLayout>

    <LinearLayout
        android:layout_width="wrap_content"
        android:layout_height="wrap_content"
        android:layout_marginTop="10dp"
        android:orientation="horizontal"
        android:layout_marginLeft="80dp">
        <TextView
            android:layout_width="wrap_content"
            android:layout_height="wrap_content"
            android:textSize="18dp"
            android:text="Sound Alarms" />

        <ToggleButton
            android:layout_width="wrap_content"
            android:layout_height="wrap_content"
            android:text="Sound Alarms"
            android:layout_marginLeft="10dp"

```



```

        android:id="@+id/toggleButton"
        android:onClick="ToggleClicked"/>
    </LinearLayout>

</LinearLayout>
</ScrollView>

```

activity_main2.xml (διαδρομή: app/src/main/res/layout)

```

<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<ScrollView
    xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
    xmlns:app="http://schemas.android.com/apk/res-auto"
    xmlns:tools="http://schemas.android.com/tools"
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="match_parent"
    tools:context=".MainActivity">
    <LinearLayout
        android:layout_width="match_parent"
        android:layout_height="match_parent"
        android:orientation="vertical">

        <LinearLayout
            android:layout_width="wrap_content"
            android:layout_height="wrap_content"
            android:layout_marginTop="10dp"
            android:orientation="horizontal"
            android:layout_marginLeft="90dp">

            <ImageView
                android:layout_width="56dp"
                android:layout_height="56dp"
                android:src="@drawable/summury1" />

            <TextView
                android:layout_width="wrap_content"
                android:layout_height="wrap_content"
                android:layout_marginTop="13dp"
                android:layout_marginLeft="10dp"
                android:textSize="24dp"
                android:text="SETTINGS" />
        </LinearLayout>

        <TextView
            android:layout_width="wrap_content"
            android:layout_height="wrap_content"
            android:textSize="22dp"
            android:layout_marginLeft="160dp"
            android:text="Wi-Fi" />

        <LinearLayout
            android:layout_width="wrap_content"
            android:layout_height="wrap_content"
            android:layout_marginTop="10dp"
            android:layout_marginLeft="150dp"
            android:orientation="horizontal">
            <TextView
                android:layout_width="0dp"
                android:layout_height="wrap_content"
                android:layout_weight="1"

```

```

        android:textSize="18dp"
        android:text="SSID:" />
    <Spinner
        android:layout_width="wrap_content"
        android:layout_height="wrap_content"
        android:id="@+id/spinner" />
</LinearLayout>

<LinearLayout
    android:layout_width="wrap_content"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:layout_marginTop="10dp"
    android:orientation="horizontal"
    android:layout_marginLeft="105dp">
    <TextView
        android:layout_width="0dp"
        android:layout_height="wrap_content"
        android:layout_weight="1"
        android:textSize="18dp"
        android:text="WEP/WPA:" />
    <EditText
        android:id="@+id/name_field1"
        android:layout_width="wrap_content"
        android:layout_height="wrap_content"
        android:layout_marginLeft="10dp"
        android:hint="Password"
        android:inputType="textCapWords" />
</LinearLayout>

<LinearLayout
    android:layout_width="wrap_content"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:layout_marginTop="10dp"
    android:orientation="horizontal"
    android:layout_marginLeft="120dp">

    <ImageView
        android:layout_width="48dp"
        android:layout_height="48dp"
        android:layout_marginLeft="10dp"
        android:src="@drawable/connect1" />

    <Button
        android:layout_width="wrap_content"
        android:layout_height="48dp"
        android:text="CONNECT" />
</LinearLayout>

<LinearLayout
    android:layout_width="wrap_content"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:layout_marginTop="10dp"
    android:orientation="horizontal"
    android:layout_marginLeft="135dp">
    <TextView
        android:layout_width="wrap_content"
        android:layout_height="wrap_content"
        android:textSize="22dp"
        android:text="BLUETOOTH" />
</LinearLayout>

