



ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΜΑΤΙΚΗΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ ΚΑΙ
ΤΗΛΕΜΑΤΙΚΗ

ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ: ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΑ ΔΙΚΤΥΑ ΚΑΙ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ
ΤΗΛΕΜΑΤΙΚΗΣ

**Τίτλος Εργασίας: Διαμόρφωση περιβάλλοντος έξυπνου σπιτιού με βάση το
Διαδίκτυο των Πραγμάτων**
Διπλωματική Εργασία

Όνομα φοιτητή: Δελίτσικος Χρήστος



Αθήνα, 2021



ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΜΑΤΙΚΗΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ ΚΑΙ

ΤΗΛΕΜΑΤΙΚΗ

ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ: ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΑ ΔΙΚΤΥΑ ΚΑΙ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ

ΤΗΛΕΜΑΤΙΚΗΣ

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Επιβλέπων

Δημητρακόπουλος Γεώργιος

Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεματικής, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο

Μέλη

Τσερπές Κωνσταντίνος

Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεματικής, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο

Βαρλάμης Ηρακλής

Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεματικής, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο

Ο Δελίτσικος Χρήστος

δηλώνω υπεύθυνα ότι:

- 1)** Είμαι ο κάτοχος των πνευματικών δικαιωμάτων της πρωτότυπης αυτής εργασίας και από όσο γνωρίζω η εργασία μου δε συκοφαντεί πρόσωπα, ούτε προσβάλλει τα πνευματικά δικαιώματα τρίτων.
- 2)** Αποδέχομαι ότι η ΒΚΠ μπορεί, χωρίς να αλλάξει το περιεχόμενο της εργασίας μου, να τη διαθέσει σε ηλεκτρονική μορφή μέσα από τη ψηφιακή Βιβλιοθήκη της, να την αντιγράψει σε οποιοδήποτε μέσο ή/και σε οποιοδήποτε μορφότυπο καθώς και να κρατά περισσότερα από ένα αντίγραφα για λόγους συντήρησης και ασφάλειας.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την οικογένειά μου για την υπομονή και υποστήριξη τους τόσο κατά την διάρκεια εκπόνησης της συγκεκριμένης εργασίας όσο και καθ' όλη την διάρκεια των μεταπτυχιακών μου σπουδών.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή της διπλωματικής μου εργασίας, επίκουρο καθηγητή κ. Δημητρακόπουλο καθώς και την υποψήφια διδάκτορα κ. Πολίτη, οι οποίοι με εμπιστεύτηκαν και υποστήριξαν πλήρως κατά την διάρκεια της.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω το σύνολο των καθηγητών του Χαροκοπέιου Πανεπιστημίου, με τους οποίους είχα την τύχη να συνεργαστώ, για την ορθή καθοδήγηση αλλά και τις χρήσιμες συμβουλές τους.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Περίληψη στα Ελληνικά.....	8
Περίληψη στα Αγγλικά.....	9
Κατάλογος Εικόνων.....	10
Κατάλογος Πινάκων.....	12
Συντομογραφίες.....	13
Εισαγωγή.....	15
ΚΕΦ.1: Διαδίκτυο των Πραγμάτων.....	16
1.1. Γενική Περιγραφή.....	16
1.2. Έξυπνη Πόλη.....	17
1.3. Έξυπνη Ενέργεια.....	21
1.4. Έξυπνη Μεταφορά.....	23
1.5. Έξυπνη Γεωργία.....	24
1.6. Έξυπνη Υγεία.....	27
ΚΕΦ.2: Έξυπνο Σπίτι.....	31
2.1. Εισαγωγή.....	31
2.1.1. Ο όρος <Έξυπνο Σπίτι>.....	31
2.1.2. Ιστορική Αναδρομή.....	32
2.1.3. Προσφορά Έξυπνου Σπιτιού.....	33

2.1.4. Κατηγορίες Έξυπνων Σπιτιών.....	33
2.2. Τεχνολογίες του Έξυπνου Σπιτιού.....	36
2.2.1. Wireless Sensor Network (WSN).....	36
2.2.2. Radio Frequency Identification (RFID).....	39
2.2.3. Bluetooth.....	42
2.2.4. ZigBee.....	43
2.2.5. Wireless Fidelity (Wi-Fi).....	44
2.2.6. Near Field Communication (NFC).....	45
2.3. Εφαρμογές του Έξυπνου Σπιτιού.....	47
2.3.1. Εισαγωγή.....	47
2.3.2. Εντοπισμός Κίνησης.....	47
2.3.3. Αναγνώριση Προτύπων.....	50
2.3.4. Ανίχνευση Συναισθημάτων.....	50
2.3.5. Έξυπνα Έπιπλα.....	52
2.3.6. Ενέργεια.....	53
2.3.7. Έξυπνο Ψυγείο.....	55
2.3.8. Έξυπνο Πλυντήριο Ρούχων.....	57
2.3.9. Έξυπνος Φωτισμός.....	57
2.3.10. Έξυπνος Θερμοστάτης.....	60
ΚΕΦ.3: Διαμόρφωση Περιβάλλοντος Έξυπνου Σπιτιού.....	63
3.1. Θεωρητικό Υπόβαθρο.....	63
3.1.1. Διαμόρφωση Περιβάλλοντος.....	63
3.1.2. Διαμόρφωση Περιβάλλοντος με το Node-RED.....	64
3.1.3. Εγκατάσταση Node-RED.....	66
3.1.4. Ο Editor του Node-RED.....	67
3.2. Προτεινόμενο Σύστημα.....	68
3.2.1. Εισαγωγή.....	68

3.2.2. Χρήση του Scheduler	69
3.2.3. Προτεινόμενος Έλεγχος Θερμοστάτη	71
3.2.4. Interface του Χρήστη	74
3.2.5. Αποτελέσματα της Έρευνας	77
 ΚΕΦ.4: Συμπεράσματα.....	 79
4.1. Πλεονεκτήματα του Συστήματος.....	79
4.2. Μελλοντικές Επεκτάσεις.....	79
 Βιβλιογραφία.....	 81

Περίληψη

Την τελευταία δεκαετία, σύσσωμη η επιστημονική κοινότητα έχει στραφεί στην αναζήτηση νέων μεθόδων οι οποίες θα είναι ικανές να καλύψουν με άκρως αποτελεσματικό και γρήγορο τρόπο τις ανάγκες και τους ασθματικούς ρυθμούς που επιβάλλει η σύγχρονη κοινωνία. Σημαντικός αρωγός της προσπάθειας αυτής, είναι και το Διαδίκτυο των Πραγμάτων. Ένα από τα μεγαλύτερα και το πιο ενδιαφέρον εγχειρήματα αυτού, είναι αναμφίβολα και αυτό του έξυπνου σπιτιού.

Ο σκοπός της παρούσας έρευνας, είναι η παρουσίαση ενός καινοτόμου περιβάλλοντος για την διαχείριση της θέρμανσης του έξυπνου σπιτιού το οποίο είναι άκρως φιλικό προς τον χρήστη. Στα πλαίσια αυτού, παρουσιάζονται τα πλεονεκτήματα του συγκεκριμένου συστήματος συγκριτικά με την μέθοδο χρήσης οποιασδήποτε μορφής αισθητήρα αλλά και ο τρόπος λειτουργίας του μέσω μίας προσομοίωσης.

Ο στόχος της συγκεκριμένης έρευνας, είναι η παρουσίαση των τεχνολογιών που διέπουν ένα έξυπνο σπίτι μέσω της ανάλυσης των πλεονεκτημάτων τους και της συνεισφοράς τους στην καθημερινή ζωή του σύγχρονου ανθρώπου.

Στο πρώτο κεφάλαιο της έρευνας γίνεται μία γενική περιγραφή μαζί με διαφορά παραδείγματα εφαρμογής, μίας άκρως βασικής έννοιας της παρούσας έρευνας, αυτή του Διαδικτύου των Πραγμάτων. Στο δεύτερο κεφάλαιο, παρουσιάζεται η έννοια του έξυπνου σπιτιού και περιγράφονται οι κατηγορίες του, οι δυνατότητες που παρέχει στους χρήστες του, οι τεχνολογίες που το διέπουν καθώς και οι εφαρμογές των τεχνολογιών αυτών στο περιβάλλον ενός έξυπνου σπιτιού. Στο τρίτο κεφάλαιο, τίθεται σε 24ωρη εφαρμογή η υλοποίηση ενός συστήματος έξυπνης θέρμανσης με την βοήθεια του προγραμματιστικού εργαλείου Node-RED. Στο τέταρτο και τελευταίο κεφάλαιο, γίνεται σχολιασμός των ευρημάτων που προκύπτουν έπειτα και από το πέρας της εκτέλεσης της προσομοίωσης καθώς και των επεκτάσεων του συγκεκριμένου συστήματος που ενδέχεται να προκύψουν στο εγγύς μέλλον.

