



ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ Τ.Ε.Ι. ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

INTERNET OF THINGS: ΕΞΥΠΝΑ ΣΠΙΤΙΑ - ΜΕΤΡΗΣΗ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ



Του φοιτητή
Συρενίδα Ιωάννη
Αρ. Μητρώου: 083341

Επιβλέπων καθηγητής
Ηλιούδης Χρήστος
Αναπληρωτής Καθηγητής

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2016

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η πτυχιακή εργασία αυτή αποτελεί το τελευταίο στάδιο των σπουδών μου στο Αλεξάνδρειο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Θεσσαλονίκης στην Σχολή Τεχνολόγων Εφαρμογών στο τμήμα των Μηχανικών Πληροφορικής. Η ιδέα του αντικειμένου της πτυχιακής εργασίας προήλθε από τον ενθουσιασμό που προκάλεσε η τεχνολογία του Internet Of Things και τις δυνατότητες που μπορεί να κάποιος να αποκτήσει μέσα από το αυτό και τις χιλιάδες εφαρμογές του. Η εργασία συνδυάζει την τεχνολογία του Internet Of Things με την τεχνολογία των Έξυπνων Σπιτιών και τον τομέα της ενέργειας.

Η εργασία αυτή βασίζεται σε επίσημη βιβλιογραφική έρευνα καθώς επίσης αποτελείται και από ένα τεχνικό κομμάτι, όπου παρουσιάζεται η λειτουργία της τεχνολογίας αυτής σε μία εφαρμογή εντός μίας οικίας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή θα αναλυθεί η τεχνολογία του Internet of Things (IoT) ή με μία ελεύθερη μετάφραση το Ίντερνετ των Πραγμάτων. Η τεχνολογία του IoT είναι μία σχετικά καινούρια τάση όπου ανοίγει την πόρτα στην ανάπτυξη καινοτόμων εφαρμογών. Στην εργασία αναλύονται όλες οι εμπλεκόμενες τεχνολογίες που συμβάλουν σε μία εφαρμογή του IoT. Πιο συγκεκριμένα θα μιλήσουμε για την σημαντικότητα του IoT και το πως μπορεί με την υιοθέτηση της μέσα σε ένα σπίτι ένας χρήστης να έχει την δυνατότητα με χρήση κατάλληλων αισθητήρων να μετράει, να παρακολουθεί και να ελέγχει την κατανάλωση της ενέργειας μετατρέποντας το σπίτι σε έξυπνο από άποψη ενεργειακής απόδοσης. Στα πλαίσια αυτής της εργασίας αναπτύχθηκε μία προσομοίωση ενός έξυπνου σπιτιού χρησιμοποιώντας τις τεχνολογίες που αναλύθηκαν στην εργασία.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κύριο Ηλιούδη Χρήστο για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε και την καθοδήγηση που μου πρόσφερε κατά την εκπόνηση αυτής της πτυχιακής εργασίας. Επίσης θα ήθελα να τον ευχαριστήσω θερμά που μου έδωσε την δυνατότητα να επιλέξω εγώ την θεματική ενότητα.

Θα ήθελα επιπλέον να ευχαριστήσω την οικογένεια μου που ήταν πρόθυμη να μου προσφέρει την οποιαδήποτε βοήθεια όπως επίσης και το φιλικό μου περιβάλλον για την στήριξη τους.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.....	7
1.1 Εισαγωγή.....	7
1.1.1 Επιστημονική περιοχή.....	8
1.1.2 Σπουδαιότητα του θέματος.....	8
1.1.3 Στόχοι που τέθηκαν.....	9
1.1.4 Διάρθρωση.....	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.....	11
2.1 Λίγα λόγια για το Διαδίκτυο.....	11
2.1.1 Σποραδικοί χρήστες.....	13
2.1.2 Κοινωνική δικτύωση.....	13
2.1.3 Ψυχαγωγία.....	13
2.1.4 Ως μέρος της εργασίας τους.....	14
2.1.5 Σύνθετη χρήση.....	14
2.2 Δίκτυα Υπολογιστών.....	16
2.3 Internet of Things.....	17
2.4 Εφαρμογές της τεχνολογίας Internet of Things.....	19
2.4.1 Διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας (Supply Chain Management).....	19
2.4.2 Υγεία και Ηλεκτρονική Υγεία.....	20
2.4.3 Διαχείριση Υγείας Αυτοκινήτου.....	21
2.4.4 Γεωργία.....	22
2.4.5 Έξυπνα Σπίτια.....	22
2.5 Web of thing.....	23
2.6 Internet of Things Τεχνολογίες.....	24
2.7 Έξυπνα Αντικείμενα.....	25
2.8 Βασικές Τεχνολογίες.....	27
2.9 Ασφάλεια στο IoT.....	36
2.9.1 Ασφαλή αυθεντικοποίηση και εξουσιοδότηση.....	37
2.9.2 Ασφαλή λειτουργία εκκίνησης αντικειμένων και μετάδοση δεδομένων.....	37
2.9.3 Ασφάλεια των IoT δεδομένων.....	38
2.9.4 Ασφαλή πρόσβαση στα δεδομένα από εξουσιοδοτημένα άτομα.....	38
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.....	40
3.1 Έξυπνα Σπίτια.....	41
3.2 Ενεργειακής Απόδοσης Έξυπνα Σπίτια.....	42
3.3 Έξυπνα Δίκτυα (Smart Grids) – Ο ρόλος τους στα Έξυπνα Σπίτια.....	44
3.4 Παράδειγμα Εφαρμογής.....	46

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.....	50
4.1 Contiki Operating System.....	50
4.1.1 Πυρήνας βασισμένος σε συμβάντα.....	50
4.1.2 Βιβλιοθήκη uIP.....	50
4.1.3 Java Native Interface.....	51
4.1.4 Προσομοιωτής COOJA (COntiki Os JAvA).....	51
4.2 Υλοποίηση της ιδέας.....	59
4.2.1 Εφαρμογή.....	59
4.2.2 Antelope.....	60
4.2.3 Το Δίκτυο.....	61
4.2.4 Ξεκινώντας την προσομοίωση.....	62
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.....	67
5.1 Συμπεράσματα.....	67
5.2 Περιορισμοί.....	67
5.3 Μελλοντικές Επεκτάσεις.....	68
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.....	70
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	74

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

ΕΙΚΟΝΑ 1 ΤΥΠΟΛΟΓΙΑ BRANTZÆG, ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΧΡΗΣΤΩΝ.....	15
ΕΙΚΟΝΑ 2: ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΠΟΥ ΠΕΡΙΛΑΜΒΑΝΕΙ Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ INTERNET OF THINGS.....	18
ΕΙΚΟΝΑ 3: ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΤΡΙΩΝ ΦΑΣΕΩΝ.....	27
ΕΙΚΟΝΑ 4: ΠΟΣΟΣΤΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΤΙΣ ΟΙΚΙΑΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ.....	44
ΕΙΚΟΝΑ 5: ΑΡΧΙΚΗ ΟΘΟΝΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΕΝΑ ΣΠΙΤΙ.....	47
ΕΙΚΟΝΑ 6: ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΤΟΥ ΨΥΓΕΙΟΥ.....	48
ΕΙΚΟΝΑ 7: ΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΣΤΟΝ ΧΡΗΣΤΗ ΓΙΑ ΥΠΟΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΨΥΓΕΙΟΥ.....	48
ΕΙΚΟΝΑ 8: ΠΡΟΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗ ΠΡΟΣ ΤΟΝ ΧΡΗΣΤΗ ΓΙΑ ΥΠΕΡΦΟΡΤΩΣΗ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΚΟΥΖΙΝΑΣ ΠΟΥ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΧΕΙΡΙΣΤΕΙ.....	49
ΕΙΚΟΝΑ 9: ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΟ ΓΡΑΦΗΜΑ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΜΕ ΤΑ ΠΟΣΑ ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ ΠΟΥ ΚΑΤΑΝΑΛΩΝΟΝΤΑΙ ΑΠΟ ΤΙΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ.	49
ΕΙΚΟΝΑ 10: ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΟΣ ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΜΕ ΤΙΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΤΟΥ ΣΟΝΤΙΚΙ ΟΣ.....	52
ΕΙΚΟΝΑ 11: ΕΠΙΛΟΓΗ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΙΚΟΝΙΚΗ ΜΗΧΑΝΗ.....	52
ΕΙΚΟΝΑ 12: ΦΟΡΤΩΣΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΟΝΤΙΚΙ ΟΣ.....	53
ΕΙΚΟΝΑ 13: ΟΘΟΝΗ ΥΠΟΔΟΧΗΣ ΤΟΥ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΟΝΤΙΚΙ.....	54
ΕΙΚΟΝΑ 14: ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΤΟΥ ΣΟΝΤΙΚΙ ΟΣ.....	54
ΕΙΚΟΝΑ 15: ΕΚΚΙΝΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΣΟΜΙΩΤΗ COOJA.....	55
ΕΙΚΟΝΑ 16: ΑΡΧΙΚΗ ΟΘΟΝΗ ΤΟΥ ΠΡΟΣΟΜΙΩΤΗ COOJA.....	55
ΕΙΚΟΝΑ 17: ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΝΕΑΣ ΠΡΟΣΟΜΙΩΣΗΣ ΒΗΜΑ 1.....	56
ΕΙΚΟΝΑ 18: ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΝΕΑΣ ΠΡΟΣΟΜΙΩΣΗΣ ΒΗΜΑ 2.....	56
ΕΙΚΟΝΑ 19: ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ COOJA.....	57
ΕΙΚΟΝΑ 20: ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΤΟΥ ΚΩΔΙΚΑ ΕΝΟΣ ΚΟΜΒΟΥ ΣΤΗΝ ΠΡΟΣΟΜΙΩΣΗ.....	58
ΕΙΚΟΝΑ 21: ΜΕΤΑΓΛΩΤΤΙΣΗ ΤΟΥ ΚΩΔΙΚΑ ΤΟΥ ΚΟΜΒΟΥ.....	58
ΕΙΚΟΝΑ 22: ΔΙΚΤΥΟ ΜΕ ΕΝΑΝ ΚΟΜΒΟ.....	59
ΕΙΚΟΝΑ 23: Η ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΗΣ ΒΑΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ANTELOPE.....	60
ΕΙΚΟΝΑ 24: ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΜΕ ΕΝΝΕΑ ΚΟΜΒΟΥΣ.....	62
ΕΙΚΟΝΑ 25: ΠΑΡΑΘΥΡΟ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΤΩΝ ΕΞΟΔΩΝ ΤΟΥ ΚΟΜΒΟΥ 1.....	62

ΕΙΚΟΝΑ 26: ΠΑΡΑΘΥΡΟ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΤΩΝ ΕΞΟΔΩΝ ΤΟΥ ΚΟΜΒΟΥ 2.....	63
ΕΙΚΟΝΑ 27: ΠΑΡΑΘΥΡΟ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΤΩΝ ΕΞΟΔΩΝ ΤΟΥ ΚΟΜΒΟΥ 4.....	63
ΕΙΚΟΝΑ 28: ΔΙΕΠΑΦΗ ΤΗΣ ΣΕΙΡΙΑΚΗΣ ΠΟΡΤΑΣ ΤΟΥ ΚΟΜΒΟΥ 2.....	64
ΕΙΚΟΝΑ 29: ΔΙΕΠΑΦΗ ΤΗΣ ΣΕΙΡΙΑΚΗΣ ΠΟΡΤΑΣ ΤΟΥ ΚΟΜΒΟΥ 3.....	65
ΕΙΚΟΝΑ 30: ΣΤΙΓΜΙΟΤΥΠΟ ΣΕ ΤΥΧΑΙΑ ΧΡΟΝΙΚΗ ΣΤΙΓΜΗ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΟΜΙΩΣΗ.....	65

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΩΝ ΧΡΗΣΤΩΝ.....	16
ΠΙΝΑΚΑΣ 2: ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΩΝ ΤΡΙΩΝ ΒΑΣΙΚΩΝ ΑΣΥΡΜΑΤΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΤΟΥ ΙΟΤ ΣΤΗΝ ΦΑΣΗ ΣΥΛΛΟΓΗΣ.....	32
ΠΙΝΑΚΑΣ 3: ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΩΝ ΒΑΣΙΚΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΤΟΥ ΙΟΤ ΣΤΗΝ ΦΑΣΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ.....	34
ΠΙΝΑΚΑΣ 4: ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ ΠΡΟΛΗΨΗΣ ΣΕ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ.....	39
ΠΙΝΑΚΑΣ 5: ΕΠΕΞΗΓΗΜΑΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΩΝ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΠΑΡΑΘΥΡΩΝ ΤΟΥ COOJA.....	57
ΠΙΝΑΚΑΣ 6: ΕΠΕΞΗΓΗΜΑΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΗΣ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΤΗΣ ΑΝΤΕΛΟΡΕ.....	60
ΠΙΝΑΚΑΣ 7: ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΒΑΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΑΝΤΕΛΟΡΕ.....	61
ΠΙΝΑΚΑΣ 8: ΚΩΔΙΚΑΣ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΤΗ ΒΑΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΕ ΓΛΩΣΣΑ C.....	75
ΠΙΝΑΚΑΣ 9: ΚΩΔΙΚΑΣ ΠΕΛΑΤΗ ΒΑΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΕ ΓΛΩΣΣΑ C.....	80
ΠΙΝΑΚΑΣ 10: ΚΩΔΙΚΑΣ RPL-UDP-CLIENT ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΕΙΤΑΙ ΣΑΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΣΕ ΓΛΩΣΣΑ C.....	82
ΠΙΝΑΚΑΣ 11: ΚΩΔΙΚΑΣ ΣΕ ΓΛΩΣΣΑ JAVASCRIPT ΓΙΑ ΤΗΝ ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗ ΤΗΣ ΠΡΟΣΟΜΙΩΣΗΣ.....	86
ΠΙΝΑΚΑΣ 12: ΑΠΟΣΠΑΣΜΑ ΚΩΔΙΚΑ VISUAL BASIC ΓΙΑ ΤΟ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΣΤΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.....	88
ΠΙΝΑΚΑΣ 13: ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ INIT() ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΡΧΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ ΜΙΑΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ.....	89
ΠΙΝΑΚΑΣ 14: ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΟΠΟΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΖΟΝΤΑΙ ΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΕ ΟΜΑΛΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΒΛΑΒΗΣ.....	89
ΠΙΝΑΚΑΣ 15: ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΟΥ ΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΣΥΝΟΛΟΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	90
ΠΙΝΑΚΑΣ 16: ΚΩΔΙΚΑΣ ΓΙΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΙΑΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ.....	91

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1 Εισαγωγή

Με τη πάροδο των χρόνων πολλές σημαντικές αλλαγές έχουν σημειωθεί στη καθημερινότητα μας, σε αναρίθμητα επιστημονικά πεδία που είτε επαναπροσδιορίστηκαν είτε αντικαταστάθηκαν από άλλα που ο ανθρώπινος νους δε θα μπορούσε να συλλάβει δέκα χρόνια πριν. Το πιο σημαντικό ωστόσο είναι πως σε όλες αυτές τις αλλαγές που έχουν σημαδέψει τη νέα δεκαετία, κοινός παρονομαστής είναι η εξέλιξη του τομέα της πληροφορικής και όλες της υποκατηγορίες που αυτή εσωκλείει. Σαν αποτέλεσμα, νέες καινοτόμες εφαρμογές και υπηρεσίες συστήνονται και προσφέρονται προς όφελος των βιομηχανιών, των επιχειρήσεων και φυσικά των τελικών χρηστών. Τα οφέλη που προκύπτουν από την υιοθέτηση νέων τεχνολογιών και την ανάπτυξη κατά επέκταση καινοτόμων εφαρμογών είναι πολλά και η λίστα μεγαλώνει διαρκώς. Το σίγουρο είναι, πως οι τελικοί χρήστες, οι επιχειρήσεις αλλά και όλοι οι εμπλεκόμενοι φορείς απολαμβάνουν σημαντικά οφέλη που ποικίλουν από αυτοματοποίηση και ταχύτερη αποπεράτωση εργασιών, εξοικονόμηση χρημάτων αλλά και βελτίωση εργασιακού περιβάλλοντος. Εργασίες που άλλοτε χαρακτηρίζονταν από υψηλό κόστος, διεργασίες υψηλού βαθμού κινδύνου και πολυπλοκότητας, πραγματοποιούνται τώρα πιο αποτελεσματικά χάρη στις νέες τεχνολογίες.

Ο πιο σημαντικός τομέας εφαρμογής των νέων τεχνολογιών είναι το περιβάλλον και πιο συγκεκριμένα η προστασία του περιβάλλοντος μέσα από τη σωστή και όχι αλόγιστη χρήση των προσφερόμενων αγαθών. Όλα γύρω μας συμπεριλαμβανομένων και το ανθρώπινο είδος χρειάζονται ενέργεια. Ενέργεια για να κινηθούν, να επιζήσουν, να λειτουργήσουν και να παράγουν αγαθά και υπηρεσίες. Οι νέες τεχνολογίες προσπαθούν να συνεισφέρουν στη σωστή χρήση αυτής μέσα από εφαρμογές που προωθούν όχι μόνο της εξοικονόμηση αλλά και τη σωστή διαχείριση δίνοντας τη δυνατότητα ελέγχου στους τελικούς χρήστες. Επιπρόσθετα, ολοένα και περισσότεροι φορείς συνειδητοποιούν την αναγκαιότητα υιοθέτησης τεχνικών που πρεσβεύουν την αρχή εξοικονόμησης και σωστής διαχείρισης της ενέργειας θέτοντας έτσι το περιεχόμενο της πτυχιακής εργασίας που ακολουθεί άκρως επίκαιρο και ενδιαφέρον.

Μολονότι η ενέργεια και η θεματολογία που προκύπτει μετά από την ενασχόληση με αυτήν ολοένα και απασχολεί την επικαιρότητα, η απουσία ενδιαφέροντος για αυτήν τα προηγούμενα χρόνια, είναι ακόμα εμφανής. Το ποσοστό ενεργειακής συνείδησης χρηστών και επιχειρήσεων είναι ακόμα χαμηλό καθώς και η ύπαρξη έξυπνων σπιτιών. Οι χρήστες δεν είναι ακόμα σε θέση να κατανοήσουν ακόμα την ενέργεια, να ελέγξουν αλλά και να εξοικονομήσουν χρόνο και χρήμα από την σωστή χρήση αυτής. Τα ποσοστά αυτά παρέμειναν σε χαμηλά επίπεδα και λόγω της απουσίας του κατάλληλου τεχνολογικού περιβάλλοντος είτε λόγω έλλειψης τεχνολογιών που απαιτούνταν, είτε υψηλού κόστους υιοθέτησης αυτής. Μέσα από την εργασία αυτή και τα κεφάλαια που ακολουθούν γίνεται μία προσπάθεια προσέγγισης των νέων τεχνολογιών για την δημιουργία ενός έξυπνου σπιτιού με υψηλή ενεργειακή απόδοση και ενεργειακά συνειδητοποιημένους τελικούς χρήστες.

1.1.1 Επιστημονική περιοχή

Η επιστημονική περιοχή της συγκεκριμένης εργασίας περιλαμβάνει το πεδίο Internet of Things ή Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) καθώς και τα Ασύρματα Δίκτυα Αισθητήρων (ΑΔΑ) γνωστά και ως Wireless Sensors Network (WSN).

Η τεχνολογία IoT αναφέρεται στην έξυπνη συνδεσιμότητα πραγμάτων και υιοθέτηση τεχνολογιών που επιτρέπουν την γρήγορη και άμεση επικοινωνία αυτών. Η τεχνολογία αυτή ορίζεται και αναλύεται λεπτομερώς στα κεφάλαια που ακολουθούν. Σε γενικές γραμμές ωστόσο, το IoT προωθεί ένα αυξημένο επίπεδο συνειδητοποίησης για τον κόσμο μας και μια πλατφόρμα από την οποία γίνεται πλέον δυνατό για κάποιον να παρακολουθεί τις αντιδράσεις σε μεταβαλλόμενες συνθήκες. Όπως και με την έλευση του ίδιου του Διαδικτύου, το IoT επιτρέπει στην ανάπτυξη μιας πληθώρα εφαρμογών αλλά και στην χρήση αυτής σε όλες τις πτυχές της καθημερινότητας μας. Η επιστημονική περιοχή του IoT ενσωματώνει ολοένα και περισσότερες τεχνολογίες και συστήνει νέες επεκτάσεις αυτής όπως το Web of Things (WoT) που επίσης γίνεται λόγος παρακάτω.

Επιπρόσθετα, μία ακόμα σημαντική επιστημονική περιοχή είναι τα ΑΔΑ ή WSN τα οποία αναφέρονται σε ασύρματα δίκτυα ενσωματωμένων αισθητήρων. Τα δίκτυα αυτά συστήνουν μία νέα διάσταση μέσα από την χρήση αισθητήρων ειδικά τεχνολογικά σχεδιασμένων για την επιτυχή σύνδεση και έλεγχο αντικειμένων-συσκευών. Η τεχνολογία αυτή επιτρέπει την καταγραφή χαρακτηριστικών των συσκευών αυτών όπως θερμοκρασία, πίεση, ενέργεια κτλ. καθώς και τον έλεγχο μεταβολής αυτών κάτω από απρόβλεπτα ή μη φυσιολογικά όρια. Τα ΑΔΑ είναι χτισμένα πάνω σε κόμβους και υιοθετούν το γνωστό σενάριο δέκτη και πομπού. Η τοπολογία ποικίλει αλλά το βασικό σενάριο συνδεσιμότητας αποτελεί βασικό σενάριο με στόχο της τεχνολογίας αυτής.

1.1.2 Σπουδαιότητα του θέματος

Η ανάγκη ύπαρξης εφαρμογών, επιχειρηματικών ιδεών αλλά και περιβαλλοντικά συνειδητοποιημένων φορέων κρίνεται αναγκαία. Σαν αποτέλεσμα η ανάπτυξη μιας εφαρμογής ιδιαίτερα φιλικής προς το περιβάλλον που θα προβάλλει την μια άλλη πτυχή της ενέργειας είναι επίκαιρη και ιδιαίτερα σημαντική. Μία τέτοια εφαρμογή θα παρέχει στους χρήστες την δυνατότητα κατανόησης, σωστής χρήσης και πρόληψης της ενέργειας, αλλά και εξοικονόμησης χρόνου και χρημάτων. Οι τελικοί χρήστες πλέον θα είναι αυτοί που θα αποφασίζουν και θα είναι σε θέση να αναγνωρίζουν ποια είναι η βέλτιστη ενεργειακά λύση που θα εξυπηρετεί τις προσωπικές τους ανάγκες. Με άλλα λόγια οι χρήστες πλέον παίρνουν την εξουσία στα χέρια τους και συνειδητοποιούν «φροντίζοντας» την ενέργεια, φροντίζουν διπλά τους εαυτούς τους, το νοικοκυριό και την «τσέπη» τους.

Η ιδέα αυτή μιας νέας εφαρμογής βασίζεται στην επαναστατική τεχνολογία του IoT. Η ιδέα αυτή χαρακτηρίζεται ως η επόμενη επανάσταση προς μαζικές κατανεμημένες πληροφορίες, όπου κάθε αντικείμενο αποτελεί συστατικό μιας δικτύωσης «πραγμάτων». Αναμφισβήτητα, η κύρια δύναμη του IoT είναι η υψηλή επίδραση που θα έχει σε διάφορες πτυχές της καθημερινότητας και τη συμπεριφορά των τελικών χρηστών. Οι χρήστες πλέον θα είναι ενεργειακά ενημερωμένοι τόσο στην εργασία όσο και στον οικιακό τομέα.

1.1.3 Στόχοι που τέθηκαν

Πρωταρχικοί στόχοι της εργασίας αυτής ήταν η πλήρης κατανόηση και η εις βάθος έρευνα των εμπλεκόμενων τεχνολογιών και επιστημονικών πεδίων. Μελετήθηκαν διακεκριμένα άρθρα και έρευνες παγκόσμιας κλίμακας που οδήγησαν σε πορίσματα αλλά και ιδέες.

Συγκεκριμένα ο στόχος ήταν η ανάπτυξη μίας εφαρμογής η οποία θα εξυπηρετεί τα παρακάτω κριτήρια:

- Μεταμόρφωση ενός σπιτιού σε ένα πυλώνα υψηλής ενεργειακής απόδοσης, ιδιαίτερα φιλικό προς το περιβάλλον αλλά και προς τους τελικούς χρήστες.
- Συνειδητοποίηση χρηστών ως προς την χρήση της ενέργειας και εκπαίδευση αυτών με στόχο την ικανότητα πρόληψης βλαβών και δυσλειτουργιών (πάντα σχετικά με τις συσκευές του σπιτιού).
- Οι χρήστες μέσα από την εφαρμογή είναι σε θέση να κατανοήσουν την ενέργεια και να ελέγξουν την σωστή χρήση και λειτουργία αυτής.
- Μέσα από την εφαρμογή οι χρήστες εξοικονομούν χρήμα και χρόνο αφού επιτηρούν και ανακαλύπτουν την ενέργεια σε πραγματικό χρόνο.
- Οι χρήστες, οι συσκευές αποτελούν συστατικά μέρη ενός δικτύου αισθητήρων και συνδεδεμένων συσκευών μέσα από την χρήση της τεχνολογίας IoT και WSN.

Σαν αποτέλεσμα η εργασία έκανε πράξη τη θεωρία και αποτέλεσε αρχή για την ανάπτυξη μίας τεχνολογικής εφαρμογής. Η εφαρμογή αυτή αναπτύχθηκε χρησιμοποιώντας λογισμικά ανοιχτού κώδικα και ακολουθώντας τεχνικές προσομοίωσης. Το τεχνολογικό περιβάλλον που χρησιμοποιήθηκε αναλύεται περαιτέρω στο αντίστοιχο κεφάλαιο. Επιπλέον η εργασία ενισχύθηκε από μία προσπάθεια κατανόησης της ενέργειας χρησιμοποιώντας το Visual Studio και Microsoft Excel για την εικονική κατασκευή ενός εικονικού δικτύου.

1.1.4 Διάρθρωση

Στο κεφάλαιο 2 θα γίνει αναλυτική περιγραφή της τεχνολογίας του Internet of Things (IoT) καθώς και των τεχνολογιών που εμπλέκονται όπως Ασύρματα Δίκτυα Αισθητήρων, ετικέτες RFID, αισθητήρες και άλλα. Εξηγούνται έννοιες όπως έξυπνα αντικείμενα, το πως μετατρέπεται ένα αντικείμενο σε έξυπνο και πως επικοινωνούν μεταξύ τους. Επίσης γίνεται πλήρης ανάλυση των πρωτοκόλλων που χρησιμοποιούνται για την επικοινωνία των αντικειμένων. Σημαντικό θέμα είναι και η ασφάλεια των δεδομένων που μεταφέρονται εντός ενός τέτοιου δικτύου.

Στο κεφάλαιο 3 γίνεται αναφορά στην έννοια των έξυπνων σπιτιών και στα πλεονεκτήματα που αποσπά ο ένοικος ενός τέτοιου σπιτιού. Η εργασία αυτή στοχεύει στην ενεργειακή απόδοση ενός σπιτιού και παρουσιάζονται έρευνες για την αντίληψη των ανθρώπων σχετικά με την ενέργεια. Γίνεται επίσης αναφορά στην έννοια των έξυπνων δικτύων και στον καθοριστικό ρόλο που παίζουν για ένα έξυπνο σπίτι. Τέλος παρουσιάζεται και μία εφαρμογή τελικού χρήστη για το πως θα μπορεί ένας χρήστης ενός σπιτιού να παρακολουθεί και να ελέγχει την ενέργεια εντός της οικίας του.

Στο κεφάλαιο 4 παρουσιάζεται μία προσομοίωση ενός έξυπνου σπιτιού υψηλής ενεργειακής απόδοσης (Energy Efficient Smart Home). Με την βοήθεια του λειτουργικού συστήματος Contiki OS έγινε δυνατό να μπορέσει και να προσομοιωθεί ένα δίκτυο με ασύρματους αισθητήρες χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο 6LoWPAN

για την μετάδοση δεδομένων από τους αισθητήρες σε μία βάση δεδομένων με απώτερο σκοπό την διαχείριση των δεδομένων αυτών σε μία εφαρμογή.

Τέλος παρατίθενται τα συμπεράσματα που βγήκαν από την έρευνα που έγινε στα πλαίσια αυτής της εργασίας αλλά και από την προσομοίωση. Επίσης μελλοντικές επεκτάσεις για την μελλοντική διαχείριση αυτών των δεδομένων και το πως και που μπορούν να χρησιμοποιηθούν αυτά τα δεδομένα προς όφελος των χρηστών.

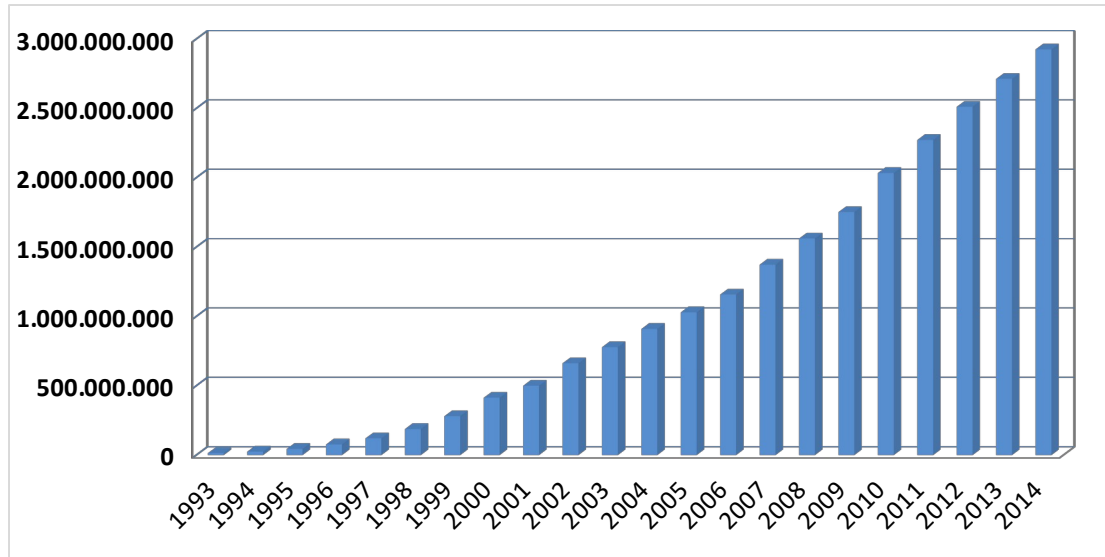
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.1 Λίγα λόγια για το Διαδίκτυο

Μολονότι το διαδίκτυο σήμερα μπορεί ορθά να χαρακτηριστεί ως πανταχού παρόν, λίγοι είναι αυτοί που γνωρίζουν ή θυμούνται πώς και από πού ξεκίνησε. Η πρώτη εμφάνιση του Διαδικτύου έγινε στα τέλη της δεκαετίας του 60 στις Η.Π.Α. στα πλαίσια εξέλιξης ενός πειραματικού δικτύου γνωστό και ως ARPANET (Comer, 2004). Το δίκτυο αυτό στόχευε στην διασύνδεση του Υπουργείου Άμυνας των Η.Π.Α. με διάφορους στρατιωτικούς οργανισμούς και κατά επέκταση η χρήση αυτού σαν μέσο άμυνας κατά την διάρκεια του ψυχρού πολέμου. Το πειραματικό αυτό πρόγραμμα στόχευε στην χρήση μιας επαναστατικής τεχνολογίας για την εποχή εκείνη αλλά ιδιαίτερα γνωστής σήμερα. Η τεχνολογία αυτή είναι γνωστή σήμερα σαν μεταγωγή πακέτων (packet switching) η οποία όπως λεπτομερώς περιγράφεται από τον Tanenbaum (2000) προβλέπει την μετάδοση δεδομένων σε πολλούς χρήστες μέσω διαμεριζόμενης επικοινωνιακής γραμμής υπό την μορφή πακέτων δεδομένων. Πίσω ξανά στη γέννηση του διαδικτύου, στόχος του πειράματος ήταν η δημιουργία ενός δικτύου επικοινωνίας το οποίο θα χρησιμοποιούνταν από τις καταναμημένες βάσεις τους και θα μπορούσε να επιβιώσει σε κάθε ενδεχόμενο επίθεσης από τους Ρώσους (Comer, 2004). Το δίκτυο αυτό θα έπρεπε να αποτελούνταν από συνδεδεμένους καταναμημένους υπολογιστές καθώς επίσης θα έπρεπε να ήταν αποκεντρωμένο. Με αυτόν το τρόπο άμα δεχόταν επίθεση ένας σταθμός ή κόμβος δεν θα χανόταν η επικοινωνία των υπολοίπων διότι θα υπήρχε εναλλακτική δίοδος. Η πρώτη μορφή ενός τέτοιου δικτύου αποτελούταν από 4 υπολογιστές και μετά από τρία χρόνια οι υπολογιστές έγιναν 23, ενώ παράλληλα άρχισαν να δημιουργούνται επιπλέον υπηρεσίες όπως το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο.

Με την πάροδο των χρόνων και το αυξανόμενο πλήθος διαφορετικών τύπων υπολογιστών στο δίκτυο, η ανάγκη σωστής διαχείρισης του δικτύου είχε σαν αποτέλεσμα την δημιουργία πρωτοκόλλων. Το 1974 παρουσιάστηκε το πρωτόκολλο TCP (Transmission Control Protocol) και το 1978 προστέθηκε και το IP (Internet Protocol) συντελώντας στην δημιουργία του γνωστού στην εποχή μας TCP/IP (Tanenbaum, 2000).

Το 1989 το Διαδίκτυο άρχισε να παίρνει την μορφή που γνωρίζουμε σήμερα και αποτέλεσε σημείο αναφοράς για την ανάπτυξη τεχνολογιών και υπηρεσιών που εξυπηρετούν τους χρήστες τους. Η άνθιση που γνώρισε το Διαδίκτυο απεικονίζεται στο Γράφημα 1, βλέποντας την αυξανόμενη χρησιμοποίηση του από τους χρήστες το 1993 μέχρι και το 2014 (Internet Live Stats, 2015).



Γράφημα 1: Internet Live Stats. (2015). Home: Trends and More: Internet Users. Retrieved July 3, 2015, from Internet Live Stats: <http://www.internetlivestats.com/internet-users/#trend>

Σήμερα εν έτη 2015 οι χρήστες του Διαδικτύου έχουν ξεπεράσει τα 3 δισεκατομμύρια πλησιάζοντας το 45% του παγκόσμιου πληθυσμού, όπως αναφέρεται σύμφωνα με έρευνες (Internet Live Stats, 2015).

Η ραγδαία έκρηξη του διαδικτύου καθώς και γενικά των τεχνολογιών έχει επιφέρει σημαντικές αλλαγές στις ζωές των ανθρώπων. Στις μέρες μας το Διαδίκτυο καλωσορίζει καθημερινά χιλιάδες καινούργιους χρήστες όπως προαναφέραμε. Οι διαδικτυακοί χρήστες απαντούν σε διαφορετικές ηλικιακές κατηγορίες, δημογραφικά χαρακτηριστικά και ενδιαφέροντα (Brantzæg, 2010). Το γεγονός αυτό θα μπορούσε να γεννήσει πολλά ερωτήματα. Ένα από αυτά τα ερωτήματα θα μπορούσε να είναι, το τί οδηγεί ολοένα και περισσότερους χρήστες στο Διαδίκτυο. Οι απαντήσεις εδώ θα μπορούσαν να είναι πολλές. Οι χρήστες μπορούν να κατηγοριοποιηθούν λαμβάνοντας υπόψη πολλές διαφορετικές τυπολογίες που έχουν αναπτυχθεί ανά καιρούς. Οι χρήστες μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σύμφωνα με κάποια παραδοσιακά κριτήρια όπως ηλικία, φύλο κ.α. Ωστόσο περισσότερο ενδιαφέρον προκαλούν οι κατηγοριοποιήσεις που βασίζονται στη διαφορετική χρήση του διαδικτύου σύμφωνα με τα ενδιαφέροντα των χρηστών.

Πολλοί χρήστες κατά βάση χρησιμοποιούν το Διαδίκτυο για κοινωνική δικτύωση, άλλοι για ψυχαγωγία, άλλοι για επαγγελματικούς σκοπούς, άλλοι για τις παρεχόμενες υπηρεσίες που προσφέρονται από οργανισμούς κυβερνητικούς ή και ιδιωτικούς κι άλλοι καθαρά για ενημέρωση. Μια ενδιαφέρουσα τυπολογία είναι αυτή που προτάθηκε από τον Brantzæg (2010). Ο ίδιος κατηγοριοποιεί τους χρήστες ανάλογα με τις δραστηριότητες στις οποίες επιδίδονται στο διαδίκτυο. Συγκεκριμένα αναπτύσσει πέντε κατηγορίες στις οποίες κατατάσσονται οι χρήστες ανάλογα με την χρήση του Διαδικτύου και είναι οι ακόλουθες:

- Σποραδικοί χρήστες (Sporadic users)
- Χρήστες που ενασχολούνται κυρίως με υπηρεσίες κοινωνικής δικτύωσης (Socializers)
- Χρήστες που χρησιμοποιούν το διαδίκτυο για ψυχαγωγικούς σκοπούς (Entertainers)
- Χρήστες που χρησιμοποιούν τις προσφερόμενες υπηρεσίες του διαδικτύου ως μέρος της εργασίας (Instrumentals)
- Σύνθετη χρήση – όπου οι χρήστες ανήκουν σε παραπάνω από μια κατηγορίες (Advanced)

Η τυπολογία αυτή αποτέλεσε βάση για μια ακόμα πιο λεπτομερή έρευνα για τους χρήστες του διαδικτύου όπου οι διάφορες κατηγορίες χρηστών μελετώνται εις βάθος και παρουσιάζονται συνοπτικά παρακάτω (Stiakakis et al., 2015).

2.1.1 Σποραδικοί χρήστες

Οι χρήστες της κατηγορίας αυτής χαρακτηρίζονται ως σποραδικοί χρήστες, καθώς η ενασχόληση τους με το Διαδίκτυο δεν είναι καθόλου έντονη (Brantzaeg, 2010). Η κατηγορία αυτή χαρακτηρίζεται από πολύ χαμηλή συχνότητα χρήσης του Διαδικτύου. Συγκεκριμένα, τα άτομα αυτής της κατηγορίας δεν είναι ιδιαίτερα εξοικειωμένα με το Διαδίκτυο και το χρησιμοποιούν, όχι πάντοτε, για απλές δουλειές ή απλά για την προσωπική τους ενημέρωση. Αξιοσημείωτο είναι, ότι το ποσοστό αυτών των χρηστών μειώνεται με το πέρασμα των ετών σαν φυσική συνέπεια της έκρηξης του διαδικτύου και της ενσωμάτωσης του στην καθημερινότητα μας (Stiakakis et al., 2015).

2.1.2 Κοινωνική δικτύωση

Τα άτομα αυτής της κατηγορίας χρησιμοποιούν το Διαδίκτυο κατά βάση για κοινωνική δικτύωση (social networking). Η συχνότητα χρήσης του Διαδικτύου είναι μεσαίας τάξης καθώς και η ποικιλία των δραστηριοτήτων τους είναι χαμηλή και επικεντρώνεται σε πλατφόρμες κοινωνικής δικτύωσης (Brantzaeg, 2010). Με άλλα λόγια, οι χρήστες της κατηγορίας αυτής χρησιμοποιούν το Διαδίκτυο στοχευμένα για να επικοινωνούν με φίλους και συγγενείς. Το ποσοστό των χρηστών που επικεντρώνονται σε δραστηριότητες κοινωνικής δικτύωσης είναι ιδιαίτερα σημαντικό δεδομένης της έκρηξης των αντίστοιχων υπηρεσιών κοινωνικής δικτύωσης τα τελευταία χρόνια.