<LinearLayout

```

```

        android:layout_width="wrap_content"
        android:layout_height="wrap_content"
        android:layout_marginTop="10dp"
        android:orientation="horizontal"
        android:layout_marginLeft="70dp">
        <TextView
            android:layout_width="wrap_content"
            android:layout_height="wrap_content"
            android:textSize="18dp"
            android:text="Bluetooth Scan:" />
        <Spinner
            android:layout_width="wrap_content"
            android:layout_height="wrap_content"
            android:id="@+id/spinner1" />
    </LinearLayout>

    <LinearLayout
        android:layout_width="wrap_content"
        android:layout_height="wrap_content"
        android:layout_marginTop="10dp"
        android:orientation="horizontal"
        android:layout_marginLeft="120dp">

        <ImageView
            android:layout_width="48dp"
            android:layout_height="48dp"
            android:layout_marginLeft="10dp"
            android:src="@drawable/connect1" />

        <Button
            android:layout_width="wrap_content"
            android:layout_height="48dp"
            android:text="PAIRING" />
    </LinearLayout>

    <LinearLayout
        android:layout_width="wrap_content"
        android:layout_height="wrap_content"
        android:layout_marginTop="10dp"
        android:orientation="horizontal"
        android:layout_marginLeft="135dp">
        <TextView
            android:layout_width="0dp"
            android:layout_height="wrap_content"
            android:layout_weight="1"
            android:textSize="22dp"
            android:text="CLOUD SERVER" />
    </LinearLayout>

    <LinearLayout
        android:layout_width="wrap_content"
        android:layout_height="wrap_content"
        android:layout_marginTop="10dp"
        android:orientation="horizontal"
        android:layout_marginLeft="70dp">
        <TextView
            android:layout_width="wrap_content"
            android:layout_height="match_parent"
            android:textSize="18dp"
            android:text="Server IP/Name:" />
        <EditText
            android:id="@+id/name_field2"

```

```

        android:layout_width="wrap_content"
        android:layout_height="wrap_content"
        android:layout_marginLeft="10dp"
        android:hint="Text Field"
        android:inputType="textCapWords" />
</LinearLayout>

<LinearLayout
    android:layout_width="wrap_content"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:layout_marginTop="10dp"
    android:orientation="horizontal"
    android:layout_marginLeft="125dp">
    <TextView
        android:layout_width="wrap_content"
        android:layout_height="match_parent"
        android:textSize="18dp"
        android:text="TCP Port:" />
    <EditText
        android:id="@+id/name_field3"
        android:layout_width="wrap_content"
        android:layout_height="wrap_content"
        android:layout_marginLeft="10dp"
        android:hint="Text Field"
        android:inputType="textCapWords" />
</LinearLayout>

<LinearLayout
    android:layout_width="wrap_content"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:layout_marginTop="10dp"
    android:orientation="horizontal"
    android:layout_marginLeft="120dp">
    <TextView
        android:layout_width="wrap_content"
        android:layout_height="match_parent"
        android:textSize="18dp"
        android:text="Username:" />
    <EditText
        android:id="@+id/name_field4"
        android:layout_width="wrap_content"
        android:layout_height="wrap_content"
        android:layout_marginLeft="10dp"
        android:hint="Text Field"
        android:inputType="textCapWords" />
</LinearLayout>

<LinearLayout
    android:layout_width="wrap_content"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:layout_marginTop="10dp"
    android:orientation="horizontal"
    android:layout_marginLeft="120dp">
    <TextView
        android:layout_width="wrap_content"
        android:layout_height="match_parent"
        android:textSize="18dp"
        android:text="Password:" />
    <EditText
        android:id="@+id/name_field5"
        android:layout_width="wrap_content"

```

```

        android:layout_height="wrap_content"
        android:layout_marginLeft="10dp"
        android:hint="Text Field"
        android:inputType="textCapWords" />
</LinearLayout>