Λέξεις Κλειδιά: Διαδίκτυο των Πραγμάτων, Έξυπνο Σπίτι, Έλεγχος Περιβάλλοντος Έξυπνου Σπιτιού, Έλεγχος Έξυπνου Θερμοστάτη.

Abstract

In the last decade, the scientific community as a whole has turned to the search for new methods that will be able to meet in a highly effective and fast way the needs and high demands imposed by modern society. The Internet of Things has also been an important helper of this effort. One of the biggest and most interesting ventures of this, is undoubtedly that of the smart home.

The purpose of this study is to present an innovative environment for managing the heating of the smart home which is extremely user friendly. In this context, the advantages of this system are presented compared to the method of using any form of sensor and the way it works through a simulation.

The aim of this research is to present the technologies that govern a smart home through the analysis of their advantages and their contribution to the daily life of modern man.

The first chapter of the research gives a general description along with various examples of application, of a very basic concept of the present research, that of the Internet of Things. The second chapter presents the concept of the smart home and describes its categories, the capabilities it provides to its users, the technologies that govern it and the applications of these technologies in the environment of a smart home. In the third chapter, the implementation of a smart heating system with the help of the Node-RED programming tool is implemented 24 hours a day. In the fourth and last chapter, the findings that emerge after the completion of the simulation as well as the extensions of the specific system that may occur in the near future are commented on.

Keywords: Internet of Things, Smart Home, Smart Home Environment Control, Smart Thermostat Control.

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικ.1: Λογότυπο Internet of Things.....	σ.17
Εικ.2: Έξυπνη Πόλη.....	σ.18
Εικ.3: Τα τρία επίπεδα μίας έξυπνης πόλης.....	σ.19
Εικ.4: Έξυπνο Δίκτυο.....	σ.22
Εικ.5: Internet of Vehicles.....	σ.24
Εικ.6: Γεωργία Ακριβείας.....	σ.25
Εικ.7: IoT Smart Greenhouse.....	σ.26
Εικ.8: Σύστημα Έξυπνης Άρδευσης.....	σ.27
Εικ.9: Internet of Medical Things.....	σ.29
Εικ.10: Έξυπνο Σπίτι.....	σ.31
Εικ.11: Κατηγορίες Έξυπνων Σπιτιών.....	σ.34
Εικ.12: Λογότυπο Wireless Sensor Networks.....	σ.37
Εικ.13: Τυπικό Ασύρματο Δίκτυο Αισθητήρων.....	σ.37
Εικ.14: WSN και Έξυπνο Σπίτι.....	σ.38
Εικ.15: Λογότυπο RFID.....	σ.39
Εικ.16: Τυπική Ετικέτα RFID.....	σ.40
Εικ.17: Τυπικός RFID Reader.....	σ.41
Εικ.18: Τυπικό RFID Σύστημα.....	σ.41
Εικ.19: Λογότυπο Bluetooth.....	σ.42
Εικ.20: Λογότυπο Zigbee.....	σ.44
Εικ.21: Λογότυπο WiFi.....	σ.45
Εικ.22: Λογότυπο NFC.....	σ.46
Εικ.23: Καταστάσεις λειτουργίας NFC.....	σ.46
Εικ.24: Σκοποί και προνόμια των τεχνολογιών του έξυπνου σπιτιού.....	σ. 47
Εικ.25: Καταστάσεις της πόρτας σύμφωνα με τους αισθητήρες προσέγγισης.....	σ.48
Εικ.26: Τεχνικά χαρακτηριστικά φορητής συσκευής Koala.....	σ.49
Εικ.27: Διάγραμμα αλγορίθμου αναγνώρισης φωνής.....	σ.49
Εικ.28: Αναλυτική παρουσίαση συστήματος αναγνώρισης προσώπου.....	σ. 50
Εικ.29: Αρχιτεκτονική συστήματος Smart Home 2.0.....	σ.51
Εικ.30: Εξοπλισμός Smart Home 2.0.....	σ.52
Εικ.31: Οι τέσσερις τεχνικές αλληλεπίδρασης του FURNITURE.....	σ.53
Εικ.32: Κοινωνικά ευσυνείδητο πρωτόκολλο αναμετάδοσης της ενέργειας.....	σ.54
Εικ.33: Συνολική κατανάλωση ενέργειας για κάθε ώρα της ημέρας.....	σ.55
Εικ.34: Περιβάλλον εφαρμογής κινητού για το έξυπνο ψυγείο.....	σ.56
Εικ.35: Αναγνώριση θέσης του αυγού στο ψυγείο.....	σ.57
Εικ.36: Σύστημα ελέγχου φωτισμού NFC με βάση τον κάθε χρήστη.....	σ.58
Εικ.37: RGB Clustering.....	σ.59
Εικ.38: Σύστημα ελέγχου φωτισμού με FISHEYE.....	σ.60
Εικ.39: Παράδειγμα χρήσης επεκτάσεων ClickScript.....	σ.64
Εικ.40: Λογότυπο Node-RED.....	σ.65
Εικ.41: Λογότυπο Node.js.....	σ.65
Εικ.42: Λογότυπο JSON.....	σ.66
Εικ.43: Εντολή εγκατάστασης Node-RED για Windows.....	σ.66
Εικ.44: Εντολή εγκατάστασης Node-RED εκτός Windows.....	σ.67
Εικ.45: Διεύθυνση πρόσβασης στον Editor του Node-RED.....	σ.67
Εικ.46: Το περιβάλλον του Node-RED.....	σ.68

Εικ.47: Το προτεινόμενο σύστημα.....	σ.69
Εικ.48: Τα settings του Scheduler.....	σ.70
Εικ.49: Το node του Scheduler.....	σ.70
Εικ.50: Τα settings του Openweathermap.....	σ.71
Εικ.51: Μεταβλητές από δελτίο καιρού.....	σ.72
Εικ.52: Function για την ρύθμιση του έξυπνου θερμοστάτη.....	σ.73
Εικ.53: Function για τον έλεγχο της θερμοκρασίας περιβάλλοντος.....	σ.74
Εικ.54: Το μενού για την επιλογή της κάθε εφαρμογής.....	σ.75
Εικ.55: Το περιβάλλον ελέγχου του έξυπνου θερμοστάτη.....	σ.76
Εικ.56: Το περιβάλλον ελέγχου της θερμοκρασίας περιβάλλοντος.....	σ.76
Εικ.57: Μετρήσεις έξυπνου θερμοστάτη για το θερμό 24ωρο.....	σ.77
Εικ.58: Μετρήσεις έξυπνου θερμοστάτη για το ψυχρό 24ωρο.....	σ.78

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίν.1: Προδιαγραφές τεσσάρων διαφορετικών έξυπνων θερμοστατών.....	σ.61
Πίν.2: Σύγκριση λειτουργιών διάφορων θερμοστατών.....	σ.62

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

IoT	Internet of Things
ICT	Information and Communication Technologies
IoV	Internet of Vehicles
IoMT	Internet of Medical Things
DLNA	Digital Network Alliance Living
VLSI	Very-Large-Scale integration
WSN	Wireless Sensor Network
RFID	Radio Frequency IDentification
DC	Direct Current
HAN	Home Area Network
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
ISM	Industrial Scientific and Medical
GHz	GigaHertz
Mbps	Megabits per second
MAC	Medium Access Control
WiFi	Wireless Fidelity

AP	Access Point
NFC	Near Field Communication
MHz	MegaHertz
Kbps	Kilobits per second
ANN	Artificial Neural Network
HMM	Hidden Markov Model
USB	Universal Serial Bus
M2M	Machine to machine
SBRS	Social-aware Best Relay Selection
SRRS	Social-aware Random Relay Selection
GUI	Graphics User Interface
RGB	Red Green and Blue
IBM	International Business Machines Corporation
JSON	Javascript Object Notation
IP	Internet Protocol

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τον 21^ο αιώνα, οι αστραπιαίοι ρυθμοί εξέλιξης της τεχνολογίας έχουν έντονη επίδραση στην καθημερινή ζωή των ανθρώπων σε επίπεδο ευκολιών και δυνατοτήτων. Ειδικότερα, την τελευταία δεκαετία, παρατηρείται η ανάπτυξη ενός καινοτόμου κλάδου ο οποίος σε παγκόσμιο επίπεδο αναφέρεται βιβλιογραφικά με τον όρο Διαδίκτυο των Πραγμάτων. Ο συγκεκριμένος κλάδος, περιγράφει την διασύνδεση φυσικών οντοτήτων και αντικειμένων μέσω μίας μορφής διαδικτύου ούτως ώστε να παρέχεται αφενός η δυνατότητα λήψης πληροφοριών από τον εκάστοτε χρήστη αναφορικά με την κατάσταση λειτουργία τους και αφετέρου η δυνατότητα άσκησης ενεργειών πάνω σε αυτά ανεξάρτητα από την τοποθεσία στην οποία βρίσκεται ο χρήστης. Αναπόσπαστο κομμάτι του συγκεκριμένου αυτού κλάδου, αποτελούν τα δίκτυα ασύρματων αισθητήρων. Τα συγκεκριμένα δίκτυα απαρτίζονται από κόμβους μικρών διαστάσεων οι οποίοι είναι σε θέση να παρέχουν χρήσιμες πληροφορίες αναφορικά με διάφορα φυσικά φαινόμενα, έχοντας πάντα ως κύριο χαρακτηριστικό την μεγάλη αυτονομία λειτουργίας αλλά και την χαμηλή κατανάλωση.