2.1.3 Ψυχαγωγία

Οι χρήστες αυτής της κατηγορίας του Διαδικτύου χρησιμοποιούν το Διαδίκτυο προς όφελος της ψυχαγωγίας τους. Η έννοια ψυχαγωγία περιλαμβάνει πολλές διαφορετικές οπτικές και μέσα όπως τραγούδια, βίντεο και φυσικά παιχνίδια. Ωστόσο, ψυχαγωγία μπορεί να θεωρηθεί μια υποκειμενική έννοια καθώς κάθε χρήστης την ορίζει διαφορετικά. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η έννοια του «infotainment» (information + entertainment), όπου οι χρήστες ορίζουν ψυχαγωγία οποιαδήποτε δραστηριότητα πληροφόρησης (Stiakakis et al., 2015). Τα τελευταία χρόνια, ψυχαγωγία από πολλούς θεωρούνται και οι αγορές μέσω διαδικτύου. Συνεπώς, η κατηγορία αυτή χαρακτηρίζεται από μεσαίας τάξης ποικιλία δραστηριοτήτων και το

ποσοστό των χρηστών που ανήκουν σε αυτή είναι επίσης σημαντικό όπως αποδεικνύεται και από την αντίστοιχη έρευνα (Stiakakis et al., 2015).

2.1.4 Ως μέρος της εργασίας τους

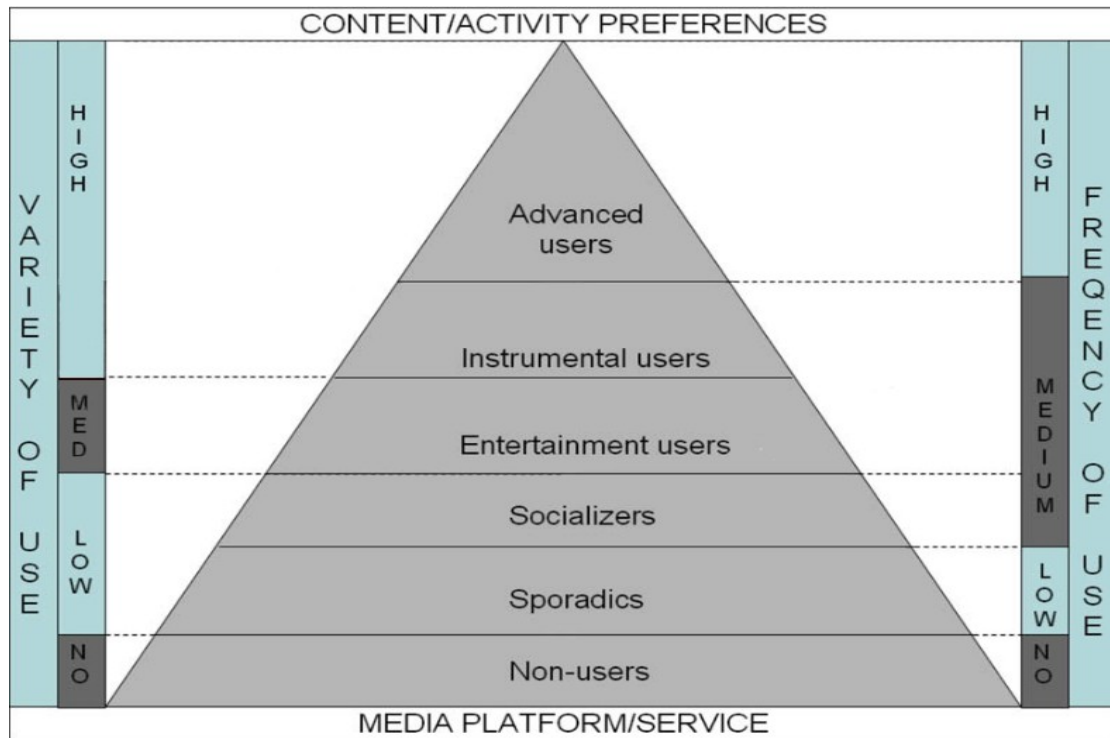
Τα τελευταία χρόνια το διαδίκτυο και οι προσφερόμενες υπηρεσίες του έχουν εισβάλλει και στον εργασιακό χώρο. Το διαδίκτυο έχει γίνει αναπόσπαστο κομμάτι των επιχειρήσεων όπου δεν δύναται να υπάρξει επιχείρηση χωρίς ιστοσελίδα. Τεχνολογίες όπου το Cloud computing και τα διάφορα πληροφοριακά συστήματα που έχουν αναπτυχθεί χρησιμοποιούνται από τους χρήστες αυτής της κατηγορίας σαν αναπόσπαστο εργαλείο της εργασίας τους. Γενικά, τα άτομα τα οποία χρησιμοποιούν το Διαδίκτυο ως μέρος της δουλειάς του εκμεταλλεύονται τα πλεονεκτήματα που προσφέρονται μέσω υπηρεσιών E-Banking, E-Government, E-Shopping και πολλών άλλων υπηρεσιών στα καθημερινά εργασιακά τους καθήκοντα. Στην κατηγορία αυτή, η χρήση του Διαδικτύου είναι μεσαίας έντασης, ενώ η ποικιλία των δραστηριοτήτων είναι υψηλή. Οι χρήστες δίνουν περισσότερο έμφαση σε εφαρμογές και υπηρεσίες που αφορούν την δουλειά και όχι σε διαδικτυακές δραστηριότητες που σχετίζονται με ψυχαγωγία ή κοινωνική δικτύωση (Brantzaeg, 2010). Βέβαια, τα τελευταία χρόνια πολλές επιχειρήσεις έχουν σημαντική παρουσία και στα μέσα κοινωνικής δικτύωσης προωθώντας ένα νέο είδος μάρκετινγκ, γνωστό και ως «social media marketing» (Ashley & Tuten, 2015). Συνοψίζοντας, η κατηγορία αυτή έχει ιδιαίτερο δυναμικό χαρακτήρα καθώς οι δραστηριότητες που χαρακτηρίζουν τους χρήστες που ανήκουν σε αυτό τον τύπο αυξάνονται δραματικά με την εμφάνιση νέων τεχνολογιών και καινοτόμων υπηρεσιών προστιθέμενης αξίας.

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα της κατηγορίας αυτής είναι το κίνημα «Bring Your Own Device», όπου οι εργαζόμενοι καλούνται να φέρουν τις προσωπικές τους συσκευές στον εργασιακό χώρο και να δουλεύουν αποκλειστικά σε αυτές (Ballagas et al., 2004). Το κίνημα αυτό έρχεται να επιβεβαιώσει την αυξανόμενη χρήση του διαδικτύου για εργασιακές δραστηριότητες αλλά και να δικαιολογήσει το υψηλό ποσοστό των χρηστών αυτής της κατηγορίας.

2.1.5 Σύνθετη χρήση

Φυσικά όπως είναι λογικό υπάρχουν και άτομα τα οποία προσπαθούν να εκμεταλλευτούν όλα τα πλεονεκτήματα του Διαδικτύου. Οι χρήστες αυτής της κατηγορίας είναι κατά βάση ένας συνδυασμός δύο ή και παραπάνω κατηγοριών. Ένας «σύνθετος» χρήστης έχει υψηλή συχνότητα χρήσης του Διαδικτύου, ενώ χρησιμοποιεί το διαδίκτυο για ποικίλες δραστηριότητες (Stiakakis et al., 2015). Στο μεγαλύτερο ποσοστό μπορεί να χειριστεί το Διαδίκτυο στο μέγιστο, απολαμβάνοντας τα πλεονεκτήματα του είτε αφορά την ενημέρωσή του, είτε την ψυχαγωγία του, είτε σαν μέρος της εργασίας του.

Στην εικόνα 1 αναπαρίσταται η τυπολογία του Brantzaeg (2010) με τη μορφή πυραμίδας και συσχετίζοντας τη συχνότητα χρήσης (frequency of use) με την ποικιλία χρήσης (variety of use).



Εικόνα 1 Τυπολογία Brandtzaeg, κριτήρια κατηγοριοποίησης χρηστών. Brandtzaeg, P. (2010). Towards a unified media-user typology (MUT): A meta-analysis and review. *Computers in Human Behavior*, 26(5), 940-956.

Επιπλέον, στον πίνακα 1 εμφανίζονται ξανά οι πέντε κατηγορίες χρηστών σε συνάρτηση με τη συχνότητα και ποικιλία χρήσης αλλά επιπρόσθετα δίνονται συνοπτικά και οι κύριες πλατφόρμες στις οποίες εντοπίζονται ανάλογα με τις δραστηριότητες που ενασχολούνται στο διαδίκτυο.

Πίνακας 1: Συγκριτική ανασκόπηση κατηγοριών χρηστών. Stiakakis, E., Georgiadis, C. K., & Andronoudi, A. (2015). Users' perceptions about mobile security breaches. *Information Systems and e-Business Management*, 1-26.

Χρήστες	Συχνότητα	Πλατφόρμες	Ποικιλία	Προτιμήσεις
Σποραδικοί	Χαμηλή	Όλες	Χαμηλή	Καθόλου έντονη ενασχόληση, τίποτα συγκεκριμένο
Κοινωνική δικτύωση	Μεσαίας τάξης	Κοινωνικά δίκτυα	Χαμηλή	Διατήρηση επαφών με τους φίλους
Ψυχαγωγία	Μεσαίας τάξης	Νέα μέσα ενημέρωσης	Μεσαίας τάξης	Παιχνίδια, βίντεο, e-com
Ως μέρος της εργασίας τους	Μεσαίας τάξης	Νέα μέσα ενημέρωσης, Internet και e-shopping	Υψηλή	Χαμηλή ψυχαγωγία, e-com, e-gov apps, κοινωνικά δίκτυα marketing, περιεχόμενο σχετικό με την δουλειά
Σύνθετη χρήση	Υψηλή	Όλες	Υψηλή	Όλα τα παραπάνω

Η κατανόηση των χρηστών μέσα από μια τυπολογία θεωρείται ιδιαίτερα σημαντική και ωφέλιμη για κάθε είδους έρευνα. Μέσα από τους χρήστες των διαφορετικών κατηγοριών μπορεί να γίνει αντιληπτό το πώς μια νέα τεχνολογία προσεγγίζεται από το ευρύ κοινό και πιο σημαντικά από τις ειδικές κατηγορίες που το απαρτίζουν. Οι διάφορες κατηγορίες φέρνουν στην επιφάνεια τυχόν προκλήσεις και απαιτήσεις που πρέπει να διευθετηθούν για την επιτυχή υιοθέτηση μιας καινούριας υπηρεσίας και τεχνολογίας γενικότερα. Στην περίπτωση του Internet of Things, η χρήση μιας τέτοιας τυπολογίας για την ανάλυση των χρηστών μπορεί να αποτελέσει πηγή έμπνευσης για νέες εφαρμογές αλλά και σημαντική πηγή πληροφορίας στη βελτίωση ήδη υπάρχουσών εφαρμογών.

2.2 Δίκτυα Υπολογιστών

Το Διαδίκτυο αποτελείται από επιμέρους δίκτυα υπολογιστών. Τα επιμέρους δίκτυα διαφέρουν μεταξύ τους ως προς τοπολογία, γεωγραφική κάλυψη, τρόπο διασύνδεσης και ως προς την πρόσβασή τους (Tanenbaum, 2000).

Ως προς την τοπολογία τους τα δίκτυα κατατάσσονται σε τέσσερις κύριες κατηγορίες (Comer, 2004):

- Διαύλου (Bus), η διασύνδεση των υπολογιστών γίνεται με την χρήση κοινόχρηστου καλωδίου. Η επικοινωνία είναι αμφίδρομη δηλαδή ένας

υπολογιστής μπορεί να λαμβάνει και να στέλνει ταυτόχρονα καθώς κι όταν στέλνει λαμβάνουν όλοι οι υπόλοιποι υπολογιστές.

- Αστέρα (Star), κάθε ένας υπολογιστής είναι συνδεδεμένος σε έναν κεντρικό κόμβο (hub), ο οποίος είναι και ο διαχειριστής του δικτύου. Όλες οι επικοινωνίες περνούν μέσω του κεντρικού κόμβου και μεταδίδονται μόνο στους παραλήπτες.
- Δακτυλίου (Ring), σε αυτή την τοπολογία κάθε υπολογιστής συνδέεται με άλλους δύο επιτυγχάνοντας υψηλό εύρος ζώνης και δίνοντας δυνατότητα για εύκολη επέκταση του δικτύου.
- Δέντρο (Tree), η τοπολογία αυτή είναι ένας συνδυασμός διαύλου και αστέρα συνδυάζοντας τα πλεονεκτήματα των δύο.

Συνεχίζοντας, ως προς τον τρόπο διασύνδεσης έχουμε δύο κατηγορίες: (i) ενσύρματα και (ii) ασύρματα ενώ ως προς τον τρόπο πρόσβασης τα δίκτυα διακρίνονται σε: (i) δημόσια και (ii) ιδιωτικά.

Κατά την γεωγραφική κάλυψη έχουμε τέσσερις κύριες κατηγορίες:

- Τοπικά Δίκτυα (Local Area Network- LAN, Wireless Local Area Network- WLAN), οι υπολογιστές βρίσκονται σε σχετικά μικρές αποστάσεις.
- Μητροπολιτικά Δίκτυα (Metropolitan Area Network- MAN, Wireless Metropolitan Area Network- WMAN), καλύπτουν μεγαλύτερες αποστάσεις, από μία γειτονιά μέχρι και μία πόλη.
- Ευρείας Περιοχής Δίκτυα (Wide Area Network- WAN, Wireless Wide Area Network- WWAN), καλύπτοντας μεγάλες αποστάσεις από διαφορετικές πόλεις μέχρι και ηπείρους.
- Προσωπικά Δίκτυα (Personal Area Network- PAN, Wireless Personal Area Network- WPAN), καλύπτουν μία περιοχή γύρω από ένα σώμα, επιτρέποντας ανταλλαγή δεδομένων. Παράδειγμα σύνδεσης κινητού με υπολογιστή.

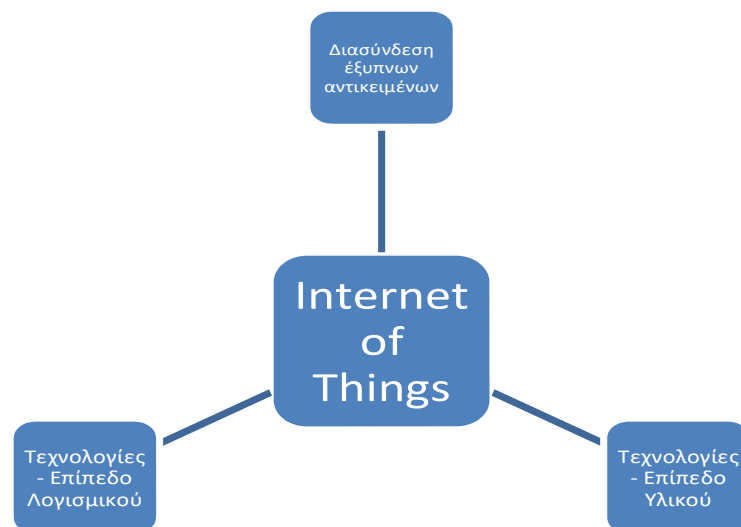
2.3 Internet of Things

Ένα ενδιαφέρον ερώτημα που γεννάται είναι, αν το Διαδίκτυο ήταν αυτό που οδήγησε στην ραγδαία εξέλιξη των υπηρεσιών και τεχνολογιών ή το αντίθετο, δηλαδή οι υπηρεσίες οδήγησαν το Διαδίκτυο σε ευρεία κλιμάκωση. Θα μπορούσαμε εύλογα να πούμε πως και τα δύο είναι αναπόσπαστα κομμάτια και πηγαίνουν σε συνδυασμό το ένα με το άλλο. Η πραγματικότητα είναι, πως οι συνεχόμενα αυξανόμενες ταχύτητες του Διαδικτύου που σημειώνονται οδηγούν καθημερινά στην δημιουργία διαφόρων νέων υπηρεσιών, τεχνολογιών και καινοτομιών που κάνουν την ζωή των χρηστών πιο εύκολη.

Με την εμφάνιση λοιπόν του όρου «Καινοτομία» άρχισαν σταδιακά να εμφανίζονται τεχνολογίες οι οποίες εξυπηρετούσαν τους χρήστες, σε καθημερινές συνήθειες, προκειμένου να επιταχύνουν το χρόνο εκτέλεσης αυτών, καθώς και να μειώσουν το επίπεδο δυσκολίας τους οδηγώντας πολλές φορές ακόμα και σε μια πιο διασκεδαστική υλοποίηση. Η καινοτομία ορίζεται ως η εφαρμοσμένη χρήση της γνώσης με σκοπό την παραγωγή ή βελτίωση υπαρχόντων προϊόντων που βρίσκουν άμεση εμπορική, παραγωγική ή και χρηστική απήχηση (Business Models and Systems, 2008). Επίσης με τον όρο καινοτομία στις υπηρεσίες μπορεί να αφορά νέες τεχνολογίες, διεργασίες, τρόπους αλληλεπίδρασης καθώς και νέα επιχειρηματικά μοντέλα (Pioudis, 2015). Η καινοτομία υλοποιείται έχοντας σκοπό να κάνει τα διάφορα αντικείμενα, που χρησιμοποιούμε σε καθημερινή βάση, έξυπνα (Miorandi et

al., 2012). Σύμφωνα με τους Miorandi, Sicari, Pellegrini και Chlamtac (2012), αυτό επιτυγχάνεται με την προσθήκη ηλεκτρονικών συστημάτων στα αντικείμενα αυτά, ενσωματώνοντάς τα σε μία παγκόσμια υποδομή. Οι ίδιοι εύλογα υποστηρίζουν πως τέτοιες ενέργειες δημιουργούν καινούριες ευκαιρίες στον τομέα Τεχνολογιών Πληροφορικής και Επικοινωνιών (ΤΠΕ), με αποτέλεσμα την ανάπτυξη καινούργιων καινοτόμων εφαρμογών κι υπηρεσιών.

Μια τέτοια καινούρια τεχνολογία έκανε την εμφάνιση της το 1999, από τον Kevin Ashton του MIT, στα πλαίσια ανάπτυξης περιεχομένου για τη διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας ευρέως γνωστή ως «Supply Chain Management» (Ashton, 2009). Συγκεκριμένα ο Kevin Ashton ήταν αυτός που φαντάστηκε ένα κόσμο όπου το Διαδίκτυο είναι συνδεδεμένο στον φυσικό κόσμο μέσα από την χρήση αισθητήρων και μιας δυναμικής πλατφόρμας που βασίζεται σε πραγματικού χρόνου ανατροφοδότηση (real-time feedback). Αυτός ο «καινούριος» κόσμος του Kevin Ashton έχει τεράστιες προοπτικές στο να προσφέρει άνεση, ασφάλεια αλλά και καλύτερο έλεγχο των καθημερινών δραστηριοτήτων των ανθρώπων. Έτσι λοιπόν γεννήθηκε ο όρος «Internet of Things» (IoT) ή με μια ελεύθερη ελληνική μετάφραση «Διαδίκτυο των Πραγμάτων». Η ίδια ερευνητική ομάδα του Kevin Ashton ήταν αυτή που δύο χρόνια μετά όρισε για πρώτη φορά αυτόν το νέο συνδεδεμένο κόσμο. Συγκεκριμένα, πρόκειται για μία έξυπνη υποδομή διασύνδεσης αντικειμένων, πληροφοριών και ανθρώπων με την χρήση δικτύων υπολογιστών και όπου η τεχνολογία του RFID αποτελεί την βάση για την ρεαλιστική απεικόνιση (Brock, 2001). Επιπρόσθετα, ο όρος Internet of Things περιλαμβάνει και το σύνολο των τεχνολογιών σε επίπεδο υλικού που απαιτούνται για να υλοποιηθεί αυτή η τεχνολογία καθώς επίσης και σε επίπεδο λογισμικού όπως εφαρμογές κι υπηρεσίες, με αποτέλεσμα το άνοιγμα καινούργιων ευκαιριών σε επιχειρήσεις και σε παγκόσμιο επίπεδο αγοράς (Atzori et al., 2010).



Εικόνα 2: Επιμέρους τεχνολογίες που περιλαμβάνει η τεχνολογία του Internet of Things

Με την πάροδο του χρόνου πολλοί ορισμοί έχουν διατυπωθεί. Οι Atzori, Iera και Morabito (2010) στο άρθρο τους έχουν εύλογα προτείνει τρεις κατηγορίες ορισμών. Οι κατηγορίες αυτές είναι:

- Με έμφαση στα Πράγματα (Things oriented), όπου η προσοχή δίνεται στα αντικείμενα και στην εύρεση ενός πλαισίου για την αναγνώριση και την ενσωμάτωσή τους.
- Με έμφαση στο Διαδίκτυο (Internet oriented), όπου η προσοχή δίνεται στο πρότυπο δικτύωσης και χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο IP επιδιώκεται η καθιέρωση μιας αποτελεσματικής σύνδεσης μεταξύ συσκευών. Σημαντική ιδέα είναι η απλοποίηση της χρησιμοποιούμενης IP έτσι ώστε να μπορεί να χρησιμοποιείται σε συσκευές περιορισμένης χωρητικότητας.
- Με έμφαση στην Σημασιολογία (Semantic oriented), η οποία στοχεύει στην χρήση σημασιολογικών τεχνολογιών ή τεχνολογιών λογικής ώστε να περιγράψουν τα αντικείμενα και να διαχειριστούν τα δεδομένα καθώς και να αναπαραστήσουν, αποθηκεύσουν, διασυνδέσουν και να διαχειριστούν τον τεράστιο όγκο πληροφορίας που παρέχεται από αυξανόμενο αριθμό των IoT αντικειμένων.

Συνοψίζοντας ένας ολοκληρωμένος ορισμός πρέπει να κάνει λόγο και στις τρεις παραπάνω κατηγορίες.

2.4 Εφαρμογές της τεχνολογίας Internet of Things

Η προσφορά της νέας αυτής τεχνολογίας (IoT) έχει επιπτώσεις όχι μόνο σε ανθρώπους-χρήστες αλλά τόσο σε κατασκευαστές όσο και σε εταιρείες. Μερικές από τις πιο ελπιδοφόρες εφαρμογές είναι: εξελιγμένα συστήματα διαχείρισης αλυσίδας εφοδιασμού, έξυπνα σπίτια, διαχείριση υγείας αυτοκινήτου, ηλεκτρονική υγεία και πολλές άλλες εφαρμογές που σχετίζονται με γεωργία και με την κτηνοτροφία.

Η «επανάσταση» της τεχνολογίας του IoT, έχει προκαλέσει πάρα πολλά επιστημονικά πεδία στην υιοθέτησή της με σκοπό την αποκόμιση των πλεονεκτημάτων της. Με την χρήση της τεχνολογίας IoT τα οφέλη που μπορεί να προσφέρει ανάλογα με το είδος της εφαρμογής ποικίλουν. Γενικά αυτά τα οφέλη μπορεί να σχετίζονται με εξοικονόμηση χρημάτων, εξοικονόμηση χρόνου για την αποπεράτωση μίας διαδικασίας, ευκολία στην ολοκλήρωση ενός έργου. Επίσης μπορεί να προσφέρει και στην ενδυνάμωση της ασφαλείας σε πολλές περιπτώσεις, προσφέρει στην υγεία αλλά και στην οργάνωση και σε πολλά ακόμα θέματα όπως ακόμα και στην αξιοπιστία. Και πράγματι αφού η υιοθέτηση της τεχνολογίας IoT γίνεται ολοένα και μεγαλύτερη τόσο από τις επιχειρήσεις όσο και από τους ανθρώπους που την χρησιμοποιούν για προσωπικά τους ζητήματα. Παρακάτω αναφέρονται μερικές εφαρμογές με χρήση IoT καθώς και τα οφέλη που κερδίζουν από την τεχνολογία.

2.4.1 Διαχείριση Εφοδιαστικής Αλυσίδας (Supply Chain Management)

Σε αυτό το πεδίο οι άμεσα εμπλεκόμενοι είναι πολλοί. Συγκεκριμένα, οι εμπλεκόμενοι είναι: κατασκευαστές, προμηθευτές, τα κέντρα διανομής, οι έμποροι λιανικής και οι πελάτες. Για την διαχείριση ενός έργου όπου τα εμπλεκόμενα μέρη είναι πολλά, καθιστά την διαδικασία πάρα πολύ δύσκολη. Μάλιστα τα προηγούμενα χρόνια πολλές εταιρείες που αναλάμβαναν αυτά τα έργα σε πολλές των περιπτώσεων ζημιώνονταν είτε λόγω της λάθος οργάνωσης του έργου, είτε λόγω παραγόντων που είναι αδύνατον να προβλεφθούν. Ένας παράγοντας τον οποίο δεν μπορεί να τον προβλέψει κανείς για παράδειγμα είναι η κίνηση στους δρόμους, με αποτέλεσμα να

υπάρχει σημαντική καθυστέρηση στην παράδοση. Έτσι λοιπόν κάτι έπρεπε να αλλάξει προκειμένου να γίνεται με σωστό τρόπο η οργάνωση και γενικά να μπορούν να αποφευχθούν καταστάσεις όπου θα πήγαιναν πίσω το έργο.

Η εισαγωγή του «Internet of Things» στην διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας άρχισε να γίνεται αντιληπτή με την προσθήκη των τεχνολογιών GPS και ετικετών RFID (Shankar, 2015). Αυτές οι τεχνολογίες που βασίζονται σε μία τρίτη τεχνολογία, είναι «Cloud-based», προσφέροντας πληροφορίες σχετικά με τα αντικείμενα. Οι πληροφορίες αυτές αρχικά ήταν τριών ειδών, αναγνώριση, τοποθεσία, εντοπισμός. Η ανάκτηση αυτών των πληροφοριών ήταν δυνατόν να γίνει από την πρώτη στιγμή, δηλαδή από το στάδιο της κατασκευής των αντικειμένων έως και την παράδοση στον πελάτη. Με λίγα λόγια ο πελάτης μπορούσε να δει ανά πάσα στιγμή που βρίσκεται το αντικείμενό του. Όμως, αυτό δεν γινόταν προς όφελος μόνο του πελάτη αλλά και για την εταιρεία που μπορούσε να προβλέψει τις ημερομηνίες παράδοσης με μεγάλη προσέγγιση.

Ενώ τα χρόνια περνούσαν, σιγά-σιγά άρχισαν να ενσωματώνονται και αισθητήρες στα αντικείμενα οι οποίοι «μάζευαν» τα δεδομένα σε μία Cloud πλατφόρμα, με σκοπό την παροχή περεταίρω πληροφοριών στα ενδιαφερόμενα μέρη. Οι πληροφορίες αυτές ήταν για παράδειγμα, θερμοκρασία προϊόντος, υγρασία και άλλα, που παίζουν καθοριστικό ρόλο στην ποιότητα ορισμένων προϊόντων, όπως στα φαγητά. Όπως αναφέρει ο Shankar (2015), το Internet of Things όμως δεν σταματάει εκεί αφού τα οφέλη που μπορεί να προσφέρει είναι ακόμα περισσότερα. Για παράδειγμα πληροφορίες σχετικά με την κίνηση στους δρόμους πριν την μεταφορά είναι πολύ πιο σημαντικές από μία πληροφορία που ενημερώνει πως ένα φορτηγό έχει κολλήσει στην κίνηση. Με αυτό τον τρόπο θα μπορούσε εξαρχής να σχεδιαστεί μία νέα διαδρομή ή να τροποποιηθεί η ημερομηνία ή η ώρα παράδοσης. Άλλες πληροφορίες σχετικά με τις καιρικές συνθήκες, μέση ταχύτητα είναι εξίσου καθοριστικές στην οργάνωση.

Γενικά με την ολοκληρωμένη χρήση του IoT στη διαδικασία της διαχείρισης εφοδιαστικής αλυσίδας τα πλεονεκτήματα σύμφωνα με το Shankar (2015) είναι:

- Μειωμένη απώλεια αντικειμένων
- Εξοικονόμηση καυσίμου, με την σχεδίαση της βέλτιστης διαδρομής λαμβάνοντας υπόψη όλους τους κρίσιμους παράγοντες
- Διασφάλιση ποιότητας αντικειμένων
- Ορθή διαχείριση αποθηκών
- Αποδοτική οργάνωση και διανομή

2.4.2 Υγεία και Ηλεκτρονική Υγεία

Τα τελευταία χρόνια, σε μία προσπάθεια εξέλιξης στον τομέα της παραδοσιακής υγείας αναπτύχθηκαν διάφορα συστήματα, συσκευές και μέθοδοι με σκοπό την πιο αποτελεσματική παροχή υγείας, διάγνωσης και περίθαλψης (Eysenbach, 2001). Στα πλαίσια λοιπόν του παραπάνω αναπτύχθηκε μία νέα υποδομή, γνωστή ως Ηλεκτρονική Υγεία (e-Health). Πολλές χώρες ανά τον κόσμο άρχισαν να υλοποιούν αυτή την υποδομή κάνοντας την παροχή της υγείας πιο αποτελεσματική. Τα τελευταία χρόνια εφαρμογές που έχουν αναπτυχθεί και χρησιμοποιούνται ευρέως υιοθετούν τη τεχνολογία Internet of Things. Συγκεκριμένα, η χρήση της τεχνολογίας IoT έχει προσφέρει πολλά στην υγεία μέσα από τη χρήση αισθητήρων προσφέροντας έτσι δυνατότητα άμεσης διάγνωσης και θεραπείας (Sharp, 2013).

Μία πολύ ενδιαφέρουσα τεχνολογία που έχει αναπτυχθεί και έχει αρχίσει ευρέως να υιοθετείται είναι το ηλεκτρονικό χάπι (Sharp, 2013). Είναι μία εναλλακτική μέθοδος της ενδοσκόπησης. Ο ασθενής παίρνει το χάπι το οποίο έχει ενσωματωμένη κάμερα και τραβάει φωτογραφίες καθ' όλη την διάρκεια που βρίσκεται στον οργανισμό του ασθενή στέλνοντας άμεσα πληροφορίες στους γιατρούς. Η μέθοδος αυτή βοηθάει στην άμεση διάγνωση τυχόν προβλημάτων υγείας και άμεσης περίθαλψης.

Μία άλλη σημαντική εφαρμογή που αναφέρεται στο άρθρο του Sharp (2013), είναι οι συσκευές οι οποίες τοποθετούνται σε ένα συγκεκριμένο σημείο του σώματος του ασθενή παρέχοντας κρίσιμες ζωτικής σημασίας πληροφορίες όπως, πίεση, θερμοκρασία, σάκχαρο κ.λπ. Τέτοιες συσκευές μπορούν να χρησιμοποιηθούν όχι μόνο για διάγνωση αλλά και για προληπτικούς λόγους από τα άτομα. Οι πληροφορίες μπορούν να παρουσιάζονται μέσω εφαρμογών σε έξυπνα κινητά και ταμπλέτες. Οι πληροφορίες μπορούν επίσης να αποθηκεύονται και σε μία πλατφόρμα Cloud ενός ολοκληρωμένου συστήματος υγείας, με αποτέλεσμα να μπορούν να ανακτηθούν από αρμόδιους γιατρούς.

Όπως σε όλα τα συστήματα οι απαιτήσεις ασφαλείας είναι ζωτικής σημασίας, σε συστήματα υγείας και ειδικότερα σε δίκτυα όπου μεταφέρεται ιατρική πληροφορία, η ασφάλεια πρέπει να είναι ακόμα μεγαλύτερη και αποτελεί μία μεγάλη πρόκληση στον τομέα αυτόν.

2.4.3 Διαχείριση Υγείας Αυτοκινήτου

Στην προσπάθεια να γίνουν τα αυτοκίνητα πιο ασφαλή έχουν αναπτυχθεί πάρα πολλές τεχνολογίες και ηλεκτρονικά βοηθήματα (Leminen et al., 2012). Μερικές από τις τεχνολογίες αυτές είναι: σύστημα αντί-μπλοκαρίσματος τροχών, συστήματα ευστάθειας, συστήματα ελέγχου πρόσφυσης και άλλα. Σημαντικές τεχνολογίες που βοηθάνε τον ανθρώπινο παράγοντα σε κρίσιμες καταστάσεις. Σιγά-σιγά όμως αναπτύχθηκαν τεχνολογίες που προβλέπουν την συνολική κατάσταση της υγείας του αυτοκινήτου ενημερώνοντας τον οδηγό για το τι συμβαίνει στο αυτοκίνητό του (Miorandi, 2012).

Οι τεχνολογίες αυτές εμπλέκουν το Internet of Things με την χρήση αισθητήρων δημιουργώντας ένα δίκτυο μεταφερόμενης πληροφορίας (Leminen et al., 2012). Αισθητήρες τοποθετημένοι στα κατάλληλα σημεία ενημερώνουν σχετικά με θερμοκρασίες ζωτικών σημείων του αυτοκινήτου, με πίεση ελαστικών, στάθμη υγρών (βενζίνη, νερό, λάδι, υδραυλικά) και άλλα, ενημερώνοντας τον οδηγό όταν ξεπερνάνε κάποιο κρίσιμο όριο. Οι πληροφορίες αυτές στα πιο καινούρια εξελιγμένα αυτοκίνητα μπορούν να παρουσιάζονται μέσω τις οθόνης υγρών κρυστάλλων που έχουν ήδη. Στα υπόλοιπα αυτοκίνητα μπορεί να γίνεται με την χρήση εφαρμογής σε κάποιο έξυπνο κινητό ή ταμπλέτα.

Άλλες πληροφορίες που μπορούν να προσφερθούν στον ιδιοκτήτη είναι ειδοποίηση για ξεχασμένο παράθυρο, ακόμα και για κλοπή. Τα συστήματα αυτά πολλές φορές μπορεί να είναι μέρος ενός μεγαλύτερου συστήματος το οποίο ενημερώνει για την κίνηση στους δρόμους και εναλλακτικές λύσεις. Ενδιαφέρον παρουσιάζουν εφαρμογές όπου μόλις διαπιστωθεί μία βλάβη είναι σε θέση να «κλείσουν» και ραντεβού με την αρμόδια αντιπροσωπεία φτάνει μόνο να το επιβεβαιώσει ο ιδιοκτήτης.

2.4.4 Γεωργία

Σύμφωνα με την Beecham Research (2016), ο πληθυσμός της γης αναμένεται να αυξηθεί στα 9.6 δισεκατομμύρια μέχρι το 2050. Ήδη έχουν αρχίσει οι ενέργειες για την εύρεση νέων τρόπων για την εξέλιξη της παραγωγής προκειμένου να μην υπάρξουν προβλήματα ανεπάρκειας. Οι ενέργειες αυτές εμπλέκουν την τεχνολογία του Internet of Things και μάλιστα φημολογείται πως η γεωργία έχει να κερδίσει περισσότερα πλεονεκτήματα με την εφαρμογή του IoT από ότι τα υπόλοιπα πεδία και επιχειρήσεις. Μερικά από τα πλεονεκτήματα που ωφελείται ο τομέας της γεωργίας όπως καταγράφηκαν στο άρθρο του Jahangir (2013) είναι τα παρακάτω:

Παραγωγικότητα

Η εισαγωγή ασύρματων Cloud-Connected συστημάτων βοηθάνε στην μεγιστοποίηση της απόδοσης της καλλιέργειας (Li et al., 2013). Περιέχουν δυνατότητες για αυτοματοποίηση καθημερινών διαδικασιών καθώς και παρακολούθηση και ανάλυση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, για αυτόματη ή όχι, λήψη αποφάσεων (Ma et al., 2013). Για να καταλάβουμε πόσο σημαντική είναι η εμπλοκή του IoT σε μία διαδικασία της γεωργίας, ας πάρουμε για παράδειγμα το καθημερινό πότισμα. Σίγουρα είναι μία διαδικασία που εδώ και αρκετό καιρό έχει αυτοματοποιηθεί, τι γίνεται όμως άμα έχει βρέξει ή άμα υπάρχει πιθανότητα να βρέξει; Με την χρήση αισθητήρων είναι δυνατόν να απενεργοποιείται η αυτόματη διαδικασία του ποτίσματος αυτόματα όταν ο αισθητήρας αντιληφθεί την βροχή ή ακόμα να έχει δεδομένα από την μετεωρολογική υπηρεσία για πιθανότητα βροχής ούτως ώστε να αναπρογραμματίζει το πότισμα, αποτρέποντας από τυχόν καταστροφή σοδειάς και φυσικά εξοικονομώντας χρήματα από περιττό πότισμα.

Έλεγχος Παρασίτων

Ο πονοκέφαλος των αγροτών, τα παράσιτα, παίζουν σημαντικό ρόλο στην παραγωγική διαδικασία. Ήδη πολλές βιομηχανίες έχουν αρχίσει να ψάχνουν εναλλακτικές μορφές εξόντωσης έναντι των φυτοφαρμάκων. Μία πολύ ενδιαφέρουσα λύση στο πρόβλημα είναι η χρήση της φερομόνης σε συνδυασμό με το Internet of Things. Το ασύρματο δίκτυο αισθητήρων παρακολουθεί τον πληθυσμό των παρασίτων και μόλις φτάσει σε ένα όριο υψηλό, απελευθερώνει την φερομόνη διαταράσσοντας την αναπαραγωγική διαδικασία τους και κατ' επέκταση την εξόντωσή τους (Ma et al., 2011). Μέθοδος που αντικαθιστά πλήρως την χρήση φυτοφαρμάκων.

2.4.5 Έξυπνα Σπίτια

Τα έξυπνα σπίτια, που είναι και το βασικό θέμα αυτής της εργασίας σε συνδυασμό με το IoT, όπως παρουσιάζονται στην βιβλιογραφία είναι σπίτια στα οποία έχουν εφαρμοστεί τεχνολογίες προσφέροντας κάποιες υπηρεσίες. Οι υπηρεσίες αυτές μπορεί να είναι από καθημερινές διαδικασίες ρουτίνας όπως αυτόματο πότισμα κήπου ή άνοιγμα/κλείσιμο κεντρικής θέρμανσης μέχρι κι υπηρεσίες ασφαλείας (Borgia, 2014). Επίσης σημαντικό κομμάτι που περιλαμβάνεται σε αυτό εδώ το πεδίο είναι και ο αυτοματισμός ενός σπιτιού (Home Automation) που πολλές φορές συνδυάζεται με την τεχνολογία του IoT χωρίς όμως να σημαίνει ότι είναι το ίδιο. Αυτοματισμός σε ένα σπίτι έχει να κάνει για παράδειγμα με διαδικασίες όπως πατώντας ένα κουμπί από το κεντρικό τηλεχειριστήριο να ανάβει το τζάκι ή να κλείνουν τα φώτα και πολλές άλλες διαδικασίες (Gill et al., 2009). Η εφαρμογή του Internet of Things από την άλλη μεριά έχει να κάνει με την παρακολούθηση

ορισμένων λειτουργιών και η αυτόματη λήψη αποφάσεων και έπειτα η αυτόματη υλοποίηση της απόφασης που πάρθηκε, ύστερα από τον συνδυασμό των δεδομένων που παίρνονται σε πραγματικό χρόνο με αυτά που βρίσκονται καταχωρημένα στο σύστημα και λειτουργούν σαν οριακές τιμές.

Εφαρμογές που έχουν αναπτυχθεί για τα σπίτια μετατρέποντάς τα σε έξυπνα σπίτια είναι πάρα πολλές. Μερικές από αυτές παρουσιάζονται παρακάτω.