<LinearLayout
    android:layout_width="wrap_content"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:layout_marginTop="10dp"
    android:orientation="horizontal"
    android:layout_marginLeft="120dp">

    <ImageView
        android:layout_width="48dp"
        android:layout_height="48dp"
        android:layout_marginLeft="10dp"
        android:src="@drawable/connect1" />

    <Button
        android:layout_width="wrap_content"
        android:layout_height="48dp"
        android:text="CONNECT" />
</LinearLayout>

<ImageView
    android:layout_width="48dp"
    android:layout_height="48dp"
    android:layout_marginLeft="300dp"
    android:src="@drawable/save1" />

</LinearLayout>
</ScrollView>

```

colors.xml (διαδρομή: app/src/main/res/values)

```

<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<resources>
    <color name="colorPrimary">#3F51B5</color>
    <color name="colorPrimaryDark">#303F9F</color>
    <color name="colorAccent">#FF4081</color>
</resources>

```

strings.xml (διαδρομή: app/src/main/res/values)

```

<resources>
    <string name="app_name">Aggelopoulos</string>
    <string-array name="ssid_array">
        <item>A</item>
        <item>B</item>
        <item>C</item>
        <item>D</item>
    </string-array>
</resources>

```

styles.xml (διαδρομή: app/src/main/res/values)

```
<resources>
    <!-- Base application theme. -->
    <style name="AppTheme"
parent="Theme.AppCompat.Light.DarkActionBar">
        <!-- Customize your theme here. -->
        <item name="colorPrimary">@color/colorPrimary</item>
        <item name="colorPrimaryDark">@color/colorPrimaryDark</item>
        <item name="colorAccent">@color/colorAccent</item>
    </style>
</resources>
```

MainActivity.java (διαδρομή: app/src/main/java/com/example/aggelopoulos)

```
package com.example.aggelopoulos;

import android.support.v7.app.AppCompatActivity;
import android.os.Bundle;
import android.widget.ToggleButton;
import android.view.View;
import android.content.Intent;

public class MainActivity extends AppCompatActivity {

    @Override
    protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
        super.onCreate(savedInstanceState);
        setContentView(R.layout.activity_main);
    }

    public void openSettingsList(View view) {
        //TODO: Write your code here!
        Intent i = new Intent(this, Main2Activity.class);
        startActivity(i);
    }

    public void ToggleClicked(View view) {
        boolean checked = ((ToggleButton) view).isChecked();
        if (checked) {

        }
        else {

        }
    }
}
```

Main2Activity.java (διαδρομή: app/src/main/java/com/example/aggelopoulos)

```
package com.example.aggelopoulos;

import android.support.v7.app.AppCompatActivity;
import android.os.Bundle;
import android.widget.AdapterView;
import android.widget.Spinner;

public class Main2Activity extends AppCompatActivity {
```

```
@Override
protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
    super.onCreate(savedInstanceState);
    setContentView(R.layout.activity_main2);
}

Spinner spinner = (Spinner) findViewById(R.id.spinner);
ArrayAdapter<CharSequence> adapter =
ArrayAdapter.createFromResource(this, R.array.ssid_array,
android.R.layout.simple_spinner_item);