Με την πάροδο του χρόνου, ο συνδυασμός αυτών των τεχνολογιών σε συνδυασμό με την ραγδαία ανάπτυξη των smartphones λόγω των δυνατοτήτων που παρέχουν στον τελικό χρήστη να μπορεί να καθορίζει, με γνώμονα τις προσωπικές του προτιμήσεις, τις παραμέτρους διάφορων απομακρυσμένων αντικειμένων. Όλα αυτά είχαν ως αποτέλεσμα, το σπίτι, εκτός από την ανάγκη για ασφάλεια, να μπορεί να καλύψει πολλές περισσότερες ανέσεις. Με αυτόν λοιπόν τον τρόπο, γεννήθηκε ο όρος έξυπνο σπίτι. Πρόκειται για ένα έξυπνο και ιδανικό περιβάλλον το οποίο αλληλεπιδρά δυναμικά και προσαρμόζει τις συνθήκες σύμφωνα πάντα με τις προκαθορισμένες παραμέτρους που του έχει ορίσει ο χρήστης. Στην σύγχρονη εποχή, με την βοήθεια της χρήσης της τεχνολογίας αλλά και της αυτοματοποίησης, πολλές δυσκολίες που προκύπτουν στην καθημερινότητα ενός σπιτιού μπορούν να ξεπεραστούν με μεγαλύτερη ευχέρεια.

ΚΕΦ.1: Διαδίκτυο των Πραγμάτων

1.1. Γενική Περιγραφή

Ο όρος Internet of Things (IoT) αποδόθηκε για πρώτη φορά το 1999 από τον επιχειρηματία και έναν εκ των ιδρυτών της Auto-ID center στο MIT, Kevin Ashton. Ο Ashton, επινόησε τον όρο αυτό προκειμένου να περιγράψει ένα σύστημα όπου τα αντικείμενα που ανήκουν στον φυσικό κόσμο θα μπορούσαν να συνδεθούν με το Διαδίκτυο, μέσω της τεχνολογίας ραδιοσυχνοτήτων RFID.

Στην σημερινή εποχή, ο όρος Διαδίκτυο των Πραγμάτων αναφέρεται στο δίκτυο επικοινωνίας πληθώρας φυσικών αντικειμένων στα οποία υπάρχει πρόσβαση μέσω του διαδικτύου. Τα αντικείμενα αυτά περιέχουν ενσωματωμένη τεχνολογία, όπως λογισμικό, αισθητήρες και δικτυακή συνδεσιμότητα, έτσι ώστε να επιτρέπεται η σύνδεση, η αλληλεπίδραση και η ανταλλαγή δεδομένων τόσο με τις εσωτερικό όσο και με το εξωτερικό περιβάλλον. Το Διαδίκτυο των πραγμάτων επιτρέπει τον απομακρυσμένο έλεγχο των συγκεκριμένων αντικειμένων, μέσω μίας δικτυακής υποδομής, δημιουργώντας με τον τρόπο αυτό ευκαιρίες αλληλεπίδρασης ανάμεσα στον φυσικό κόσμο και τα υπολογιστικά συστήματα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, την άμβλυνση της ακρίβειας και της αποτελεσματικότητας των συσκευών αυτών αλλά και παράλληλα την μείωση του κόστους. Επιπροσθέτως, το IoT είναι βασισμένο σε τεχνολογία που συμπεριλαμβάνει αισθητήρες και ενεργοποιητές τα οποία αποτελούν μέρος των καθημερινών έξυπνων συστημάτων όπως τα έξυπνα οχήματα. Το υπολογιστικό σύστημα αναγνωρίζει ξεχωριστά το κάθε αντικείμενο, προκειμένου να μπορεί η λειτουργία του κάθε ενός από αυτά να είναι τόσο αυτόνομη όσο και σε συνεργασία με την υπόλοιπη διαδικτυακή υποδομή.



Εικόνα 1: Λογότυπο *Internet of Things*

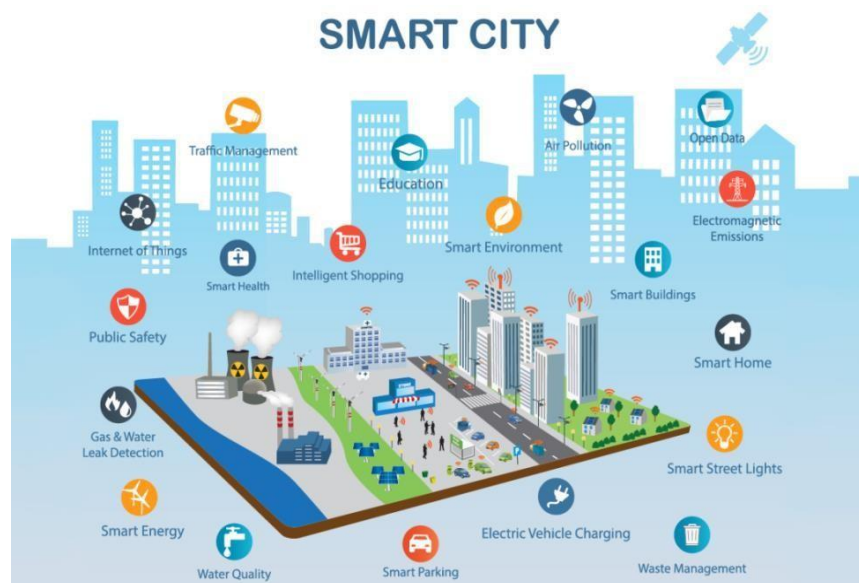
Το Internet of Things αποτελείται από τρία κύρια μέρη. Το πρώτο μέρος, είναι οι συσκευές οι οποίες χρησιμοποιούν RFID τεχνολογία, αισθητήρες και κώδικα έτσι ώστε να συλλέξουν διάφορες πληροφορίες. Το δεύτερο μέρος, είναι τα επικοινωνιακά δίκτυα τα οποία παρέχουν την δυνατότητα συνδεσιμότητας στις συσκευές αυτές. Το τρίτο και τελευταίο μέρος, αποτελούν οι εφαρμογές και τα υπολογιστικά συστήματα τα οποία επεξεργάζονται το σύνολο των δεδομένων που ρέουν από και προς τις συσκευές αυτές.

Το Διαδίκτυο των πραγμάτων αποτελεί αναμφίβολα σημαντικό κομμάτι του μελλοντικού διαδικτύου καθώς πρόκειται για μία δυναμική υποδομή βασισμένη στο διαδίκτυο, η αρχιτεκτονική της οποίας διευκολύνει την αλληλεπίδραση αγαθών και υπηρεσιών. Με πιο απλά λόγια, το μελλοντικό διαδίκτυο θα επιτρέπει σε ανθρώπους και πράγματα να συνδεθούν οποτεδήποτε και από οπουδήποτε. Το IoT προβλέπει ένα μέλλον στο οποίο οι ψηφιακές και φυσικές οντότητες θα έχουν την δυνατότητα να συνδεθούν μέσω κατάλληλων πληροφοριών, τεχνολογιών και επικοινωνιών και να παρέχουν μία εντελώς καινούργια γκάμα εφαρμογών και υπηρεσιών [1,2].

1.2. Έξυπνη Πόλη

Ως <<έξυπνη>>, ορίζεται μία πόλη όπου το περιβάλλον της περικλείεται από μία πληθώρα πληροφοριών, τεχνολογιών και επικοινωνιών με κύριο γνώμονα την προώθηση και την εγκατάσταση πρακτικών βιώσιμης ανάπτυξης για την αντιμετώπιση των συνεχών και αυξανόμενων προκλήσεων που παρουσιάζονται στα μεγάλα αστικά κέντρα. Το μεγαλύτερο μέρος αυτού του περιβάλλοντος απαρτίζεται από ένα δίκτυο συνδεδεμένων αισθητήρων,

συσκευών και μηχανών, οι οποίες χρησιμοποιώντας το Cloud και διάφορες ασύρματες τεχνολογίες έχουν την ικανότητα να μεταδίδουν δεδομένα και πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο. Οι εφαρμογές του Internet of Things που σχετίζονται με το Cloud παρέχουν στους δήμους, στις επιχειρήσεις αλλά και στους πολίτες, την δυνατότητα πρόσβασης και ανάλυσης των πληροφοριών αυτών. Με αυτόν τον τρόπο, γίνεται εφικτή η καλύτερη λήψη αποφάσεων προκειμένου να βελτιωθεί και να ενισχυθεί το η οργάνωση, η διαχείριση και το επίπεδο διαβίωσης μίας πόλης. Με την καθοριστική συμβολή του IoT, καθίσταται δυνατή η αντιστοίχιση μεταξύ των συσκευών και των δεδομένων με την φυσική υποδομή και τις υπηρεσίες που παρέχονται σε μία πόλη, επηρεάζοντας έτσι άμεσα όλους τους τομείς της. Απώτερος σκοπός αυτού, είναι η βελτίωση της βιωσιμότητας, η μεγιστοποίηση των υπηρεσιών προς τους πολίτες, η βελτίωση της ενεργειακής κατανομής, η μείωση του κόστους καθώς και η κυκλοφοριακή αποσυμφόρηση [4].