- Ασφάλεια σπιτιού και έλεγχος πρόσβασης
- Εντοπισμός φωτιάς ή διαρροής
- Υψηλής ενεργειακής απόδοσης
- Ελέγχου θερμοκρασίας

Όπως προαναφέραμε οι παραπάνω υπηρεσίες είναι ένα πολύ μικρό δείγμα σε σχέση με το σύνολο των εφαρμογών που έχουν αναπτυχθεί. Το σημαντικό θέμα είναι πως με την χρήση της τεχνολογίας του IoT πλέον μπορεί να υλοποιηθεί οποιαδήποτε λειτουργία παρακολούθησης, μέτρησης, ελέγχου (Borgia, 2014). Η εφαρμογή του IoT στα έξυπνα σπίτια και ο έλεγχος κατανάλωσης ενέργειας είναι και το κεντρικό θέμα της εργασίας αυτής και το θέμα να αναλυθεί στο επόμενο κεφάλαιο για να κατανοήσουμε καλύτερα την έννοια των έξυπνων σπιτιών.

2.5 Web of thing

Το Web of Things είναι ένα όραμα εμπνευσμένο από το Internet of Things, όπου οι καθημερινές συσκευές και έξυπνα αντικείμενα, δηλαδή αντικείμενα που περιέχουν μια ενσωματωμένη συσκευή, συνδέονται και ενσωματώνονται πλήρως στο διαδίκτυο. Σε αντίθεση με τα πολλά συστήματα που υπάρχουν για το Internet of Things, το Web of Things βασίζεται στην εκ νέου χρήση των ήδη υπαρχουσών προτύπων Web για την γρήγορη διασύνδεση των συστημάτων και των έξυπνων αντικειμένων που ήδη έχουν ενσωματωθεί στη καθημερινότητα μας. Ευρέως αποδεκτά και κατανοητά πρότυπα (όπως URI, HTTP, REST, RSS, κ.λπ.) χρησιμοποιούνται στα πλαίσια του Web of things για την επιτυχή προσβασιμότητα στις διαφορετικής λειτουργικότητας έξυπνες συσκευές (Yu et al., 2013).

Το Web of things χρησιμοποιεί τα ήδη υπάρχοντα πρότυπα που χρησιμοποιούνται σε οποιαδήποτε εφαρμογή στο Διαδίκτυο (Chenzhou et al., 2012). Τα πρότυπα αυτά είναι ανάλογα την εφαρμογή τα, HTTP, REST, JSON και άλλα. Εκθέτει την σύγχρονη λειτουργικότητα των έξυπνων αντικειμένων μέσω της διεπαφής REST (RESTful API).

Ο αυξανόμενος αριθμός χρηστών στο διαδίκτυο επηρεάζει και τεχνολογίες όπως αυτή του Internet Of Things. Πράγματι, ξεκινώντας από το Internet των περίπου ενός δισεκατομμυρίου υπολογιστών, το διαδίκτυο αποδεικνύεται τώρα ότι είναι ένα διαδίκτυο από σχεδόν 50 δισεκατομμύρια πράγματα προμηθύνοντας μετάβαση από ένα διαδίκτυο των πραγμάτων σε μια τοποθεσία Web των πραγμάτων (Yu et al., 2013). Η νέα αυτή μορφή του διαδικτύου εκμεταλλεύεται ήδη υπάρχουσες τεχνολογίες όπως αναγνώστες RFID, έξυπνα αντικείμενα, διάφορες εφαρμογές και πρωτόκολλα αλλά αυτή τη φορά όλα ακολουθούν μια υποδομή βασισμένη στο Web (Chenzhou et al., 2012). Παρ' όλα αυτά, ενώ το Web of things ανοίγει το δρόμο για νέες εφαρμογές, αποδεικνύεται πως η πρακτική χρήση του Web των πραγμάτων σε ένα σύστημα μεγάλης κλίμακας θα πρέπει να ενισχυθεί (Yu et al., 2013).

Στη σημερινή εποχή, παραδοσιακά συστήματα επικοινωνίας κάνουν πλέον χρήση ετερογενών πρωτοκόλλων, λογισμικών και διεπαφών χρηστών, καθιστώντας εξαιρετικά δύσκολη της αλληλεπίδραση μεταξύ συσκευών (Duquenooy et al., 2009). Οι χρήστες πλέον επιζητούν την εύκολη πρόσβαση σε δημόσιες συσκευές, χωρίς να ενδιαφέρονται για την υλοποίηση που απαιτείται στο παρασκήνιο αυτού του νέου παγκοσμίου δικτύου (Yu et al., 2013). Το παγκόσμιο αυτό σύστημα διασύνδεσης ονομάζεται Ίντερνετ των πραγμάτων. Το Web of things δεν αναφέρεται σε κάποια καινούρια τεχνολογία ή νέα δομή δικτύου, αλλά μόνο στην ιδέα της διασύνδεσης των αντικειμένων αλλά καθώς και τη δικιά μας διασύνδεση (ως χρήστες) μέσω υπολογιστών με το Διαδίκτυο (Chenzhou et al., 2012).

Η χρήση του Web ως πλατφόρμα που φιλοξενεί και εκθέτει συνδεδεμένα αντικείμενα, μπορεί να εξηγηθεί από πολλά τεχνολογικά και επιχειρηματικά οφέλη, μερικά από τα οποία είναι υψηλή διαθεσιμότητα και ευελιξία, χρήση τυποποιημένων πρωτοκόλλων επικοινωνίας και το σημαντικό οικοσύστημα που δημιουργήθηκε χάρη στο Web 2.0 πρότυπο. Ένα αντικείμενο γίνεται Internet-enabled, αν χαρακτηρίζεται με δυνατότητα δικτύωσης, η οποία προσδιορίζεται με μοναδικό τρόπο στο Διαδίκτυο. Αντιθέτως, ένα πράγμα γίνεται Web-enabled όταν ενισχύεται μέσω χρήσης ενός Web server, έτσι ώστε να μπορεί να εκθέσει λειτουργικές και μη λειτουργικές ικανότητες του στο διαδίκτυο μέσω HTTP. Υπάρχουν ήδη περιπτώσεις όπου ερευνητές έχουν ενσωματώσει επιτυχώς μικροσκοπικούς διακομιστές Web σε αντικείμενα, καθιστώντας τα Web-enabled (Yu et al., 2013).

Το Web of Things (WOT) είναι μια έννοια της επιστήμης των υπολογιστών που περιγράφει ένα μέλλον στο οποίο τα καθημερινά αντικείμενα είναι πλήρως ενσωματωμένα στο Web/ Διαδίκτυο (Duquenooy et al., 2009). Η προϋπόθεση για WoT είναι, τα "πράγματα" ή αντικείμενα να έχουν ενσωματωμένα ηλεκτρονικά συστήματα που επιτρέπουν την επικοινωνία τους με το διαδίκτυο (Duquenooy et al., 2009). Στη συνέχεια, τέτοιες έξυπνες συσκευές θα είναι σε θέση να επικοινωνούν μεταξύ τους χρησιμοποιώντας τα υπάρχοντα πρότυπα του Παγκοσμίου Ιστού.

Ενώ θεωρείται μια υποομάδα του Ίντερνετ των πραγμάτων (IoT), το WoT επικεντρώνεται σε πρότυπα λογισμικού και πλαίσια, όπως REST, HTTP και URIs με σκοπό τη δημιουργία εφαρμογών και υπηρεσιών που συνδυάζουν και αλληλοεπιδρούν με μια ποικιλία συσκευών δικτύου (Chenzhou et al., 2012). Έτσι, το Web των πραγμάτων θα μπορούσε να απεικονιστεί ως αντικείμενα καθημερινής χρήσης που είναι σε θέση να έχουν πρόσβαση σε υπηρεσίες Web. Το βασικό σημείο ωστόσο είναι ότι η νέα αυτή διάσταση της πρόσβασης, δεν συνεπάγεται στην εκ νέου ανακάλυψη των μέσων επικοινωνίας, διότι χρησιμοποιούνται υπάρχοντα πρότυπα.

2.6 Internet of Things Τεχνολογίες

Σε μία περαιτέρω ανάλυση του Internet of Things, μπορούμε να κατανοήσουμε καλύτερα τον όρο διαχωρίζοντας τον τίτλο και λέγοντας πως «Things» (Πράγματα) μπορεί να είναι οποιοδήποτε αντικείμενο το οποίο με κατάλληλη ενσωμάτωση ηλεκτρονικού συστήματος καθίσταται έξυπνο. Με το πρώτο μισό του τίτλου, «Internet», εννοούμε το δίκτυο στο οποίο είναι συνδεδεμένες όλες οι έξυπνες συσκευές (Borgia, 2014).

Συνεχίζοντας, το Internet of Things είναι ένας όρος που περιλαμβάνει ένα σύνολο από τεχνολογίες, υπηρεσίες εφαρμογές αλλά και ερευνητικά πεδία που έχουν ως

στόχο την επέκταση του υπάρχοντος Διαδικτύου στα αντικείμενα του φυσικού κόσμου (Uckelmann et al., 2011). Με μία πρόχειρη σύγκριση μπορούμε να πούμε πως η εξέλιξη σε πεδία όπως αυτόματη αναγνώριση (Automatic Identification), ασύρματη επικοινωνία (Wireless Communication), ενσωμάτωση αισθητήρων (Integrated Sensing), επεξεργασία καταναμημένων δεδομένων (Distributed Data Processing) έχουν μειώσει το χάσμα της «Πανταχού παρούσης» τεχνολογίας (ubiquitous computing), που υπήρχε πριν δεκαπέντε χρόνια, και του οράματος ενός δικτυωμένου κόσμου με τη χρήση αισθητήρων και ευφύων συστημάτων (Weisser, 1999). Μάλιστα η επιτυχία της τεχνολογίας αυτής βασίζεται στον ιδανικό συνδυασμό όλων των επιμέρους τεχνολογιών που απαιτούνται και με τον συνδυασμό αυτών δημιουργείται ένα δίκτυο Internet of Things (Lopez et al., 2012).

Μπορούμε να πούμε πως μέχρι τώρα είχαμε την διασύνδεση συσκευών τελικού χρήστη (end-user devices) με το Διαδίκτυο. Το όραμα στο IoT είναι ένα βήμα παραπέρα αφού διασυνδέονται έξυπνα φυσικά αντικείμενα τα οποία επικοινωνούν μεταξύ τους ή/και ακόμα και με ανθρώπους ανταλλάσσοντας πληροφορίες (Borgia, 2014). Η νέα αυτή μορφή διασύνδεσης οδηγεί στην ανάγκη για μία διαφορετική προσέγγιση σχετικά με τη διαχείριση και πρόβλεψη πληροφορίας.

2.7 Έξυπνα Αντικείμενα

Βασικό στοιχείο της υποδομής του Internet of Things είναι τα έξυπνα αντικείμενα (smart objects). Τα αντικείμενα αυτά θα πρέπει να μπορούν να κάνουν τρεις ενέργειες σύμφωνα με την έρευνα της Borgia (2014), είτε μεταξύ τους μέσα στο δίκτυο τους, είτε με συσκευές τελικού χρήστη επίσης μέσα το δίκτυο:

- Αναγνώριση, τα έξυπνα αντικείμενα θα πρέπει να είναι σε θέση να αναγνωρίζονται με ένα ψηφιακό «όνομα» προκειμένου να αποπερατώσουν το έργο τους,
- Επικοινωνία, τα έξυπνα αντικείμενα πρέπει να επικοινωνούν ασύρματα μεταξύ τους μέσα στο δίκτυο που είναι διασυνδεδεμένα όλα τα αντικείμενα,
- Αλληλεπίδραση, τα έξυπνα αντικείμενα θα πρέπει να αλληλοεπιδρούν, δηλαδή να ανταλλάσσουν πληροφορίες μεταξύ τους μέσα στο τοπικό περιβάλλον τους μέσω των αισθητήρων τους όταν χρειάζεται.

Πιο συγκεκριμένα για να μπορέσει ένα αντικείμενο να θεωρηθεί ως οντότητα σε ένα δίκτυο τεχνολογίας IoT θα πρέπει να ικανοποιεί κάποια χαρακτηριστικά (Uckelmann et al., 2011). Αυτά τα χαρακτηριστικά είναι τα ακόλουθα:

- Έχει φυσική ύλη, καθώς και μια σειρά από φυσικά χαρακτηριστικά όπως σχήμα, μέγεθος κ.α.
- Έχει ένα ελάχιστο σύνολο από λειτουργίες επικοινωνίας, όπως δυνατότητα να αντιλαμβάνεται τόσο τα εισερχόμενα μηνύματα, όσο και να τα δέχεται καθώς επίσης και να απαντάει στον αποστολέα.
- Διαθέτει ένα μοναδικό αναγνωριστικό.
- Σχετίζεται με ένα όνομα και μία διεύθυνση. Το όνομα είναι σε μορφή κατανοητή από τον άνθρωπο και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για διάφορους σκοπούς. Η διεύθυνση είναι μορφή που χρησιμοποιείται μόνο για την επικοινωνία του αντικειμένου.

- Διαθέτει ορισμένες βασικές υπολογιστικές δυνατότητες. Οι δυνατότητες αυτές κυμαίνονται από την ικανότητα να ταιριάζει ένα εισερχόμενο μήνυμα με τον αποστολέα έως και την εκτέλεση πολύπλοκων υπολογισμών, συμπεριλαμβανομένων και της ανακάλυψης υπηρεσιών αλλά και την διαχείριση των καθηκόντων του δικτύου.
- Μπορεί να διαθέτει εργαλεία για ανίχνευση φυσικών φαινομένων (όπως θερμοκρασία, υγρασία, ακτινοβολία) ή να μπορεί να προκαλέσει ορισμένες ενέργειες που θα έχουν επιπτώσεις στα φαινόμενα αυτά.

Αξίζει να σημειωθεί πως τα έξυπνα αντικείμενα θα πρέπει να χαρακτηρίζονται από μεγάλη αυτονομία, στην οποία μεγάλο ρόλο παίζουν παράγοντες όπως: χαμηλής έντασης ράδιο-συχνότητες που σχετίζονται με την επικοινωνία, η αυξανόμενη διαθεσιμότητα της ενσωματωμένης επεξεργαστικής ισχύς χαμηλού κόστους (Lopez et al., 2012). Η αυτονομία αυτή παρέχεται με δυνατότητες δικτύωσης.

Ένα ακόμα πολύ σημαντικό συστατικό για την κατανόηση του IoT είναι η Επικοινωνία μεταξύ Συσκευών που περιγράφεται ως Machine-to-Machine επικοινωνία (M2M). Το συγκεκριμένο είδος επικοινωνίας δεν αναφέρεται σε κάποια συγκεκριμένη τεχνολογία επικοινωνίας, αλλά κάνει λόγο σε ένα σύνολο τεχνολογιών ενσύρματων ή ασύρματων που με την υιοθέτησή τους θα επιτρέπουν στις συσκευές να επικοινωνούν (Etsi, 2010). Η M2M επικοινωνία ουσιαστικά ασχολείται με τον συνδυασμό ηλεκτρονικών, τηλεπικοινωνιών και τεχνολογιών πληροφορικής με σκοπό την διασύνδεση πολλών δεκάτομμυριών συσκευών και απομακρυσμένων συστημάτων. Τα εμπλεκόμενα μέρη σε μία επικοινωνία M2M χαρακτηρίζονται από χαμηλής έντασης ενέργεια, χαμηλό κόστος και από ελάχιστη ανθρώπινη παρέμβαση (Borgia, 2014). Το Ευρωπαϊκό Ινστιτούτο Τηλεπικοινωνιών (European Telecommunications Standards Institute- ETSI) έχει δώσει ορισμό σε αυτού του είδους την επικοινωνία και ο οποίος είναι: "Η επικοινωνία μεταξύ συσκευών είναι μία επικοινωνία μεταξύ δύο ή περισσότερων οντοτήτων όπου δεν θεωρείται απαραίτητη η απευθείας ανθρώπινη παρέμβαση" (Etsi, 2010).

Υπάρχουν τρία επίπεδα που μπορεί να εξετάσει κάποιος όταν μελετά το Internet of Things: σε επίπεδο συστήματος, σε επίπεδο υπηρεσιών και σε επίπεδο χρήστη.

Επίπεδο συστήματος

Σε επίπεδο συστήματος, το Internet of Things είναι ένα εξαιρετικά δυναμικό σύστημα που αποτελείται από ένα μεγάλο αριθμό αντικειμένων τα οποία παράγουν και καταναλώνουν πληροφορίες (γνωστή και ως ιδιότητα αλληλεπίδρασης) (Lopez et al., 2012).

Επίπεδο υπηρεσιών

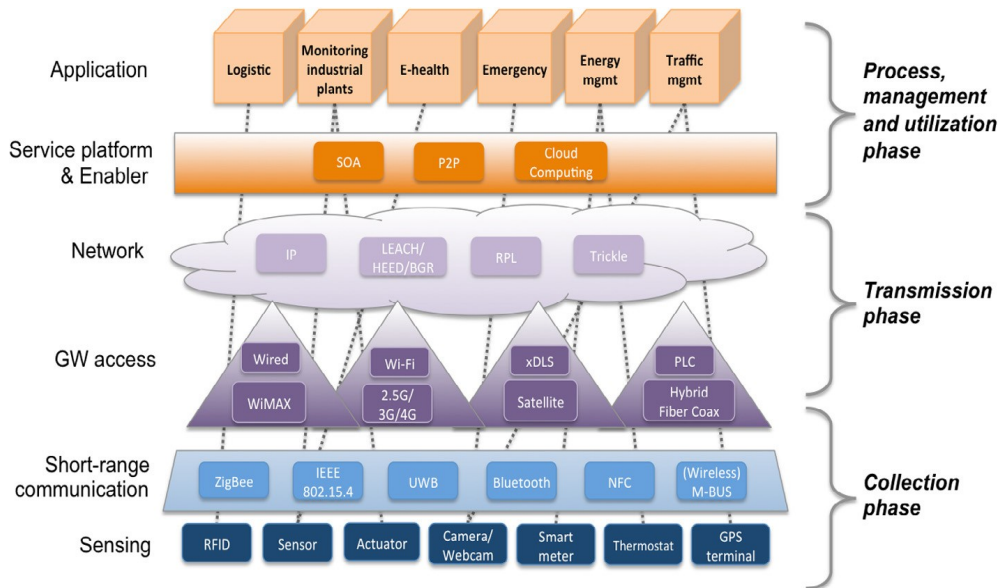
Κύριο ζήτημα στο επίπεδο υπηρεσιών είναι η ενσωμάτωση ή σύνθεση των λειτουργιών ή των πόρων τα οποία προέρχονται από τα έξυπνα αντικείμενα στις υπηρεσίες (Guinard et al., 2011). Αυτό απαιτεί τον ορισμό: (i) αρχιτεκτονικών και μεθόδων για την απεικόνιση των αντικειμένων δημιουργώντας μία τυποποιημένη αναπαράσταση των έξυπνων αντικειμένων σε ψηφιακών χώρο, εμποδίζοντας την ανομοιογένεια των συσκευών, πόρων και (ii) μεθόδους για την σωστή ενσωμάτωση και σύνθεση των πόρων/υπηρεσιών που προέρχονται από τα έξυπνα αντικείμενα σε υπηρεσίες προστιθέμενης αξίας για τους τελικούς χρήστες (Miorandi, 2012).

Επίπεδο χρήση

Από την σκοπιά του χρήστη, το Internet of Things ανοίγει τις πόρτες σε καινοτόμες εφαρμογές κι υπηρεσίες οι οποίες θα ικανοποιούν συνεχώς τις αυξανόμενες καθημερινές ανάγκες των χρηστών (Chen et al., 2007).

2.8 Βασικές Τεχνολογίες

Κατά την υλοποίηση της τεχνολογίας IoT παρατηρούμε ότι περνά μέσα από την αναπόφευκτη εξέλιξη του δικτύου και των υποδομών των υπηρεσιών. Στα σημερινά συστήματα χρησιμοποιείται σε μεγάλο βαθμό προσέγγιση τύπου "stove-ripe" λόγω της κάθετης προσέγγισης (Borgia, 2014). Τα συστήματα "stove-ripe" (ή Συστήματα "Καμινάδα") είναι συστήματα τα οποία αναπτύχθηκαν για την λύση ενός συγκεκριμένου προβλήματος και χαρακτηρίζονται από περιορισμένη λειτουργικότητα καθώς και τα δεδομένα που περιέχονται δεν μπορούν να μοιραστούν εύκολα με άλλα συστήματα (Spolsky, 2001). Κάθε εφαρμογή είναι χτισμένη σε ιδιόκτητες υποδομές ΤΠΕ και σε αφιερωμένες συσκευές. Παρόμοιες εφαρμογές δεν συμμαρύνονται χαρακτηριστικά σχετικά με διαχείριση δικτύου και υπηρεσιών, με αποτέλεσμα την ύπαρξη πλεονάζουσας πληροφορίας και αύξηση κόστους (Borgia, 2014). Προκειμένου να αποφευχθεί μια κάθετη προσέγγιση οι Guinard, Trifa, Mattem και Wilde (2011) έχουν προτείνει μια οριζόντια προσέγγιση όπου κατά την οποία η εφαρμογή δεν θα λειτουργεί απομονωμένα. Θέματα όπως υποδομή, περιβάλλον και δίκτυο θα είναι από κοινού, καθώς επίσης και μία κοινή πλατφόρμα υπηρεσιών θα συντονίζει για λογαριασμό τους.



Εικόνα 3: Διαχωρισμός των τριών φάσεων. Borgia, E. (2014). The Internet of Thing: Key features, applications and open issues. Computer Communications, 54, 1-31.

Στην εικόνα 3 ξεχωρίζονται τρεις φάσεις. Οι φάσεις αυτές σύμφωνα με την έρευνα της Borgia (2014) είναι:

- Συλλογής, αναφέρεται σε διαδικασίες ανίχνευσης του φυσικού περιβάλλοντος, στην συλλογή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο και στην κατασκευή μίας γενικής

"εικόνας" του περιβάλλοντος. Τεχνολογίες όπως RFID (Ραδιοσυχνότητες Αναγνώρισης) και αισθητήρες παρέχουν αναγνώριση των φυσικών αντικειμένων και ανίχνευση των φυσικών τους παραμέτρων. Τεχνολογίες όπως 802.15.4 ή Bluetooth έχουν ρόλο στη συλλογή δεδομένων.

- Μεταφοράς, η φάση αυτή περιλαμβάνει μηχανισμούς παράδοσης των δεδομένων, που συλλέχθηκαν στην προηγούμενη φάση, στην εφαρμογή και σε εξωτερικούς εξυπηρετητές. Για τον λόγο αυτόν απαιτούνται μέθοδοι για την πρόσβαση στο δίκτυο μέσω πυλών (Gateways) και ετερογενών τεχνολογιών (ενσύρματα, ασύρματα, δορυφορικά). Για την διευθυνσιοδότηση και την δρομολόγηση έχουμε μεθόδους όπως LEACH, RPL, Trickle, IP.
- Διαδικασιών, διαχείρισης, αξιοποίησης, η φάση αυτή ασχολείται με την επεξεργασία και την ανάλυση της ροής πληροφορίας, τη διαβίβαση δεδομένων σε εφαρμογές και υπηρεσίες και στη παροχή ανατροφοδότησης για τον έλεγχο των εφαρμογών. Επιπροσθέτως, η φάση αυτή είναι υπεύθυνη για κρίσιμες λειτουργίες όπως ανίχνευση συσκευής, διαχείριση συσκευής, φιλτράρισμα δεδομένων, σημασιολογική ανάλυση και αξιοποίηση πληροφορίας.

Παρακάτω θα εμβαθύνουμε στις τρεις φάσεις για να κατανοήσουμε καλύτερα τις τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται κατά την λειτουργία μίας εφαρμογής IoT.

Φάση Συλλογής

Το αρχικό βήμα στο IoT είναι η συλλογή πληροφοριών σχετικά με το φυσικό περιβάλλον όπως θερμοκρασία, υγρασία κ.α. ή πληροφορίες σχετικά με τα αντικείμενα όπως αναγνώριση, κατάσταση κ.α. Για την απόκτηση αυτών των πληροφοριών χρησιμοποιούνται διαφορετικές τεχνολογίες που σχετίζονται με αισθητήρες, κάμερες, GPS. Από την άλλη μεριά, η συλλογή των δεδομένων όπως αναφέραμε πιο πάνω γίνεται με τεχνολογίες επικοινωνίας μικρής εμβέλειας όπως Bluetooth, ZigBee, Dash7, NFC οι οποίες είναι και ελεύθερες προς το κοινό, αλλά και με τεχνολογίες επί πληρωμή Z-wave και ANT (Borgia, 2014).

Σημαντικό ρόλο επίσης παίζει και η τεχνολογία του RFID (Radio Frequency Identification) σε συνδυασμό με τον Ηλεκτρονικό Κωδικό Προϊόντος (Electronic Product Code- EPC) και την Υπηρεσία Ονοματοδοσίας Αντικειμένων (Object Naming Service- ONS) (Deak et al., 2012). Το EPC είναι μία πολύ δημοφιλής βιομηχανία που έχει προταθεί και χρησιμοποιείται ευρέως στην πληροφοριακή υποδομή (IT infrastructure) της τεχνολογίας IoT που προτάθηκε από την EPCglobal και GS1. Η λογική εδώ είναι πως τα αντικείμενα της υποδομής του IoT τα οποία είναι φυσικά αντικείμενα που κατέχουν RFID ετικέτες με ένα μοναδικό EPC κωδικό. Με την υποδομή αυτή υπάρχει πλέον η δυνατότητα να προσφερθούν αλλά και να αιτηθούν EPC υπηρεσίες πληροφοριών (EPC Information Services- EPCIS) με τρόπο είτε τοπικό είτε απομακρυσμένα στους ενδιαφερόμενους. Οι πληροφορίες αυτές δεν είναι πλήρως αποθηκευμένες στις ετικέτες του RFID, αλλά η διανομή της πληροφορίας από τους καταναμημένους εξυπηρετητές στο Διαδίκτυο γίνεται διαθέσιμη μέσω διασύνδεσης με την βοήθεια της Υπηρεσίας Ονοματοδοσίας Αντικειμένων (Deak et al., 2012).

Το ONS είναι μία υπηρεσία η οποία χαρακτηρίζεται από τον αυταρχικό χαρακτήρα της (Authoritative). Η υπηρεσία είναι αυτή η οποία συνδέει τα μεταδεδομένα με τις υπηρεσίες (Borgia, 2014). Τι εννοούμε όμως λέγοντας ότι έχει αυταρχικό χαρακτήρα; Η ONS είναι η υπηρεσία η οποία αναθέτει στο αντικείμενο τον κωδικό EPC, ενώ ταυτόχρονα είναι κι ίδια η οποία έχει και τον κεντρικό ρόλο στο να αλλάζει τον

έλεγχου της πληροφορίας που σχετίζεται με τον EPC (EPCglobal, 2008). Έτσι λοιπόν η αρχιτεκτονική αυτή μπορεί να λειτουργήσει κι ως η ραχοκοκαλιά της πανταχού παρούσας υπολογιστικής (ubiquitous computing), ενεργοποιώντας τα έξυπνα περιβάλλοντα στην αναγνώριση και στον προσδιορισμό των έξυπνων αντικειμένων, καθώς επίσης και στην διαδικασία λήψης πληροφοριών από το Διαδίκτυο με σκοπό την διευκόλυνση για την προσαρμογή των λειτουργιών της (Atzori, 2010). Η κεντρική ρίζα της ONS λειτουργεί από την εταιρεία VeriSign η οποία είναι υπεύθυνη για την παροχή Διαδικτυακών Υπηρεσιών Υποδομής.

Η υπηρεσία ONS είναι βασισμένη στο γνωστό Domain Name System (DNS). Τεχνικά για να χρησιμοποιήσουμε το DNS για να βρούμε τις σχετικές πληροφορίες για ένα αντικείμενο, θα πρέπει πρώτα να μετατραπεί ο EPC κωδικός του αντικειμένου σε μορφή κατάλληλη προκειμένου να είναι κατανοητός από το DNS. Αυτή η μορφή είναι η γνωστή μορφή των αριθμών χωρισμένες με τελείες ".", όπως δηλαδή μία διεύθυνση IP (EPCglobal, 2008). Από την στιγμή που ο κωδικός EPC έχει μετατραπεί συντακτικά σωστά σε μορφή κατάλληλη και κατανοητή από τον DNS στην συνέχεια χρησιμοποιείται η υπάρχουσα υποδομή DNS. Αξίζει να σημειωθεί πως η υπηρεσία του ONS θεωρείται και ως υποσύνολο του DNS. Για τον λόγο αυτό, η ONS κληρονομεί και όλες τις τεκμηριωμένες αδυναμίες του DNS, όπως περιορισμένη ανεκτικότητα στην πρακτική υλοποίηση και δημιουργία μεμονωμένων σημείων αποτυχίας (Weber, 2010).

Το RFID έχει γίνει η κυρίαρχη τεχνολογία στην διαδικασία του αυτόματου εντοπισμού, πράγμα που οφείλεται στα πλεονεκτήματα του σε σχέση με τις υπάρχουσες τεχνολογίες (Lopez, 2012). Το RFID χρησιμοποιεί ετικέτες και δέκτες. Οι ετικέτες είναι προσκολλημένες στα αντικείμενα και αναγνωρίζονται μέσω του Ηλεκτρονικού Κωδικού Προϊόντος (Borgia, 2014). Ο δέκτης που διαβάζει την ετικέτα είναι υπεύθυνος για την συλλογή πληροφοριών και χρησιμοποιεί το δίκτυο στο οποίο υπάγονται όλες οι συσκευές του δικτύου IoT. Ο δέκτης περιλαμβάνει ένα σύστημα (back-end) για την διαχείριση των ληφθέντων δεδομένων (Ranasinghe et al., 2005). Εν ολίγοις, οι ετικέτες αυτές του RFID περιέχουν ένα μοναδικό αναγνωριστικό (ID) το οποίο μπορεί να διαβαστεί από τον δέκτη αυτόματα και χωρίς να χρειάζεται οπτική επαφή απαραίτητα (Lopez, 2012). Οι παραπάνω ετικέτες, οι λεγόμενες παθητικές RFID ετικέτες, περιλαμβάνουν μέχρι στιγμής δύο λειτουργίες, αναγνώριση των αντικειμένων και της τοποθεσίας τους (Lopez, 2012). Ωστόσο τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί ενεργητικές και ημι-παθητικές ετικέτες οι οποίες περιλαμβάνουν βελτιωμένες λειτουργίες αναγνώρισης αντικειμένων με ποικίλους βαθμούς αυτονομίας (Finkenzeller, 2003). Με την ταχεία εξέλιξη των νέων εφαρμογών, όπως εφαρμογές για τον έλεγχο της «υγείας» ενός αυτοκινήτου που βασίζονται στην επιμέρους υγεία των διαφόρων συστατικών του, οι πληροφορίες αναγνώρισης από τις ετικέτες RFID δεν είναι αρκετές. Συγκεκριμένα, επιπλέον πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση διαφορετικών συστημάτων όπως θερμοκρασία, πίεση, στάθμη υγρών κι άλλα πολλά κρίνονται αναγκαία (Lopez, 2012). Παρόλο που το RFID είναι μία σημαντική τεχνολογία για τη δημιουργία σύνδεσης του φυσικού με το ψηφιακό κόσμο, δεν μπορεί να παράγει πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση των έξυπνων αντικειμένων, σημείο που θεωρείται «κλειδί» για τις εφαρμογές της επόμενης γενιάς (Lopez, 2012).

Ένα ακόμα μειονέκτημα της τεχνολογίας RFID είναι, πως ενώ προσπαθεί να εξελιχθεί όλο και περισσότερο στην διαδικασία του αυτοματοποιημένου εντοπισμού κάποια σημεία κρίνονται ακόμα ανεπαρκή. Συγκεκριμένα, η ενέργεια η οποία απαιτείται από την ασύρματη κεραία της ετικέτας για τον εξελιγμένο εντοπισμό και

για καταγραφή δυνατοτήτων κρίνεται αναποτελεσματική και δεν είναι ισόποση με αυτή που πραγματικά παράγεται και προσφέρεται κατά επέκταση (Lopez, 2012).

Οι συχνότητες που χρησιμοποιούνται για την μετάδοση πληροφοριών μεταξύ ετικετών και των συσκευών ανάγνωσης (δέκτες) είναι τέσσερις (Borgia, 2014):

- Χαμηλής συχνότητας (LF) 125-134 kHz και 140-148 kHz
- Υψηλής συχνότητας (HF) 13.56 MHz
- Πολύ υψηλής συχνότητας (UHF) 915 MHz στην Αμερική και 868 MHz στην Ευρώπη
- Ετικέτες που χρησιμοποιούν μικροκύματα (Microwave tags) 2.4 GHz και πάνω

Έρευνες δείχνουν πως οι τεχνολογίες RFID παράγουν μία δικτυακή υποδομή, όπου οι πληροφορίες που προέρχονται από τις ασύρματες ετικέτες των φυσικών αντικειμένων μπορούν να φιλτραριστούν, να αποθηκευτούν, να προσπελαθούν καθώς και να ταυτοποιηθούν με τις on-line πληροφορίες του εκάστοτε αντικειμένου (Lopez, 2012).

Μία άλλη σημαντική τεχνολογία για την ανάπτυξη και την υλοποίηση του IoT είναι η χρήση αισθητήρων και κατ' επέκταση τα Ασύρματα Δίκτυα Αισθητήρων (Wireless Sensor Networks- WSNs) (Akyildiz, 2001).

Όπως προαναφέρθηκε, η τεχνολογία RFID μειονεκτεί σε σχέση με πληροφορίες αναφορικά με την κατάσταση του κάθε αντικειμένου. Για να καλυφθεί αυτό το κενό, ενδείκνυται η χρήση αισθητήρων. Οι αισθητήρες μπορούν να συλλέξουν πληροφορίες κατάστασης από τον πραγματικό κόσμο των αντικειμένων, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τις μοντέρνες εφαρμογές (Beigl, 2011). Η τεχνολογία των αισθητήρων έρχεται να ενισχύσει τη διαδικασία συλλογής πληροφοριών ή ακόμα και να συμπληρώσει με πρόσθετες πληροφορίες καλύπτοντας έτσι τυχόν αδυναμίες από την χρήση άλλων τεχνολογιών (Lopez, 2012). Σύμφωνα με έρευνες, η μετάδοση των δεδομένων από τους αισθητήρες γίνεται μέσω ραδιοσυχνοτήτων έτσι ώστε να γίνει πιο εύκολη η χρήση και η υιοθέτηση τους. Τα Ασύρματα Δίκτυα Αισθητήρων είναι μία δημοφιλής τεχνολογία για την χρήση τους, καθώς μικρές ασύρματες συσκευές με μπαταρίες, που συγχρόνως είναι και υψηλής ενεργειακής απόδοσης, χρησιμοποιούνται για την μετάδοση των δεδομένων (Akyildiz, 2001). Τα τελευταία χρόνια η χρήση αισθητήρων σε RFID ετικέτες τείνει να καθιερωθεί ως η βέλτιστη τεχνολογική λύση, αφού η μία τεχνολογία συμπληρώνει τις αδυναμίες της άλλης (Duquenois et al., 2009).

Με την έννοια Ασύρματο Δίκτυο Αισθητήρων (ΑΔΑ) αναπαρίσταται ένα δίκτυο από διασκορπισμένους ανεξάρτητους αισθητήρες (Li et al., 2013). Οι αισθητήρες αυτοί χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση φυσικών ή περιβαλλοντολογικών συνθηκών, όπως η θερμοκρασία, ο ήχος, η ατμοσφαιρική πίεση κτλ. (Bogliu, 2014). Η παρακολούθηση αυτή ενισχύεται μέσω συνεργασίας η οποία μεταφέρει δεδομένα μέσω του δικτύου σε μια συγκεκριμένη τοποθεσία.

Τα πιο μοντέρνα δίκτυα είναι ικανά και να δίνουν αλλά και να δέχονται πληροφορίες πράγμα που τους επιτρέπει να ελέγχουν την δραστηριότητα των αισθητήρων (Al-Turjman et al., 2013). Αρχικά, σημαντικό ρόλο για την ανάπτυξη τέτοιου είδους δικτύων έπαιξαν οι απαιτήσεις για ανάπτυξη στρατιωτικών εφαρμογών και συγκεκριμένα η παρακολούθηση πεδίων μάχης. Ωστόσο, αυτό ήταν η αρχή. Τα πλεονεκτήματα που είχαν να προσφέρουν βρήκαν ανταπόκριση από άλλους τομείς εφαρμογών όπως καταναλωτικές και βιομηχανικές εφαρμογές. Με την χρήση των WSN η παρακολούθηση και ο έλεγχος της βιομηχανικής παραγωγής καθώς και η

παρακολούθηση των μηχανημάτων, μπορούσε να γίνει με ασφάλεια και με συνεχή ενημέρωση για την κατάσταση των μηχανημάτων (Li et al., 2013).

Η βασική δομική μονάδα των ασύρματων δικτύων αισθητήρων είναι οι κόμβοι που εκτείνονται από μερικές δεκάδες έως χιλιάδες ανάλογα με τις απαιτήσεις του εκάστοτε δικτύου και της σχετιζόμενης εφαρμογής (Al-Turjman et al., 2013). Ωστόσο, κάθε κόμβος αποτελείται από επιμέρους δομικές μονάδες: ραδιοπομπός-δέκτης με εσωτερική κεραία ή μια σύνδεση με μια εξωτερική κεραία, ένα μικρό-ελεγκτή, ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα για τη διασύνδεση με τους αισθητήρες και μια πηγή ενέργειας, συνήθως μια μπαταρία ή μια ενσωματωμένη μορφή συγκομιδής ενέργειας. Το μέγεθος όπως και το κόστος τους ποικίλει ανάλογα με την πολυπλοκότητα του δικτύου και οδηγούν σε επιμέρους περιορισμούς πόρων. Συγκεκριμένα, περιορισμοί πόρων μπορούν να θεωρηθούν η ενέργεια, μνήμη, υπολογιστική ταχύτητα και στο εύρος ζώνης των επικοινωνιών.

Η τοπολογία δικτύου είναι κι αυτή ένα χαρακτηριστικό που διαφέρει ανάλογα με το μέγεθος και τους υπάρχοντες περιορισμούς. Με άλλα λόγια η τοπολογία μπορεί να είναι από ένα δίκτυο τοπολογίας αστέρος μέχρι και πολύπλοκο δίκτυο πλέγματος (multi-hop). Ανεξαρτήτως της τοπολογίας του οι αισθητήρες λειτουργούν σε 2.4 GHz εύρος ζώνης με ρυθμό 250 Kbit/s στην ανταλλαγή δεδομένων (Boglia, 2014).

Τα πρότυπα επικοινωνίας που επικρατούν συνήθως στα ΑΔΑ είναι (Baronti et al., 2007; Fourty et al., 2012):

- IEEE 802.15.4
- ZigBee
- Wireless Highway Addressable Remote Transducer Protocol (HART)

Τα τελευταία χρόνια τα ΑΔΑ έχουν ανοίξει τις πόρτες σε πάρα πολλές ερευνητικές δραστηριότητες σχετικά με την δικτύωση όπως διευθυνσιοδότηση φυσικού επιπέδου (MAC) (Demircol et al., 2006), δρομολόγηση, πρωτόκολλα μεταφοράς, συνδεσιμότητα και ελέγχου τοπολογίας (Ghosh & Das, 2008; Khasten et al., 2012). Ωστόσο άλλες έρευνες εστιάζουν σε θέματα απόδοσης ενέργειας της λειτουργίας των ΑΔΑ καθώς και στην υιοθέτησή τους σε δύσκολα περιβάλλοντα όπως υποθαλάσσια, υπόγεια και επίσης σε εφαρμογές του IoT. Σημαντικό ρόλο στο IoT έχουν καλύψει τα Χαμηλής Ενέργειας Ασύρματα Προσωπικά Δίκτυα (Low Power Wireless Personal Networks- LoWPAN) (Wang et al., 2012; Silva et al., 2012) τα οποία αποτελούνται από κόμβους αισθητήρων και χρησιμοποιούν το IEEE 802.15.4 για ενεργειακή απόδοση και ασύρματη επικοινωνία (Fourty et al., 2012).