adapter.setDropDownViewResource(android.R.layout.simple_spinner_dropd
own_item);
spinner.setAdapter(adapter);
}
```

Βιβλιογραφία

- [1] Ryan Ko, Sivadon Chaisiri, Vimal Kumar, **“Data Security In Cloud Computing”** by The Institution of Engineering and Technology, October 2017, ISBN-13 978-1785612206
- [2] Omesh Tickoo, Ravi Iyer, **“Making Sense of Sensors”** by Apress, January 2017, ISBN-13 978-1430265924
- [3] K. Chandrasekaran, **“Essentials of Cloud Computing”** by Chapman and Hall/CRC, December 2014, ISBN-13 978-1482205435
- [4] Derrick Rountree, Ileana Castrillo, **“The Basics of Cloud Computing”** by Syngress, September 2013, ISBN-13 978-0124059320
- [5] Robert Faludi, **“Building Wireless Sensor Networks”** by O'Reilly Media, January 2011, ISBN-13 978-0596807733
- [6] Brian Russell, Drew Van Duren, **“Practical Internet of Things Security”** by Packt Publishing, June 2016, ISBN-13 978-1785889639
- [7] Daqiang Zhang, Iztok Humar, Jiafu Wan, **“Industrial IoT Technologies and Applications”** by Springer, September 2016, ISBN-13 978-3319443492
- [8] Chong-Min Kyung, Hiroto Yasuura, Yongpan Liu, Youn-Long Lin, **“Smart Sensors at the IoT Frontier”** by Springer, June 2017, ISBN-13 978-3319553443
- [9] Michael J. McGrath, **“Sensor Technologies”**, by Apress, December 2013, ISBN-13 9781430260134
- [10] John R. Vacca, **“Handbook of Sensor Networking: Advanced Technologies and Application”**, by Chapman and Hall/CRC, January 2015, ISBN-13 978-1466569713
- [11] Mohesen Guizani, **“The Future of Wireless Networks”**, by CRC Press, September 2015, ISBN-13 978-1482220940
- [12] Abdul Serwadda, Rastko R. Selmic, Vir V. Phoha, **“Wireless Sensor Networks”**, by Springer, November 2016, ISBN-13 978-3319467672
- [13] M.G.Avrar, **“Advantages and Challenges of Adopting Cloud Computing from an Enterprise Perspective”**, 2014, ScienceDirect
- [14] Mazhar Ali, Samee U. Khan a , Athanasios V. Vasilakos b, **“Security in cloud computing: Opportunities and challenges”**, 2015, ScienceDirect
- [15] Alessio Botta , Walter de Donato, Valerio Persico, Antonio Pescapé, **“Integration of Cloud computing and Internet of Things: A survey”**, 2015, ScienceDirect
- [16] Mohamed Al Morsy, John Grundy and Ingo Müller, **“An Analysis of the Cloud Computing Security Problem”**, 2015, Swinburne University of Technology

- [17] Faraz Fatemi Moghaddam, Mohammad Ahmadi, Mohammad Eslami, Samira Sarvari, **“Cloud Computing Challenges and Opportunities: A Survey”**, 2015, ResearchGate
- [18] Andrew Whitmore, Anurag Agarwal & Li Da Xu, **“The Internet of Things - A survey of topics and trends”**, 2014, Springer Science
- [19] Dhananjay Singh, **“A Survey of Internet-of-Things: Future Vision, Architecture, Challenges and Services”**, 2014, ResearchGate
- [20] Ala Al-Fuqaha, Mohsen Guizani, , Mehdi Mohammadi, Mohammed Aledhari and Moussa Ayyash, **“Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications”**, 2015, IEEE COMMUNICATION SURVEYS & TUTORIALS, VOL. 17, NO. 4
- [21] J. Sathish Kuma, **“A Survey on Internet of Things: Security and Privacy Issues”**, 2014, International Journal of Computer Applications (0975 – 8887) Volume 90 – No 11
- [22] Sabrina Sicari, Alessandra Rizzardi, Luigi Alfredo Grieco, Alberto Coen-Porisini, **“Security, privacy and trust in Internet of Things: The road ahead”**, 2015, ResearchGate