Εικόνα 2: Έξυπνη Πόλη

Σύμφωνα με μία πρόσφατη επιστημονική ερευνά από τους Bughin, Manyika και Woetzel [5], τα επίπεδα που αλληλεπιδρούν προκειμένου να δημιουργηθεί μία έξυπνη πόλη είναι τρία.

Το πρώτο επίπεδο, είναι η τεχνολογική βάση η οποία απαρτίζεται από ένα σύνολο συσκευών, όπως smartphones και αισθητήρες, που είναι συνδεδεμένες με υψηλής ταχύτητας

δίκτυα επικοινωνίας. Ο ρόλος των αισθητήρων αυτών, είναι η συνεχής και αδιάκοπη λήψη δεδομένων που σχετίζονται με την κυκλοφοριακή ροή, τα επίπεδα κατανάλωσης ενέργειας καθώς και διάφορων άλλων πτυχών της καθημερινής ζωής, προκειμένου τα δεδομένα αυτά να παραληφθούν επιτυχώς από αυτούς που τα χρειάζονται.

Το δεύτερο επίπεδο, αποτελείται από συγκεκριμένες εφαρμογές, ο ρόλος των οποίων είναι να αξιοποιούν με κατάλληλο τρόπο τις εφαρμογές του IoT έτσι ώστε να επεξεργάζονται και να μετατρέπουν τα δεδομένα σε πληροφορίες και ειδοποιήσεις. Αυτές οι εφαρμογές μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ποικίλους τομείς όπως είναι η υγεία, η ασφάλεια, η ενέργεια, το νερό, τα απόβλητα, η κυκλοφορία και η οικονομική ανάπτυξη.

Το τρίτο επίπεδο, είναι η δημόσια χρήση. Οι εφαρμογές που έχουν δημιουργηθεί και προσφερθεί στο ευρύ κοινό, δεν τυγχάνουν πάντοτε της αποδοχής που προορίζονται. Για αυτόν τον λόγο, μία εφαρμογή μπορεί να θεωρηθεί ως επιτυχημένη μόνο εάν υιοθετηθεί ευρέως και καταφέρει να διαφοροποιήσει σημαντικά τις συμπεριφορές των πολιτών παρέχοντάς τους την δυνατότητα να κάνουν καλύτερες επιλογές.



Εικόνα 3: Τα τρία επίπεδα μίας έξυπνης πόλης

Βασικές τεχνολογίες, όπως τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων, οι ανοιχτού τύπου πλατφόρμες, οι ευρυζωνικές υπηρεσίες υψηλής ταχύτητας και το cloud computing, αποτελούν κύρια στοιχεία της υποδομής μίας έξυπνης πόλης. Βάσει Ευρωπαϊκού σχεδίου που έχει δημιουργηθεί οι έξυπνες πόλεις που στηρίζονται στα παρακάτω έξι χαρακτηριστικά:

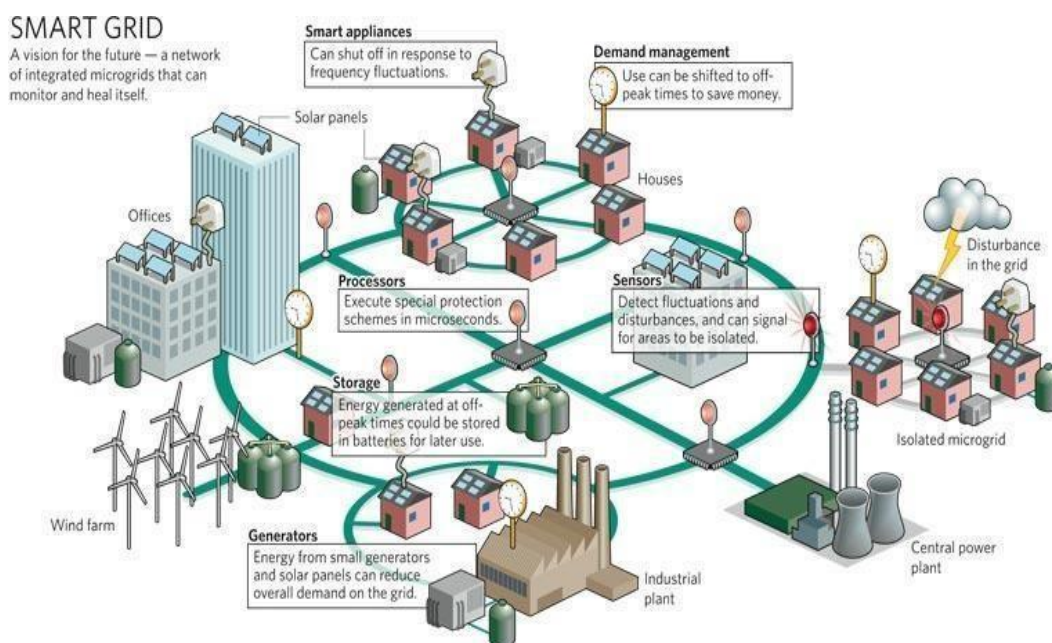
- **Έξυπνη Οικονομία:** Σχετίζεται με την οικονομία στην οποία είναι βασισμένη μία έξυπνη πόλη και αφορά κυρίως το ηλεκτρονικό εμπόριο και το ηλεκτρονικό επιχειρείν εξαιτίας της ανάπτυξης που παρέχουν τα ηλεκτρονικά μέσα στις αγοραπωλησίες προϊόντων και αγαθών. Μία οικονομία σαν αυτή θα πρέπει να είναι σε θέση να στηρίζεται στις καινοτόμες λύσεις που προσφέρουν οι νέες τεχνολογίες, στην παραγωγικότητα, στην ελαστικότητα της αγοράς εργασίας, στην προώθηση οικονομικής ευρωστίας σε αστικό επίπεδο, στην επιχειρηματικότητα και να προσαρμόζεται ανάλογα σε ενδεχόμενες αλλαγές που προκύπτουν.
- **Έξυπνη Διαβίωση:** Χωρίς έναν ενεργό και ενημερωμένο άνθρωπο δεν υφίστανται έξυπνες πόλεις και για αυτόν ακριβώς τον λόγο ένα περιβάλλον IoT θα παρέχει την δυνατότητα στους κατοίκους της να έχουν πρόσβαση, τόσο στο κοινωνικό όσο και στο πολιτικό γίνεσθαι. Με την αξιοποίηση των υπηρεσιών και υποδομών του κράτους, δημιουργείται ανάπτυξη στους τομείς της υγείας, της εκπαίδευσης, του τουρισμού και του πολιτισμού, βελτιώνεται σε μεγάλο βαθμό η ποιότητα ζωής και η κοινωνική συνοχή στην πόλη.
- **Έξυπνο Περιβάλλον:** Χαρακτηρίζεται από την χρήση της έξυπνης ενέργειας μέσω των πλεγμάτων ενέργειας (Energy Grids) τα οποία στηρίζονται σε δομές ICT, συμπεριλαμβανομένων και των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Αναφέρεται στον έλεγχο και την παρακολούθηση της προκαλούμενης ρύπανσης, την ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση υλικών αλλά και τον έλεγχο, την ανοικοδόμηση και την ανακαίνιση κτιρίων και υποδομών. Ακόμα, περιλαμβάνονται αστικές υπηρεσίες όπως ο φωτισμός δημόσιων χώρων, η διαχείριση των υδάτινων πόρων, η διαχείριση των αποχετευτικών συστημάτων καθώς και η διαχείριση αποβλήτων και απορριμμάτων.