Μία ακόμα τεχνολογία που χρησιμοποιείται για την συλλογή δεδομένων είναι η τεχνολογία Κοντινού Πεδίου Επικοινωνία (Near Field Communication- NFC). Η επικοινωνία NFC επιτρέπει σε συσκευές να μοιράζονται πληροφορίες ασύρματα είτε μέσω επαφής των δύο συσκευών είτε μέσα στην εμβέλεια του πεδίου. Χρησιμοποιείται συνήθως για διαμοιρασμό προσωπικών δεδομένων, πρόσβασης σε πληροφορίες ή και σαν απόδειξη πιστοποιητικών για πρόσβαση σε συστήματα ελέγχου. Το NFC θεωρείται ως μία εξέλιξη του RFID διότι είναι βασισμένο σε αυτήν την τεχνολογία όμως η κύρια διαφορά είναι πως στο NFC έχουμε αμφίδρομη επικοινωνία. Μόλις οι δύο συσκευές έρθουν σε απόσταση μικρότερη από 4 εκατοστά, δημιουργείται μία σύνδεση P2P και οι δύο συσκευές μπορούν να στέλνουν και να λαμβάνουν δεδομένα. Το NFC λειτουργεί στα 13.56 MHz με μέγιστη ταχύτητα 424 Kbps (Borgia, 2014).

Στον παρακάτω πίνακα βλέπουμε τα χαρακτηριστικά των πιο βασικών τεχνολογιών στο IoT.

Πίνακας 2: Συγκριτικός πίνακας των τριών βασικών ασύρματων τεχνολογιών του IoT στην φάση συλλογής. Borgia, E. (2014). The Internet of Thing: Key features, applications and open issues. Computer Communications, 54, 1-31.

Τεχνολογία	Χρήση	Ικανότητες	Ρυθμός Δεδομένων	Μέγιστη Απόσταση	Πρότυπο	Εφαρμογές
RFID	Βιβλία/CD/DVD/ Διαβατήρια/ κ.α.	Αναγνώριση Αποθήκευση Επικοινωνία	Μέχρι 640 kbps	3-10 m	ISO/IEC 18000	Μεταφορές Logistics Εντοπισμός ζώων Έλεγχος Πρόσβασης Πληρωμές
Sensor	Παρακολούθηση Περιβάλλοντος/Φορητοί Αισθητήρες/Ψηφιακές Κάμερες	Ανίχνευση Αποθήκευση Επεξεργασία Επικοινωνία	250 kbps	10-100 m	IEEE 802.15.4, ZigBee, Wireless HART, ISA 100	Υγεία Περιβάλλον Βιομηχανία Γεωργία Κτηνοτροφία Παρακολούθηση
NFC	Αυτόματα Μηχανήματα Έκδοσης Εισιτηρίων/Smart Phones	Επικοινωνία	106-424 kbps	≤10 cm	ISO/IEC1809 2/ ECMA-340, ISO/IEC2148 1/ECMA 352, ISO/IEC 14443	Διαμοιρασμός πληροφοριών, Έλεγχος Πρόσβασης, Πληρωμές

Το Bluetooth είναι επίσης μια τεχνολογία που χρησιμοποιείται για την ασύρματη επικοινωνία σε μικρές αποστάσεις. Το αρχικό Bluetooth ή αλλιώς το κλασσικό Bluetooth, χρησιμοποιείται για μικρής εμβέλειας ασύρματη επικοινωνία μεταξύ συσκευών μέσα στο δίκτυο. Χρησιμοποιεί 79 κανάλια με εύρος ζώνης συχνοτήτων από 1MHz μέχρι 2.4GHz (Collotta et al., 2010). Σε ένα δίκτυο Bluetooth, ή αλλιώς Piconet, κάθε κεντρική συσκευή διαμορφώνει την συχνότητα της ακολουθίας μεταπήδησης (hopping sequence) και μπορεί να έχει μέχρι 7 «Slave» συνδέσεις (Collotta et al., 2007; Collotta et al., 2013). Προσφάτως, αναπτύχθηκε μία εξελιγμένη έκδοση του Bluetooth, το Bluetooth 4.0 ή BLE από το Bluetooth Low Energy δηλαδή χαμηλής ενέργειας Bluetooth. Το BLE χρησιμοποιεί μία τελείως διαφορετική στοίβα πρωτοκόλλων. Ο κύριος σκοπός του είναι να δουλεύει για πολύ καιρό με μπαταρία. Επίσης σημαντικό χαρακτηριστικό είναι ότι επιτρέπει την σύνδεση της συσκευής στο Διαδίκτυο με πολύ αποτελεσματικό τρόπο μέσα από χρήση αρχιτεκτονικής πελάτη/εξυπηρετητή. Το BLE σχεδιάστηκε για ανάπτυξη εφαρμογών με χαμηλό κόστος (Collotta & Pau, 2015). Το πιο σημαντικό πλεονέκτημα ωστόσο είναι ότι οι συσκευές έχουν εξ αρχής εγκαταστημένη αυτή τη τεχνολογία διευκολύνοντας έτσι την περαιτέρω υιοθέτηση και σχετικές υλοποιήσεις.

Φάση Μεταφοράς

Η φάση της μεταφοράς λαμβάνει μέρος αμέσως μετά την φάση της συλλογής. Μόλις ολοκληρωθεί η συλλογή των δεδομένων από τις εκάστοτε τεχνολογίες ανίχνευσης πρέπει τα δεδομένα αυτά να διαβιβαστούν μέσα από το δίκτυο στην εφαρμογή, προκειμένου να αξιοποιηθούν (Borgia, 2014). Η τεχνολογίες που εμπλέκονται στην διαδικασία αυτή είναι ενσύρματες τεχνολογίες. Μία τέτοια τεχνολογία είναι το Ethernet IEEE 802.3 που υποστηρίζει μεταδόσεις από 10Mbps μέχρι και 100 Gbps μέσω συνεστραμμένων ζεύγων καλωδίων, ομοαξονικά καλώδια και οπτικές ίνες. Το συγκεκριμένο είδος τεχνολογίας είναι πολύ αξιόπιστο διότι δεν είναι επιρρεπή σε σφάλματα και σε παρεμβολές. Όμως το κόστος για την σύνδεση των συσκευών και την κάλυψη του δικτύου κάνει την υιοθέτηση του Ethernet όχι και τόσο βέλτιστη. Αντιθέτως η χρήση ασύρματης τεχνολογίας για την πρόσβαση στο δίκτυο αποδεικνύεται πιο αποτελεσματική. Με αυτόν τον τρόπο οι συσκευές στέλνουν και λαμβάνουν δεδομένα μέσω ενός «σταθμού» και μέσω σύνδεσης στο Διαδίκτυο με εμβέλεια μερικών δεκάδων μέτρων.

Η οικογένεια πρωτοκόλλων IEEE 802.11 a/b/g/n λειτουργεί από συχνότητες 2.4 GHz μέχρι 5 GHz και χρησιμοποιεί διαφορετικά συστήματα διαμόρφωσης. Η επικοινωνία φτάνει έως και 54 Mbps και απόσταση περίπου 100 μέτρων. Συγκεκριμένα στην έκδοση 802.11n υπάρχει περίπτωση να περιλαμβάνεται και η χρήση πολλαπλών-εισόδων πολλαπλών-εξόδων (Multiple-Input Multiple-Output, MIMO) κεραιών για την αύξηση του εύρους ζώνης μετάδοσης και λήψης (Borgia, 2014).

Μία άλλη τεχνολογία είναι το WiMAX (IEEE 802.16) που χρησιμοποιείται όταν οι ανάγκες για κάλυψη απόστασης είναι πολύ μεγάλες, αφού μπορεί να καλύψει αποστάσεις μέχρι και ένα χιλιόμετρο. Οι συχνότητες του ξεκινάει από 2 GHz και φτάνει μέχρι 66 GHz καθώς και ρυθμός μετάδοσης φτάνει μέχρι 70 Mbps.

Οι ευρυζωνικές συνδέσεις που χρησιμοποιούνται για την σύνδεση τελικών συσκευών χρήστη από το σπίτι με το Διαδίκτυο έχουν αποδειχθεί ότι μπορούν να υποστηρίξουν ασύμμετρη επικοινωνία που επιτρέπει την αύξηση του ρυθμού μετάδοσης δεδομένων από το Διαδίκτυο στο σπίτι. Οι ήδη υπάρχουσες ευρυζωνικές συνδέσεις προσφέρουν ρυθμό μετάδοσης από 12 Mbps έως και 55 Mbps για λήψη και 1 Mbps έως και 20 Mbps για αποστολή.

Ακόμα μία τεχνολογία είναι η τεχνολογία που χρησιμοποιούνε τα κινητά τηλέφωνα δηλαδή με την χρήση δικτύου κυψέλης. Τέτοια πρότυπα είναι GSM, GPRS, UMTS, HSPA+, LTE και παίζουν καθοριστικό ρόλο για την πρόσβαση στο δίκτυο. Ειδικά στην περίπτωση του LTE δίνεται η δυνατότητα στους χρήστες να συνδεθούν σε ένα διασκορπισμένο και κινητό περιβάλλον επιτρέποντάς του όχι μόνο την φωνητική ανταλλαγή αλλά και υπηρεσιών και πολυμέσων λόγω του υψηλού ρυθμού μετάδοσης (Wu et al., 2012).

Οι δορυφορικές συνδέσεις μπορούν να αποτελέσουν και αυτές μία λύση για την πρόσβαση στο Διαδίκτυο. Συγκεκριμένα είναι πολύ χρήσιμη σε περιπτώσεις όπου οι χρήστες είναι σε απομακρυσμένες περιοχές και δεν έχουν πρόσβαση σε ευρυζωνικές συνδέσεις και όπου η ανάπτυξη μίας επίγειας σύνδεσης είναι δαπανηρή. Ένας άλλος λόγος για την χρησιμοποίηση δορυφορικής σύνδεσης είναι για την ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ περιοχών που χωρίζονται με θάλασσες ή ωκεανούς (Borgia, 2014). Η βασική λειτουργία του δορυφόρου είναι να δέχεται μία μετάδοση σε μία συχνότητα και να την αναπαράγει σε μία διαφορετική. Το μειονέκτημα της σύνδεσης αυτής είναι η καθυστέρηση που δημιουργείται σε αυτής της μορφής επικοινωνία και είναι της τάξης των 280ms.

Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό των ασύρματων τεχνολογιών είναι η ευελιξία τους. Για αυτό τον λόγο και οι ασύρματες τεχνολογίες είναι και το βασικό πρότυπο επικοινωνίας σε εφαρμογές του IoT. Ωστόσο υπάρχουν κι εδώ περιορισμοί που δεν καθιστούν τα ασύρματα δίκτυα ως βέλτιστη λύση. Ένας τέτοιος παράγοντας είναι το περιορισμένο ασύρματο φάσμα (Borgia, 2014), που είναι διαθέσιμο από τα δίκτυα κυψέλης και παίζει σημαντικό ρόλο στην εξάπλωση αυτών των ασύρματων τεχνολογιών.

Ακόμα μία τεχνολογία που παίζει σημαντικό ρόλο για την πρόσβαση στο Διαδίκτυο είναι η επικοινωνία μέσω του δικτύου της ηλεκτρικής ενέργειας (Power Line Communication- PLC). Αυτού του είδους η επικοινωνία χρησιμοποιεί το ηλεκτρικό κύκλωμα ως μέσο μετάδοσης για να μεταφέρει τα δεδομένα (Galli et al., 2010). Μία τέτοια τεχνολογία συνήθως μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τους έξυπνους μετρητές (smart meters) ή και από τα δίκτυα εσωτερικού χώρου ή γενικά από τα δίκτυα που καθιερώνονται εντός σπιτιού. Η επικοινωνία PLC μπορεί να θεωρηθεί ως μία εναλλακτική λύση των ευρυζωνικών συνδέσεων (xDSL) και παρέχει ασύμμετρη μετάδοση με ταχύτητα 256 Kbps για αποστολή και 2.7 Mbps για λήψη. Το κυρίως μειονέκτημα είναι οι ενδεχόμενες παρεμβολές που μπορεί να προκληθούν από συχνότητες ραδιοφώνου για παράδειγμα.

Πίνακας 3: Συγκριτικός πίνακας των βασικών τεχνολογιών του IoT στην φάση της μεταφοράς. Borgia, E. (2014). The Internet of Thing: Key features, applications and open issues. Computer Communications, 54, 1-31.

Τεχνολογία	Πρότυπο	Μέσο Μετάδοσης	Εύρος Συχνοτήτων	Ρυθμός Δεδομένων	Μέγιστη Απόσταση	Περιορισμοί
Ethernet	IEEE 802.3 u/z	Συνεστραμμένα ζεύγη, ομοαξονικά, οπτικές ίνες	-	10 Mbps μέχρι 100 Gbps	100 m μέχρι 50-70 km	Κοινόχρηστο μέσο, φυσικές συνδέσεις μεταξύ συσκευών
Wi-Fi	IEEE 802.11 a/b/g/n	Ασύρματα	2.4 GHz, 5 GHz	1-54-600 Mbps	Μέχρι 100 m	Ευαισθησία σε εμπόδια που βρίσκονται ανάμεσα
WiMAX	IEEE 802.16 a/d/e/m	Ασύρματα	2-66 GHz	Μέχρι 70 Mbps	Μέχρι 50-80 km	Ευαισθησία σε καιρικά φαινόμενα, αυξημένα κόστη εγκατάστασης
xDSL	ADSL, ADSL 2+, VDSL	Συνεστραμμένα ζεύγη, ομοαξονικά	Μέχρι 2.2 MHz	12-55 Mbps (d) 1-20 Mbps (u)	5.4-1.3 km	Ασύμμετρη επικοινωνία
Κυψέλης	GSM, GPRS, UMTS, HSPA+, LTE	Ασύρματα	900-1800 MHz, 2100-1900 MHz, 800-2600 MHz	9.6 kbps, 56-114 kbps, 56 Mbps (d)/22 Mbps (u), 300 Mbps (d)/75 Mbps (u)	Macro/ Micro/Pico/femto cells (10 m- 100 km)	Περιορισμένο ασύρματο φάσμα
Δορυφόρος	BSM, DVB-S, DVB-TS	Ασύρματα	4-8 GHz (C band), 10-18 GHz (Ku band), 18-31 GHz (Ka band)	16 kbps με 150 Mbps	GEO sat: 35.786 km MEO sat: 500-15.000 km LEO sat: 200-3000 km	280 ms καθυστέρηση μετάδοσης, αυξημένα κόστη εγκατάστασης, αδύνατη επισκευή βλάβης

PLC	HomePlug AV, IEEE 1901	Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας	1-30 MHz	> 100 Mbps	Μέχρι 1500 m	Παρεμβολές από άλλες τεχνολογίες
------------	------------------------------	------------------------------------	----------	------------	-----------------	--

Φάση Διαδικασιών, Διαχείρισης, Αξιοποίησης

Μόλις ολοκληρωθεί η φάση της μεταφοράς που αναλύσαμε πιο πάνω ξεκινάει η φάση των διαδικασιών-επεξεργασίας, της διαχείρισης και της αξιοποίησης της πληροφορίας. Έτσι λοιπόν σε αυτήν την φάση η ροή της πληροφορίας επεξεργάζεται και στην συνέχεια προωθείται στις εφαρμογές. Σημαντικό ρόλο στην διαχείριση των παραπάνω διαδικασιών παίζει η Πλατφόρμα της Υπηρεσίας και ο Εκκινητής (The Service Platform & Enabler) (Borgia, 2014). Ένα σημαντικό θέμα εδώ είναι η απόκρυψη της ετερογένειας σε υλικό, λογισμικό, η μορφή των δεδομένων και τεχνολογιών και πρωτοκόλλων επικοινωνίας που χαρακτηρίζουν το IoT (Chen et al., 2012). Αυτή η φάση δηλαδή είναι υπεύθυνη για μοντελοποίηση όλων των χαρακτηριστικών των αντικειμένων, του δικτύου και των υπηρεσιών και δημιουργεί χαλαρές συνδέσεις μεταξύ των συστατικών. Επίσης ένα άλλο χαρακτηριστικό που προσφέρει είναι ανακάλυψη των υπηρεσιών καθώς και η ανακάλυψη της σύνθεσης των υπηρεσιών.

Για την αντιμετώπιση των παραπάνω προκλήσεων την λύση μπορεί να δώσει η Υπηρεσιοστρεφής Αρχιτεκτονική (Service Oriented Architecture- SOA) (Gama et al., 2012). Τα πρότυπο της αρχιτεκτονικής SOA έχουν σχεδιαστεί για την σύνδεση εφαρμογών που τρέχουν σε υπολογιστές. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μην μπορούμε να τα χρησιμοποιήσουμε απευθείας σε εφαρμογή IoT καθώς χρειαζόμαστε ένα ενδιάμεσο στάδιο που θα είναι υπεύθυνο για την προσαρμογή των προτύπων αυτών με συσκευές IoT. Η αρχιτεκτονική SOA βασίζεται σε τρία επίπεδα τα οποία είναι:

1. Περιγραφή αντικειμένων
2. Διαχείριση αντικειμένων και υπηρεσιών
3. Μηχανισμοί υπηρεσιών και σύνθεσης αντικειμένων

Στο πρώτο επίπεδο κάθε αντικείμενο ή κάθε λειτουργία που υλοποιείται από το αντικείμενο «αντλείται» και παρουσιάζεται σαν υπηρεσία. Το δεύτερο επίπεδο είναι υπεύθυνο για την διαχείριση των αντικειμένων και υπηρεσιών παρέχοντας την δυνατότητα για διαδικασίες αυτόματης και δυναμικής ανακάλυψης, παρακολούθηση και διαχείριση της κατάστασης των αντικειμένων. Επιπλέον, είναι υπεύθυνο και για την απομακρυσμένη διαχείριση των υπηρεσιών. Το τρίτο και τελευταίο επίπεδο διαχειρίζεται τον τρόπο με τον οποίο σχηματίζονται δυναμικά νέες υπηρεσίες από ένα σύνολο των βασικών υπηρεσιών.

Μία άλλη σημαντική τεχνολογία που υιοθετείται και παίζει καθοριστικό ρόλο στην αντίληψη και στην πραγματοποίηση του IoT είναι η τεχνολογία του «Cloud». Ο όρος Cloud αναφέρεται σε virtualized πόρους του υπολογισμού και της αποθήκευσης, οι οποίοι μπορούν να κατανεμηθούν δυναμικά στις εφαρμογές χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση. Με αυτόν τον τρόπο η εργασία γίνεται πιο αποτελεσματική και πιο ευέλικτη. Το cloud δείχνει να είναι ο φυσικός χώρος του IoT (Kumar & Lu, 2010). Πράγματι, τα δεδομένα που προέρχονται από τα αντικείμενα μπορούν να παρέχονται μέσω cloud πλατφόρμα στις IoT εφαρμογές. Όπως φυσικά γίνεται κατανοητό τα αντικείμενα και οι εφαρμογές θα πρέπει να είναι συνδεδεμένα σε μια cloud πλατφόρμα προκειμένου να αποθηκεύουν και να ανακτούν τα δεδομένα από εκεί. Το cloud μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί όταν έχουμε μεγάλους όγκους δεδομένων και

οι υψηλές ταχύτητες που δημιουργούνται λόγω των κατάλληλων σχεδιασμένων μηχανισμών επιτρέπουν την αυτόματη και δυναμική πρόβλεψη αποθηκευτικών απαιτήσεων (Chang et al., 2012). Επίσης προσφέρει αποτελεσματικούς μηχανισμούς για πρόσβαση σε εικονικές υπηρεσίες αποθήκευσης είτε μέσω cloud βάσεων δεδομένων και εικονικό φυσικό χώρο αποθήκευσης που αυξάνει σημαντικά την τοπική αποθηκευτική χωρητικότητα, που σε πολλές περιπτώσεις είναι περιορισμένη. Τέλος η τεχνολογία του cloud μπορεί να λύσει αποτελεσματικά ζητήματα όπως η σημασιολογική περιγραφή των υπηρεσιών cloud. Ένα παράδειγμα είναι η προδιαγραφή OSGi που υποστηρίζει μια ελαφρά περιγραφή της υπηρεσίας και της δυναμικής για συσκευές με περιορισμένους πόρους. Ένα άλλο ζήτημα που λύνει η τεχνολογία του cloud είναι το πρόβλημα της επεξεργασίας δεδομένων για παράδειγμα της δέσμευσης και αποδέσμευσης το οποίο διαχειρίζεται δυναμικά καθώς επίσης λύνει και το πρόβλημα της εξαγωγής χρήσιμων πληροφοριών που συμβαίνει για παράδειγμα σε προβλήματα «Μεγάλων Δεδομένων» (Big Data) (Borgia et al., 2014).

Η σύγχρονη αρχιτεκτονική του Διαδικτύου (Host-to-Host) είναι σχεδιασμένη κατά βάση για τον διαμοιρασμό πόρων και όχι δεδομένων. Για τον λόγο αυτό δεν είναι προσιτή η λύση αυτή για το IoT το οποίο βασίζεται στην ανταλλαγή δεδομένων. Η νέα αυτή αρχιτεκτονική του Διαδικτύου που βασίζεται γύρω από την πληροφορία (Jacobson et al., 2009; Trossen et al., 2012) καθώς και τα πρωτόκολλα και οι μηχανισμοί δημιουργούν μία πρόκληση έρευνας στην κοινότητα του IoT. Επίσης τα συστήματα Peer-to-Peer (P2P) αναπαριστούν ένα τύπο τεχνολογίας Διαδικτύου με επίκεντρο το περιεχόμενο και αποτελούν μια εφικτή λύση για το IoT. Τα δομημένα συστήματα P2P είναι βασισμένα σε Κατανεμημένους Πίνακες Κατακερματισμού (Distributed Hash Tables- DHT). Αυτά τα συστήματα είναι μία ελπιδοφόρα λύση λόγω των ιδιοτήτων που εμφανίζουν. Οι ιδιότητες που εμφανίζουν είναι η επεκτασιμότητα, η αποδοτικότητα, η αντοχή των κόμβων σε αστοχίες. Επίσης μία ακόμα σημαντική ιδιότητα είναι η απόδοση ευθύνης και δυνατότητα φόρτωσης ανάμεσα στους ομότιμους με αποφασιστικό τρόπο. Όταν μιλάμε για αποφασιστικό τρόπο τα συστήματα αυτά ελέγχουν την επικαλυπτόμενη δικτυακή τοπολογία, τοποθετώντας περιεχόμενο σε συγκεκριμένες τοποθεσίες, ενέργεια που κάνει τις επακόλουθες αιτήσεις να επιλύονται πιο αποτελεσματικά με χρήση ευρετικών υπηρεσιών. Εξαιτίας της ετερογένειας του περιβάλλοντος, η ανακάλυψη υπηρεσιών που σχετίζονται με το IoT θα είναι επίσης σε θέση να υποστηρίξουν το ευέλικτο πρότυπο αναγνώρισης και Προθεματικά Δέντρα Κατακερματισμού (Prefix Hash Tree- PHT).

2.9 Ασφάλεια στο IoT

Σε ένα δίκτυο στο οποίο ανταλλάσσεται πληροφορία μεταξύ των εμπλεκόμενων μερών του δικτύου, θα πρέπει να ληφθεί σημαντικά υπ' όψιν το θέμα της ασφάλειας και του απορρήτου της εμπλεκόμενης πληροφορίας. Η ασφάλεια παίζει το πλέον σημαντικό παράγοντα σε όλα τα θέματα που αφορούν το Διαδίκτυο κι σε αυτό δεν διαφέρει σχεδόν σε τίποτα το Internet of Things. Η ασφάλεια στο IoT είναι κεντρικό θέμα καθώς μπορούν να προκληθούν θέματα τεχνολογικά, ηθικά και παραβίαση απορρήτου (Borgia, 2014).

Με σκοπό την εξασφάλιση της ασφάλειας των δεδομένων, των υπηρεσιών και ολόκληρου του συστήματος IoT θα πρέπει να τηρηθούν μια σειρά από αρχές γνωστές ως “ιδιότητες” (Heer et al., 2011). Οι ιδιότητες αυτές είναι εμπιστευτικότητα (confidentiality), ακεραιότητα (integrity), αυθεντικοποίηση (authentication),

εξουσιοδότηση (authorization), μη απάρνηση (non-repudiation), διαθεσιμότητα (availability), απόρρητο (privacy). Εδώ λοιπόν δημιουργείται και μια πρόκληση λόγω των χαρακτηριστικών του περιβάλλοντος του IoT. Η πρόκληση έχει να κάνει με την ανεπάρκεια πόρων των αντικειμένων. Η περιορισμένη υπολογιστική ισχύς και διαδικασίες μεταφοράς δεδομένων, ενώ και η χρήση μικρής εμβέλειας και χαμηλού ρυθμού δεδομένων πρωτοκόλλων, επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό το μέγεθος των πακέτων με αποτέλεσμα να οδηγούμαστε στην λύση της κατάτμησης των πακέτων αυτών (Cirani et al., 2013). Επίσης ένα ακόμη σημαντικό θέμα είναι η ετερογένεια των συσκευών που κάνει απαραίτητο τον καθορισμό ενός συνόλου με ελάχιστα χαρακτηριστικά προς υιοθέτηση από τα αντικείμενα για να υπάρχει διαλειτουργικότητα ανάμεσα στα αντικείμενα (Borgia, 2014).

Η Borgia(2014), στο άρθρο της, κατηγοριοποίησε τις παραπάνω ιδιότητες σε τέσσερις κατηγορίες όπου η κάθε μία απαντά σε μία διαφορετική απαίτηση ασφαλείας. Ανάλογα με την εφαρμογή, ένα μέρος ή όλες οι κατηγορίες θα πρέπει να ικανοποιούνται. Οι κατηγορίες αυτές περιλαμβάνουν:

- Ασφαλή αυθεντικοποίηση και εξουσιοδότηση
- Ασφαλή λειτουργία εκκίνησης αντικειμένων και μετάδοση δεδομένων
- Ασφάλεια των IoT δεδομένων
- Ασφαλή πρόσβαση στα δεδομένα από εξουσιοδοτημένα άτομα

2.9.1 Ασφαλή αυθεντικοποίηση και εξουσιοδότηση

Στοιχεία όπως οι SIM κάρτες (Subscriber Identity Module) και πρόσφατα οι MIM κάρτες (Machine Identity Module) χρησιμοποιούνται ευρέως για να εξασφαλίσουν ασφάλεια σε εφαρμογές IoT, καθώς έχουν σχεδιαστεί αποκλειστικά για αυτό τον σκοπό. Τα στοιχεία αυτά εξασφαλίζουν την ταυτότητα και εξουσιοδότηση των επικοινωνούντων μερών προσφέροντας ασφαλή αυθεντικοποίηση μέσω μηχανισμών όπως PIN, PUK και υποδομή δημοσίου κλειδιού (PKI).

2.9.2 Ασφαλή λειτουργία εκκίνησης αντικειμένων και μετάδοση δεδομένων

Οι λειτουργίες εκκίνησης αντικειμένων αναφέρονται στον χειρισμό ενεργειών που κρίνονται απαραίτητες προτού το δίκτυο γίνει ενεργό και διαθέσιμο. Οι λειτουργίες αυτές περιλαμβάνουν την εγκατάσταση και διαμόρφωση κλειδιών, πιστοποιητικών και διαπιστευτηρίων των συσκευών. Γενικά, ανεξαρτήτως θεματολογίας και χρησιμοποιούμενου περιβάλλοντος, τα υπάρχοντα θέματα ασφαλείας επηρεάζουν την ανταλλαγή και την επικοινωνία δεδομένων πάνω σε τρία επίπεδα. Τα επίπεδα αυτά είναι δικτύου, μεταφοράς και εφαρμογής (Comer, 2004).

Πρωτόκολλα

Αν και το IPSec είναι ο πιο διαδεδομένος τρόπος για διασφάλιση μεταφοράς δεδομένων σε επίπεδο δικτύου δεν κρίνεται επαρκής σε περιβάλλοντα IoT (Borgia, 2014). Η εναλλακτική προσέγγιση είναι η χρήση του Host Identity Protocol, το οποίο χρησιμοποιεί κρυπτογραφημένα αναγνωριστικά για να ενισχύσει την λογοδοσία (accountability) και δημιουργεί ένα κλίμα εμπιστοσύνης. Τα πιο γνωστά πρωτόκολλα σε επίπεδο μεταφοράς είναι το TLS και το DTLS που τρέχουν πάνω σε TCP και UDP

αντίστοιχα. Ωστόσο, το πρωτόκολλο μεταφοράς TLS κρίνεται ακατάλληλο για περιβάλλοντα IoT. Με το DTLS να χρησιμοποιείται αντί αυτού. Όσο αναφορά το επίπεδο εφαρμογής υπάρχουν κάποιες ήδη υλοποιημένες λύσεις (S/MIME, STRP) που πάλι κρίνονται στο άρθρο της Borgia (2014) ανεπαρκή λόγω υψηλής κατανάλωσης πόρων. Ωστόσο δεν υπάρχουν άλλες προτεινόμενες λύσεις αυτήν την στιγμή.

Αλγόριθμοι

Η ασφαλής μεταφορά δεδομένων επιτυγχάνεται με την χρήση κρυπτογραφικών αλγορίθμων που εξασφαλίζουν την ακεραιότητα των δεδομένων καθώς ταξιδεύουν στο δίκτυο. Οι αλγόριθμοι lightweight θεωρούνται ως οι πιο υποσχόμενοι για περιβάλλοντα IoT αφού προσαρμόζονται στις συσκευές εισάγοντας συμβιβασμούς ανάμεσα σε επίπεδα ασφαλείας, κόστους και απόδοσης. Χαρακτηριστικοί αλγόριθμοι αυτής της κατηγορίας είναι SEA (Scalable Encryption Algorithm), PRESENT για συμμετρική κρυπτογραφία και η οικογένεια ECC (Elliptic Curve Cryptography) για ασύμμετρη κρυπτογράφηση. Ακόμα ένα σημαντικό προαπαιτούμενο στην χρήση πρωτοκόλλων που χρησιμοποιούν κρυπτογραφία είναι οι συναρτήσεις κατακερματισμού που προσφέρουν ακεραιότητα και ψηφιακές υπογραφές.

2.9.3 Ασφάλεια των IoT δεδομένων

Μια σημαντική λειτουργία που χειρίζεται τα IoT δεδομένα είναι η συσσωμάτωση. Λέγοντας συσσωμάτωση εννοούμε την διαδικασία κατά την οποία εξασφαλίζεται ότι μόνο οι σημαντικές πληροφορίες θα αποθηκεύονται και θα μεταδίδονται εντός του δικτύου IoT. Η λειτουργία αυτή συνήθως γίνεται από κάποιο ενδιάμεσο κόμβο ο οποίος δέχεται τα δεδομένα ξεχωρίζει τα σημαντικά και στην συνέχεια αναμεταδίδει μόνο τα σημαντικά ελαχιστοποιώντας έτσι το σύνολο των δεδομένων. Η εμπιστευτικότητα, η αυθεντικότητα και η ακεραιότητα διασφαλίζεται από τις μορφές κρυπτογράφησης/αποκρυπτογράφησης. Όμως σε περιβάλλοντα όπου υπάρχουν συσκευές με περιορισμένους πόρους, οι διαδικασίες κρυπτογράφησης και αποκρυπτογράφησης μπορεί να οδηγήσουν στην αύξηση της πολυπλοκότητας των συσκευών διότι απαιτούνται επιπλέον ενέργειες όπως ο διαμοιρασμός κλειδιών, πρόσθετη υπολογιστική ισχύς και κατανάλωση ενέργειας για την αποκρυπτογράφηση των δεδομένων (Cirani et al., 2013). Μια λύση είναι η χρήση ομομορφικών αλγορίθμων κρυπτογράφησης (Homomorphic Encryption Schemes), με αποτέλεσμα την ομαδοποίηση των κρυπτογραφημένων δεδομένων αποφεύγοντας ενδιάμεσες και όχι απαραίτητες αποκρυπτογραφήσεις. Με αυτό τον τρόπο αυξάνεται η συνολική ασφάλεια του συστήματος καθώς μόνο η πηγή και ο προορισμός έχουν πρόσβαση στα κυρίως δεδομένα (Borgia, 2014).

Ένα ακόμη σημαντικό θέμα είναι η εξασφάλιση της ακεραιότητας και η επιμονή στην προστασία ευαίσθητων πληροφοριών που είναι αποθηκευμένες σε ένα cloud, όπως προσωπικά δεδομένα και κλειδιά που χρησιμοποιούνται για κρυπτογράφηση (Lopez, 2012). Πιθανές λύσεις εδώ είναι on-chip ROM memory, on-chip One-Time-Programmable (OTP) technology, and off-chip flash memory.

2.9.4 Ασφαλή πρόσβαση στα δεδομένα από εξουσιοδοτημένα άτομα

Οι μηχανισμοί ασφαλείας θα πρέπει να διασφαλίζουν πως μόνο οι χρήστες που είναι εξουσιοδοτημένοι επιτρέπεται να έχουν πρόσβαση σε κάποιες πληροφορίες. Επίσης θα πρέπει να καθορίζεται και ποιες ενέργειες κάθε χρήστης ή ομάδα χρηστών επιτρέπεται να κάνουν πάνω στα δεδομένα. Οι μηχανισμοί για να αποτρέψουν την μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση είναι απλοί αλλά αποτελεσματικοί. Ένα παράδειγμα είναι η προστασία κάποιων δεδομένων με την χρήση κωδικών (passwords). Επίσης λύσεις όπως Sign-ON (SSO) επιτρέπουν στους χρήστες ή στην ομάδα χρηστών να συνδέονται μόνο μία φορά και να έχουν πρόσβαση εκεί που επιτρέπεται χωρίς να χρειάζεται περαιτέρω διαδικασίες αυθεντικοποίησης (He & Wen, 2012; Wang et al., 2010).

Πίνακας 4: Αντιστοίχιση ενεργειών πρόληψης σε κατηγορίες

	Εμπιστευτικότητα	Ακεραιότητα	Αυθεντικοποίηση	Εξουσιοδότηση	Μη απύρνηση	Διαθεσιμότητα	Ιδιωτικότητα
Ασφαλή αυθεντικοποίηση και εξουσιοδότηση			•	•			•
Ασφαλή λειτουργία εκκίνησης αντικειμένων και μετάδοση δεδομένων	•	•				•	
Ασφάλεια των IoT δεδομένων	•	•	•				•
Ασφαλή πρόσβαση στα δεδομένα από εξουσιοδοτημένα άτομα			•	•	•		

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Σε αυτό το κεφάλαιο αναλύεται διεξοδικά η έννοια των «Έξυπνων Σπιτιών». Θα αναλυθούν και θα συζητηθούν οι διάφορες λειτουργίες και τεχνολογίες που απαρτίζουν ένα έξυπνο σπίτι. Επιπλέον, μεγάλη προσοχή θα δοθεί στο κομμάτι της ενέργειας και συγκεκριμένα στον έλεγχο, στην παρακολούθηση και στην μέτρηση της κατανάλωσης της ενέργειας. Θα συζητηθεί η έννοια των «Έξυπνων Δικτύων» (Smart Grid Technology) καθώς και ο καθοριστικός ρόλος τους στην ενεργειακή απόδοση των «Έξυπνων Σπιτιών». Θα παρουσιαστούν ήδη υλοποιημένες εφαρμογές καθώς και λύσεις για το επιθυμητό αποτέλεσμα, που δεν είναι άλλο από την άνεση, την ασφάλεια, την εξοικονόμηση χρημάτων και γενικά την μετατροπή ενός σπιτιού ώστε να είναι πιο φιλικό στο περιβάλλον.

Η αυξανόμενη εμφάνιση νέων τεχνολογιών που καθιστούν ευκολότερη την πρόσβαση και τη μέτρηση της χρήσης ενέργειας σε σπίτια και γενικά κτίρια δύναται να αποτελέσει σημαντικό καταλύτη για την οικιακή ενεργειακή απόδοση. Ο παραδοσιακός τρόπος κατανόησης και έλεγχος κατανάλωσης ενέργειας δεν κρίνεται αξιόπιστος αλλά ούτε και επαρκής, όταν η συνολική κατανάλωση ενέργειας ενός νοικοκυριού παρουσιάζεται ως ένα ενιαίο αριθμό σε ένα μηνιαίο λογαριασμό (Froehlich, 2009). Ωστόσο, τεχνολογίες έξυπνων δικτύων, συμπεριλαμβανομένων των κινητών και οικιακές συσκευές επικοινωνίας μπορούν πλέον να παρέχουν στους άμεσα ενδιαφερόμενους (χρήστες) δυνατότητα άμεσης ανατροφοδότησης σχετικά με τη χρήση της ενέργειας χωρίς χρονικούς περιορισμούς (δεδομένα σε πραγματικό χρόνο) (Li & Yu, 2011). Οι χρήστες δεν ενημερώνονται απλά για το ποσοστό ενέργειας που καταναλώνουν αλλά είναι πλέον σε θέση να αντιληφθούν τυχόν βλάβες από απροσδόκητες μετρήσεις. Μέσα από την αυτή τη δυνατότητα παρακολούθησης, οι χρήστες μπορούν και διαχειρίζονται την χρησιμοποιούμενη ενέργεια και γενικά το οικιακό δίκτυο συσκευών. Οι τεχνολογίες έξυπνων δικτύων παρέχουν επίσης πληροφορίες σχετικά με την ενεργειακή απόδοση του σπιτιού. Οι πληροφορίες αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τους χρήστες ανά πάσα στιγμή προκειμένου να αξιολογήσουν τόσο τις υπάρχουσες ενεργειακές ρυθμίσεις όσο και εναλλακτικές ενεργειακές λύσεις (Froehlich, 2009). Με άλλα λόγια οι χρήστες έχουν την δυνατότητα να συγκρίνουν σε πραγματικό χρόνο, με ακρίβεια και χωρίς μεσάζοντες ενεργειακά δεδομένα.

Τα τελευταία χρόνια γίνονται συνεχείς προσπάθειες για να υπάρξει σωστή αξιοποίηση ενέργειας και όχι σπατάλη ενέργειας. Όταν θέτονται περιορισμοί τις περισσότερες φορές σημαίνει πως το αποτέλεσμα δεν είναι πλήρως το επιθυμητό. Για παράδειγμα όταν θέλουμε οι λάμπες φωτισμού να μην σπαταλάνε πολύ ενέργεια αυτό σημαίνει αυτόματα πως και η ένταση του φωτός που παράγουν δεν θα είναι αρκετή. Στηριζόμενοι σε αυτό το γεγονός, διάφορες υλοποιήσεις που προέρχονται μέσα από έρευνες έχουν σκοπό να το διαψεύσουν. Πράγματι, έχουν δημιουργηθεί λάμπες που καταναλώνουν λιγότερη ενέργεια και φωτίζουν το ίδιο με τις κλασσικές λάμπες και πολλές φορές ακόμα καλύτερα. Τέτοιες λάμπες είναι οι λάμπες φθορίου και σιγά-σιγά αρχίζουν να μπαίνουν στην ζωή μας οι λάμπες LED.

Όπως ήδη αναφέραμε ο τομέας της ενέργειας δίνει ολοένα και περισσότερο βάση στην σωστή αξιοποίησή της. Καθοριστικό ρόλο σε αυτό παίζει η τεχνολογία του IoT σε συνδυασμό με το Home Automation (Αυτοματοποίηση Σπιτιού) και τα Smart

Grids (Έξυπνα Δίκτυα) που θα αναλυθούν στην συνέχεια. Οι παραπάνω τεχνολογίες προσφέρουν στους χρήστες δυνατότητα παρακολούθησης ενέργειας μέσα από μια υποδομή που δεν είναι άλλη παρά ένα δίκτυο που απαρτίζεται από ηλεκτρικές συσκευές. Το δίκτυο των ηλεκτρικών συσκευών μαζί με τα δεδομένα που αυτές (συσκευές) παράγουν γίνονται εισροές σε μία εφαρμογή προστιθέμενης αξίας.