- [23] Priyanka Rawat, Kamal Deep Singh, Hakima Chaouchi, Jean-Marie Bonnin, **“Wireless sensor networks: A survey on recent developments and potential synergies”**, 2013, ResearchGate
- [24] Tifenn Rault, **“Energy-efficiency in wireless sensor networks”**, 2015, Université de Technologie de Compiègne
- [25] Vikash Kumar, Anshu Jain and P N Barwal, **“Wireless Sensor Networks: Security Issues, Challenges and Solutions”**, 2014, International Journal of Information & Computation Technology. ISSN 0974-2239 Volume 4, Number 8
- [26] Priyanka Kakria, N. K. Tripathi, and Peerapong Kitipawang, **“A Real-Time Health Monitoring System for Remote Cardiac Patients Using Smartphone and Wearable Sensors”**, 2015, Hindawi Publishing Corporation International Journal of Telemedicine and Applications
- [27] Lukasz Piwek, David A. Ellis, Sally Andrews, Adam Joinson, **“The Rise of Consumer Health Wearables: Promises and Barriers”**, 2016, PLOS Medicine
- [28] Joseph Wei, **“How Wearables Intersect with the Cloud and the Internet of Things”**, 2014, IEEE Consumer Electronics Magazine
- [29] Priyanka Kakria, N. K. Tripathi, and Peerapong Kitipawang, **“A Real-Time Health Monitoring System for Remote Cardiac Patients Using Smartphone and Wearable Sensors”**, 2015, Hindawi Publishing Corporation International Journal of Telemedicine and Applications Volume 2015, Article ID 373474

- [30] Moeen Hassanali, Alex Page, Tolga Soyat, Gaurav Sharma, Mehmet Aktas, Gonzalo Mateos, Burak Kantarci, Silvana Andreescu, “**Health Monitoring and Management Using Internet-of-Things (IoT) Sensing with Cloud-based Processing: Opportunities and Challenges**”, 2015, IEEE International Conference on Services Computing
- [31] M. Shamim Hossain, Ghulam Muhammad, “**Cloud-assisted Industrial Internet of Things (IIoT) – Enabled framework for health monitoring**”, 2016, 6 Elsevier B.V.
- [32] C. Stergiou, K. E. Psannis, “**Recent advances delivered by Mobile Cloud Computing and Internet of Things for Big Data applications: a survey**”, Wiley, International Journal of Network Management, pp. 1-12, May 2016.
Doi:10.1002/nem.1930
https://www.researchgate.net/publication/301940953_Recent_advances_delivered_by_Mobile_Cloud_Computing_and_Internet_of_Things_for_Big_Data_applications_a_survey_Advances_delivered_by_MCC_and_IoT_for_Big_Data_applications
- [33] C. Stergiou, K. E. Psannis, B.-G. Kim, B. Gupta, “**Secure integration of IoT and Cloud Computing**”, Elsevier, Future Generation Computer Systems, vol. 78, part 3, pp. 964-975, January 2018. <http://doi.org/10.1016/j.future.2016.11.031>
https://www.researchgate.net/publication/311338093_Secure_integration_of_IoT_and_Cloud_Computing
- [34] C. Stergiou, K. E. Psannis, “**Efficient and Secure Big Data delivery in Cloud Computing**”, Springer, Multimedia Tools and Applications, vol. 76, issue: 21, pp. 22803–22822, November 2017. Doi:10.1007/s11042-017-4590-4
https://www.researchgate.net/publication/315823892_Efficient_and_secure_BIG_data_delivery_in_Cloud_Computing
- [35] C. Stergiou, K. E. Psannis, A. P. Plageras, G. Kokkonis, Y. Ishibashi, “**Architecture for Security in IoT Environments**”, in Proceedings of 26th IEEE International Symposium on Industrial Electronics, 19-21 June 2017, Edinburgh, Scotland, UK.
https://www.researchgate.net/publication/315068582_Architecture_for_security_monitoring_in_IoT_environments