- **Έξυπνη Κινητικότητα:** Ένα αρκετά μεγάλο πλήθος ερευνών και αναλύσεων, έχουν αναδείξει την επιτακτική ανάγκη αναθεώρησης του τρόπου μετακίνησης των πολιτών σε μία πόλη. Ο όρος έξυπνη κινητικότητα αναφέρεται στα ολοκληρωμένα συστήματα μεταφορών και εφοδιαστικών αλυσίδων που στηρίζονται σε τεχνολογίες ICT. Πιο αναλυτικά, κάτι τέτοιο περιλαμβάνει την εγκατάσταση τεχνολογιών πληροφορίας και επικοινωνίας σε αυτοκίνητα, λεωφορεία και τρένα. Απώτερος στόχος αυτού, είναι η βελτίωση της μετακίνησης, η εξοικονόμηση όσο το δυνατόν περισσότερου χρόνου αλλά και δαπανών, η μείωση της εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα και η δικτύωση των χρηστών του συστήματος κινητικότητας μέσω μίας πιο βελτιωμένης παροχής υπηρεσιών και πληροφοριών.
- **Έξυπνη Διακυβέρνηση:** Αφορά την χρήση τεχνολογίας για τον καλύτερο σχεδιασμό στον τρόπο λήψης κυβερνητικών αποφάσεων. Οι τεχνολογίες σε επίπεδο υλικού, λογισμικού και υποδομής θα είναι αυτές που θα παράγουν και θα τροφοδοτούν με τα απαιτούμενα δεδομένα τους αρμόδιους φορείς. Οι εκάστοτε κυβερνήσεις θα είναι σε θέση να παρέχουν την απαιτούμενη διαφάνεια στους πολίτες, καθώς η συμμετοχή αυτών στην λειτουργία της διοίκησης θα είναι πολύ μεγαλύτερη, προάγοντας έτσι δημοκρατικές διαδικασίες εξαιτίας του γεγονότος ότι οι διαδικασίες λήψης αποφάσεων θα κοινοποιούνται. Κατά συνέπεια, μία τέτοια πόλη θα μπορεί να χαρακτηριστεί ως πιο αποτελεσματική, έχοντας μάλιστα και μικρότερο κόστος διοίκησης [6].

1.3. Έξυπνη Ενέργεια

Τα τελευταία χρονιά, είναι πλέον αναμφισβήτητο ότι η ανάγκη των τοπικών φορέων για αλλαγή πολιτικής στον τρόπο κατανάλωσης της ενέργειας ολοένα και αυξάνεται. Για αυτόν ακριβώς τον λόγο, καθίσταται επιτακτική η ανάγκη ανάπτυξης ευέλικτων ηλεκτρικών δικτύων των οποίων η λειτουργία θα πρέπει να βασίζονται σε υποδομές του IoT και πιο συγκεκριμένα σε ένα ηλεκτρονικό ενεργειακό πλέγμα (Smart Grid). Αυτό το πλέγμα ενέργειας θα πρέπει να έχει την δυνατότητα να ελέγχει με ηλεκτρονικό τρόπο την παραγωγή, την αποθήκευση αλλά και την διανομή της ενέργειας αυτής. Τα μελλοντικά δίκτυα ενέργειας θα πρέπει να αποτελούνται

από ενεργειακές πηγές μικρής και μεσαίας απόδοσης που θα μπορούν να συνδυαστούν με μονάδες ηλεκτρικής ενέργειας. Τέτοιες πηγές ενέργειας θα μπορούσαν για παράδειγμα να είναι τα ορυκτά καύσιμα και οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπως τα φωτοβολταϊκά και οι ανεμογεννήτριες. Μεγάλη πρόκληση ωστόσο, αποτελεί ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη μίας υποδομής που θα αποτελείται από τέτοια ενεργειακά συστήματα διότι απαιτούνται αισθητήρες που θα μπορούν να καταγράφουν τις ανάγκες των καταναλωτών σε πραγματικό χρόνο έτσι ώστε να είναι σε θέση οι ίδιοι να διαχειρίζονται με τον τρόπο που επιθυμούν τα ενεργειακά αποθέματα. Ένα τέτοιο χαρακτηριστικό παράδειγμα, μπορούν να αποτελέσουν διάφορες ηλεκτρικές συσκευές οι οποίες θα έχουν την δυνατότητα να λειτουργούν συγκεκριμένες ώρες της ημέρας προκειμένου να επιτευχθεί εξοικονόμηση ενέργειας. Ένα άλλο σημαντικό ζήτημα το οποίο θα πρέπει να ληφθεί ιδιαίτερα υπόψη, είναι η ασφάλεια που θα είναι σε θέση να παρέχουν τα δίκτυα μετάδοσης της πληροφορίας. Το έξυπνο πλέγμα αναμένεται να έχει την ικανότητα να λειτουργεί σαν ένα Διαδίκτυο στο οποίο η λειτουργία των πακέτων ενέργειας θα είναι ακριβώς ίδια με αυτή των πακέτων δεδομένων. Συνεπώς, η ακεραιότητα αυτών των πακέτων δεν θα τίθεται σε κίνδυνο επειδή με την βοήθεια των αισθητήρων θα μπορεί να βρεθεί η βέλτιστη διαδρομή.



Εικόνα 4: Έξυπνο Δίκτυο

Έτσι λοιπόν εισάγεται μία καινοτομία μία δικτυακή υποδομή στον χώρο της ενέργειας με την ονομασία Διαδίκτυο της Ενέργειας. Η υποδομή αυτή, στηρίζεται σε δέκτες και σε αναμεταδότες, που χαρακτηρίζονται από διαλειτουργικότητα, αλλά και σε πρωτόκολλα επικοινωνίας τα οποία θα επιτρέπουν τόσο την επικοινωνία και την παρακολούθηση του δικτύου σε πραγματικό χρόνο όσο και την παραγωγή, την αποθήκευση και την διανομή της ενέργειας. Επιπλέον, το Internet of Energy (IoE) θα διαθέτει την δυνατότητα παροχής συμβουλών προς τον χρήστη με στόχο την βελτιστοποίηση της ατομικής του ενεργειακής κατανάλωσης. Με την συμβολή έξυπνων μετρητών, οι οποίοι θα βασίζονται σε ασύρματα δίκτυα αισθητήρων, ο χρήστης θα λαμβάνει σε πραγματικό χρόνο πληροφορίες αναφορικά με την στιγμιαία κατανάλωση ενέργειας. Τέλος, αξίζει να αναφερθεί ότι ένα κομβικό στοιχείο των έξυπνων δικτύων ηλεκτρικής ενέργειας αναμένεται να γίνει μακροπρόθεσμα και η ηλεκτροκίνηση. Πιο συγκεκριμένα, τα ηλεκτρικά οχήματα θα είναι συνδεδεμένα με στοιχεία IoT γεγονός που θα τους επιτρέπει να λειτουργούν ταυτόχρονα και ως φορτία αλλά και ως κινητές αποθήκες ενέργειας ανάλογα με την κατάσταση φόρτισης, την τιμή της ενέργειας και το χρονοδιάγραμμα χρήσης [7].

1.4. Έξυπνη Μεταφορά

Η σύνδεση των οχημάτων με το Internet δημιουργεί μία γκάμα νέων εφαρμογών και δυνατοτήτων. Κατά συνέπεια, η έννοια του Διαδικτύου των Οχημάτων αποτελεί πλέον αναμφισβήτητα μία τάση για τις έξυπνες μεταφορές στο εγγύς μέλλον. Το Internet of Vehicles, θα βασίζεται σε έξυπνους αισθητήρες οι οποίοι θα βρίσκονται διάσπαρτα τοποθετημένοι κατά μήκος των οδικών υποδομών και των υποδομών κυκλοφοριακού ελέγχου. Οι αισθητήρες αυτοί, θα έχουν την ικανότητα να συλλέγουν πληροφορίες σχετικά με διάφορες παραμέτρους όπως για παράδειγμα ο δρόμος, η κατάσταση της κυκλοφορίας και οι καιρικές συνθήκες.



Εικόνα 5: *Internet of Vehicles*

Οι προκλήσεις που θα πρέπει να αντιμετωπιστούν σε όλα τα σενάρια του IoV είναι αρκετές. Πρώτον, το πλήθος των πληροφοριών που θα συλλέγεται και θα αποδίδεται από τους αισθητήρες θα πρέπει να είναι αξιόπιστο. Επίσης, καθίσταται αναγκαία η αντιμετώπιση των προβλημάτων που ενδέχεται να προκύψουν από τον μεγάλο όγκο δεδομένων. Επιπλέον, κρίνεται απαραίτητη η δημιουργία μηχανισμών οι οποίοι θα είναι υπεύθυνοι για την φόρτιση των ηλεκτρονικών συστημάτων. Επιπροσθέτως, μία ακόμα πρόκληση αποτελεί το κατά πόσο ευέλικτη θα είναι η τιμολόγηση της ηλεκτρικής ενέργειας των έξυπνων οχημάτων. Ακόμα, το IoT θα πρέπει να αποτελεί αναπόσπαστο μέρος του ελέγχου και της διαχείρισης του εκάστοτε οχήματος έτσι ώστε να καθίσταται εφικτή η προληπτική συντήρηση του οχήματος, η έγκυρη διαθεσιμότητα ανταλλακτικών καθώς και η απομακρυσμένη διάγνωση και υποστήριξη. Τέλος, η ενσωμάτωση του IoT στα οχήματα θα πρέπει να βοηθά σε σημαντικό βαθμό στην αποσυμφόρηση της κυκλοφορίας αλλά και στην μείωση των τροχαίων ατυχημάτων. Προκειμένου να στεφθεί με επιτυχία κάτι τέτοιο, απαιτείται η δυνατότητα επικοινωνίας του οχήματος με την υποδομή ελέγχου της κυκλοφορίας και του συστήματος διαχείρισης της έξυπνης πόλης [7].