3.1 Έξυπνα Σπίτια

Ο όρος «έξυπνα σπίτια» πρωτοεμφανίστηκε το 1998 όταν ιδιώτες και συμβουλευτικά γραφεία κατασκεύασαν τα πρώτα έξυπνα σπίτια και η έννοια “home automation” συστήθηκε για πρώτη φορά (Collotta & Pau, 2015). Στη σημερινή εποχή ωστόσο τα έξυπνα σπίτια δε θυμίζουν τίποτα από αυτό που ήταν αρχικά. Η ραγδαία τεχνολογική πρόοδος άνοιξε νέες προοπτικές και πιθανές επεκτάσεις.

Με τον όρο έξυπνα σπίτια αναφερόμαστε σε σπίτια που διαθέτουν συνδεδεμένες συσκευές και επικοινωνιακά συστήματα. Τα συστήματα αυτά προσφέρουν στους χρήστες μια καλύτερη αίσθηση ελέγχου αλλά και καλύτερη κατανόηση των υπαρχουσών συστημάτων και συσκευών (Darbianian & Michael, 2008). Τα βασικά συστατικά ενός έξυπνου σπιτιού είναι:

- Συσκευές που περιλαμβάνουν τεχνολογίες αισθητήρων όπως προγραμματιζόμενοι θερμοστάτες, έξυπνα κυκλώματα φωτισμού και άλλα (Froehlich, 2009).
- Συστήματα επικοινωνίας που υποστηρίζουν την αμφίδρομη ροή πληροφορίας μεταξύ συσκευών και χρηστών (εδώ κύριοι χρήστες είναι οι ιδιοκτήτες, ένοικοι) αλλά και μεταξύ συσκευών και εταιρειών παροχής ρεύματος ή και προμηθευτές συστημάτων ασφαλείας (Collotta & Pau, 2015).
- Συστήματα ελέγχου και παρακολούθησης τα οποία επιτρέπουν στους χρήστες να εντοπίζουν ανά πάσα στιγμή την κατανάλωση ενέργειας καθώς και να αλλάζουν τυχόν λειτουργικά χαρακτηριστικά των συσκευών μέσα στο σπίτι (Parker et al., 2006).

Οι συσκευές που υπάρχουν μέσα σε ένα έξυπνο σπίτι μπορεί να ποικίλουν σε μέγεθος, εμφάνιση και λειτουργία αλλά κατά γενική ομολογία παρέχουν τις παρακάτω λειτουργίες (Froehlich, 2009):

- Δυνατότητα για παρακολούθηση της κατανάλωσης ενέργειας σε αυστηρά ή μη πραγματικό χρόνο από τις συσκευές για ολόκληρο το σπίτι,
- Δυνατότητα απομακρυσμένου ελέγχου συστήματος ή συσκευών (smart grid – έξυπνα δίκτυα)

Σε μία πιο γενική έννοια τα Έξυπνα Σπίτια θα μπορούσαν να οριστούν σαν σπίτια που διαθέτουν μία ξεχωριστή δομημένη «καλωδίωση». Η καλωδίωση αυτή διασυνδέει τις διάφορες συσκευές που υφίστανται εντός του σπιτιού με απώτερο σκοπό τον απομακρυσμένο έλεγχο. Ένα έξυπνο σπίτι δεν έχει μόνο ως στόχο τον απομακρυσμένο έλεγχο αλλά ο ιδιοκτήτης ενός τέτοιου σπιτιού έχει να κερδίσει και άλλα οφέλη (SmartGrid. Gov, 2015)

Όπως έχει ήδη γίνει λόγος, η εμπλοκή της Τεχνολογίας Internet of Things έχει σαν αποτέλεσμα ένα τεράστιο σύνολο από σημαντικά και διαφορετικά οφέλη. Το σημείο κλειδί είναι οι τελικοί χρήστες. Οι χρήστες αυτοί είναι άνθρωποι διαφορετικών αναγκών και προτεραιοτήτων που χρίζουν ιδιαίτερης αντιμετώπισης. Ένα Έξυπνο Σπίτι μπορεί να προσφέρει σε άτομα με ειδικές ανάγκες καθώς και σε ηλικιωμένους ανθρώπους υπηρεσίες που διευκολύνουν το καθημερινό τους έργο. Μια αξιολόγηση

προσπάθεια έχει πραγματοποιηθεί στο πανεπιστήμιο της Φλόριντας έχει αναπτύξει ένα πακέτο από υπηρεσίες προς εφαρμογή σε Έξυπνα Σπίτια. Οι υπηρεσίες αυτές είναι βασισμένες σε αισθητήρες που βασίζονται στην παρακολούθηση του περιβάλλοντος με σκοπό την άνεση και την ενεργειακή απόδοση του σπιτιού. Επίσης προσφέρουν ασφάλεια και προστασία, παρακολούθηση της δραστηριότητας και της κινητικότητας του ατόμου, τεχνολογίες υπενθύμισης, συστήματα ανίχνευσης πτώσης του ατόμου, έξυπνες συσκευές καθώς ακόμα και τεχνολογίες βιομετρίας για την παρακολούθηση της φυσιολογίας του ατόμου όπως βάρος, θερμοκρασία.

Απαραίτητα κριτήρια για την υλοποίηση ενός συστήματος σαν αυτό που μόλις αναφέρθηκε είναι:

- Συστήματα με χαρακτηριστικά:
 - Δυνατότητας να «φορεθούν», να είναι φορητά ή εμφυτεύσιμες συσκευές.
 - Κινητές ή σταθερές συσκευές, όπως αισθητήρες, ενεργοποιητές ή άλλα συστατικά της Τεχνολογίας Πληροφορικής και Επικοινωνιών που ενσωματώνονται στο δομικό ιστό του έξυπνου σπιτιού και τέλος ή απλά αντικείμενα καθημερινής χρήσης όπως τραπέζια, καρέκλες κ.α.
- Συστήματα με χαρακτηριστικά νοημοσύνης στα πλαίσια κατανόησης περιεχομένου (Weber, 2010) ή λήψεις αποφάσεων.
- Συστήματα που εκτελούν μία μετάδοση ή επεξεργασία δεδομένων χωρίς την ανθρώπινη παρέμβαση.

Σημαντικό ρόλο για τα Έξυπνα Σπίτια παίζει και η Τεχνολογία των Αυτοματισμών του σπιτιού (Home Automation) που εξυπηρετεί όπως αποκαλύπτει και το όνομα της στην αυτοματοποίηση ορισμένων λειτουργιών (Collotta & Pau, 2015). Το Home Automation σε συνδυασμό με το Internet of Thing, πέρα από τις υπηρεσίες που προσφέρει σε άτομα με ιδιαίτερες ανάγκες, προσφέρει επιπλέον υπηρεσίες άνεσης, διασκέδασης, ψυχαγωγίας και πολυτελείας. Σε μία άλλη εφαρμογή θα μπορούσαμε να αναφέρουμε την πόρτα του γκαράζ να ανοίγει μόλις οι αισθητήρες αντιληφθούν την άφιξη του αυτοκινήτου σε μία απόσταση λίγο μεγαλύτερη από ότι χρειάζεται για ανοίξει τελείως η πόρτα. Φυσικά δεν μπορούμε να παραλείψουμε τα συστήματα ανίχνευσης πυρκαγιάς, πλημύρας και διαρροής αερίου (Li & Yu, 2011). Το σημαντικό εδώ είναι πως δεν μπορούμε να περιορίσουμε τις διαδικασίες και να τις αριθμήσουμε. Με την τεχνολογία να αναπτύσσεται με τόσο γρήγορο ρυθμό το σίγουρο είναι πως δεν υπάρχει κάτι το οποίο να μην μπορεί να γίνει, με αποτέλεσμα να ικανοποιούνται οι περισσότερες απαιτήσεις των χρηστών.

3.2 Ενεργειακής Απόδοσης Έξυπνα Σπίτια

Η ενέργεια είναι ένα, αν όχι το πιο σημαντικό, από τα βασικότερα αγαθά που διαθέτει αλλά και έχει ανάγκη ο άνθρωπος. Με την χρήση της ενέργειας ο άνθρωπος μπορεί να ικανοποιήσει τις βασικές του ανάγκες. Καθετί που κινείται και υπάρχει γύρω μας είναι ενέργεια και δεδομένου του γεγονότος ότι οι ανάγκες των ανθρώπων αυξάνονται με εκθετικό βαθμό, αυξάνεται εκθετικά και η χρήση της ενέργειας. Η παραγόμενη ενέργεια ωστόσο δεν έρχεται δίχως επιπρόσθετο κόστος χρηματικού αλλά πιο σημαντικά περιβαλλοντικού χαρακτήρα. Σε μία προσπάθεια των ειδικών να περιορίσουν και τα δύο αυτά κόστη έχουν γίνει πολλές έρευνες σχετικά με την εύρεση φιλικών προς το περιβάλλον πηγών ενέργειας, καθώς και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Ακόμα και αυτό δεν είναι αρκετό όμως. Το κυρίως ζήτημα είναι να

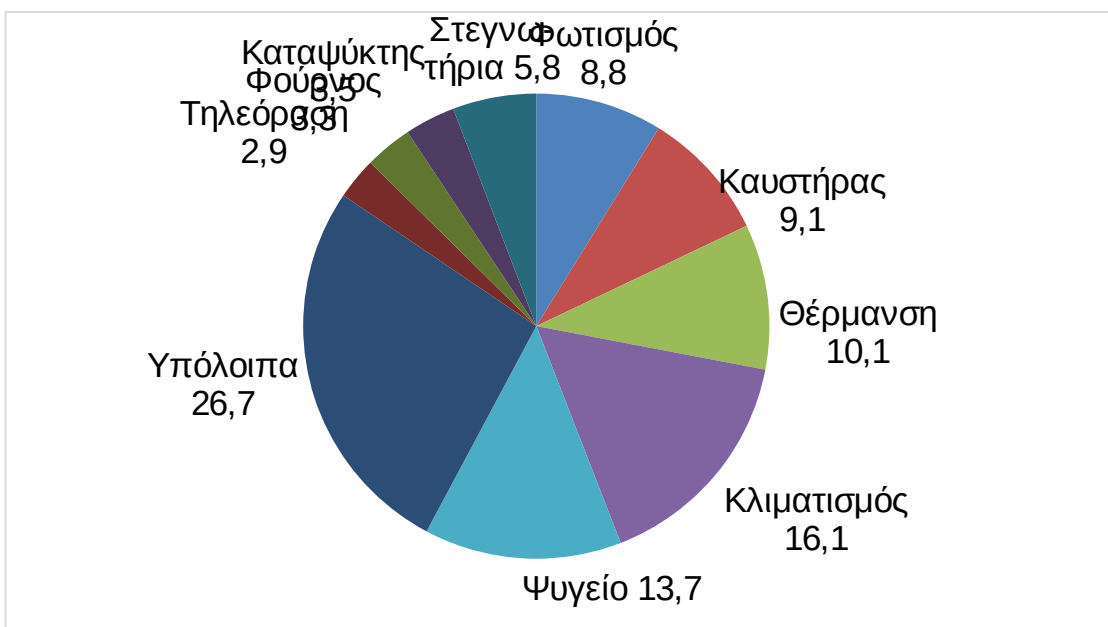
μάθουν οι άνθρωποι πως ακριβώς πρέπει να χρησιμοποιούν την ενέργεια (Froehlich, 2009).

Πολλές έρευνες ανά τα χρόνια έχουν γίνει από τους ειδικούς με σκοπό να αντλήσουν πληροφορίες για το πως αντιλαμβάνεται ο κόσμος την ενέργεια. Το αρνητικό εδώ είναι πως η ενέργεια είναι μία αφηρημένη έννοια, αόρατη και δεν μπορεί κανείς να την αγγίξει (Fischer, 2008). Έχοντας λοιπόν αυτά τα χαρακτηριστικά, η χρήση της ενέργειας σε ένα σπίτι τις περισσότερες φορές περνάει απαρατήρητη. Οι συνεχείς έρευνες και η ανάπτυξη συστημάτων που αφορούν την παρακολούθηση πόρων έχουν ως σκοπό την παροχή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο σχετικά με την κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος, αερίου και νερού σε ένα σπίτι (Kim et al., 2008; Patel et al., 2008; Fogarty et al., 2006). Ένα σύστημα σαν το παραπάνω θα μπορούσε να αναλύει τα δεδομένα και να τα ανατροφοδοτεί στον χρήστη προκειμένου να έχει μία πιο σωστή και ολοκληρωμένη αντίληψη σχετικά με την καταναλωθείσα ενέργεια.

Σε έρευνα που έγινε για την αξιολόγηση της κατανάλωσης ενέργειας σε δέκα κατοικίες πανομοιότυπες με τις ίδιες ηλεκτρικές συσκευές και εξοπλισμό, είχε σαν αποτέλεσμα η κατανάλωση της ενέργειας να ποικίλλει σε μεγάλο βαθμό. Μάλιστα η κατοικία με την υψηλότερη κατανάλωση βρέθηκε να έχει 2,6 φορές μεγαλύτερη κατανάλωση από την κατοικία με την χαμηλότερη (Parker et al., 2006). Οι κάτοικοι μάλιστα είχαν και όμοια δημογραφικά χαρακτηριστικά. Το πόρισμα από την έρευνα και όπως φανέρωναν τα αποτελέσματα ήταν το πως η διαφορετικότητα των συνηθειών των ανθρώπων επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την χρήση της ενέργειας (Socolow, 1978; Winett et al., 1979). Συνεπώς, στρατηγικές για την προώθηση βιώσιμων συμπεριφορών θα μπορούσε να οδηγήσει σε σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας.

Η περικοπή χρήσης της ενέργειας σε ένα σπίτι είναι μία δύσκολη διαδικασία. Το μειονέκτημα είναι πως οι κάτοικοι δεν μπορούν να κρίνουν την κατανάλωση της ενέργειας παρά μόνο μία φορά τον μήνα ή το τρίμηνο όταν θα έχουν τον λογαριασμό στα χέρια τους. Οι Kempton και Layne (1994) αντιστοίχισαν την κατανάλωση ενέργειας με μια αγορά προϊόντων από το σούπερ μάρκετ, όπου τα προϊόντα δεν έχουν τιμή στα ράφια και το πόσο κοστίζουν το μαθαίνουμε μία φορά το μήνα.

Για να επανέλθουμε στο θέμα, την περισσότερη κατανάλωση ενέργειας εντός του σπιτιού γίνεται από τις συσκευές όπου είναι συνεχώς ανοιχτές όπως το ψυγείο ή ο καυστήρας και συνήθως είναι πράγματα που δεν μπορούμε να κάνουμε χωρίς αυτά. Στην εικόνα 4 μπορούμε να δούμε την συνολική κατανάλωση σε ένα σπίτι.



Ένα σημαντικό ζήτημα ακόμα είναι πως οι δύο πιο κοινές μονάδες μέτρησης της ενέργειας είναι η αντίστοιχη μονάδα της εκάστοτε ενέργειας (Kilowatts per hour, Kilometers per liters και άλλα) και το κόστος. Σε κάποιες μορφές ενέργειας μπορεί ο κόσμος να είναι σε θέση να αντιληφθεί την αντίστοιχη μονάδα όπως στα αυτοκίνητα (Kilometers per liters), αλλά οι κιλοβατώρες για το ρεύμα και τα κυβικά εκατοστά για το νερό δεν είναι εύκολο να γίνουν κατανοητά. Όσον αφορά το κόστος, μπορεί να φανεί χρήσιμο στην αντίληψη της ενέργειας και να οδηγήσει σε μία μείωση της κατανάλωσης, αλλά κάλλιστα μπορεί να αποπλανήσει τους χρήστες. Επιπλέον οι καταναλωτές που επικεντρώνονται μόνο στο κόστος, έχει αποδειχθεί πως δεν είναι αξιόπιστη μέθοδος, λόγω των διακυμάνσεων των τιμών της ενέργειας. (Froehlich, 2009)

Σύμφωνα με τον Geller et al. (1982), οι τεχνολογίες ανατροφοδότησης έχουν αποδειχθεί σαν μία από τις αποτελεσματικότερες στρατηγικές στην διαδικασία μείωσης της κατανάλωσης της ενέργειας σε ένα σπίτι.

3.3 Έξυπνα Δίκτυα (Smart Grids) – Ο ρόλος τους στα Έξυπνα

Σπίτια

Τα έξυπνα δίκτυα (Smart Grids) παίζουν καθοριστικό ρόλο σε ένα έξυπνο σπίτι ενεργειακής απόδοσης. Πιο αναλυτικά, τα «smart grid» ή αλλιώς έξυπνα δίκτυα είναι μία ψηφιακή τεχνολογία που επιτρέπει την αμφίδρομη επικοινωνία μεταξύ των χρηστών-πελατών και των εταιρειών παροχής ενέργειας (εταιρεία ύδρευσης, ηλεκτρισμού και άλλα) (SmartGrid. Gov, 2015). Παρέχει τους φορείς εκμετάλλευσης του δικτύου, μεγαλύτερη ορατότητα και έλεγχο της δομής του ηλεκτρικού δικτύου, συμπεριλαμβανομένων τόσο των συμβατικών μέσων, όπως γραμμές μεταφοράς, υποσταθμούς, μετασχηματιστές και άλλα, όπως ανταπόκριση στη ζήτηση, την ενεργειακή απόδοση, την αποκεντρωμένη παραγωγή και αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας.

Σύμφωνα με την παγκοσμίως αναγνωρισμένη διαδικτυακή κοινότητα Smart Grid Gov. (2015), τα έξυπνα-smart grid δίκτυα αποτελούνται από:

- Συσκευές με αισθητήρες σχεδιασμένες κατάλληλα ώστε να μετρούν και να παρακολουθούν τις αλλαγές στη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος μέσα στο εκάστοτε δίκτυο
- Ικανότητα αμφίδρομης επικοινωνίας που επιτρέπει τη ροή των πληροφοριών μεταξύ των συσκευών και των κεντρικών σημείων ελέγχου
- Λειτουργίες ελέγχου που επιτρέπουν στους φορείς εκμετάλλευσης του δικτύου να χρησιμοποιήσουν την ικανότητα αμφίδρομης επικοινωνίας του έξυπνου δικτύου ώστε να κάνει αλλαγές και προσαρμογές στο εκάστοτε δίκτυο από απόσταση.

Άλλα πλεονεκτήματα του έξυπνου δικτύου περιλαμβάνουν:

- Αποτελεσματικότερη μετάδοση της ηλεκτρικής ενέργειας
- Ταχύτερη αποκατάσταση του ηλεκτρικού ρεύματος μετά από διαταραχές ισχύος
- Μειωμένες εργασίες και δαπάνες διαχείρισης για τις υπηρεσίες κοινής ωφέλειας και τους πελάτες
- Η μειωμένη ζήτηση αιχμής για ένα πιο αξιόπιστο σύστημα

- Αυξημένη ολοκλήρωση των μεγάλης κλίμακας συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας
- Η καλύτερη ενσωμάτωση των συστημάτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που ανήκουν σε ιδιώτες
- Βελτιωμένη ασφάλεια

Εκτός από την παροχή πλεονεκτημάτων σε επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας και άλλων ενεργειακών παρόχων, το έξυπνο δίκτυο προσφέρει μεγαλύτερη πληροφόρηση και έλεγχο των πελατών σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας χρησιμοποιώντας προηγμένες υποδομές μέτρησης (OEM), ή αλλιώς έξυπνους μετρητές (Collotta & Pau, 2015). Οι έξυπνοι μετρητές παρέχουν την έξυπνη διασύνδεση του δικτύου μεταξύ της εταιρείας κοινής ωφέλειας και των πελατών της. Σε αντίθεση με τους παραδοσιακούς ηλεκτρομηχανικούς μετρητές, που διαβάζονται συνήθως με το χέρι μία φορά το μήνα, και δεν παρέχουν καμία πληροφορία σχετικά με τη λεπτομερή χρήση ηλεκτρικής ενέργειας από τον πελάτη σε μια δεδομένη χρονική στιγμή, οι έξυπνοι μετρητές μπορούν να παράσχουν πληροφορίες σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας σε πολύ μικρότερα χρονικά διαστήματα - ημέρες, ώρες, λεπτά ή -στην εταιρεία παροχής ενέργειας, στο πελάτη αλλά και σε άλλα οικιακά συστήματα, συμπεριλαμβανομένων συσκευών, φωτισμού, ή τα συστήματα ασφαλείας (SmartGrid Gov., 2015). Οι ευφυείς μετρητές παρέχουν χρησιμότητα και στους χρήστες, προσφέροντας πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο σχετικά με τη χρήση της ενέργειας, καθιστώντας έτσι ευκολότερο για τον πελάτη να εντοπίσει και να μειώσει τη σπατάλη ενέργειας.

Συστήματα διαχείρισης ενέργειας για το σπίτι ή αλλιώς Home Energy Management (HEM) Systems και άλλες έξυπνες τεχνολογίες, όπως δικτυακές πύλες, διασυνδέσεις και έξυπνες συσκευές παρέχουν πληροφορίες πραγματικού χρόνου σχετικά με τη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας ή κατανάλωση ενέργειας για ολόκληρο το σπίτι (Miorandi et al., 2012). Οι συσκευές μπορούν επίσης να παρέχουν στους χρήστες πληροφορίες κόστους αλλά και συμβουλές εξοικονόμησης ενέργειας, μείωση των εκπομπών, εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας (κιλοβατώρες), και συγκρίσεις με άλλες ομάδες (π.χ., γείτονες).

Τα συστήματα διαχείρισης οικιακής ενέργειας επιτρέπουν ακόμα στους χρήστες να χρησιμοποιούν μια σειρά ελέγχων προκειμένου να μειωθεί η κατανάλωση, τόσο συνολικά όσο και για συγκεκριμένες συσκευές του σπιτιού (Collotta & Pau, 2015). Παρέχοντας λεπτομερείς, σε πραγματικό χρόνο ή σχεδόν σε πραγματικό χρόνο, πληροφορίες σχετικά με τη χρήση της ενέργειας στον χρήστη έχει ως στόχο να κάνει τον χρήστη περισσότερο ενήμερο για τις διάφορες επιπτώσεις της ενεργειακής του συμπεριφοράς (Miorandi et al., 2012). Επιπλέον οι πληροφορίες αυτές δύναται να ενθαρρύνουν τον χρήστη σε μία τροποποιημένη συμπεριφορά σχετικά με την εξοικονόμηση ενέργειας. Πολλές έξυπνες συσκευές διαθέτουν χειριστήρια ενσωματωμένα σε αυτά τα συστήματα διαχείρισης έτσι ώστε να μπορούν να προγραμματιστούν και να λειτουργούν εξ αποστάσεως μέσω ενός έξυπνου τηλεφώνου ή του διαδικτύου (SmartGrid Gov., 2015). Σαν αποτέλεσμα, οι χρήστες διαχειρίζονται καλύτερα τη χρήση της ενέργειας. Ένα ολοένα και πιο ευρύ φάσμα των συστημάτων ελέγχου «stand - alone» δίνει τη δυνατότητα επικοινωνίας και με άλλες συσκευές σε ένα σπίτι. Ορισμένες συσκευές έχουν επίσης αισθητήρες που θα επιτρέψουν στους χρήστες να μειώσουν τη χρήση της ενέργειας με βάση τις αλλαγές στις περιβαλλοντικές συνθήκες.

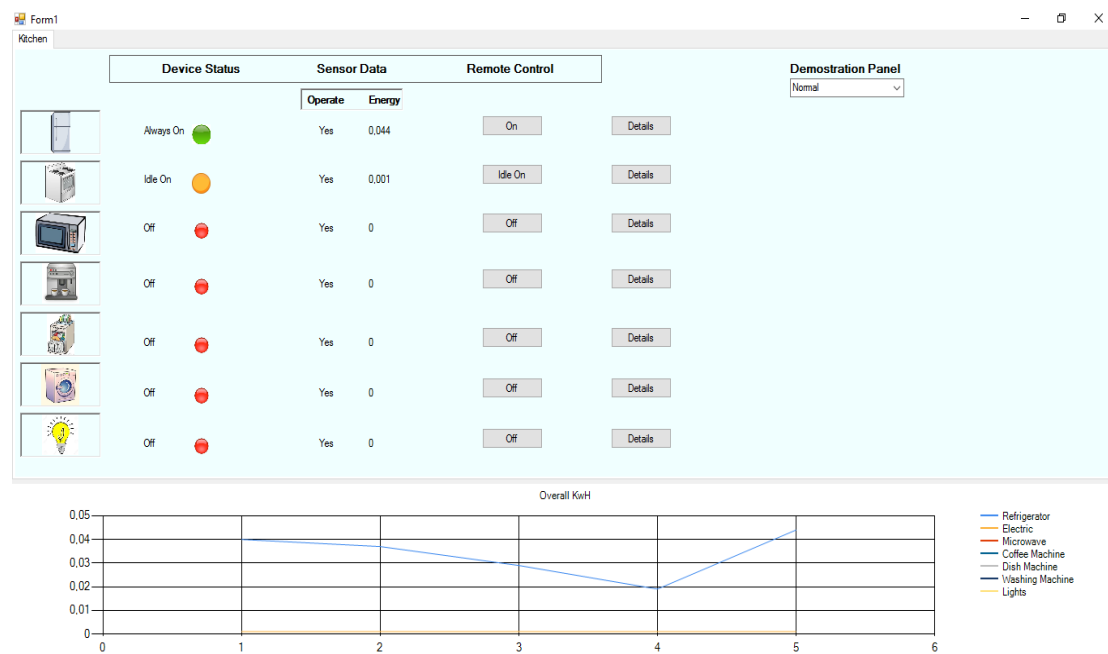
Το κλειδί για αποδοτικά έξυπνα σπίτια είναι ότι όλες οι «έξυπνες» συσκευές, μετρητές, συσκευές, συστήματα ασφαλείας και τα σχετικά καλώδια, συνδέονται κατά τρόπο που να επιτρέπει σε κάθε στοιχείο να επικοινωνεί και να μεγιστοποιηθεί η χρησιμότητά τους για τον ιδιοκτήτη σπιτιού και, σε πολλές περιπτώσεις, για την εταιρεία παροχής ενέργειας (Miorandi et al., 2012; Collotta & Pau, 2015).

Καθώς οι ένοικοι ζουν σε ασύρματα αλλά στενά συνδεδεμένα περιβάλλοντα προσθέτουν δικές τους προτιμήσεις ενέργειας στο σπίτι τους (π.χ., αυτόματο έλεγχο θερμοστάτη και φωτισμού) και εισάγουν άλλα αυτοματοποιημένα συστήματα στα σπίτια τους (π.χ., προγραμματισμένα ποτιστικά γκαζόν, συστήματα καταιονισμού και ασφάλεια) (SmartGrid Gov., 2015). Σαν αποτέλεσμα των παραπάνω, αυτό που προκύπτει είναι ένα περιεκτικό, αμφίδρομο σύστημα επικοινωνίας μεταξύ του σπιτιού και των ενοίκων. Αυτά τα συστήματα επικοινωνιών μπορούν δυνητικά να στείλουν ένα μήνυμα προς τρίτους, για παράδειγμα, σε έναν ειδικό διαχειριστή ενεργειακής απόδοσης, υποδεικνύοντας ότι ένα σύστημα θέρμανσης ή κλιματισμού λειτουργεί αναποτελεσματικά και πρέπει να επισκευαστεί. Χωρίς τον ιδιοκτήτη του σπιτιού να κάνει πολλά περισσότερα από ό, τι το πάτημα ενός κουμπιού ή κλειδώματος μια πόρτας, ένα έξυπνο σπίτι μπορεί να βοηθήσει τους ενοίκους ενός σπιτιού ή και τους ειδικούς ώστε να εντοπίσουν τα συστήματα ή τα σπίτια που έχουν ανάγκη από αναβαθμίσεις της ενεργειακής τους απόδοσης.

3.4 Παράδειγμα Εφαρμογής

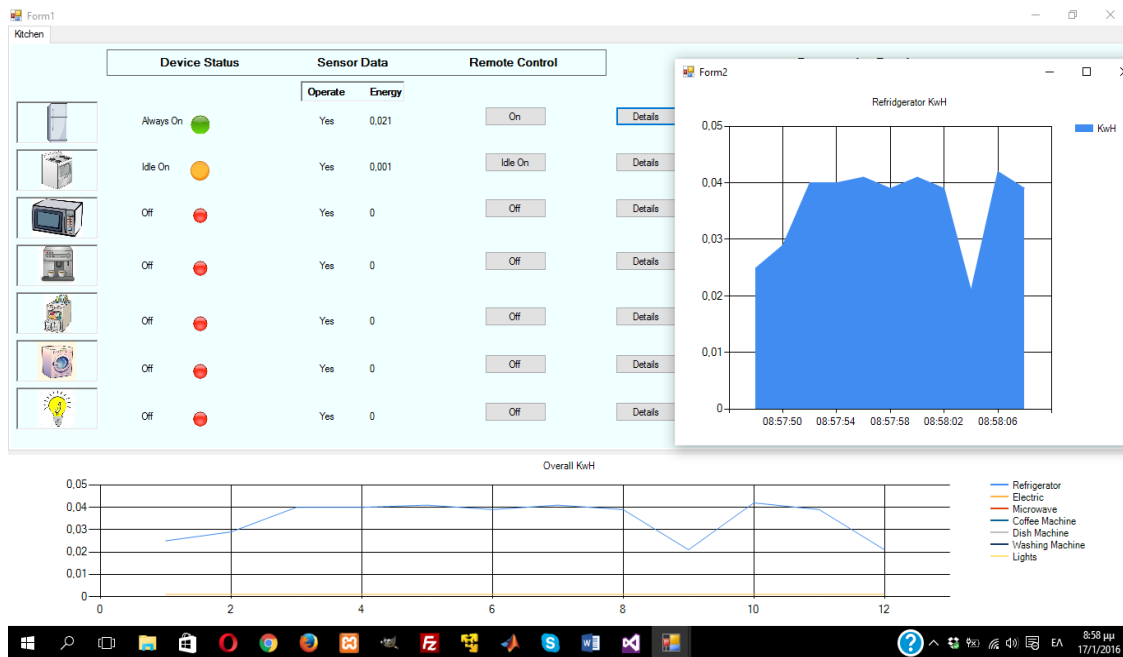
Στα πλαίσια σωστής κατανόησης της ενέργειας σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε η εφαρμογή που αναλύεται παρακάτω. Η συγκεκριμένη εφαρμογή δημιουργήθηκε με σκοπό την υλοποίηση της ιδέας ικανοποιώντας τις απαιτήσεις που αναφέρουμε παραπάνω. Η σχεδίαση της εφαρμογής έγινε με την βοήθεια του Microsoft Visual Studio και του Microsoft Excel σαν αποθήκη δεδομένων. Σημειώνεται πως η παρακάτω εφαρμογή είναι ένα επιμέρους κομμάτι ενός ολοκληρωμένου συστήματος.

Η πρώτη επαφή του χρήστη με την εφαρμογή είναι η παρακάτω οθόνη. Συγκεκριμένα, ο χρήστης ανοίγοντας την εφαρμογή βλέπει την παρακάτω διεπαφή.



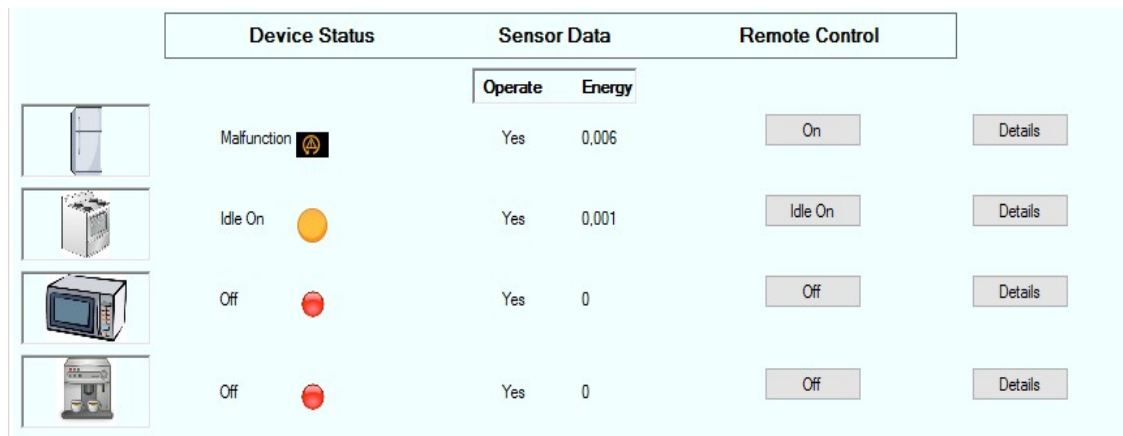
Εικόνα 5: Αρχική οθόνης εφαρμογής για την παρακολούθηση της ενέργειας σε ένα σπίτι

Στην εικόνα 5 βλέπουμε τις συσκευές από μια κουζίνα ενός σπιτιού. Επίσης πληροφορίες όπως ποιες συσκευές δουλεύουν και ποιες είναι απενεργοποιημένες, η κατάσταση του ανάλογου αισθητήρα, λεπτομερείς μετρήσεις ενέργειας καθώς επίσης και λειτουργία απομακρυσμένου ελέγχου εμφανίζονται. Στο γράφημα που υπάρχει στο κάτω μέρος γίνεται σύγκριση όλων των συσκευών σαν προσπάθεια κατανόησης και ανάλυσης της ενέργειας και το ποσοστό αυτής που καταναλώνεται από κάθε συσκευή. Η εφαρμογή παρέχει δυνατότητα επίσης για περαιτέρω πληροφορίες της εκάστοτε συσκευής όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα 6.











Εικόνα 6: Εμφάνιση γραφήματος της ενέργειας του ψυγείου

Η εφαρμογή ειδοποιεί τον χρήστη σε περίπτωση βλάβης μίας συσκευής.



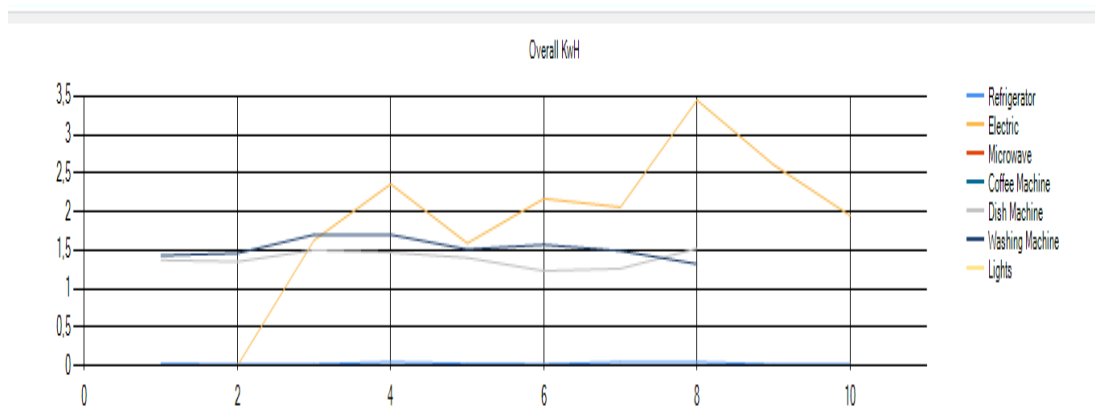
Εικόνα 7: Ειδοποίηση της εφαρμογής στον χρήστη για υπολειτουργία του ψυγείου

Όπως επίσης ειδοποιεί το τελικό χρήστη και σε περίπτωση υπερφόρτωσης μιας συσκευής.

Kitchen					
	Device Status	Sensor Data		Remote Control	
		Operate	Energy		
	Always On 	Yes	0,018	<input type="button" value="On"/>	<input type="button" value="Details"/>
	Overload 	Yes	3,78	<input type="button" value="Idle On"/>	<input type="button" value="Details"/>
	Off 	Yes	0	<input type="button" value="Off"/>	<input type="button" value="Details"/>
	Off 	Yes	0	<input type="button" value="Off"/>	<input type="button" value="Details"/>

Εικόνα 8: Προειδοποίηση προς τον χρήστη για υπερφόρτωση της ηλεκτρικής κουζίνας που πρέπει να χειριστεί

Τέλος στο παρακάτω γράφημα από την εφαρμογή μπορούμε να συγκρίνουμε και να πάρουμε μια ιδέα για την διαφορετική κατανάλωση που έχει κάθε συσκευή.



Εικόνα 9: Συγκριτικό γράφημα της εφαρμογής με τα ποσά ενέργειες που καταναλώνονται από τις συσκευές

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Σε αυτήν την ενότητα αναλύεται το τεχνολογικό περιβάλλον που χρησιμοποιήθηκε για την προσομοίωση ενός έξυπνου σπιτιού από άποψη ενεργειακής απόδοσης. Το περιβάλλον αυτό περιείχε συστατικά τα οποία είχαν τις κατάλληλες ιδιότητες προκειμένου να φέρουμε εις πέρας μια τέτοια υλοποίηση.

4.1 Contiki Operating System

Το Contiki-OS είναι ένα λειτουργικό σύστημα το οποίο σχεδιάστηκε ειδικά για περιβάλλοντα με περιορισμούς σε θέματα μνήμης (memory constrained), ότι ακριβώς είναι οι κόμβοι σε ένα Ασύρματο Δίκτυο Αισθητήρων. Πιο συγκεκριμένα, σχεδιάστηκε γύρω από ένα καθοδηγούμενο από συμβάντα πυρήνα και τα κύρια χαρακτηριστικά του είναι η δυναμική φόρτωση και η αποφόρτιση μοναδικών προγραμμάτων και υπηρεσιών. Ακόμα, το λειτουργικό σύστημα Contiki υποστηρίζει ολόκληρη την στοίβα πρωτοκόλλων TCP/IP μέσω της βιβλιοθήκης uIP. Το Contiki-OS είναι γραμμένο σε γλώσσα C και έχει σχεδιαστεί με σκοπό να είναι εύκολα φορητό σε νέες πλατφόρμες. Από το 2003 και την δημιουργία του σύμφωνα με (Dunkels, 2004) έχει εισαχθεί σε περισσότερες από 20 διαφορετικές πλατφόρμες.