- [36] A. P. Plageras, C. Stergiou, K. E. Psannis, G. Kokkonis, Y. Ishibashi, Byung-Gyu Kim, Brij Gupta, “**Efficient Large-Scale Medical Data (eHealth Big Data) Analytics in Internet of Things**”, in Proceedings of 19th IEEE International Conference on Business Informatics (CBI'17), International Workshop on the Internet of Things and Smart Services (ITSS2017), 24-26 July 2017, Thessaloniki, Greece.
https://www.researchgate.net/publication/317217097_Efficient_Large-scale_Medical_Data_eHealth_Big_Data_Analytics_in_Internet_of_Things

- [37] A. P. Plageras, C. Stergiou, K. E. Psannis, Byung-Gyu Kim, Brij Gupta, Y. Ishibashi, “**Solutions for Inter-connectivity and Security in a Smart Hospital Building**”, in Proceedings of 15th IEEE International Conference on Industrial Informatics (INDIN 2017), 24-26 July 2017, Emden, Germany.
https://www.researchgate.net/publication/317039715_Solutions_for_Inter-connectivity_and_Security_in_a_Smart_Hospital_Building
- [38] A. P. Plageras, K. E. Psannis, C. Stergiou, H. Wang, B. B. Gupta, “**Efficient IoT-based sensor BIG Data collection-processing and analysis in Smart Buildings**”, Future Generation Computer Systems, vol. 82, pp. 349-357, May 2018.
https://www.researchgate.net/publication/320135661_Efficient_IoT-based_Sensor_BIG_Data_Collection-Processing_and_Analysis_in_Smart_Buildings?_sg=oeHyCCtzn1GAzEsQHMSrIYNK VvAOcORwetfWOtfbOzcbIJ8TeZrsw85Za3vVVH5FACZY4c3uN1hFnBnyzLxi1de-o4clCe0zljE6_H8d.bjOkPjFAIlyp4tCKf4bDUIURVNiK8E0Q97HwlrGtnmcz3A9doyQGm34S49fJU633DCPyHwGljrfAxS0gnxPalw
- [39] C. Stergiou, K. E. Psannis, A. P. Plageras, Y. Ishibashi, B.-G. Kim, “**Algorithms for efficient digital media transmission over IoT and cloud networking**”, Journal of Multimedia Information System, vol. 5, no. 1, pp. 27-34, March 2018.
https://www.researchgate.net/publication/323388334_Algorithms_for_efficient_digital_media_transmission_over_IoT_and_cloud_networking
- [40] C. Stergiou, K. E. Psannis, B. B. Gupta, “**Advanced Media-based Smart Big Data on Intelligent Cloud Systems**”, IEEE Transaction on Sustainable Computing, in Press, March 2018.
https://www.researchgate.net/publication/323735278_Advanced_Media-based_Smart_Big_Data_on_Intelligent_Cloud_Systems
- [41] C. Stergiou, K. E. Psannis, B. Gupta, Y. Ishibashi, “**Security, Privacy & Efficiency of Sustainable Cloud Computing for Big Data & IoT**”, Elsevier, Sustainable Computing, Informatics and Systems, vol. 19, pp. 174-184, September 2018.
https://www.researchgate.net/publication/325767407_Security_Privacy_Efficiency_of_Sustainable_Cloud_Computing_for_Big_Data_IoT
- [42] A. P. Plageras, K. E. Psannis, Y. Ishibashi, B.-G. Kim, “**IoT-based Surveillance System for Ubiquitous Healthcare**”, 42nd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, 24/10/2016 - 27/10/2016.
https://www.researchgate.net/publication/305637456_IoT-based_Surveillance_System_for_Ubiquitous_Healthcare?_iepl%5BviewId%5D=OfX5sbBvnCO9CG2S9uy09qnt&_iepl%5BprofilePublicationItemVariant%5D=default&_iepl%5Bcontexts%5D%5B0%5D=prfpi&_iepl%5BtargetEntityId%5D=PB%3A305637456&_iepl%5BinteractionType%5D=publicationTitle

[43] A. P. Plageras, K. E. Psannis, “**Algorithms for Big Data Delivery over the Internet of Things**”, in Proceedings of 19th IEEE Conference on Business Informatics 2017 (CBI2017), Doctoral Consortium, 24-26 July 2017, Thessaloniki, Greece.

https://www.researchgate.net/publication/318967574_Algorithms_for_Big_Data_Delivery_over_Internet_of_Things