1.5. Έξυπνη Γεωργία

Η εκμηχάνιση της γεωργίας επέφερε πολυάριθμες διευκολύνσεις, όπως αύξηση του μεγέθους των αγροκτημάτων και πολλαπλασιασμό της παραγωγής. Εντούτοις, δεν κατάφερε να διαχειριστεί με ορθό τρόπο τους φυσικούς πόρους εξαιτίας του ότι έπαιρνε πάντα ως παραδοχή το γεγονός ότι οι αγροί είναι ομοιόμορφοι. Αυτό είχε ως άμεσο επακόλουθο την αύξηση του

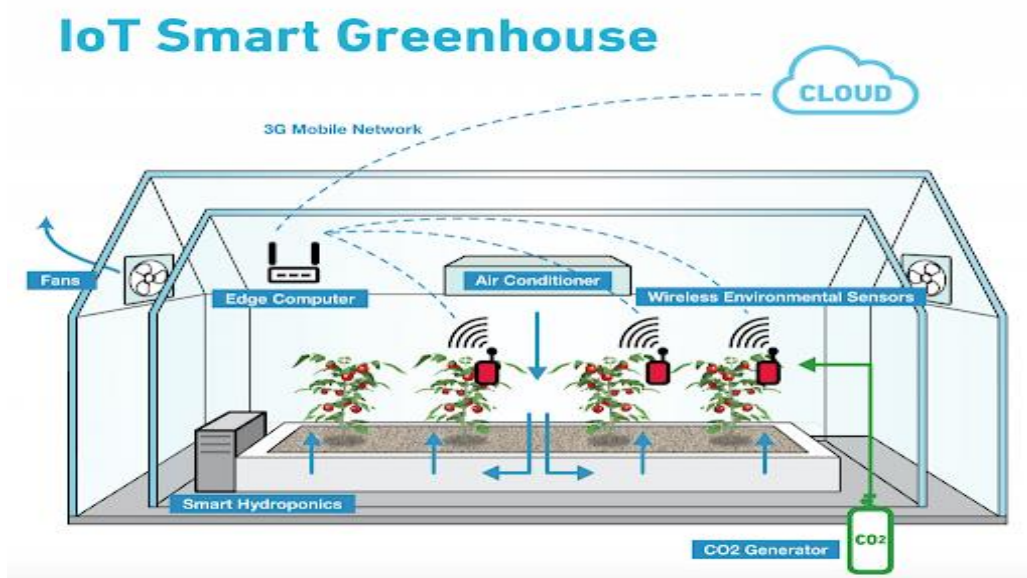
κόστους παραγωγής, την σπατάλη φυσικών πόρων αλλά και την ρύπανση του περιβάλλοντος. Η εφαρμογή του Internet of Things στον αγροτικό τομέα, είναι ένα ανερχόμενο πρότυπο το οποίο έχει σημειώσει ιδιαίτερα σημαντική πρόοδο τα τελευταία χρόνια εξαιτίας των ποικίλων εφαρμογών που έχουν πραγματοποιηθεί τόσο σε επιστημονικό όσο και σε ερευνητικό επίπεδο. Με την εισαγωγή της τεχνολογίας του IoT και συνεπώς την δυνατότητα συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων, γίνεται εφικτή η εξέλιξη και η ανάπτυξη του αγροτικού τομέα καθώς έρχεται στο προσκήνιο ένας καινούργιος κλάδος που δεν είναι άλλος από την Γεωργία Ακριβείας. Σε αντίθεση με τις συμβατικές μεθόδους αγροτικής παραγωγής, η Γεωργία Ακριβείας διαχειρίζεται τον αγρό σε μικρότερες ζώνες οι οποίες ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα σε μεγαλύτερο βαθμό καθώς εμφανίζουν μία σχετική ομοιομορφία μεταξύ τους. Με την καθοριστική συμβολή του IoT, παρέχεται στους αγρότες η δυνατότητα επίβλεψης των καλλιεργειών τους με απώτερο σκοπό την διασφάλιση της ποιότητας των παραγόμενων προϊόντων αλλά και την ορθολογική διαχείριση των πόρων.



Εικόνα 6: Γεωργία Ακριβείας

Η χρήση τεχνολογιών στον αγροτικό τομέα, όπως το IoT, καθιστά δυνατή τον έλεγχο του μικροκλίματος στις εσωτερικές εγκαταστάσεις ενός εμπορικού θερμοκηπίου. Τα όρια γύρω από τα επίπεδα θερμοκρασίας και υγρασίας σε ένα θερμοκήπιο είναι ιδιαιτέρως στενά και για αυτό ο έλεγχος των επιπέδων αυτών κρίνεται κάτι παραπάνω από αναγκαίος. Όταν τα συγκεκριμένα αυτά όρια ξεπεραστούν, είτε προς τα κάτω είτε προς τα πάνω, τότε ο εκάστοτε ιδιοκτήτης της συγκεκριμένης μονάδας θα μπορεί να ειδοποιηθεί μέσω κειμένου στο προσωπικό του κινητό τηλέφωνο ή ακόμα και μέσω μηνύματος στην διεύθυνση του ηλεκτρονικού του ταχυδρομείου.

Επιπλέον, σε μία τέτοια ανάλογη περίπτωση θα ήταν ιδιαίτερα χρήσιμο εάν τα συστήματα υποδοχής ενεργοποιούσαν αυτόματα τους απαραίτητους μηχανισμούς προκειμένου να επιτευχθεί η επαναφορά της θερμοκρασίας και της υγρασίας στα επιθυμητά επίπεδα.



Εικόνα 7: *IoT Smart Greenhouse*

Με την χρήση του IoT και των ασύρματων δικτύων αισθητήρων, ο αγρότης διαθέτει την δυνατότητα να παρακολουθεί σε πραγματικό χρόνο τα διάφορα δεδομένα μέσα από την λεγόμενη έξυπνη άρδευση. Αυτό έχει ως άμεσο επακόλουθο, ο αγρότης, εκτός από μία γενική εικόνα των συνθηκών που επικρατούν στο αγρόκτημα, να διαθέτει την δυνατότητα παρακολούθησης του κάθε φυτού ξεχωριστά μέσω ενός προσωπικού συστήματος άρδευσης έτσι ώστε να παράσχει στο κάθε φυτό την κατάλληλη ποσότητα νερού την κατάλληλη χρονική στιγμή. Σε μία τέτοια ανάλογη περίπτωση, τα πλεονεκτήματα που απορρέουν είναι η άμβλυνση της ποιότητας των παραγόμενων αγαθών, η ελάττωση του κόστους παραγωγής, ο περιορισμός των αποβλήτων καθώς και η αποδοτικότερη χρήση του νερού μέσω της αυτοματοποιημένης άρδευσης των καλλιεργειών.



Εικόνα 8: Σύστημα Έξυπνης Άρδευσης

Αξιοσημείωτη επίσης, μπορεί να καταστεί η χρήση του IoT για την ανίχνευση ζώων σε πραγματικό χρόνο. Σε πολλές χώρες, της Ευρωπαϊκής Ένωσης κυρίως, οι κυβερνήσεις χορηγούν επιδοτήσεις στους αγρότες ανάλογα με τον αριθμό των ζώων που διαθέτουν. Σε αρκετές περιπτώσεις όμως, ο ακριβής προσδιορισμός του αριθμού είναι αρκετά δύσκολος και η πιθανότητα απάτης είναι ιδιαίτερος αυξημένη. Στην ελαχιστοποίηση της απάτης αυτής, μπορούν να βοηθήσουν έξυπνα συστήματα αναγνώρισης, κάτι το οποίο έχει ήδη καθιερωθεί σε εθνικό και διεθνές εμπόριο. Επίσης, χάρη στην εφαρμογή αυτών των συστημάτων αναγνώρισης, καθίσταται δυνατός ο έλεγχος, η έρευνα και η πρόληψη ασθενειών των ζώων καθώς και η ταυτοποίηση αυτών που έχουν εμβολιαστεί ή ελέγχονται από κάποιον επίσημο οργανισμό ελέγχου ασθενειών [7].