4.1.1 Πυρήνας βασισμένος σε συμβάντα

Σε ένα σύστημα το οποίο είναι βασισμένο σε συμβάντα, κάθε διεργασία υλοποιείται σαν ένας χειριστής συμβάντων. Με αυτόν τον τρόπο, διαφορετικά κομμάτια κώδικα (blocks of code) εκτελούνται ανάλογα με το πιο συμβάν έχει δοθεί. Δεδομένου του γεγονότος πως ένα μπλοκ κώδικα δεν θα διακοπεί ποτέ, τα μπλοκ αυτά μπορούν να σχεδιαστούν με τέτοιο τρόπο ώστε να διαμοιράζονται την ίδια στοίβα. Σε σύγκριση με ένα μοντέλο multi-threaded, αυτό απαιτεί λιγότερη μνήμη και υπολογιστικές απαιτήσεις, όταν έχουμε αρκετές ταυτόχρονες διεργασίες. Ο πυρήνας στο Contiki διατηρεί το χρονοδιάγραμμα των συμβάντων και αποστέλλει το συμβάν στην διεργασία. Σημαντικό είναι ότι χρησιμοποιεί μία μοναδική στοίβα για όλες τις διεργασίες (Dunkels et al., 2004)

4.1.2 Βιβλιοθήκη uIP

Το uIP στην θεωρία είναι μία «μικρή» TCP/IP υλοποίηση η οποία είναι προσιτή σε κόμβους αισθητήρων και γενικά σε συσκευές περιορισμένων πόρων. Σχεδιάστηκε έχοντας μόνο το απολύτως ελάχιστο απαραίτητο των απαιτήσεων για μια ολοκληρωμένη TCP/IP στοίβα πρωτοκόλλων και επικεντρώνεται στα πρωτόκολλα (Dunkels, 2003). Το uIP χρησιμοποιεί ένα μοναδικό buffer για να κρατάει τα πακέτα και είναι αρκετά μεγάλο για να διατηρεί μόνο ένα μέγιστου μεγέθους πακέτο. Όταν φτάσουν καινούρια δεδομένα από το δίκτυο, τα δεδομένα αυτά αποθηκεύονται στο buffer και εκεί καλείται το uIP να χειριστεί τα καινούρια αυτά δεδομένα. Αφού γίνει η ανάλυση των δεδομένων το uIP ειδοποιεί την εφαρμογή προορισμού. Λόγω της χρήσης ενός και μόνο buffer η εφαρμογή θα πρέπει να αντιδράσει κατευθείαν για να

αποφευχθεί τυχόν αντιγραφή από άλλο εισερχόμενο πακέτο. Η εφαρμογή επίσης έχει την δυνατότητα να επιλέξει εάν θέλει να στείλει απευθείας απάντηση χρησιμοποιώντας το ίδιο buffer (Österlind, 2006).

4.1.3 Java Native Interface

Ένα ακόμη σημαντικό σημείο αναφοράς στο λειτουργικό σύστημα του Contiki είναι το Java Native Interface ή JNI. Το JNI είναι ενσωματωμένο σε μία εικονική μηχανή Java (Java Virtual Machine, JVM) και με αυτό τον τρόπο μπορούν να εντοπίζονται και να καλούνται ήδη υλοποιημένες μέθοδοι σε μία πλατφόρμα. Πιο συγκεκριμένα με τον κώδικα να εκτελείται εντός της JVM διασφαλίζεται η διαλειτουργικότητα μεταξύ εφαρμογών που είναι γραμμένες σε διαφορετικές γλώσσες προγραμματισμού όπως C ή Assembly. Ένας ακόμη λόγος για την χρησιμοποίηση του JNI είναι η δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης βιβλιοθηκών και APIs τα οποία δεν είναι υλοποιημένα στην Java. Τέλος, το JNI θα μπορούσε επίσης να χρησιμοποιηθεί με σκοπό την εκτέλεση γρήγορων υπολογισμών για παράδειγμα χρησιμοποιώντας κώδικα (Österlind, 2006).

Οι συνήθεις γλώσσες προγραμματισμού για προσομοιωτές όπως το COOJA (βλ. Το επόμενη ενότητα) είναι η C και η Java. Με την Java εξασφαλίζεται ο εύκολος και γρήγορος καθώς και ο ευέλικτος τρόπος για την ανάπτυξη και την μετέπειτα επέκταση των εφαρμογών, καθιστώντας την (Java) μία πολύ καλή επιλογή για τον προσομοιωτή COOJA.

Έχοντας την δυνατότητα ο προσομοιωτής COOJA να μεταφράζει και να εκτελεί πραγματικό κώδικα Contiki Os, το JNI προσφέρει σύνδεση μεταξύ της γλώσσας C από το Contiki και της Java από το COOJA.

4.1.4 Προσομοιωτής COOJA (COntiki Os JAva)

Ο προσομοιωτής COOJA είναι μια εφαρμογή προσομοίωσης του Contiki Os. Ο χρήστης έχει την δυνατότητα να δημιουργεί καινούριους τύπους κόμβων και το αποτέλεσμα αυτού μεταγλωττίζεται για τον προσομοιωτή στο κανονικό περιβάλλον του Contiki. Το COOJA μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σαν πλατφόρμα φυσικών συσκευών (πραγματικούς αισθητήρες) και σαν πλατφόρμα προσομοίωσης (εικονικούς αισθητήρες). Το πλεονέκτημα του COOJA είναι πως και στις δύο περιπτώσεις ο κώδικας που θα χρησιμοποιηθεί, έχοντας μεταγλωττιστεί πρώτα, είναι ο ίδιος και για τις δύο πλατφόρμες. Με αυτόν τον τρόπο δίνει την δυνατότητα στους προγραμματιστές τέτοιου είδους εφαρμογών να μπορούν να ελέγξουν τον κώδικα και την εφαρμογή μέσω της εξομοίωσης στο COOJA. Το COOJA επίσης επιτρέπει την προσομοίωση μικρών και μεγάλων δικτύων και όπως ήδη αναφέρθηκε την εξομοίωση σε υλικό επίπεδο. Η προσομοίωση σε υλικό επίπεδο είναι πιο αργή αλλά επιτρέπει τον ακριβή έλεγχο της συμπεριφοράς του συστήματος. Οι κόμβοι μπορούν να εξομοιωθούν και σε ένα επίπεδο με λιγότερες λεπτομέρειες γρηγορότερα, πράγμα που συστήνεται για προσομοιώσεις μεγάλων δικτύων.

Παρακάτω θα παρουσιαστεί το λειτουργικό σύστημα Contiki Os καθώς και το COOJA. Αρχικά θα πρέπει να κατεβάσουμε το Contiki Os. Όλες οι εκδόσεις του βρίσκονται στον σύνδεσμο <http://sourceforge.net/projects/contiki/files/Instant%20Contiki/>.

Name ↕	Modified ↕	Size ↕	Downloads / Week ↕
↑ Parent folder			
Instant Contiki 3.0	2015-08-25		510
Instant Contiki 2.7	2013-11-15		196
Instant Contiki 2.6.1	2013-08-16		9
Instant Contiki 2.6	2012-07-17		19
Instant Contiki 2.5	2012-05-14		6
Instant Contiki 2.5-rc1	2010-11-06		5
Instant Contiki 2.4	2010-02-16		3
Instant Contiki 2.3	2009-06-26		1
Instant Contiki 2.2.1	2008-09-13		1
Instant Contiki 1.0a	2008-05-30		1

Totals: 10 Items

Εικόνα 10: Διαδικτυακός κατάλογος με τις εκδόσεις του Contiki OS

Από την λίστα με όλες τις εκδόσεις του Contiki επιλέγουμε να κατεβάσουμε το Instant Contiki 3.0 που είναι και η τελευταία έκδοση. Το αρχείο μεγέθους 3.2GB είναι το λειτουργικό σύστημα το οποίο θα πρέπει να εκτελεστεί σε μία εικονική μηχανή. Όπως προτείνει και η επίσημη ιστοσελίδα του Contiki OS, μπορούμε να κατεβάσουμε το VMware Workstation Player από τον σύνδεσμο https://my.vmware.com/en/web/vmware/free#desktop_end_user_computing/vmware_workstation_player/12_0.

VMware Workstation 12.1.0 Player for Windows 64-bit operating systems.

(exe | 69.73 MB)

[Show Details](#)

Download ↓

VMware Workstation 12.1.0 Player for Linux 64-bit.

(bundle | 132.42 MB)

[Show Details](#)

Download ↓

Εικόνα 11: Επιλογή πλατφόρμας για την εικονική μηχανή

Επιλέγουμε και κατεβάζουμε την ανάλογη πλατφόρμα.

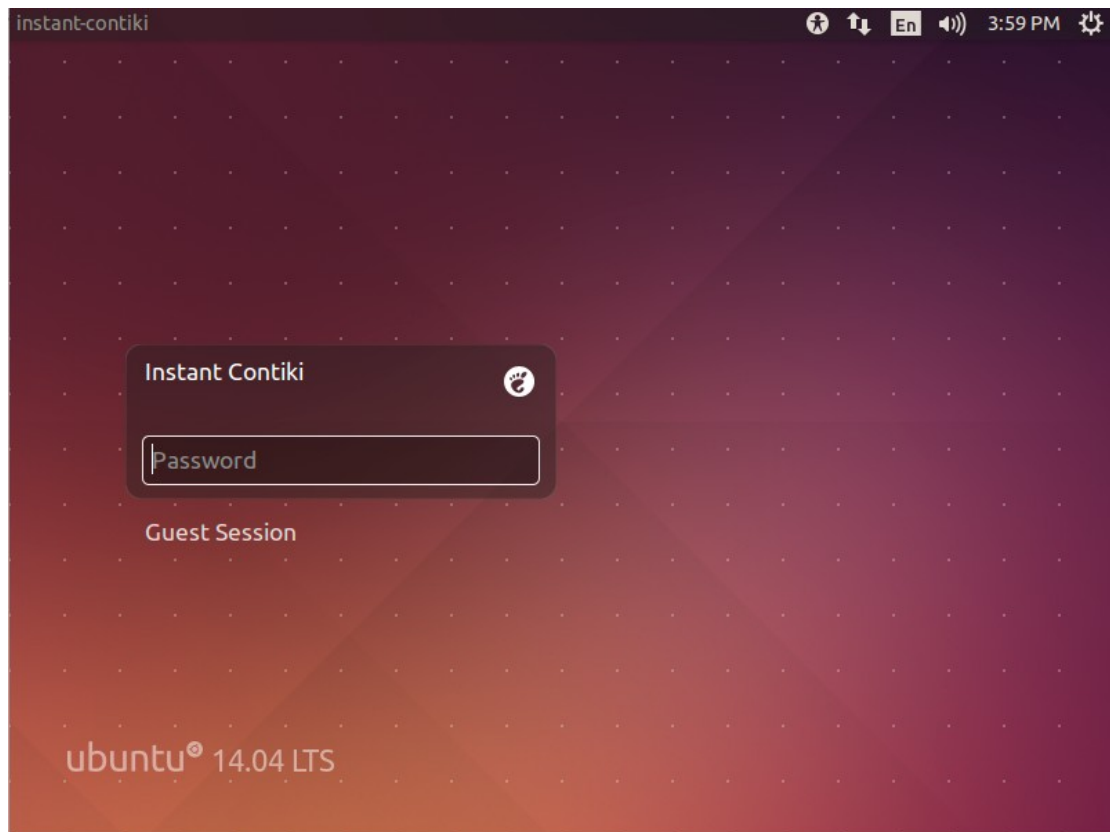
Μόλις ολοκληρωθούν και οι δύο αυτές λήψεις, μέσα στον φάκελο του Contiki βρίσκεται το αρχείο Instant_Contiki_Ubuntu_12.04_32-bit.vmx το οποίο και το

επιλέγουμε να εκτελεστεί προκειμένου να η εικονική μηχανή να ξεκινήσει το Contiki OS.



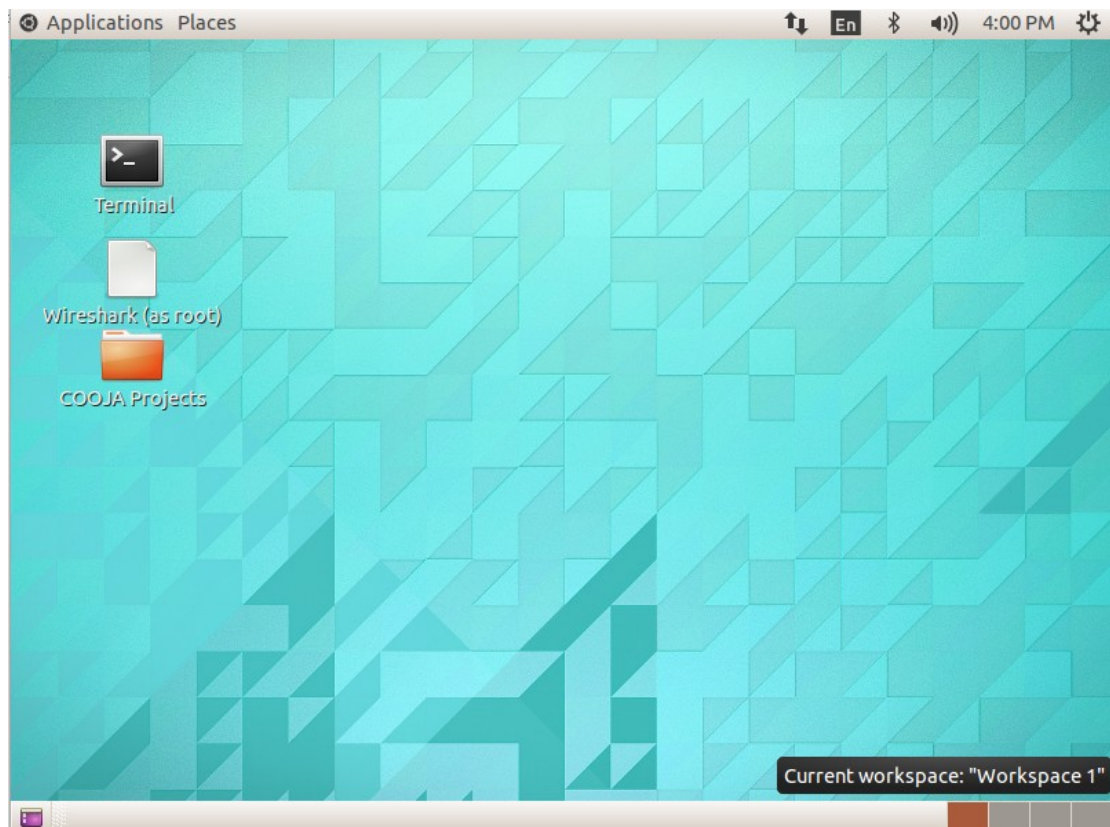
Εικόνα 12: Φόρτωση του συστήματος Contiki OS

Στην συνέχεια εμφανίζεται η οθόνη υποδοχής, όπου πρέπει να συνδεθεί ο χρήστης χρησιμοποιώντας για κωδικό την λέξη «user».



Εικόνα 13: Οθόνη υποδοχής του λειτουργικού συστήματος Contiki

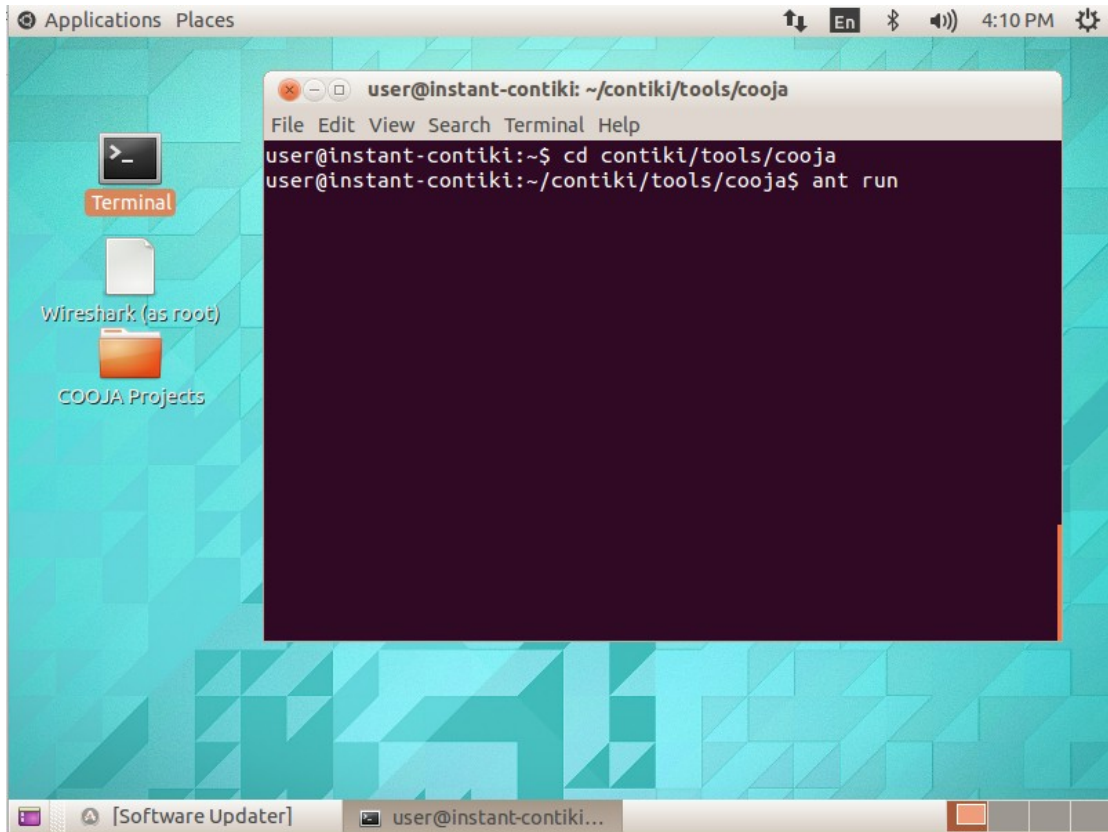
Το Contiki OS έχει ξεκινήσει με επιτυχία και η παρακάτω εικόνα είναι η επιφάνεια εργασίας του Contiki OS.



Εικόνα 14: Επιφάνεια εργασίας του Contiki OS

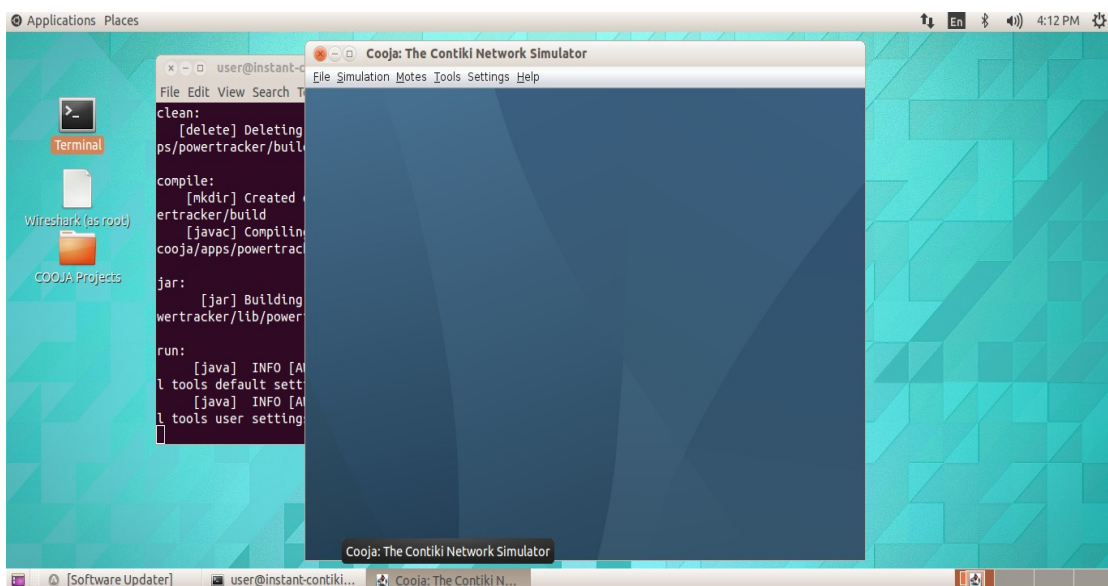
Το επόμενο βήμα είναι να ξεκινήσει η λειτουργία του προσομοιωτή COOJA. Για να επιτευχθεί αυτό, είναι αναγκαία η έναρξη του τερματικού και στην συνέχεια να εκτέλεση των παρακάτω εντολών,

- `cd contiki/tools/cooja` → με την εντολή `cd` μεταφερόμαστε στον φάκελο του COOJA
- `ant run` → με την εντολή αυτή ξεκινάει η εκτέλεση του COOJA



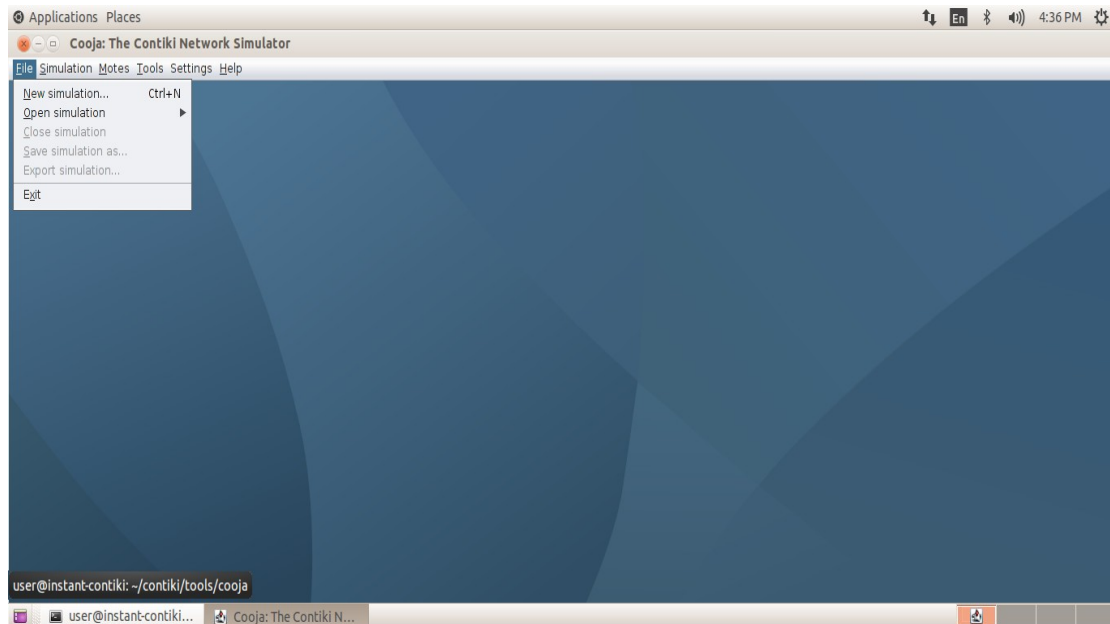
Εικόνα 15: Εκκίνηση του προσομοιωτή COOJA

Μόλις το COOJA μεταγλωττιστεί, ξεκινάει με την ακόλουθη εικόνα.



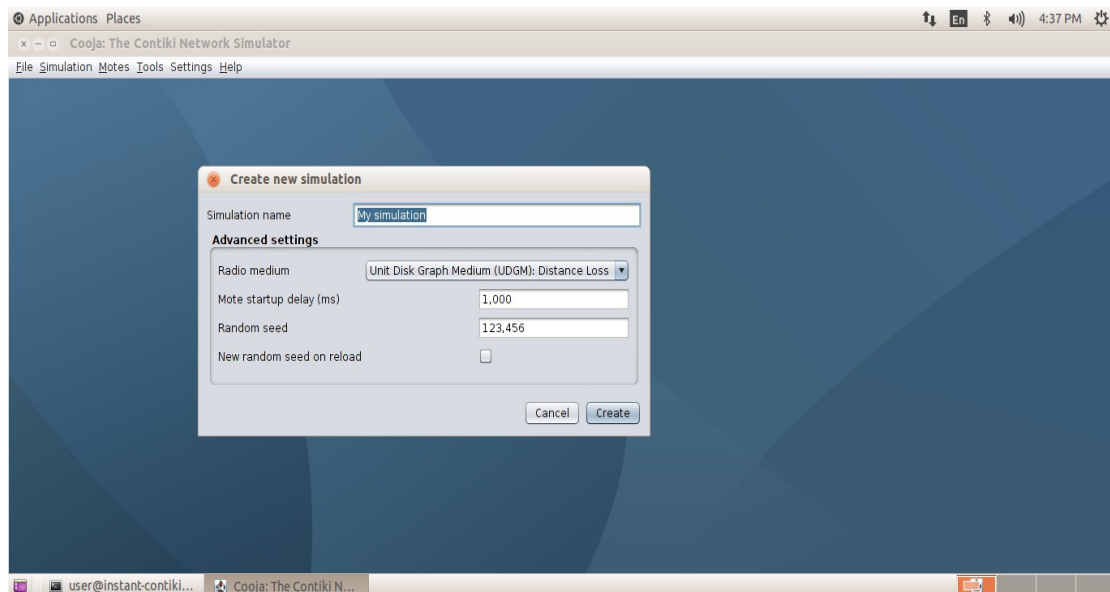
Εικόνα 16: Αρχική οθόνη του προσομοιωτή COOJA

Μόλις ξεκινήσει το COOJA θα πρέπει να είμαστε σε θέση να βλέπουμε την παραπάνω οθόνη. Έπειτα μπορούμε να ξεκινήσουμε να εργαζόμαστε δημιουργώντας μία καινούρια προσομοίωση από το File → New Simulation.



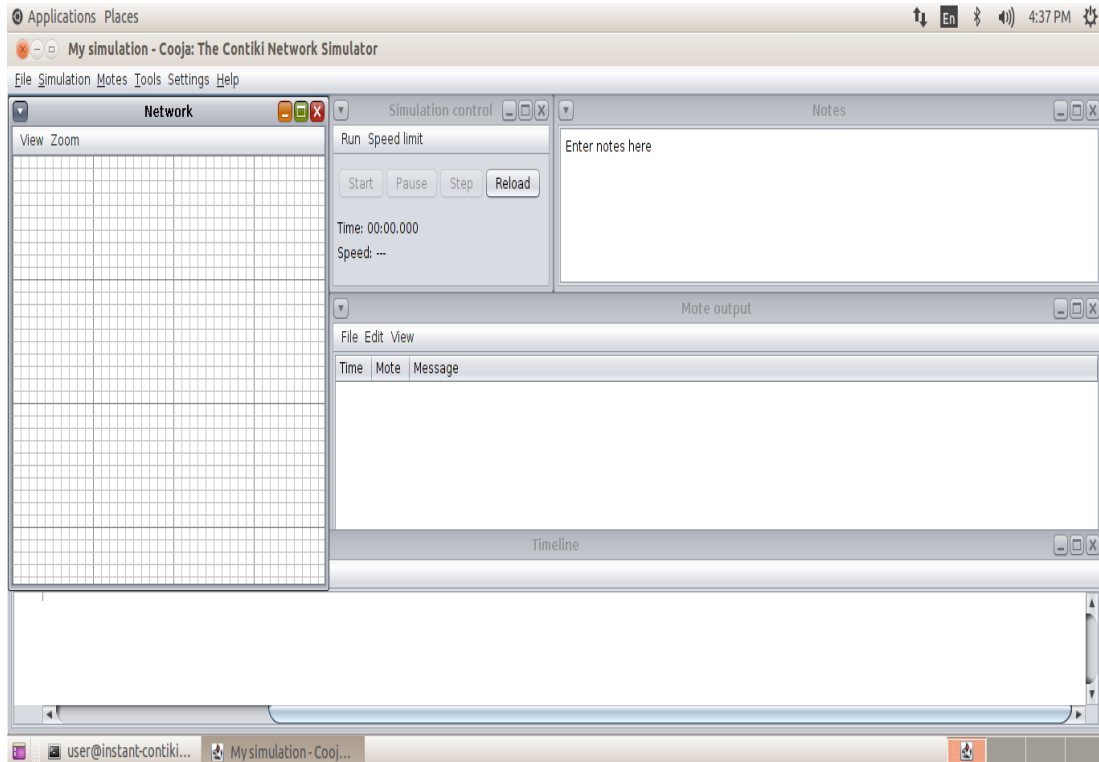
Εικόνα 17: Δημιουργία νέας προσομοίωσης Βήμα 1

Στην συνέχεια επιλέγουμε Create New Simulation.



Εικόνα 18: Δημιουργία νέας προσομοίωσης Βήμα 2

Πλέον ο χρήστης είναι σε θέση να βλέπει το περιβάλλον εργασίας του όπου μπορεί να αρχίσει να προγραμματίζει. Το περιβάλλον αυτό αποτελείται από τα εξής πέντε επιμέρους παράθυρα, το Network, Simulation Control, Mote Output, Timeline και τέλος το Notes. Επιπλέον επιλογές για άλλα εργαλεία μπορούν να βρεθούν στο μενού Tools.

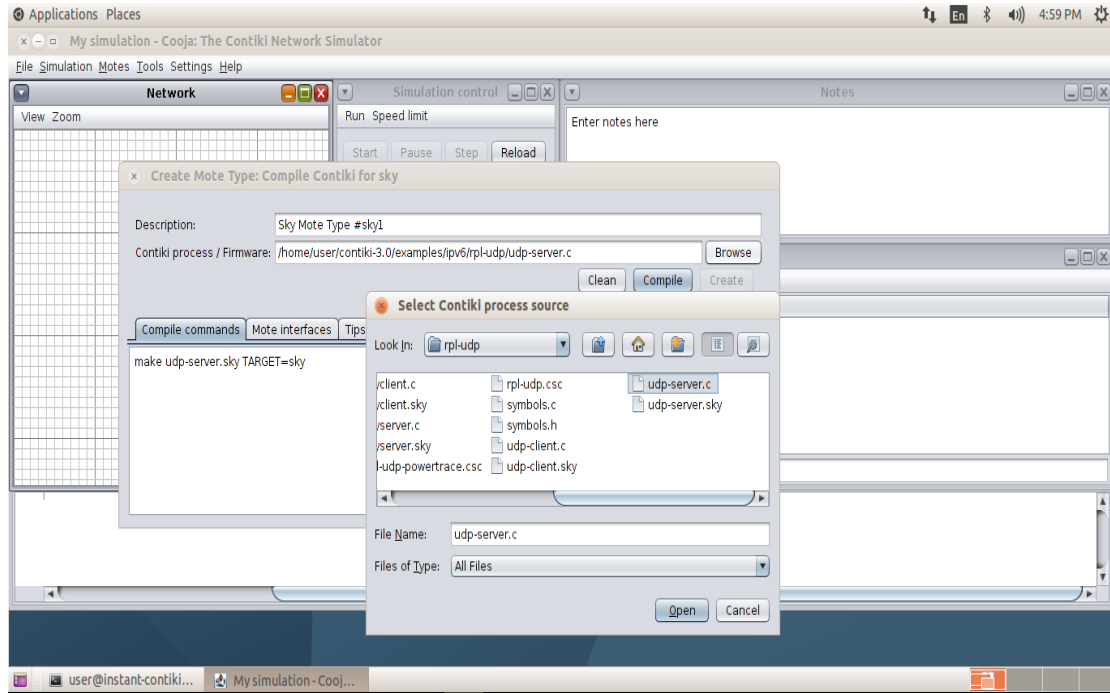


Εικόνα 19: Περιβάλλον εργασίας COOJA

Πίνακας 5: Επεξηγηματικός πίνακας των επιμέρους παραθύρων του COOJA

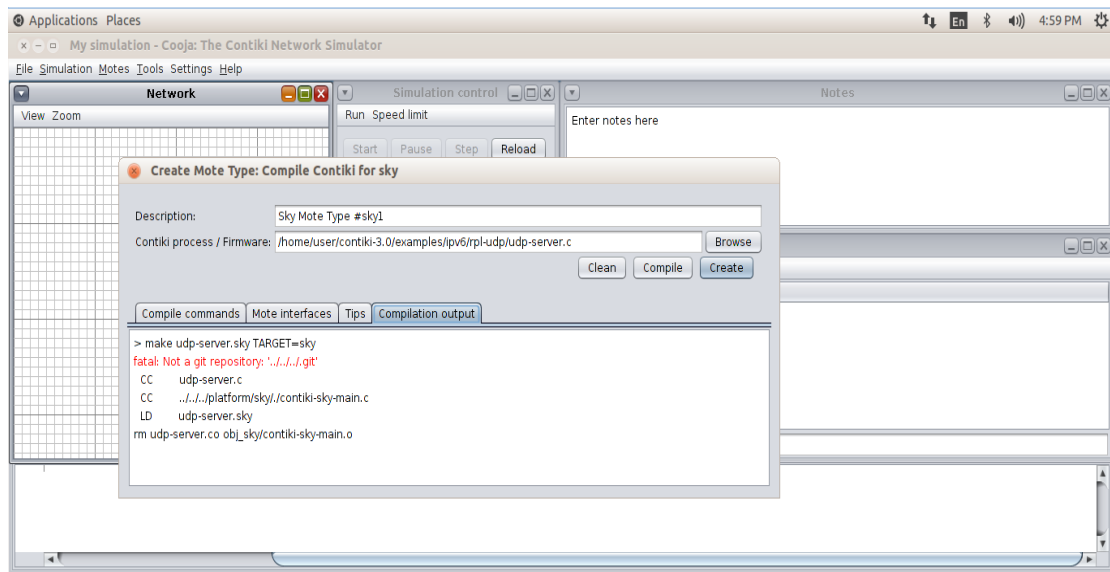
ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
NETWORK	Απεικονίζει όλους τους κόμβους του δικτύου
SIMULATION CONTROL	Πίνακας ελέγχου της προσομοίωσης με επιλογές Start, Pause, Step, Reload
MOTE OUTPUT	Αναγράφει όλες τις εξόδους (printouts) από τις σειριακές πόρτες των κόμβων
TIMELINE	Απεικονίζει όλα τα συμβάντα επικοινωνίας στον χρόνο
NOTES	Μπορεί ο χρήστης να γράψει σημειώσεις για την προσομοίωση

Ο χρήστης μπορεί να αρχίσει να προσθέτει κόμβους (motes) στο δίκτυο από το μενού Motes→Add Motes. Το COOJA έχει μεγάλη ποικιλία κόμβων με πιο δημοφιλείς τους Sky Motes και τους Z1. Μόλις επιλέξουμε τον κόμβο θα πρέπει να επιλέξουμε και το είδος του κόμβου από το παράθυρο διάλογου.



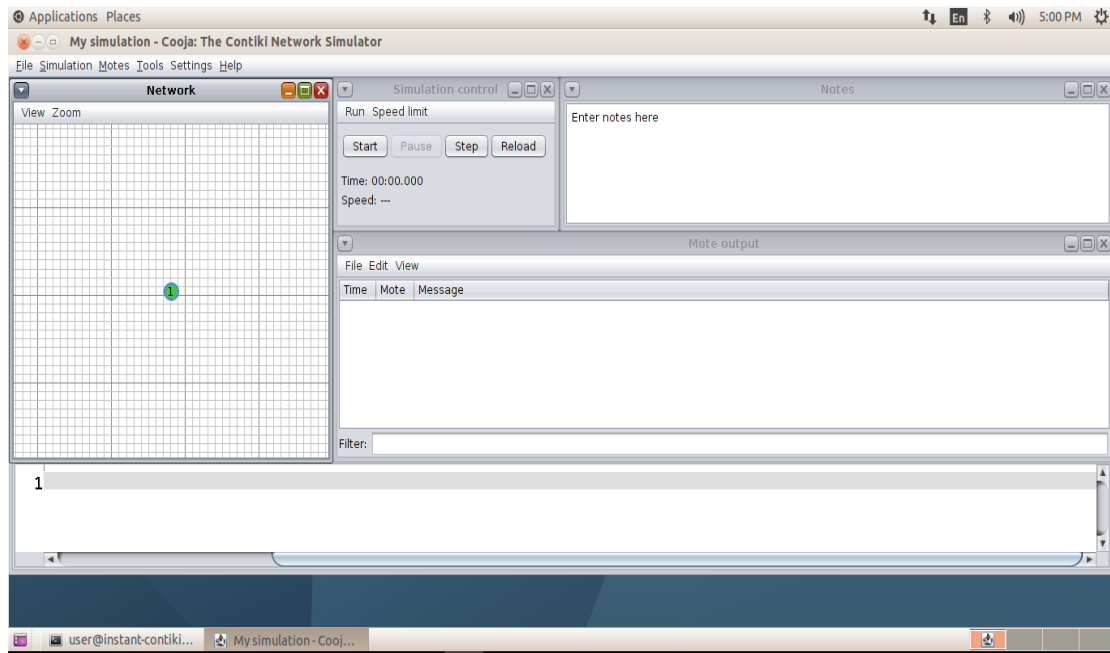
Εικόνα 20: Εισαγωγή του κώδικα ενός κόμβου στην προσομοίωση

Στην συνέχεια θα πρέπει να μεταγλωττιστεί ο κώδικας του κόμβου.



Εικόνα 21: Μεταγλώττιση του κώδικα του κόμβου

Και τέλος ο χρήστης θα πρέπει να επιλέξει το Create για να ολοκληρωθεί η δημιουργία του κόμβου.



Εικόνα 22: Δίκτυο με έναν κόμβο

Με το ίδιο τρόπο υπάρχει η δυνατότητα να προστεθούν όσοι κόμβοι ικανοποιούν τις απαιτήσεις του χρήστη όπως επίσης και διαφορετικού είδους κόμβων δημιουργώντας το επιθυμητό αποτέλεσμα. Μόλις ολοκληρωθεί το δίκτυο και η προσομοίωση είναι έτοιμη να ξεκινήσει, θα πρέπει να πατήσουμε το Start από το Simulation Control.

4.2 Υλοποίηση της ιδέας

Σε αυτή την υποενότητα θα παρουσιαστεί μία προσομοίωση ενός έξυπνου σπιτιού στο οποίο υλοποιείται και χρησιμοποιείται κατά επέκταση ένα Ασύρματο Δίκτυο Αισθητήρων. Οι αισθητήρες του δικτύου στέλνουν τα δεδομένα και με κατάλληλους χειρισμούς τα δεδομένα αυτά αποθηκεύονται σε μία βάση δεδομένων με σκοπό να αξιοποιηθούν αργότερα. Με άλλα λόγια οι αισθητήρες παράγουν την γνώση και στην συνέχεια την αποθηκεύουν σε μία κοινή βάση δεδομένων. Η γνώση δεν είναι τίποτα άλλο από την ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνουν οι οικιακές συσκευές μέσα στην οικία. Στην συνέχεια τα δεδομένα αυτά θα μπορούν να αξιοποιηθούν από κατάλληλους μηχανισμούς πάντα προς όφελος του τελικού χρήστη. Μία τέτοια εφαρμογή είναι η εφαρμογή που αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 3 η οποία αξιοποιεί τα δεδομένα από τους αισθητήρες και τα παρουσιάζει σε μορφή φιλική και κατανοητή για τον χρήστη.

4.2.1 Εφαρμογή

Όπως ήδη αναφέρθηκε και αναλύθηκε, η υλοποίηση της ιδέας έγινε με την βοήθεια του λειτουργικού συστήματος Contiki OS και του προσομοιωτή COOJA. Ο στόχος ήταν αρχικά η δημιουργία ενός Ασύρματου Δικτύου Αισθητήρων (ΑΔΑ ή αλλιώς WSN) οι οποίοι αποστέλλουν τα δεδομένα που συλλέγουν μέσω του δικτύου σε ένα εξυπηρετητή βάσης δεδομένων. Έπειτα, ο εξυπηρετητής αυτός εισάγει τα δεδομένα σε μία βάση δεδομένων για την μετέπειτα αξιοποίησή τους.

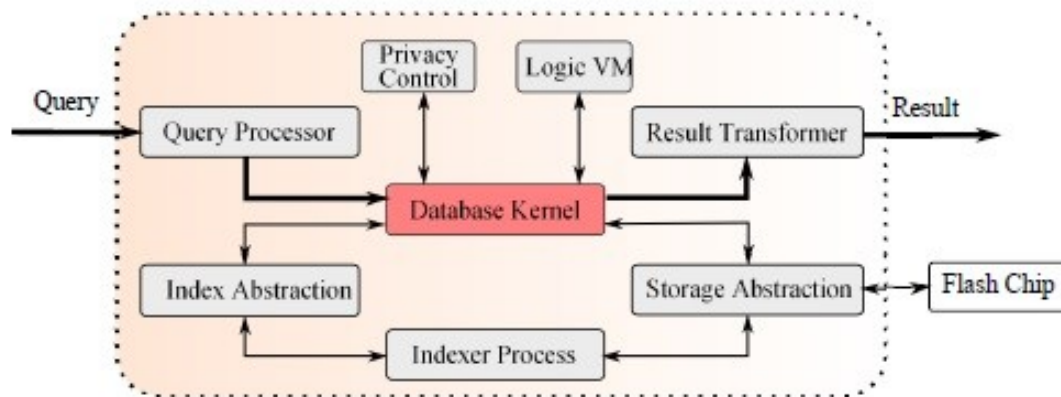
Για την δημιουργία λοιπόν του δικτύου χρησιμοποιήθηκαν τριών ειδών κόμβοι,

- Sky netdb-server, ServerDB
- Sky netdb-client, ClientDB
- Sky udp-rpl-client, Sensors

4.2.2 Antelope

Στο σημείο αυτό αξίζει να αναφερθεί ότι το Contiki OS διατηρεί μία built-in βάση δεδομένων ονόματι Antelope η οποία επιτρέπει έναν αισθητήρα να ενεργεί σαν εξυπηρετητή βάσης δεδομένων. Η Antelope είναι ένα σχεσιακό σύστημα διαχείρισης βάσεων δεδομένων (RDBMS) και επιτρέπει την δυναμική δημιουργία βάσεων και την επεξεργασία σύνθετων ερωτημάτων. Η Antelope είναι το πρώτο μοντέλο βάσης δεδομένων που δημιουργήθηκε για περιβάλλοντα με περιορισμένους πόρους, όπως ένα Ασύρματο Δίκτυο Αισθητήρων. Ένα άλλο σημαντικό προτέρημα του μοντέλου αυτού είναι η σωστή διαχείριση της ενέργειας που χρειάζεται για την επεξεργασία των ερωτημάτων.