[44] Christos Stergiou, Kostas E. Psannis, B.B. Gupta, and Yutaka Ishibashi, “**Security, Privacy & Efficiency of Sustainable Cloud Computing for Big Data & IoT**”, Sustainable Computing, Informatics and Systems, Elsevier, June 2018

[45] Ioanna Kakalou, and Kostas Psannis, “**Sustainable and Efficient Data collection in Cognitive Radio Sensor Networks**”, IEEE Transactions on Sustainable Computing, Date of Publication: 26 April 2018

[46] Andreas P. Plageras, Kostas E. Psannis, Christos Stergiou, Haoxiang Wang, and B. B. Gupta, “**Efficient Sensor Big Data Collection-Processing and Analysis in Smart Buildings, Future Generation Computer Systems**”. Volume 82, May 2018, Pages 349-357

Διαδικτυακές Αναφορές

[e1] The Three Types of Cloud Computing Service Models

<https://www.paranet.com/blog/bid/128267/the-three-types-of-cloud-computing-service-models>

[e2] Cloud Computing Architecture

https://www.tutorialspoint.com/cloud_computing/cloud_computing_architecture.htm

[e3] 15 Top Cloud Computing Service Provider Companies

<https://www.softwaretestinghelp.com/cloud-computing-service-providers/>

[e4] 12 Benefits of Cloud Computing

<https://www.salesforce.com/hub/technology/benefits-of-cloud/>

[e5] THE FUTURE OF CLOUD COMPUTING: 4 PREDICTIONS FOR 2018

<https://www.telehouse.net/resources/blog/january-2018/the-future-of-cloud-computing>

[e6] internet of things (IoT)

<https://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/Internet-of-Things-IoT>

[e7] IoT Standards and Protocols

<https://www.postscapes.com/internet-of-things-protocols/>

[e8] 11 Internet of Things (IoT) Protocols You Need to Know About

<https://www.rs-online.com/designspark/eleven-internet-of-things-iot-protocols-you-need-to-know-about>

- [e9] 3 reasons to be wary of the Internet of Things
<https://www.cio.com/article/2895398/internet/3-reasons-to-be-wary-of-the-internet-of-things.html>
- [e10] What Is a Wireless Sensor Network?
<http://www.ni.com/white-paper/7142/en/>
- [e11] Routing Protocols in Wireless Sensor Networks
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3260592/>
- [e12] Web of Things (WoT) Architecture
<https://www.w3.org/TR/wot-architecture/>
- [e13] What are the uses of wearable technology in real life?
<https://www.quora.com/What-are-the-uses-of-wearable-technology-in-real-life>
- [e14] 6 wireless technologies for wearables
<https://blog.nordicsemi.com/getconnected/wireless-technologies-for-wearables>
- [e15] The Industrial Internet of Things (IIoT): the business guide to Industrial IoT
<https://www.i-scoop.eu/internet-of-things-guide/industrial-internet-things-iiot-saving-costs-innovation/>
- [e16] Industrial Internet of Things
<https://www.accenture.com/us-en/labs-insight-industrial-internet-of-things>
- [e17] What is the Industrial IoT? [And why the stakes are so high]
<https://www.networkworld.com/article/3243928/internet-of-things/what-is-the-industrial-iiot-and-why-the-stakes-are-so-high.html>
- [e18] The Most Important Benefits and Challenges of Industrial IoT
<https://www.iiotforall.com/benefits-challenges-industrial-iiot/>
- [e19] What is Android?
<https://www.androidpit.com/what-is-android>
- [e20] Android Studio Tutorial
https://www.tutorialspoint.com/android/android_studio.htm
- [e21] Learning Android Development in 2018
<https://android.jlelse.eu/learning-android-development-in-2018-part-1-83a514f6a205>
- [e22] Android Studio Tutorial For Beginners Step By Step
<https://abhiandroid.com/androidstudio/>
- [e23] Android Developer Guide
<https://developer.android.com/guide/>