1.6. Έξυπνη Υγεία

Τον 21^ο αιώνα είναι γενικά αδιαμφισβήτητο το γεγονός ότι το κόστος παροχής υγειονομικής περίθαλψης, ιδιαίτερα στις ανεπτυγμένες χώρες, ολοένα και αυξάνεται. Η μείωση του ποσοστού των γεννήσεων σε συνδυασμό με την αύξηση του προσδόκιμου ζωής των ανθρώπων, έχουν επιφέρει την γήρανση του παγκόσμιου πληθυσμού. Εκτός από όλα αυτά, η μαζική αύξηση των δαπανών τόσο στους μισθούς των επαγγελματιών της υγείας όσο και στο κόστος των φαρμάκων και του διαγνωστικού εξοπλισμού, άσκησαν τεράστια πίεση στους προϋπολογισμούς των διαφόρων κρατικών φορέων. Σε αρκετές περιπτώσεις μάλιστα, η

υγειονομική περίθαλψη καθίσταται ακόμα πιο δαπανηρή λόγω της επιτακτικής ανάγκης ορισμένων ασθενών να παραμείνουν στο νοσοκομείο καθ' όλη την διάρκεια της θεραπείας τους, εξαιτίας της έλλειψης ιατρικών συσκευών οι οποίες να έχουν την δυνατότητα να παρέχουν εξ αποστάσεως πληροφορίες για την υγεία των ασθενών σε εξουσιοδοτημένους επαγγελματίες υγείας. Όλα αυτά είχαν ως αποτέλεσμα, οι διατάξεις για την φροντίδα υγείας, μέσα στα νοσοκομεία και τις κλινικές, να υπόκεινται σε περιορισμούς οι οποίοι θα μπορούσαν άνετα να χαρακτηριστούν ως αυστηροί.

Η διαθεσιμότητα ενός έξυπνου περιβάλλοντος διαβίωσης με την μορφή ενός έξυπνου σπιτιού θα μπορούσε να βοηθήσει στον μετριασμό ή ακόμα και στην εξάλειψη μερικών πτυχών αυτού του προβλήματος, απελευθερώνοντας έτσι πόρους οι οποίοι σε διαφορετική περίπτωση θα πήγαιναν για την μακροπρόθεσμη στήριξη της υγείας του κάθε ασθενούς. Το Internet of Medical Things (IoMT) προσφέρει επεμβατικές λύσεις που έχουν την δυνατότητα να μεταμορφώσουν την παροχή υγειονομικής περίθαλψης με άκρως ριζικό τρόπο, παρέχοντας τεράστια οφέλη όπως αξιοπιστία και οικονομική προσιτότητα. Με αυτόν τον τρόπο, η τηλεϊατρική επιτρέπει την απομακρυσμένη παροχή υγειονομικής περίθαλψης και επιτρέπει σε επιστήμονες, γιατρούς και άλλους επαγγελματίες του ιατρικού τομέα να εξυπηρετούν περισσότερους ασθενείς, επιτυγχάνοντας έτσι όσο το δυνατόν περισσότερο την απελευθέρωση του ασθενούς από τους νοσοκομειακούς περιορισμούς. Τα βασικά πλεονεκτήματα που προσφέρουν οι εφαρμογές του IoMT στο τομέα της υγείας είναι η μείωση του αυξανόμενου κόστους υγειονομικής περίθαλψης, τα βελτιωμένα αποτελέσματα ασθενών, η έγκαιρη διαχείριση κάποιας νόσου λόγω της μετάδοσης των δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, η εμφανώς βελτιωμένη εμπειρία του χρήστη και η επίτευξη ενός καλύτερου βιοτικού επιπέδου.

Ο δεύτερος τομέας, είναι η πρόληψη και η διαχείριση χρόνιων ασθενών. Οι συσκευές IoMT παρέχουν πολλές εναλλακτικές λύσεις τόσο για την πρόληψη όσο και για την αντιμετώπιση χρόνιων νοσημάτων όπως ο διαβήτης, η υπέρταση αλλά και η καρδιακή ανεπάρκεια. Τέτοιες συσκευές μπορεί να είναι είτε wearable συσκευές, είτε συσκευές περίθαλψης, είτε ακόμα και ιατρικές συσκευές οικιακής χρήσης. Επιπλέον, αξίζει να αναφερθεί ότι υπάρχουν και εφαρμογές υγειονομικής περίθαλψης για smartphone, οι οποίες έχουν την δυνατότητα να έρχονται σε επικοινωνία με ιατρικό προσωπικό ακόμη και στην περίπτωση που αυτό βρίσκεται σε κάποια απομακρυσμένη περιοχή. Με αυτόν τον τρόπο, καθίσταται εφικτή η παρακολούθηση διαφόρων παραμέτρων του ασθενούς, όπως για παράδειγμα το βάρος, η αρτηριακή πίεση, τα επίπεδα σακχάρου στο αίμα αλλά και οι συγκεντρώσεις ηλεκτρολυτών μέσα στο σώμα. Η επεξεργασία των στοιχείων αυτών γίνεται με μεγάλη προσοχή, διότι αυτά ενδέχεται να χρησιμοποιηθούν σε μελλοντικό διάστημα για τυχόν αλλαγές στην θεραπεία.

Ο τρίτος τομέας, σχετίζεται με την προσωπική φροντίδα και την ευεξία. Οι wearable συσκευές, έχουν διευκολύνει σε ύψιστο βαθμό την εποπτεία της υγείας, μέσω ενός συστήματος συνεχούς παρακολούθησης δεδομένων που σχετίζονται με την δραστηριότητα των ασθενών. Πιο συγκεκριμένα, τα δεδομένα αυτά αφορούν την διατροφή, την σωματική δραστηριότητα και την ποιότητα ζωής του εκάστοτε ασθενή, με επιπρόσθετη μάλιστα ικανότητα απομακρυσμένης δικτύωσης των συσκευών αυτών για την παροχή βοήθειας από εμπειρογνώμονες σε πιθανές καταστάσεις έκτακτης ανάγκης.

Ο τέταρτος και τελευταίος τομέας, αφορά την διαχείριση των φαρμάκων που έχουν χορηγηθεί στους ασθενείς. Αυτός ο τομέας περιλαμβάνει την προσθήκη RFID ετικετών, που βασίζονται σε IoMT τεχνολογίες, στις συσκευασίες φαρμάκων. Απώτερος σκοπός της ενέργειας αυτής, είναι να παρέχεται η δυνατότητα στους κατασκευαστές να διαχειρίζονται τυχόν προβλήματα διαθεσιμότητας και κόστους προμήθειας των φαρμάκων, διασφαλίζοντας κατά συνέπεια τον μέγιστο βαθμό ποιότητας της εφοδιαστικής αλυσίδας [3].

ΚΕΦ.2: Έξυπνο Σπίτι

2.1. Εισαγωγή

2.1.1. Ο όρος <<Έξυπνο Σπίτι>>

Ο όρος έξυπνο σπίτι, χρησιμοποιείται για μία κατοικία η οποία είναι εξοπλισμένη από ένα σύνολο τεχνολογικών εφαρμογών που επιτρέπουν την αυτόματη λειτουργία και επικοινωνία μεταξύ των συστημάτων και των συσκευών. Ο βαθμός αυτοματοποίησης καθώς και ο βαθμός ελέγχου ποικίλουν, αφού εξαρτώνται από πολλαπλές και ξεχωριστές παραμέτρους. Ορισμένες από αυτές τις παραμέτρους μπορεί να είναι ο τύπος του κτιρίου στο οποίο θα εγκατασταθεί η τεχνολογία, οι προσωπικές ανάγκες και επιθυμίες του χρήστη, το κόστος καθώς και το είδος των συσκευών που πρόκειται να ελεγχθούν.

Τα στοιχεία που διαχωρίζουν τα έξυπνα σπίτια από τα συμβατικά, είναι οι τεχνολογίες που υπάρχουν στην απλοποίηση διαδικασιών που κάνουν οι ένοικοι καθώς και οι επιλογές που τους προσφέρονται σε καθημερινό επίπεδο, ανεξάρτητα με το εάν βρίσκονται εντός ή εκτός της κατοικίας.



Εικόνα 10: Έξυπνο Σπίτι

Η ουσιαστική διαφορά μεταξύ ενός συμβατικού και ενός έξυπνου σπιτιού δεν είναι η προσθήκη περισσότερων συσκευών ή περισσότερου hardware, αλλά ο αόρατος έλεγχος μέσα

από ένα εξελιγμένο software. Η βασική τεχνολογία υποδομής είναι η ηλεκτρονική δικτύωση όλων των επιμέρους χώρων του έξυπνου σπιτιού με τον υπόλοιπο κόσμο, μέσω ευρυζωνικών συνδέσεων που μεταφέρουν πληροφορίες του λογισμικού. Στις μέρες μας, το πιο συνηθισμένο σενάριο έξυπνου σπιτιού διαθέτει μία ευρυζωνική σύνδεση στο Internet, ένα Windows Media Center ή ένα Linuxbased, ένα οικιακό δίκτυο, μία τηλεόραση καθώς και άλλες συσκευές όπως ηλεκτρονικούς υπολογιστές με δυνατότητα διασύνδεσης με το κέντρο πολυμέσων. Επιπλέον, αξίζει να αναφερθεί το γεγονός ότι το περιβάλλον ενός έξυπνου σπιτιού απαιτεί δύο ειδών πρότυπα. Το πρώτο είδος αποτελείται από πρότυπα για την διασύνδεση των πολυμέσων και των συσκευών ψυχαγωγίας, ενώ το δεύτερο είδος προτύπων, είναι αυτά που επιτρέπουν την ενσωμάτωση νέων συσκευών, εφαρμογών και υπηρεσιών όπως για παράδειγμα το Digital Network Alliance Living (DLNA).