Η αρχιτεκτονική της παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 23: Η αρχιτεκτονική της Βάσης Δεδομένων Antelope. A database in every sensor network, Nicolas Tsiftes, Adam Dunkels Swedish Institute of Computer Science, Kista, Sweden

Πίνακας 6: Επεξηγηματικός πίνακας της αρχιτεκτονικής της Antelope

Συστατικό	Ενέργεια
Query Processor	Διαβάζει τα ερωτήματα σε γλώσσα AQL (Antelope Query Language)
Privacy Control	Ελέγχει αν το ερώτημα είναι αποδεκτό ή όχι
Logic VM	Εκτελεί το ερώτημα
Database Kernel	Διατηρεί το λογικό κομμάτι και συντονίζει την εκτέλεση των ερωτημάτων
Index Abstraction	Διατηρεί το λογικό κομμάτι των ευρετηρίων
Indexer Process	Δημιουργεί ευρετήρια για τα υπάρχοντα δεδομένα
Storage Abstraction	Περιέχει όλα τα δεδομένα
Result Transformer	Παρουσιάζει το αποτέλεσμα του ερωτήματος σε μορφή που είναι εύκολη να χρησιμοποιηθεί από προγράμματα

Όπως κάθε σχεσιακή βάση δεδομένων έτσι και η Antelope έχει παρόμοια χαρακτηριστικά τα βασικότερα εκ των οποίων είναι:

Πίνακας 7: Βασικά χαρακτηριστικά της βάσης δεδομένων Antelope

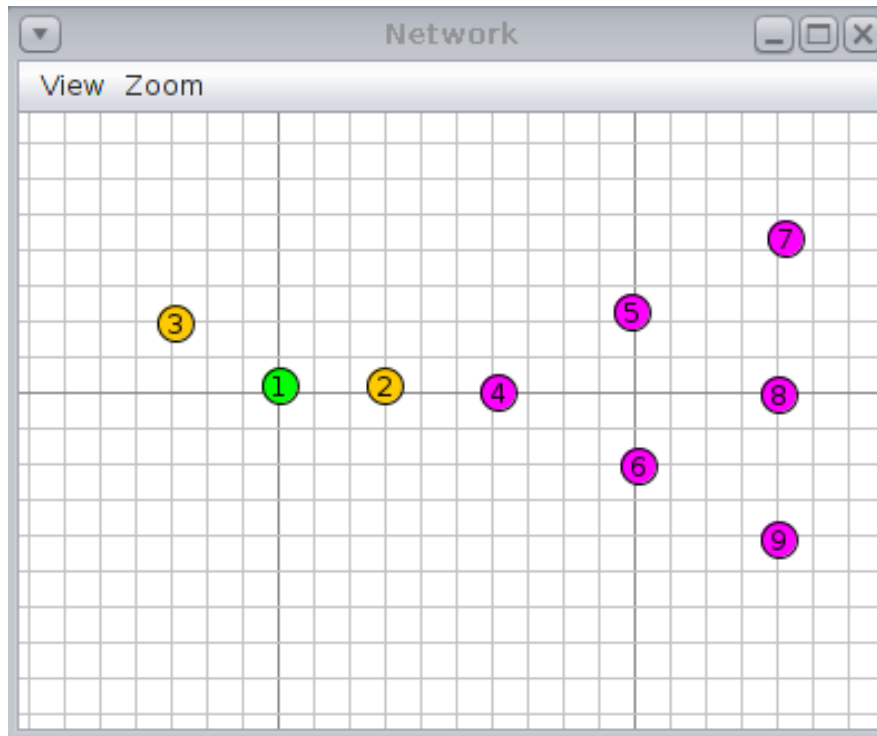
<i>Χαρακτηριστικά</i>	<i>Επεξήγηση</i>
<i>Tuple</i>	Το σύνολο των τιμών των ιδιοτήτων
<i>Attribute</i>	Οι διαφορετικές ιδιότητες
<i>Domain</i>	Τύπος δεδομένων των ιδιοτήτων
<i>Relation</i>	Πίνακας
<i>Primary Key</i>	Το κύριο κλειδί του πίνακα
<i>Cardinality</i>	Το σύνολο των εγγραφών ενός πίνακα

4.2.3 Το Δίκτυο

Το δίκτυο της προσομοίωσης αποτελείται από εννέα κόμβους. Ο πρώτος κόμβος είναι ο εξυπηρετητής της βάσης δεδομένων. Επίσης χρησιμοποιήθηκαν δύο πελάτες (client) για την βάση δεδομένων. Οι πελάτες χρησιμοποιήθηκαν με σκοπό την εκτέλεση κρίσιμων εντολών. Ο πρώτος πελάτης χρησιμοποιήθηκε προκειμένου να διαχειρίζεται εντολές REMOVE, CREATE, INSERT και ο δεύτερος με στόχο να μπορεί να «ακολουθεί» τον πρώτο πελάτη και να διαχειρίζεται εντολές SELECT πάνω στις προαναφερόμενες εντολές. Τέλος χρησιμοποιήθηκαν επτά αισθητήρες για την προσομοίωση που στέλνουν τα δεδομένα και είναι κόμβοι IPv6 RPL-UDP.

Το RPL (Routing Protocol for Low-Power and Lossy Networks) είναι ένα πρωτόκολλο δρομολόγησης για δίκτυα με απώλειες και χαμηλής ισχύος όπως δηλαδή και ένα Ασύρματο Δίκτυο Αισθητήρων. Το UDP (User Datagram Protocol ή Universal Datagram Protocol) χρησιμοποιήθηκε σαν πρωτόκολλο μεταφοράς για την αποστολή σύντομων μηνυμάτων, το IPv6 σαν πρωτόκολλο επιπέδου δικτύου και το 802.15.4 (WPAN) σε φυσικό επίπεδο.

Έτσι λοιπόν το δίκτυο που διαμορφώθηκε είναι το ακόλουθο.



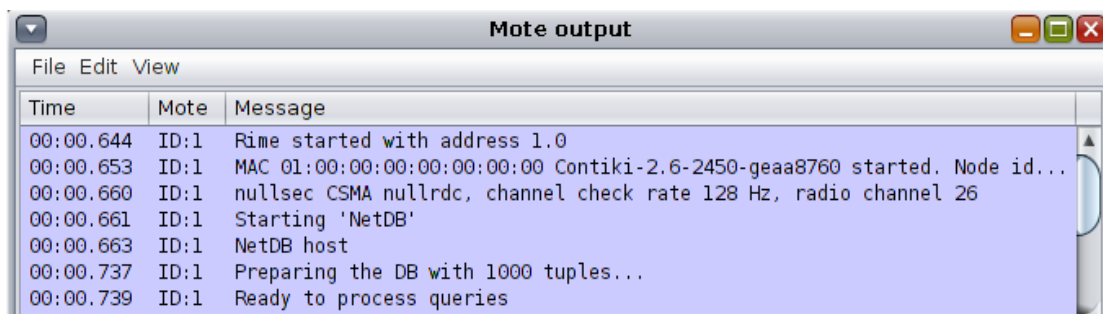
Εικόνα 24: Το δίκτυο της εφαρμογής με εννέα κόμβους, Πράσινοι: SeverDB, Κίτρινοι: ClientDB, Μωβ: Sensors

- Κόμβος 1 → Εξυπηρετητής Βάσης Δεδομένων
- Κόμβοι 2,3 → Πελάτης Βάσης Δεδομένων
- Κόμβοι 4-9 → Αισθητήρες

4.2.4 Ξεκινώντας την προσομοίωση

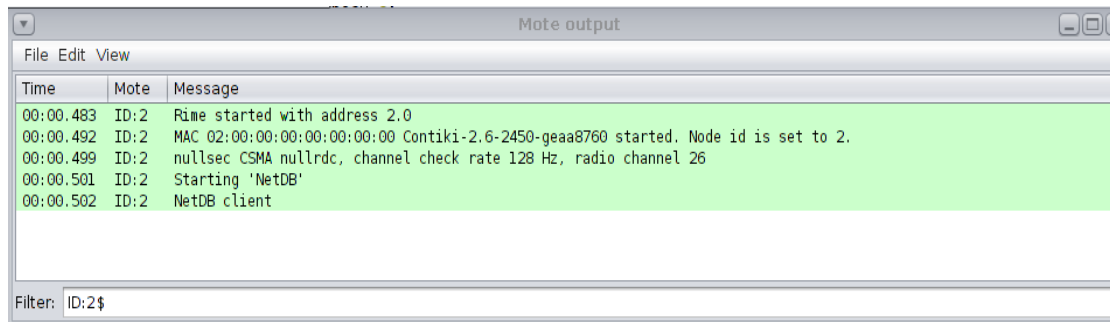
Μόλις ξεκινήσει η προσομοίωση, το Contiki αρχικοποιεί τις παραμέτρους των αισθητήρων και προετοιμάζει το δίκτυο. Κάθε κόμβος προετοιμάζεται διαφορετικά ανάλογα με το είδος του.

Στην περίπτωση της αρχικοποίησης του κόμβου 1 που συμπεριφέρεται όπως αναφέρθηκε ως server της βάσης, επιπλέον παράμετροι απαιτούνται να απαντηθούν όπως ID, MAC και διεύθυνση (βλέπε παρακάτω εικόνα). Τέλος ενημερώνει πως είναι έτοιμος για να δεχθεί ερωτήματα.



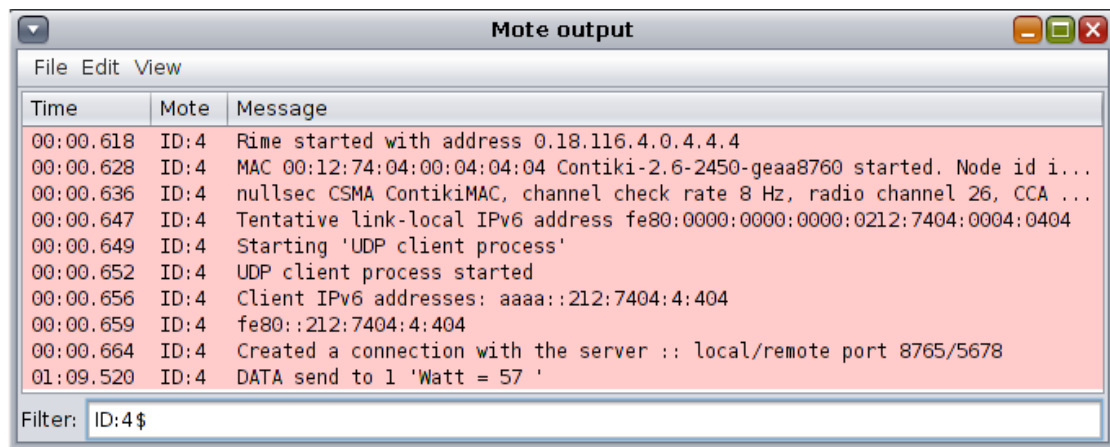
Εικόνα 25: Παράθυρο καταγραφής των εξόδων του κόμβου 1

Στην παρακάτω εικόνα πραγματοποιείται η ρύθμιση των παραμέτρων για τον κόμβο 2 που συμπεριφέρεται σαν client της βάσης. Η ίδια διαδικασία ακολουθείται και για τον κόμβο 3 που επίσης συμπεριφέρεται σαν client.



Εικόνα 26: Παράθυρο καταγραφής των εξόδων του κόμβου 2

Για τους κόμβους 4 μέχρι και 9 η ρύθμιση των παραμέτρων πραγματοποιείται σύμφωνα με την παραπάνω εικόνα. Παράμετροι όπως IP, MAC, ID αρχικοποιούνται και μόλις είναι έτοιμοι όλοι οι κόμβοι ξεκινάει η αποστολή δεδομένων με τελικό προορισμό τον εξυπηρετητή της βάση δεδομένων.

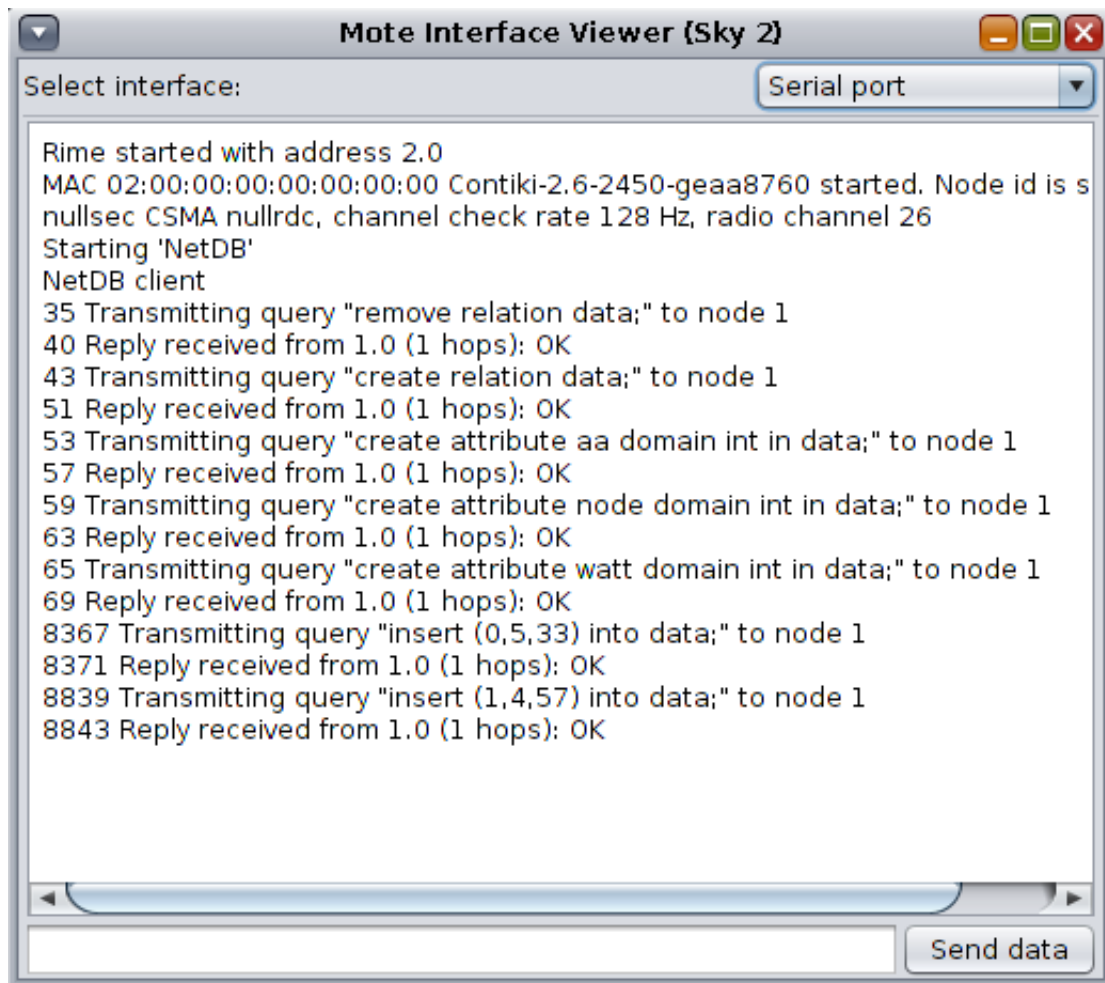


Εικόνα 27: Παράθυρο καταγραφής των εξόδων του κόμβου 4

Πριν όμως ξεκινήσει η αποστολή δεδομένων των αισθητήρων πρώτα θα πρέπει να δημιουργηθεί ένας πίνακας στην βάση και στην συνέχεια να καθοριστούν οι ιδιότητες. Ο πίνακας (table ή όπως τον καθορίζει η Antelope DB "relation") αποτελείται από τρεις ιδιότητες οι οποίες είναι ένας αύξων αριθμός που προσδιορίζει τον αριθμό της μέτρησης, η δεύτερη ιδιότητα είναι το αναγνωριστικό του κόμβου και η τρίτη ιδιότητα είναι τα Watts που μόλις μέτρησε ο αισθητήρας. Στην συνέχεια μόλις οι αισθητήρες αρχίσουν την αποστολή των δεδομένων ο κόμβος 2 είναι σε θέση να τα εισάγει στην βάση δεδομένων.

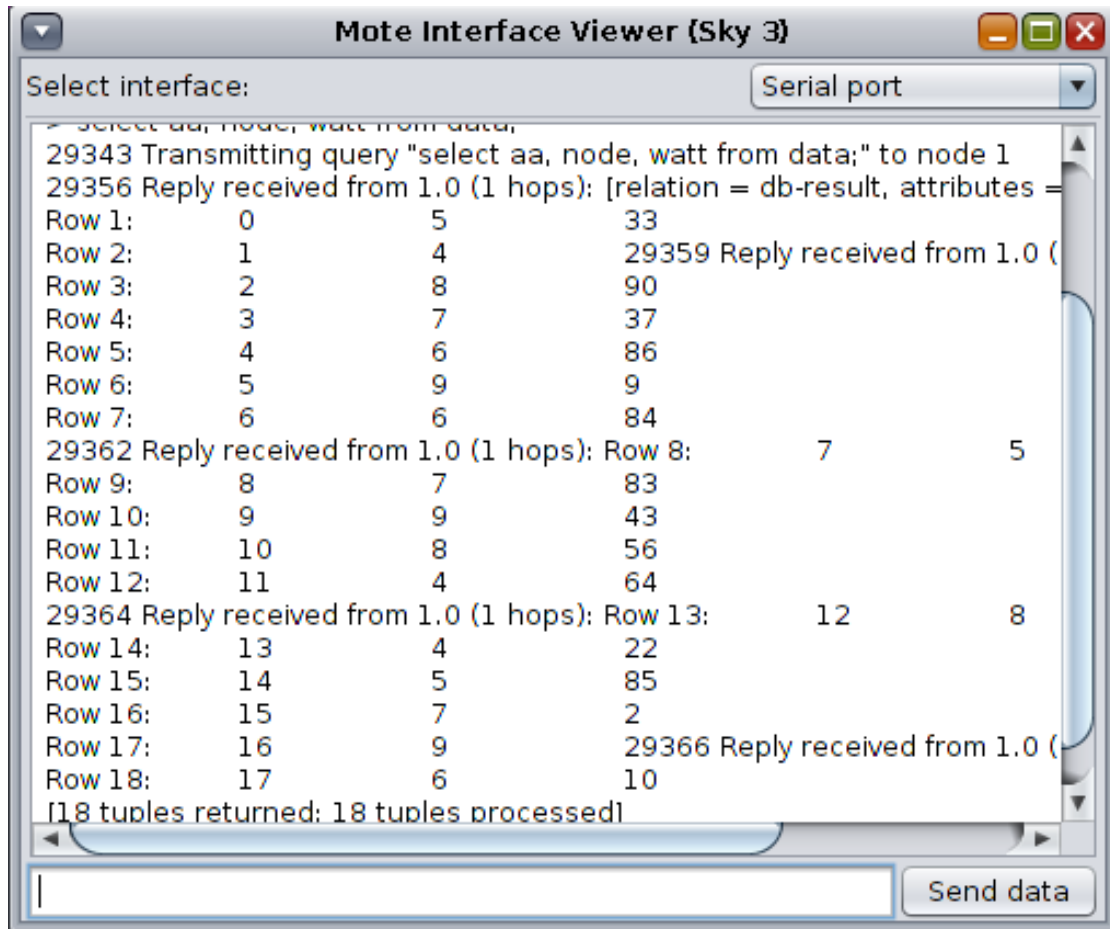
Σημειώνεται πως η Antelope DB δέχεται τριών ειδών μεταβλητών INT, LONG και STRING. Τα δεδομένα αποθηκεύονται σε μορφή INT. Η όλη λειτουργία του δικτύου βασίζεται σε ένα "σενάριο" (script) που δημιουργήθηκε για το σκοπό αυτό και παρουσιάζεται στο παράρτημα της εργασίας.

Επίσης κατά την εκτέλεση της προσομοίωσης υπάρχει η δυνατότητα να παρακολουθούμε την διεπαφή της σειριακής πόρτας του κόμβου 2 και 3 (ClientDB). Ο κόμβος 2 είναι αυτός που αρχικοποιεί την βάση και εισάγει δεδομένα και ο κόμβος 3 χρησιμοποιείται για τα SELECT ερωτήματα.



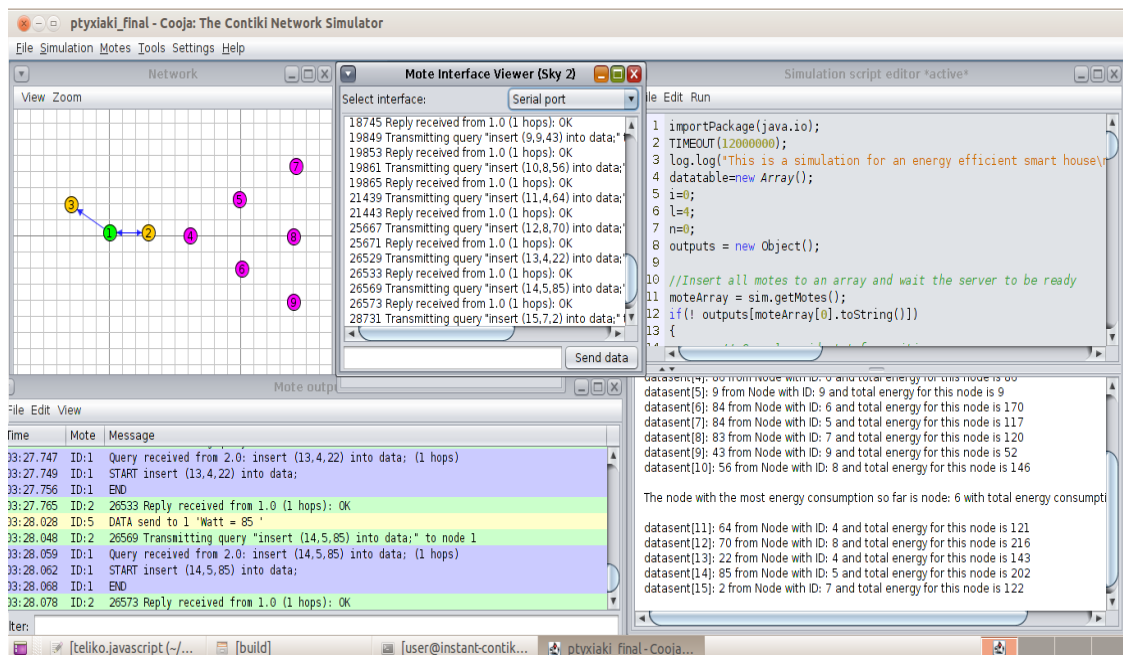
Εικόνα 28: Διεπαφή της σειριακής πόρτας του κόμβου 2

Εισάγοντας ένα ερώτημα SELECT στην διεπαφή του κόμβου 3, επιστρέφονται τα αποτελέσματα μέχρι την συγκεκριμένη στιγμή. Επειδή η Antelope DB βρίσκεται σε πιλοτικό επίπεδο ακόμα, κατά την εμφάνιση των αποτελεσμάτων εμφανίζονται και κάποια Reply μηνύματα του Client, παρόλα αυτά τα αποτελέσματα είναι τα σωστά και μπορούν να αξιοποιηθούν αργότερα.



Εικόνα 29: Διεπαφή της σειριακής πόρτας του κόμβου 3

Ένα τυχαίο στιγμιότυπο από την προσομοίωση παρουσιάζεται στην εικόνα που ακολουθεί.



Εικόνα 30: Στιγμιότυπο σε τυχαία χρονική στιγμή κατά την προσομοίωση

Το ρόλο της βάσης δεδομένων που διατηρεί τα δεδομένα από τους αισθητήρες, για τις ανάγκες της προσομοίωσης, παίζει ο κόμβος 1. Όπως έγινε γνωστό ο κόμβος 1 είναι ένας εξυπηρετητής βάσης δεδομένων και βασίζεται στην θεωρία του Nicolas Tsiftes(2011). Προκειμένου να μην χάνονται τα δεδομένα λόγω της υψηλής τους σημασίας, τα δεδομένα εξάγονται και σε ένα αρχείο, αφενός για την διατήρηση της ασφάλειας και αφετέρου να μπορούν να χρησιμοποιηθούν από ένα ολοκληρωμένο σύστημα το οποίο θα αναλυθεί στο κεφάλαιο 5.3.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

5.1 Συμπεράσματα

Η διασύνδεση έξυπνων αντικειμένων μέσα από τη χρήση αισθητήρων και γενικά κάθε είδους τεχνολογία που το έχει «επιφέρει» είναι γεγονός. Ειδικά όταν πρόκειται για τη διασύνδεση έξυπνων αντικειμένων με σκοπό την προστασία του περιβάλλοντος μέσα από την αποφυγή αλόγιστης ποσότητας ενέργειας, τα πορίσματα που προέκυψαν μέσα από αυτή την εργασία κρίνονται ως ιδιαίτερα υποσχόμενα και θετικά.

Χρησιμοποιώντας την τεχνολογία Internet of Things και διασυνδέοντας οικιακές συσκευές χρησιμοποιώντας αισθητήρες έδωσε την δυνατότητα στους τελικούς χρήστες να «δουν» και να κατανοήσουν την ενέργεια πέρα από τη παραδοσιακή αναλυτική περιγραφή του λογαριασμού νερού, ρεύματος κλπ. Είναι γνωστό ότι ο ανθρώπινος νους κατανοεί και συλλαμβάνει πιο εύκολα πληροφορίες όταν αυτές αναπαρίστανται μπροστά τους μέσα από εικόνες και μια σειρά γραφικών γεγονότων, κάτι που υλοποιήθηκε με επιτυχία στα πλαίσια της εργασίας αυτής.

Οι χρήστες έχουν την εξουσία στα χέρια τους και είναι σε θέση να ελέγχουν την ενέργεια που καταναλώνεται σε πραγματικό χρόνο. Το πιο σημαντικό ωστόσο είναι ότι πλέον τους δίνεται η δυνατότητα να εντοπίσουν και να χειριστούν αποτελεσματικά πιθανόν βλάβες και δυσλειτουργίες των οικιακών συσκευών χάρη στο δίκτυο ασύρματων αισθητήρων και τις πληροφορίες που αυτό παράγει. Σαν αποτέλεσμα, οι χρήστες κρατούν τη δύναμη των αισθητήρων στα χέρια τους αλλά επιπρόσθετα αποταμιεύουν χρήματα και χρόνο μέσα από την άμεση διάγνωση τυχόν προβλημάτων και όχι μόνο. Με την παρακολούθηση των μετρήσεων μέσω της εφαρμογής θα μπορεί ο χρήστης επίσης να βγάζει συμπεράσματα και να έχει πληροφορίες σχετικά με το ποιες συσκευές καταναλώνουν περισσότερη ενέργεια. Έτσι λοιπόν η γνώση από το δίκτυο μεταφέρεται και στον χρήστη οδηγώντας τον να προβεί σε ενέργειες όπου θα του επιφέρουν αρχικά την μη αλόγιστη κατανάλωση ενέργειας και στην συνέχεια εξοικονόμηση χρημάτων.

5.2 Περιορισμοί

Στα πλαίσια της εργασίας αυτής σημαντικός αλλά όχι αποτρεπτικός περιορισμός ήταν η έλλειψη αληθινών αισθητήρων. Οι αισθητήρες που χρησιμοποιούνται στα πλαίσια εφαρμογών Internet of Things είναι ιδιαίτερα ακριβοί αλλά και δυσεύρετοι. Κάθε εφαρμογή απαιτεί συγκεκριμένη κατηγορία αισθητήρων και η εύρεση αυτών απαιτεί σημαντικούς χρηματικούς πόρους. Σαν αποτέλεσμα, η εργασία αυτή βασίστηκε σε πλασματικούς αισθητήρες που κατασκευάστηκαν χρησιμοποιώντας το Contiki OS.

Ένας δεύτερος σημαντικός περιορισμός ήταν η απουσία πλούσιας ερευνητικής θεματολογίας και ακαδημαϊκής έρευνας. Μέχρι στιγμής οι υπάρχουσες έρευνες περιορίζονται στην αναλυτική βιβλιογραφική ανασκόπηση της τεχνολογίας Internet of Things και όλα όσα αυτή περικλείει. Επιπλέον, το συγκεκριμένο επιστημονικό πεδίο χαρακτηρίζεται από συνεχή και σημαντική πρόοδο, γεγονός που απαιτεί την αδιάκοπη ανασκόπηση νέων εφαρμογών, εργαλείων και γενικά διαστάσεων των εμπλεκόμενων τεχνολογιών.

Ένας ακόμα περιορισμός ήταν ο περιορισμένος αριθμός βοηθητικού υλικού σχετικά τον λειτουργικό σύστημα Contiki και του προσομοιωτή COOJA, πράγμα που οδήγησε σε μεγάλο αριθμό δοκιμών προκειμένου να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα στα πλαίσια της πτυχιακής εργασίας.

5.3 Μελλοντικές Επεκτάσεις

Όπως κάθε εργασία έτσι και η εργασία αυτή υπόκειται σε μελλοντικές επεκτάσεις και περαιτέρω έρευνα.

Έχοντας πλέον την ιδέα πως μπορεί ένα δίκτυο από ασύρματους αισθητήρες μπορεί να προσφέρει σημαντικές πληροφορίες, στην συνέχεια υπάρχουν πολλές δυνατότητες για περαιτέρω εξέλιξη. Για παράδειγμα μπορεί να αναλογιστεί κανείς τα οφέλη που θα είχε ένας χρήστης χρησιμοποιώντας μία τεχνολογία σαν και αυτή, που αναλύθηκε παραπάνω, έχοντας μία ολοκληρωμένη εγκατάσταση στην κατοικία του. Έτσι λοιπόν όταν γίνεται λόγος για μία ολοκληρωμένη εγκατάσταση θα μπορούσαν κάποιες μελλοντικές επεκτάσεις που αναφέρονται παρακάτω.

Ένα ΑΔΑ όπως αναλύθηκε στο Κεφάλαιο 4, θα μπορούσε να επεκταθεί με τον εξής τρόπο. Υποθέτοντας πως έχουμε πραγματικούς αισθητήρες τοποθετημένους στα κατάλληλα σημεία, θα υπήρχε η δυνατότητα τα δεδομένα να μεταδίδονται σε ένα κεντρικό κόμβο εντός του δικτύου, όπως και στην προσομοίωση που παρουσιάστηκε. Στην συνέχεια τα δεδομένα αυτά να αποθηκεύονται σε μία βάση δεδομένων προκειμένου να υπάρχει η δυνατότητα ανάπτυξη εφαρμογής προστιθέμενης αξίας με σκοπό να παρουσιαστούν τα δεδομένα αυτά σε μορφή φιλική προς τον χρήστη. Σε μία τέτοια εφαρμογή θα αρκούσε η βάση δεδομένων να είναι αποθηκευμένη τοπικά σε μια υπολογιστική μηχανή μέρος του συστήματος. Το ιδανικό όμως θα ήταν η βάση δεδομένων να έχει την δυνατότητα να βρίσκεται σε μία πλατφόρμα «νέφους» (cloud platform) αποκομίζοντας περισσότερα οφέλη. Έχοντας μία βάση δεδομένων προσβάσιμη από όπου και να βρίσκεται ο χρήστης, ανοίγει τις πόρτες πλέον σε κινητές εφαρμογές με τον χρήστη να έχει τον πλήρη έλεγχο του σπιτιού του. Μία εφαρμογή για παράδειγμα που θα κρατάει τον χρήστη ενήμερο αρχικά με την παρακολούθηση της ενέργειας και στην συνέχεια να παρουσιάζει τα δεδομένα αυτά μέσα από γραφήματα ή από πίνακες δίνοντας του έτσι την δυνατότητα να μπορεί να συγκρίνει συσκευές σχετικά με επίπεδα ενέργειας και στην ουσία να εκπαιδευτεί ο χρήστης με αποτέλεσμα την εξοικονόμηση χρημάτων για τον χρήστη και ενέργειας για το περιβάλλον.

Μια ενδιαφέρουσα περίπτωση θα ήταν η χρήση διαφορετικών τύπων αισθητήρων και η συγκριτική ανασκόπηση αυτών. Μέσα από τη χρήση διαφορετικών τύπων αισθητήρων θα ήταν εμφανείς οι διαφορές, τα πλεονεκτήματα αλλά και τα μειονεκτήματα της κάθε κατηγορίας αισθητήρων ώστε να γίνει η σωστή επιλογή της καλύτερης ανάλογα με τη φύση και τις απαιτήσεις της κάθε εφαρμογής. Επιπρόσθετα, όπως προαναφέρθηκε το επιστημονικό πεδίο στο οποίο ανήκουν οι αισθητήρες αναπτύσσεται ραγδαία και η πιθανή εμφάνιση μιας νέας κατηγορίας αισθητήρων μπορεί να τροποποιήσει κατά μεγάλο βαθμό τα όσα ειπώθηκαν αλλά και υλοποιήθηκαν στα πλαίσια αυτής της εργασίας. Για παράδειγμα, μία νέα κατηγορία αισθητήρων θα μπορούσε να οδηγήσει στην καταγραφή περισσότερων πληροφοριών και στη μετέπειτα καλύτερη διαχείριση αυτών.

Μία εφαρμογή για την παρακολούθηση της ενέργειας όπως αναφέρθηκε στην παραπάνω παράγραφο, οι διαφορετικού είδους αισθητήρες θα μπορούσαν να μετράνε

την κατανάλωση του νερού ή του αερίου σαν ένα ολοκληρωμένο σύστημα παρακολούθησης της ενέργειας έχοντας τα ίδια αποτελέσματα. Ακόμα πιο σημαντικό θα ήταν τα σπίτια όπου υπάρχει εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάνελ αισθητήρες να παρακολουθούν και την συσσώρευση ενέργειας.

Επιπλέον, μια μελλοντική επέκταση που θα μπορούσε να αποβεί ιδιαίτερα χρήσιμη είναι η χρήση διαφορετικών πρωτοκόλλων. Συγκεκριμένα, ανάλογα με τη φύση του προβλήματος και συγκεκριμένα ανάλογα με τη θέση του δικτύου σε μια κατοικία θα μπορούσε να γίνει χρήση πρωτοκόλλων Bluetooth, ZigBee όπως αυτά παρουσιάστηκαν λεπτομερώς στο κεφάλαιο 2.

Ως προς το τελικό χρήστη, μια φιλική προς το χρήστη εφαρμογή θα μπορούσε επίσης να υλοποιηθεί και να μεταφέρει όλα όσα περιγράφηκαν και υλοποιήθηκαν στην εργασία αυτή σε μια φιλική και διαδραστική διεπαφή. Σαν αποτέλεσμα, μία έξυπνη εφαρμογή θα ήταν πλέον γεγονός και θα μπορούσε να αποτελέσει σημαντικό εργαλείο για τους τελικούς χρήστες.

Έχοντας όλα αυτά τα δεδομένα από τους αισθητήρες σε μία έξυπνη εφαρμογή θα μπορούσε ο χρήστης όχι μόνο να παρακολουθεί την ενέργεια αλλά να είναι σε θέση να μπορεί να πληρώνει και τον λογαριασμό μέσα από την εφαρμογή. Μία τέτοια εφαρμογή προαπαιτεί σημαντικά βήματα σε προηγούμενα στάδια όπως ένα πλήρως υλοποιημένο έξυπνο δίκτυο (Smart Grid).

Μία ακόμη μελλοντική εφαρμογή θα μπορούσε να ήταν ένα σύστημα το οποίο έχοντας την γνώση από τους αισθητήρες και με την κατάλληλη εκπαίδευση να αναπτυχθεί ένα σύστημα αυτόματης λήψης αποφάσεων σε σημαντικά ζητήματα, όπως για παράδειγμα σε μία βλάβη ή διαρροή να μπορεί την χειριστεί κατάλληλα σε περίπτωση που δεν βρίσκεται κανείς εντός της οικείας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ηλιούδης, Χ. (2015). Διαδικτυακές Υπηρεσίες Προστιθέμενης Αξίας. Retrieved March 20, 2015, from Υπηρεσίες προστιθέμενης αξίας - επιστήμη των υπηρεσιών: http://aetos.it.teithe.gr/~iliou/cs4804/dialexeis/tmp/2.e-services_new.pdf

Akyildiz IF, Su W, Sankarasubramaniam Y, Cayirci E (2001). Wireless sensor networks: a survey. Computer networks. Elsevier, Amsterdam

Ashley, C., & Tuten, T. (2015). Creative strategies in social media marketing: An exploratory study of branded social content and consumer engagement. *Psychology & Marketing*, 32(1), 15-27.

Ashton, K. (2009). That 'Internet of Things' thing. RFID Journal.

Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2010). The internet of things: A survey. Computer networks, 54(15), 2787-2805.

Ballagas, R., Rohs, M., Sheridan, J. G., & Borchers, J. (2004). Byod: Bring your own device. In *Proceedings of the Workshop on Ubiquitous Display Environments, Ubicomp* (Vol. 2004).

Baronti, P., Pillai, P., Chook, V. W., Chessa, S., Gotta, A., & Hu, Y. F. (2007). Wireless sensor networks: A survey on the state of the art and the 802.15. 4 and ZigBee standards. *Computer communications*, 30(7), 1655-1695.

Beigl M, Krohn A, Zimmer T, Decker C (2004). Typical sensors needed in ubiquitous and pervasive computing. In: Proceedings of INSS

Borgia, E. (2014). The Internet of Thing: Key features, applications and open issues. Computer Communications, 54, 1-31.

Brandtzaeg, P. (2010). Towards a unified media-user typology (MUT): A meta-analysis and review. Computers in Human Behavior, 26(5), 940-956.

Brock, D. (2001). The Electronic Product Code (EPC) – A Naming Scheme for Physical. White Paper.

Business Models and Systems. (2008). Retrieved July 3, 2015, from Business Models and Systems: <http://www.bms-sa.gr/kainotomia-orismos.aspx>

Chang, S. Y., Lai, C. F., & Huang, Y. M. (2012). Dynamic adjustable multimedia streaming service architecture over cloud computing. *Computer Communications*, 35(15), 1798-1808.

Chen, L., Tseng, M., & Lian, X. (2010). Development of foundation models for Internet of Things. *Frontiers of Computer Science in China*, 4(3), 376-385.

Chen, M., Leung, V. C., Hjelsvold, R., & Huang, X. (2012). Smart and interactive ubiquitous multimedia services. *Computer Communications*, 35(15), 1769-1771.

Cirani, S., Ferrari, G., & Veltri, L. (2013). Enforcing security mechanisms in the IP-based internet of things: An algorithmic overview. *Algorithms*, 6(2), 197-226.

Collotta, M., & Pau, G. (2015). Bluetooth for Internet of Things: A fuzzy approach to improve power management in smart homes. *Computers & Electrical Engineering*.

Collotta, M., Bello, L. L., & Mirabella, O. (2010). An innovative frequency hopping management mechanism for Bluetooth-based industrial networks. In *Industrial Embedded Systems (SIES), 2010 International Symposium on* (pp. 45-50). IEEE.

Collotta, M., Lo Bello, L., & Mirabella, O. (2007). Deadline-aware scheduling policies for Bluetooth networks in industrial communications. In *Industrial Embedded Systems, 2007. SIES'07. International Symposium on* (pp. 156-163). IEEE.

- Collotta, M., Pau, G., & Scatà, G. (2013). Deadline-aware scheduling perspectives in industrial wireless networks: A comparison between IEEE 802.15. 4 and Bluetooth. *International Journal of Distributed Sensor Networks*.
- Comer, D. (2004). *Computer Networks and Internets with Internet Applications* (4th Edition ed.). Pearson Education.
- G. Deak, K. Curran, J. Condell (2012). A survey of active and passive indoor. Localisation systems, *Comp. Commun.* 35 (16), 1939–1954.
- Darianian, M., & Michael, M. P. (2008). Smart home mobile RFID-based Internet-of-Things systems and services. In *Advanced Computer Theory and Engineering, 2008. ICACTE'08. International Conference on* (pp. 116-120). IEEE.
- Demirkol, I., Ersoy, C., & Alagöz, F. (2006). MAC protocols for wireless sensor networks: a survey. *Communications Magazine, IEEE*, 44(4), 115-121.
- Dunkels, A., & Grönvall, T. V. C. A. (2004). Lightweight and Hexible Operating System for Tiny Networked Sensors. In *Proceedings of the 29th Annual IEEE International Conference of Locca Computer Networks* (pp. 364-387).
- Dunkels, A. (2003). Full TCP/IP for 8-bit architectures. In *Proceedings of the 1st international conference on Mobile systems, applications and services* (pp. 85-98). ACM.
- Duquennoy, S., Grimaud, G., & Vandewalle, J. J. (2009). The Web of Things: interconnecting devices with high usability and performance. In *Embedded Software and Systems, 2009. ICCESS'09. International Conference on* (pp. 323-330). IEEE.
- EPCglobal, Object Naming Service (ONS) Version 1.0.1, at para 4.2, available at: http://www.epcglobalinc.org/standards/ons/ons_1_0_1-standard-20080529.pdf.
- Etsi, TC M2M, ETSI TS 102 689 v1.1.1 (2010) – Machine-to-Machine Communications (M2M); M2M Service Requirements, <<http://www.etsi.org/deliver/etsits/102600102699/102689/01.01.0160/ts102689v010101p.pdf>>.
- Eysenbach, G. (2001). What is e-health? *Journal of medical Internet research*, 3(2).
- Finkenzeller K (2003) *RFID handbook: fundamentals and applications in contactless smart cards and identification*. Wiley, London
- Fischer, C. (2008). Feedback on household electricity consumption: a tool for saving energy? *Energy Efficiency* 2008, 1, 79–104.
- Fogarty, J., Au, C., Hudson, S.E. (2006). Sensing from the Basement: A Feasibility Study of Unobtrusive and Low-Cost Home Activity Recognition. In the Proceedings of the ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST 2006), ACM Press, New York.
- Fourty, N., Van Den Bossche, A., & Val, T. (2012). An advanced study of energy consumption in an IEEE 802.15. 4 based network: Everything but the truth on 802.15. 4 node lifetime. *Computer Communications*, 35(14), 1759-1767.
- Froehlich, J. (2009). Promoting energy efficient behaviors in the home through feedback: The role of human-computer interaction. In *Proc. HCIC Workshop* (Vol. 9, pp. 0-10).
- Galli, S., Scaglione, A., & Wang, Z. (2010). Power line communications and the smart grid. In *Smart Grid Communications (SmartGridComm), 2010 First IEEE International Conference on* (pp. 303-308). IEEE.
- Gama, K., Touseau, L., & Donsez, D. (2012). Combining heterogeneous service technologies for building an Internet of Things middleware. *Computer Communications*, 35(4), 405-417.
- Geller, E. S., Winett, R. A., Everett, P. B. (1982). *Preserving the Environment: New Strategies for Behavior Change*. 1982 Pergamon Press Inc.

- Ghosh, A., & Das, S. K. (2008). Coverage and connectivity issues in wireless sensor networks: A survey. *Pervasive and Mobile Computing*, 4(3), 303-334.
- Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation Computer Systems*, 29(7), 1645-1660.
- Guinard, D., Trifa, V., Mattern, F., & Wilde, E. (2011). From the internet of things to the web of things: Resource-oriented architecture and best practices. In *Architecting the Internet of Things*, 99-129.
- He, E., & Wen, Q. (2012). A single sign-on scheme for cross domain web applications based on SOA. In *Internet of Things* (pp. 581-589). Springer Berlin Heidelberg.
- Heer, T., Garcia-Morchon, O., Hummen, R., Keoh, S. L., Kumar, S. S., & Wehrle, K. (2011). Security Challenges in the IP-based Internet of Things. *Wireless Personal Communications*, 61(3), 527-542.
- Internet Live Stats. (2015). Home: Trends and More: Internet Users. Retrieved July 3, 2015, from Internet Live Stats: <http://www.internetlivestats.com/internet-users/#trend>
- Jacobson, V., Smetters, D. K., Thornton, J. D., Plass, M. F., Briggs, N. H., & Braynard, R. L. (2009). Networking named content. In *Proceedings of the 5th international conference on Emerging networking experiments and technologies* (pp. 1-12). ACM.
- Jahangir, M. (2013). Retrieved July 27, 2015, from Venture Beat: <http://venturebeat.com/2014/12/07/surprise-agriculture-is-doing-more-with-iot-innovation-than-most-other-industries/>
- Kempton, W. and Layne, L. (1994). The Consumer's Energy Analysis Environment. *Energy Policy* 22(10):857 – 866.
- Khasteh, S. H., Shouraki, S. B., Hajiabdorahim, N., & Dadashnialehi, E. (2012). A new approach for integrated coverage and connectivity in wireless sensor networks. *Computer Communications*, 36(1), 113-120.
- Kumar, K., & Lu, Y. H. (2010). Cloud computing for mobile users: Can offloading computation save energy? *Computer*, (4), 51-56.
- Kim, Y., Schmid, T., Charbiwala, Z. M., Friedman, J., and Srivastava, M. B. (2008). NAWMS: nonintrusive autonomous water monitoring system. In *Proceedings of the 6th ACM Conference on Embedded Network Sensor Systems (Raleigh, NC, USA, November 05 - 07, 2008)*. SenSys '08. ACM, New York, NY, 309-322.
- Leminen, S., Westerlund, M., Rajahonka, M., & Siuruainen, R. (2012). Towards iot ecosystems and business models. In *Internet of Things, Smart Spaces, and Next Generation Networking* (pp. 15-26). Springer Berlin Heidelberg.
- Li, S., Peng, S., Chen, W., & Lu, X. (2013). INCOME: Practical land monitoring in precision agriculture with sensor networks. *Computer Communications*, 36(4), 459-467.
- Li, B., & Yu, J. (2011). Research and application on the smart home based on component technologies and Internet of Things. *Procedia Engineering*, 15, 2087-2092.
- López, T. S., Ranasinghe, D. C., Harrison, M., & McFarlane, D. (2012). Adding sense to the Internet of Things. *Personal and Ubiquitous Computing*, 16(3), 291-308.
- Ma, J., Zhou, X., Li, S., & Li, Z. (2011). Connecting agriculture to the Internet of Things through sensor networks. In *Internet of Things (iThings/CPSCoM), 2011 International Conference on and 4th International Conference on Cyber, Physical and Social Computing* (pp. 184-187). IEEE.
- Miorandi, D., Sicari, S., De Pellegrini, F., & Chlamtac, I. (2012). Internet of things: Vision, applications and research challenges. *Ad Hoc Networks*, 10(7), 1497-1516.
- Österlind, F. (2006). A sensor network simulator for the Contiki OS. *SICS Research Report*.

Parker, D., Hoak, D., Meier, A., Brown, R. (2006). How Much Energy Are We Using? Potential of Residential Energy Demand Feedback Devices. Proceedings of the 2006 Summer Study on Energy Efficiency in Buildings, American Council for an Energy Efficient Economy, Asilomar, CA., August 2006.

Patel, S.N., Robertson, T., Kientz, J.A., Reynolds, M.S., Abowd, G.D. At the Flick of a Switch: Detecting and Classifying Unique Electrical Events on the Residential Power Line. In the Proceedings of Ubicomp 2007. pp. 271-288.

Shankar, U. (2015). IT Matters. Retrieved July 4, 2015, from Inbound Logistics: <http://www.inboundlogistics.com/cms/article/how-the-internet-of-things-impacts-supply-chains/>

Sharp, J. (2013). Retrieved July 4, 2015, from Health Works Collective: <http://www.healthworkscollective.com/sharpjw1/112411/health-start-ups-internet-things-creeps-healthcare>

Silva, R., Silva, J. S., & Boavida, F. (2012). A proposal for proxy-based mobility in wsns. *Computer Communications*, 35(10), 1200-1216.

SmartGrid.Gov (2015). "What is the Smart Grid". Retrieved: December, 2015 from: https://www.smartgrid.gov/the_smart_grid/smart_grid.html

Socolow, R. H., (1978). The Twin Rivers program on energy conservation in housing: Highlights and conclusions. In Socolow, R. H. (Ed.). *Saving Energy in the Home: Princeton's Experiments at Twin Rivers* (pp. 2-62). Cambridge, MA: Ballinger Publishing Company.

Spolsky, J (2001). In Defence of Not-Invented-Here Syndrome. Joel on Software: <http://www.joelonsoftware.com/articles/fog0000000007.html> 2001]

Stiakakis, E., Georgiadis, C. K., & Andronoudi, A. (2015). Users' perceptions about mobile security breaches. *Information Systems and e-Business Management*, 1-26.

Tanenbaum, A. S. (2000). *Δίκτυα Υπολογιστών* (3rd Edition ed.). Εκδόσεις Παπασωτηρίου.

Trossen, D., Riihijärvi, J., Nikander, P., Jokela, P., Kjällman, J., & Rajahalme, J. (2012). Designing, implementing and evaluating a new internetworking architecture. *Computer Communications*, 35(17), 2069-2081.

Al-Turjman, F. M., Hassanein, H. S., & Ibnkahla, M. A. (2013). Efficient deployment of wireless sensor networks targeting environment monitoring applications. *Computer Communications*, 36(2), 135-148.

Uckelmann, D., Harrison, M., & Michahelles, F. (2011). *Architecting the internet of things*. Springer Science & Business Media.

Wang, X., Zhong, S., & Zhou, R. (2012). A mobility support scheme for 6LoWPAN. *Computer Communications*, 35(3), 392-404.

Wang, Y., Wen, Q., & Zhang, H. (2010). A single sign-on scheme for cross domain web applications using identity-based cryptography. In *Networks Security Wireless Communications and Trusted Computing (NSWCTC), 2010 Second International Conference on* (Vol. 1, pp. 483-485). IEEE.

Weber, R. H. (2010). Internet of Things—New security and privacy challenges. *Computer Law & Security Review*, 26(1), 23-30.

Weisser, M. (1999). The computer for the 21st century. *ACM SIGMOBILE Mobile Comput Commun Rev*, 3(3), 3-11.

Winett, R. A., Neale, M. S., & Grier, H. C. (1979). The effects of self-monitoring and feedback on residential electricity consumption: Winter. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 1979, 12, 173-184.

Wu, S. J., Huang, S. Y., & Huang, K. F. (2012). Efficient Quality of Service scheduling mechanism for WiMAX networks. *Computer Communications*, 35(8), 936-951.

Yu, J., Kang, H., Bang, H. C., & Bae, M. (2013). A Study on Autonomous Cooperation between Things in Web of Things.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Πίνακας 8: Κώδικας εξυπηρετητή βάσης δεδομένων σε γλώσσα C

```
#include <stdarg.h>
#include <stdio.h>
#include <string.h>

#include "contiki.h"
#include "dev/serial-line.h"
#include "dev/sht11/sht11.h"
#include "lib/random.h"
#include "net/rime/rime.h"
#include "net/rime/mesh.h"

#include "antelope.h"
/*-----*/
/* Sampling interval in Hz. */
#ifndef SAMPLING_INTERVAL
#define SAMPLING_INTERVAL 60
#endif

#ifndef RESPONSE_LIMIT
#define RESPONSE_LIMIT 1000
#endif

#ifndef PREPARE_DB
#define PREPARE_DB 1
#endif

#ifndef CARDINALITY
#define CARDINALITY 1000
#endif

#define MAX_BUFFER_SIZE 80

#define NETDB_CHANNEL 70
/*-----*/
PROCESS(netdb_process, "NetDB");
AUTOSTART_PROCESSES(&netdb_process);

static struct mesh_conn mesh;
static linkaddr_t reply_addr;
static uint8_t buffer_offset;
static char buffer[MAX_BUFFER_SIZE];
/*-----*/
static void
send_buffered_data(void)
```

```

{
  if(buffer_offset > 0) {
    packetbuf_copyfrom(buffer, buffer_offset);
    mesh_send(&mesh, &reply_addr);
    buffer_offset = 0;
  }
}
/*-----*/
static int
buffer_db_data(const char *format, ...)
{
  va_list ap;
  size_t len;
  char tmp[MAX_BUFFER_SIZE + 1];

  va_start(ap, format);
  len = vsnprintf(tmp, sizeof(tmp), format, ap);
  va_end(ap);

  if(len < 0) {
    return -1;
  }

  if(len + buffer_offset > sizeof(buffer)) {
    send_buffered_data();
  }

  memcpy(&buffer[buffer_offset], tmp, len);
  buffer_offset += len;

  return len;
}
/*-----*/

static void
stop_handler(void *ptr)
{
  printf("END\n");
}
/*-----*/
PROCESS(query_process, "Query process");

PROCESS_THREAD(query_process, ev, data)
{
  static db_handle_t handle;
  db_result_t result;
  static tuple_id_t matching;
  static tuple_id_t processed;
#ifdef !PREPARE_DB
  static struct etimer sampling_timer;

```

```

#endif
static unsigned i, errors;

PROCESS_BEGIN();

printf("NetDB host\n");

db_init();
db_set_output_function(buffer_db_data);

db_query(NULL, "REMOVE RELATION data;");
db_query(NULL, "CREATE RELATION data;");
db_query(NULL, "CREATE ATTRIBUTE aa DOMAIN INT IN data;");
db_query(NULL, "CREATE ATTRIBUTE node DOMAIN INT IN data;");
db_query(NULL, "CREATE ATTRIBUTE watt DOMAIN INT IN data;");

#if PREPARE_DB
printf("Preparing the DB with %d tuples...\n", CARDINALITY);
errors = 0;
printf("Ready to process queries\n");
#else
etimer_set(&sampling_timer, SAMPLING_INTERVAL * CLOCK_SECOND);
#endif

for(;;) {
    PROCESS_WAIT_EVENT();

    if(ev == serial_line_event_message && data != NULL) {
        printf("START %s\n", (char *)data);
        result = db_query(&handle, data);
        if(DB_ERROR(result)) {
            buffer_db_data("Query error: %s\n", db_get_result_message(result));
            stop_handler(NULL);
            db_free(&handle);
            continue;
        }
    }

    if(!db_processing(&handle)) {
        buffer_db_data("OK\n");
        send_buffered_data();
        stop_handler(NULL);
        continue;
    }

    packetbuf_set_attr(PACKETBUF_ATTR_PACKET_TYPE,
                      PACKETBUF_ATTR_PACKET_TYPE_STREAM);

    db_print_header(&handle);

    matching = 0;

```

```

processed = 0;

while(db_processing(&handle)) {
    PROCESS_PAUSE();

    if(matching == RESPONSE_LIMIT) {
        buffer_db_data("Response suppressed at %u tuples: limit reached\n",
            RESPONSE_LIMIT);
        stop_handler(NULL);
        db_free(&handle);
        break;
    }

    result = db_process(&handle);
    if(result == DB_GOT_ROW) {
        /* The processed tuple matched the condition in the query. */
        matching++;
        processed++;
        db_print_tuple(&handle);
    } else if(result == DB_OK) {
        /* A tuple was processed, but did not match the condition. */
        processed++;
        continue;
    } else {
        if(result == DB_FINISHED) {
            /* The processing has finished. Wait for a new command. */
            buffer_db_data("[%ld tuples returned; %ld tuples processed]\n",
                (long)matching, (long)processed);
            buffer_db_data("OK\n");
        } else if(DB_ERROR(result)) {
            buffer_db_data("Processing error: %s\n",
                db_get_result_message(result));
        }
        stop_handler(NULL);
        db_free(&handle);
    }
}
send_buffered_data();
}

#ifdef !PREPARE_DB
    if(etimer_expired(&sampling_timer)) {
        take_sample();
        etimer_reset(&sampling_timer);
    }
#endif
}

PROCESS_END();
}

```

```

/*-----*/
static void
sent(struct mesh_conn *c)
{
}

static void
timedout(struct mesh_conn *c)
{
    printf("packet time out\n");
}

static void
received(struct mesh_conn *c, const linkaddr_t *from, uint8_t hops)
{
    char *data;
    unsigned len;
    static char query[MAX_BUFFER_SIZE + 1];

    data = (char *)packetbuf_dataptr();
    len = packetbuf_datalen();

    if(len > MAX_BUFFER_SIZE) {
        buffer_db_data("Too long query: %d bytes\n", len);
        return;
    }

    memcpy(query, data, len);
    query[len] = '\0';

    printf("Query received from %d.%d: %s (%d hops)\n",
           from->u8[0], from->u8[1], query, (int)hops);
    linkaddr_copy(&reply_addr, from);

    process_post(&query_process, serial_line_event_message, query);
}

static const struct mesh_callbacks callbacks = {received, sent, timedout};
/*-----*/
PROCESS_THREAD(netdb_process, ev, data)
{
    PROCESS_EXITHANDLER(mesh_close(&mesh));
    PROCESS_BEGIN();

    mesh_open(&mesh, NETDB_CHANNEL, &callbacks);
    process_start(&query_process, NULL);

    PROCESS_END();
}

```

Στον πίνακα 8 δίνεται ο κώδικας του εξυπηρετητή της βάσης δεδομένων ο οποίος είναι γραμμένος σε γλώσσα C. Οι λειτουργίες του εξυπηρετητή έχουν να κάνουν αρχικά με την προετοιμασία διάφορων σημαντικών παραμέτρων όπως το “buffer” στο οποίο αποθηκεύονται προσωρινά τα δεδομένα για την επεξεργασία τους. Επίσης λειτουργίες και εντολές για την επεξεργασία των ερωτημάτων που θα δέχεται από τους πελάτες.

Πίνακας 9: Κώδικας πελάτη βάσης δεδομένων σε γλώσσα C

```
#include <stdio.h>
#include <string.h>

#include "contiki.h"
#include "dev/serial-line.h"
#include "net/rime/rime.h"
#include "net/rime/mesh.h"

#include "antelope.h"
/*-----*/
#define MAX_QUERY_SIZE 100

#define NETDB_CHANNEL 70

#ifndef SERVER_ID
#define SERVER_ID 1
#endif
/*-----*/
PROCESS(netdb_process, "NetDB");
AUTOSTART_PROCESSES(&netdb_process);

static unsigned server_id = SERVER_ID;
static struct mesh_conn mesh;
/*-----*/
PROCESS(shell_process, "Shell Process");

PROCESS_THREAD(shell_process, ev, data)
{
    linkaddr_t addr;

    PROCESS_BEGIN();

    printf("NetDB client\n");

    for(;;) {
        PROCESS_WAIT_EVENT_UNTIL(ev == serial_line_event_message && data != NULL);
        if(strncmp(data, "server ", 7) == 0) {
            server_id = atoi((char *)data + 7);
        } else {
            printf("%lu Transmitting query \"%s\" to node %u\n", clock_time(), (char
```

```

*)data, server_id);
    packetbuf_copyfrom(data, strlen(data));
    addr.u8[0] = server_id;
    addr.u8[1] = 0;
    packetbuf_set_attr(PACKETBUF_ATTR_PACKET_TYPE,
                      PACKETBUF_ATTR_PACKET_TYPE_STREAM);
    mesh_send(&mesh, &addr);
    }
}

PROCESS_END();
}

/*-----*/
static void
sent(struct mesh_conn *c)
{
}

static void
timedout(struct mesh_conn *c)
{
    printf("Failed to send packet: time out\n");
}

static void
received(struct mesh_conn *c, const linkaddr_t *from, uint8_t hops)
{
    char *data;
    unsigned len;
    static char reply[MAX_QUERY_SIZE + 1];

    data = (char *)packetbuf_dataptr();
    len = packetbuf_dataalen();

    if(len > MAX_QUERY_SIZE) {
        printf("Too long query: %d bytes\n", len);
        return;
    }

    memcpy(reply, data, len);
    reply[len] = '\0';

    printf("%lu Reply received from %d.%d (%d hops): %s",
           clock_time(), from->u8[0], from->u8[1], (int)hops, reply);
}

static const struct mesh_callbacks callbacks = {received, sent, timedout};
/*-----*/
PROCESS_THREAD(netdb_process, ev, data)

```



```

{
PROCESS_EXITHANDLER(mesh_close(&mesh));
PROCESS_BEGIN();

mesh_open(&mesh, NETDB_CHANNEL, &callbacks);
process_start(&shell_process, NULL);

PROCESS_END();
}

```

Στον πίνακα 9 παρουσιάζεται ο κώδικας του πελάτη της βάσης δεδομένων ο οποίος είναι γραμμένος σε γλώσσα C. Συγκριτικά με τον εξυπηρετητή οι λειτουργίες είναι λιγότερες και σχετίζονται με την αποστολή των ερωτημάτων στον εξυπηρετητή, με την λήψη απαντήσεων και την εμφάνιση των αποτελεσμάτων.

Πίνακας 10: Κώδικας RPL-UDP-CLIENT που χρησιμοποιείται σαν αισθητήρας σε γλώσσα C

```

#include "contiki.h"
#include "lib/random.h"
#include "sys/ctimer.h"
#include "net/ip/uip.h"
#include "net/ipv6/uip-ds6.h"
#include "net/ip/uip-udp-packet.h"
#include "sys/ctimer.h"
#ifdef WITH_COMPOWER
#include "powertrace.h"
#endif
#include <stdio.h>
#include <string.h>
#include <stdlib.h>

#define UDP_CLIENT_PORT 8765
#define UDP_SERVER_PORT 5678

#define UDP_EXAMPLE_ID 190

#define DEBUG DEBUG_PRINT
#include "net/ip/uip-debug.h"

#ifndef PERIOD
#define PERIOD 60
#endif

#define START_INTERVAL (15 * CLOCK_SECOND)
#define SEND_INTERVAL (PERIOD * CLOCK_SECOND)
#define SEND_TIME (random_rand() % (SEND_INTERVAL))
#define MAX_PAYLOAD_LEN 30

static struct uip_udp_conn *client_conn;

```

```

static uip_ipaddr_t server_ipaddr;

/*-----*/
PROCESS(udp_client_process, "UDP client process");
AUTOSTART_PROCESSES(&udp_client_process);
/*-----*/

static void
tcpip_handler(void)
{
    char *str;

    if(uip_newdata()) {
        str = uip_appdata;
        str[uip_datalen()] = '\0';
        printf("DATA recv '%s'\n", str);
    }
}
/*-----*/

static void
send_packet(void *ptr)
{
    static int seq_id;
    char buf[MAX_PAYLOAD_LEN];
    static int r;

    r= rand() %100+1;
    while(r<0)
    {
        r= rand() %100+1;
    }
    char out[10];
    snprintf(out,10, "%d", r);
    seq_id++;
    PRINTF("DATA send to %d 'Watt = %d '\n",
        server_ipaddr.u8[sizeof(server_ipaddr.u8) - 1], r);
    sprintf(buf, "Watt= %s", out);
    uip_udp_packet_sendto(client_conn, buf, strlen(buf),
        &server_ipaddr, UIP_HTONS(UDP_SERVER_PORT));
}
/*-----*/

static void
print_local_addresses(void)
{
    int i;
    uint8_t state;

    PRINTF("Client IPv6 addresses: ");
    for(i = 0; i < UIP_DS6_ADDR_NB; i++) {
        state = uip_ds6_if.addr_list[i].state;
        if(uip_ds6_if.addr_list[i].isused &&

```

```

    (state == ADDR_TENTATIVE || state == ADDR_PREFERRED)) {
    PRINT6ADDR(&uip_ds6_if.addr_list[i].ipaddr);
    PRINTF("\n");
    /* hack to make address "final" */
    if (state == ADDR_TENTATIVE) {
        uip_ds6_if.addr_list[i].state = ADDR_PREFERRED;
    }
    }
}
}
}
}
}
/*-----*/

static void
set_global_address(void)
{
    uip_ipaddr_t ipaddr;

    uip_ip6addr(&ipaddr, 0xaaaa, 0, 0, 0, 0, 0, 0);
    uip_ds6_set_addr_iid(&ipaddr, &uip_lladdr);
    uip_ds6_addr_add(&ipaddr, 0, ADDR_AUTOCONF);

#ifdef 0
/* Mode 1 - 64 bits inline */
    uip_ip6addr(&server_ipaddr, 0xaaaa, 0, 0, 0, 0, 0, 1);
#elif 1
/* Mode 2 - 16 bits inline */
    uip_ip6addr(&server_ipaddr, 0xaaaa, 0, 0, 0, 0, 0x00ff, 0xfe00, 1);
#else
/* Mode 3 - derived from server link-local (MAC) address */
    uip_ip6addr(&server_ipaddr, 0xaaaa, 0, 0, 0, 0x0250, 0xc2ff, 0xfea8, 0xcd1a);
//redbee-econotag
#endif
}
/*-----*/

PROCESS_THREAD(udp_client_process, ev, data)
{
    static struct etimer periodic;
    static struct ctimer backoff_timer;
#ifdef WITH_COMPOWER
    static int print = 0;
#endif

    PROCESS_BEGIN();

    PROCESS_PAUSE();

    set_global_address();

    PRINTF("UDP client process started\n");

    print_local_addresses();
}

```

```

/* new connection with remote host */
client_conn = udp_new(NULL, UIP_HTONS(UDP_SERVER_PORT), NULL);
if(client_conn == NULL) {
    PRINTF("No UDP connection available, exiting the process!\n");
    PROCESS_EXIT();
}
udp_bind(client_conn, UIP_HTONS(UDP_CLIENT_PORT));

PRINTF("Created a connection with the server ");
PRINT6ADDR(&client_conn->ripaddr);
PRINTF(" local/remote port %u/%u\n",
        UIP_HTONS(client_conn->lport), UIP_HTONS(client_conn->rport));

#if WITH_COMPOWER
    powertrace_sniff(POWERTRACE_ON);
#endif

    etimer_set(&periodic, SEND_INTERVAL);
    while(1) {
        PROCESS_YIELD();
        if(ev == tcpip_event) {
            tcpip_handler();
        }

        if(etimer_expired(&periodic)) {
            etimer_reset(&periodic);
            ctimer_set(&backoff_timer, SEND_TIME, send_packet, NULL);
        }

#if WITH_COMPOWER
        if (print == 0) {
            powertrace_print("#P");
        }
        if (++print == 3) {
            print = 0;
        }
#endif
    }

    PROCESS_END();
}
/*-----*/

```

Στον παραπάνω πίνακα 10 δίνεται ο κώδικας κόμβου ο οποίος υλοποιεί τα πρωτόκολλα IPv6, UDP-RPL με την βοήθεια της βιβλιοθήκης uIP που αναλύθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο. Οι κόμβοι είναι κατάλληλα διαμορφωμένοι για την ικανοποίηση των απαιτήσεων της προσομοίωσης που παρουσιάστηκε στο κεφάλαιο 4.

Πίνακας 11: Κώδικας σε γλώσσα Javascript για την διαχείριση της προσομοίωσης

```

importPackage(java.io);
TIMEOUT(12000000);
log.log("This is a simulation for an energy efficient smart house\n");
datatable=new Array();
i=0;
l=4;
n=0;
outputs = new Object();

//Insert all notes to an array and wait the server to be ready
moteArray = sim.getMotes();
if(! outputs[moteArray[0].toString()])
{
    // Open log_<id>.txt for writing.
    // BTW: FileWriter seems to be buffered.
    outputs[moteArray[0].toString()]= new FileWriter("DB_log_" + moteArray[0]
+".txt");
}
totalenergy=new Array(moteArray.length-3);
for(j=0; j<totalenergy.length;j++)
{
    totalenergy[j]=new Array(2);
}

for(k=0;k<totalenergy.length;k++)
{
    totalenergy[k][0]=1;
    totalenergy[k][1]=0;
    l++;
}

WAIT_UNTIL(id == 1 && msg.equals("Ready to process queries"));

//Remove relation data if exists then wait for server to end the process finally wait
for reply
write(moteArray[1], "remove relation data;");
WAIT_UNTIL(id==1 && msg.equals("END"));
WAIT_UNTIL(id==2);
msgArray = msg.split(' ');
WAIT_UNTIL(msgArray.length==8 && msgArray[7].equals("OK"));

//Create relation data then wait for server to end the process finally wait for reply
write(moteArray[1], "create relation data;");
WAIT_UNTIL(id==1 && msg.equals("END"));
WAIT_UNTIL(id==2);
msgArray = msg.split(' ');

```

```

WAIT_UNTIL(msgArray.length==8 && msgArray[7].equals("OK"));

//Create attributes aa, id and kwh
write(moteArray[1], "create attribute aa domain int in data;");
WAIT_UNTIL(id==1 && msg.equals("END"));
WAIT_UNTIL(id==2);
msgArray = msg.split(' ');
WAIT_UNTIL(msgArray.length==8 && msgArray[7].equals("OK"));

write(moteArray[1], "create attribute node domain int in data;");
WAIT_UNTIL(id==1 && msg.equals("END"));
WAIT_UNTIL(id==2);
msgArray = msg.split(' ');
WAIT_UNTIL(msgArray.length==8 && msgArray[7].equals("OK"));

write(moteArray[1], "create attribute watt domain int in data;");
WAIT_UNTIL(id==1 && msg.equals("END"));
WAIT_UNTIL(id==2);
msgArray = msg.split(' ');
WAIT_UNTIL(msgArray.length==8 && msgArray[7].equals("OK"));

while(1){

    YIELD(); //Wait for another mote output
    msgArray = msg.split(' ');

    if(msgArray[0].equals("DATA"))
    {
        if(id>=4 && msgArray.length == 8)//Check if a mote send data
        {
            datatable[i]=new Array(2);
            datatable[i][1] = parseInt(msgArray[6]); //save data to an array first
            datatable[i][0] = id; //save the id of mote
            totalenergy[id-4][1]=totalenergy[id-4][1]+datatable[i][1]; //calculate for
each mote the total energy consumption
            log.log("datasent["+i+"]: "+datatable[i][1]+" from Node with ID:
"+datatable[i][0]+" and total energy for this node is "+totalenergy[id-4][1]+"\n"); //
print them just for see them
            write(moteArray[1], "insert (" +i+", "+datatable[i][0]+", "+datatable[i]
[1]+") into data;"); //ClientDB with ID=2 inserts data to the DB and then wait for
Server to end the process
            WAIT_UNTIL(id==1 && msg.equals("END"));
            WAIT_UNTIL(id==2);
            msgArray = msg.split(' ');
            WAIT_UNTIL(msgArray.length == 8 &&
msgArray[7].equals("OK"));

            outputs[moteArray[0].toString()].write(datatable[i][0] + " " + datatable[i][1]
+ "\n");

```

```

        if(i==10 || i==20 || i==30 || i==40)
        {
            max=totalenergy[0][1];
            for(j=1;j<totalenergy.length;j++)
            {
                if(max<totalenergy[j][1])
                {
                    max=totalenergy[j][1];
                    n=j;
                }
            }
            log.log("\n\nThe node with the most energy consumption so far is node:
"+totalenergy[n][0]+" with total energy consumption "+max+ " Watts\n\n");
        }
        i++;
        if(i==41)
        {
            break;
        }
    }
}
}
outputs[moteArray[0].toString()].close();
SCRIPT_TIMEOUT();//stop the simulation

```

Ο κώδικας του πίνακα 11 υλοποιήθηκε με σκοπό να διασφαλίζεται η ομαλή λειτουργία κατά την διάρκεια της προσομοίωσης. Οι λειτουργίες που λαμβάνουν μέρος αρχικά είναι η δημιουργία ενός πίνακα στην βάση δεδομένων με τρεις ιδιότητες, όπου αποθηκεύονται τα δεδομένα. Στην συνέχεια για κάθε έξοδο από οποιοδήποτε αισθητήρα τα δεδομένα εισάγονται στην βάση δεδομένων. Το συγκεκριμένο σενάριο εμφανίζει και ποιος κόμβος καταναλώνει την περισσότερη ενέργεια. Τέλος οι έξοδοι των αισθητήρων μαζί με το αναγνωριστικό τους αποθηκεύονται και σε ένα αρχείο για την μελλοντική χρήση των δεδομένων αυτών.

Πίνακας 12: Απόσπασμα κώδικα Visual Basic για το παράδειγμα στο κεφάλαιο 3

```

Imports Microsoft.Office.Interop
Imports System.Windows.Forms.DataVisualization.Charting

Public Class Form1
    Dim MyExcel As New Excel.Application
    Friend refflist As New ArrayList
    Friend elelist As New ArrayList

    Private Sub Form1_Load(sender As Object, e As EventArgs) Handles MyBase.Load
        init()
        demosel.SelectedIndex = 0
        If reref.Text = "On" Then
            refsensor.Start()
        End If
        If reele.Text = "Idle On" Or reele.Text = "On" Then
            elesensor.Start()
        End If
    End Sub

```

```

End If
Chart1.Titles.Add("Overall kWh")
refresh.Start()
End Sub
Private Sub Form1_Closing(sender As Object, e As EventArgs) Handles
MyBase.Closing
MyExcel.DisplayAlerts = False
MyExcel.Workbooks.Close()
MyExcel = Nothing
End Sub

```

Στο κομμάτι κώδικα του πίνακα 12 παρουσιάζονται τα αρχικά βήματα της εφαρμογής που αναπτύχθηκε για μια σύντομη επίδειξη των δυνατοτήτων της τεχνολογίας των αισθητήρων.

Πίνακας 13: Συνάρτηση init() για την αρχικοποίηση των μεταβλητών μίας συσκευής

```

Private Sub init()
refrid.Text = "Always On"
refpic.Image = My.Resources.greensign
sref.Text = "Yes"
refdata.Text = "0"
reref.Text = "On"
End Sub

```

Πίνακας 14: Συνάρτηση κατά την οποία διαχειρίζονται τα δεδομένα σε ομαλή λειτουργία και σε λειτουργία βλάβης

```

Private Sub refsensor_Tick(sender As Object, e As EventArgs) Handles
refsensor.Tick
checkifOpen()
If demosel.SelectedItem = "Normal" Or demosel.SelectedItem =
"Overload" Then
If MyExcel.ActiveCell().Value > Nothing Or
MyExcel.ActiveCell.Text > Nothing Then
refdata.Text = MyExcel.ActiveCell.Value 'fetching sensor's
data from a file
reflist.Add(MyExcel.ActiveCell.Value) 'add data to an
ArrayList
Form2.r1 = reflist
Form2.rtime.Add(TimeOfDay.ToString("hh:mm:ss")) 'getting
system's current timestamp
MyExcel.ActiveCell.Offset(1, 0).Activate()
Else
Form2.r1.Add(0)
Form2.rtime.Add(TimeOfDay.ToString("hh:mm:ss"))
End If
ElseIf demosel.SelectedItem = "Refrigerator Malfunction" Then 'This
is for demonstration purposes of refrigerator malfunction
If MyExcel.ActiveCell().Value > Nothing Or
MyExcel.ActiveCell.Text > Nothing Then
refdata.Text = MyExcel.ActiveCell.Value
reflist.Add(MyExcel.ActiveCell.Value)
Form2.r1 = reflist
Form2.rtime.Add(TimeOfDay.ToString("hh:mm:ss"))
MyExcel.ActiveCell.Offset(1, 0).Activate()
My.Computer.Audio.PlaySystemSound(Media.SystemSounds.Exclamation)
End If

```



```
End If
End Sub
```

Για την υλοποίηση αυτής της εφαρμογής χρησιμοποιήθηκε ρολόι (timer) σαν αισθητήρας για την αποστολή δεδομένων.

Πίνακας 15: Συνάρτηση απεικόνισης συγκριτικού γραφήματος της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας

```
Private Sub refresh_Tick(sender As Object, e As EventArgs) Handles
refresh.Tick
    Chart1.Series.Clear()

    Dim r As New Series
    Dim el As New Series
    Dim m As New Series
    Dim c As New Series
    Dim d As New Series
    Dim w As New Series
    Dim l As New Series
    r.Name = "Refrigerator"
    el.Name = "Electric"
    m.Name = "Microwave"
    c.Name = "Coffee Machine"
    d.Name = "Dish Machine"
    w.Name = "Washing Machine"
    l.Name = "Lights"

    r.ChartType = SeriesChartType.Line
    el.ChartType = SeriesChartType.Line
    m.ChartType = SeriesChartType.Line
    c.ChartType = SeriesChartType.Line
    d.ChartType = SeriesChartType.Line
    w.ChartType = SeriesChartType.Line
    l.ChartType = SeriesChartType.Line

    If reflist.Count <> 0 Then
        For i = 0 To reflist.Count - 1
            r.Points.AddY(reflist(i))
        Next
    Else
        r.Points.AddY(0)
    End If

    If elelist.Count <> 0 Then
        For i = 0 To elelist.Count - 1
            el.Points.AddY(elelist(i))
        Next
    Else
        el.Points.AddY(0)
    End If

    If miclist.Count <> 0 Then
        For i = 0 To miclist.Count - 1
            m.Points.AddY(miclist(i))
        Next
    Else
        m.Points.AddY(0)
    End If

    If coflist.Count <> 0 Then
```

```

        For i = 0 To coflist.Count - 1
            c.Points.AddY(coflist(i))
        Next
    Else
        c.Points.AddY(0)
    End If

    If dislist.Count <> 0 Then
        For i = 0 To dislist.Count - 1
            d.Points.AddY(dislist(i))
        Next
    Else
        d.Points.AddY(0)
    End If

    If waslist.Count <> 0 Then
        For i = 0 To waslist.Count - 1
            w.Points.AddY(waslist(i))
        Next
    Else
        w.Points.AddY(0)
    End If

    If liglist.Count <> 0 Then
        For i = 0 To liglist.Count - 1
            l.Points.AddY(liglist(i))
        Next
    Else
        l.Points.AddY(0)
    End If

    Chart1.Series.Add(r)
    Chart1.Series.Add(e1)
    Chart1.Series.Add(m)
    Chart1.Series.Add(c)
    Chart1.Series.Add(d)
    Chart1.Series.Add(w)
    Chart1.Series.Add(l)
End Sub

```

Πίνακας 16: Κώδικας για πληροφορίες ενέργειας μίας συσκευής

```

Imports System.Windows.Forms.DataVisualization.Charting

Public Class Form2
    Friend r1 As New ArrayList
    Friend rtime As New ArrayList

    Private Sub Form2_Load(sender As Object, e As EventArgs) Handles MyBase.Load
        Chart1.Titles.Add("Refridgerator Kwh")
        rrefresh.Start()
    End Sub

```

```
Private Sub rrefresh_Tick(sender As Object, e As EventArgs) Handles  
rrefresh.Tick  
    Chart1.Series.Clear()  
  
    Dim s As New Series  
    s.Name = "KwH"  
    s.ChartType = SeriesChartType.Area  
    For i = 0 To r1.Count - 1  
        s.Points.AddXY(rtime(i), r1(i))  
    Next  
    Chart1.Series.Add(s)  
End Sub  
End Class
```