Σύμφωνα με κορυφαίους επιστήμονες, τα έξυπνα σπίτια αναφέρονται σε ηλεκτρικές εγκαταστάσεις που χρησιμοποιούνται στα σπίτια με απώτερο σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας και την παροχή ασφάλειας και άνεσης στους ενοίκους. Οι συγκεκριμένες εγκαταστάσεις αλληλεπιδρούν με το περιβάλλον με την χρήση ενός μέσου επικοινωνίας, με την βοήθεια του οποίου ενεργοποιούνται διάφορες λειτουργίες όπως ο φωτισμός και η ρύθμιση της θερμοκρασίας. Οι εγκαταστάσεις αυτές έχουν τρεις βασικές συνιστώσες. Πρώτον, περιλαμβάνουν μία σειρά από αισθητήρες που έχουν εγκατασταθεί στο σπίτι και μπορούν να παρακολουθούν την συμπεριφορά κάποιου κατοίκου και την αλληλεπίδρασή του με τις οικιακές συσκευές. Δεύτερον, οι συσκευές υποστήριξης μπορούν και αυτές να πραγματοποιήσουν κάποιο είδος δράσης που θα μπορούσε κάποιος κάτοικος να εκτελέσει, όπως για παράδειγμα να ανάψουν ή να κλείσουν τα φώτα. Τρίτον, έχουν ένα δίκτυο επικοινωνίας που συνδέει όλους τους αισθητήρες και τις συσκευές υποστήριξης. Το δίκτυο αυτό, έχει ενσωματωμένα υπολογιστικά εργαλεία τα οποία είναι σε θέση να εφαρμόζουν αλγορίθμους χρησιμοποιώντας δεδομένα από τους αισθητήρες για να λάβει την κατάλληλη απόφαση για το πώς πρέπει να αντιδράσει, ενεργοποιώντας έτσι τους κατάλληλους μηχανισμούς στήριξης [8,9,10,11].

2.1.2. Ιστορική Αναδρομή

Ο όρος έξυπνο σπίτι χρησιμοποιήθηκε επίσημα για πρώτη φορά από τον Αμερικανικό Σύλλογο Κατασκευαστών Σπιτιού το 1984. Ωστόσο, η πρώτη απόπειρα κατασκευής ενός

έξυπνου σπιτιού πραγματοποιήθηκε 4 χρόνια νωρίτερα στην Ιαπωνία. Στην προσπάθεια αυτή, έγινε εγχείρημα ενιαίας λειτουργίας όλων των εφαρμογών και συστημάτων που είχαν ενσωματωθεί στο σύστημα λειτουργίας. Εντούτοις, το εγχείρημα αυτό δεν στέφθηκε με επιτυχία διότι οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές και το διαδίκτυο δεν είχαν ακόμα αρχίσει να δείχνουν με αμυδρό τρόπο την παρουσία τους. Στις αρχές του 21ου αιώνα, όπου το διαδίκτυο, τα ασύρματα δίκτυα και άλλες εφαρμογές άρχισαν να αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι της ζωής του των ανθρώπων, ξεκίνησαν σιγά σιγά τα σπίτια να μετατρέπονται σε «έξυπνα» [10].

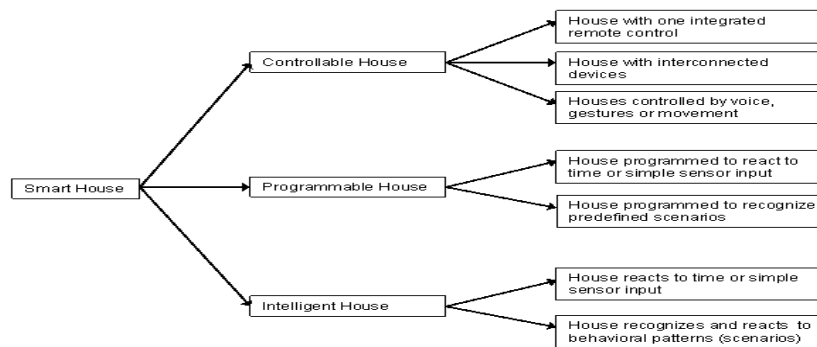
2.1.3. Προσφορά Έξυπνου Σπιτιού

Το έξυπνο σπίτι είναι ένα σύστημα που εισάγει νέες αντιλήψεις στον κατασκευαστικό τομέα και έναν καινούργιο τρόπο ζωής για τους ανθρώπους τόσο της πόλης όσο και της υπαίθρου. Πιο συγκεκριμένα, η καινοτομία αυτή παρέχει στον άνθρωπο την δυνατότητα να ζει και να εργάζεται σε ένα περιβάλλον απλοποιημένο και αναβαθμισμένο, εξασφαλίζοντάς του ασφάλεια, ευκολία, άνεση και μείωση των πάγιων εξόδων.

Ένα από τα διάφορα παραδείγματα έξυπνης συμπεριφοράς που μπορεί να διακρίνει ένα έξυπνο σπίτι, είναι η ρύθμιση της έντασης του φωτισμού σε συνάρτηση με τις εξωτερικές συνθήκες περιβάλλοντος. Ένα δεύτερο χαρακτηριστικό παράδειγμα, είναι η ικανότητα ειδοποίησης των κατάλληλων υπηρεσιών σε ενδεχόμενη περίπτωση πυρκαγιάς ή διάρρηξης. Ένα ακόμη ενδεικτικό παράδειγμα, αποτελεί η δυνατότητα που παρέχεται στους ενοίκους να αποκτήσουν απομακρυσμένη διαχείριση και παρακολούθηση των συσκευών του σπιτιού. Κάτι τέτοιο επιτυγχάνεται μέσω του διαδικτύου ή και ακόμα μέσα από ένα smartphone, από οπουδήποτε και χωρίς κανέναν περιορισμό φυσικής απόστασης [8,9,10,11].

2.1.4. Κατηγορίες Έξυπνων Σπιτιών

Σε γενικές γραμμές, τα έξυπνα σπίτια χωρίζονται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες. Η πρώτη είναι τα «ελεγχόμενα σπίτια» (controllable), η δεύτερη είναι τα «προγραμματιζόμενα σπίτια» (programmable) και η τρίτη είναι τα «ευφυή σπίτια» (intelligent).



Εικόνα 11: Κατηγορίες Έξυπνων Σπιτιών

- Ελεγχόμενα Σπίτια:** Ως «ελεγχόμενα σπίτια», ορίζονται οι κατοικίες εκείνες τις οποίες μπορούν οι κάτοικοί τους να τις ελέγξουν με τρόπο απλό και κατανοητό. Το βασικότερο χαρακτηριστικό των σπιτιών αυτών είναι η ευκολία στην χρήση τους καθώς με τα εξελιγμένα τεχνολογικά συστήματα που διαθέτουν είναι ικανά να παρέχουν στους χρήστες τους ευκολία, άνεση και ευελιξία στην κατοίκηση. Σε αυτή την κατηγορία των έξυπνων σπιτιών, υπάρχει μία κονσόλα σε ρόλο κεντρικής συσκευής η οποία μπορεί να ενσωματώσει όλα τα χειριστήρια των υπόλοιπων συσκευών εντός της κατοικίας. Για παράδειγμα, οι συσκευές ψυχαγωγίας μπορούν να διασυνδεθούν και να προσφέρουν σημαντικές ευκολίες και αμεσότητα στην χρήση τους. Επιπροσθέτως, η επικοινωνία μεταξύ των κατοίκων μπορεί να αποκτήσει μεγαλύτερη αμεσότητα με την χρήση διαφόρων κατάλληλων συσκευών όπως ακουστικά και μικροκάμερες.
- Προγραμματιζόμενα Σπίτια:** Ως «προγραμματιζόμενα σπίτια», ορίζονται εκείνα τα οποία δύναται να προγραμματιστούν με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να είναι σε θέση να ρυθμίζουν και να διαχειρίζονται την λειτουργία των ηλεκτρικών συσκευών ανά πάσα ώρα και στιγμή. Οι ηλεκτρικές αυτές συσκευές ενεργοποιούνται αφού πρώτα ρυθμιστεί η έναρξη λειτουργίας τους, σύμφωνα με την ώρα που επιθυμούν οι ένοικοι. Για παράδειγμα, δίνεται η δυνατότητα στους ενοίκους λίγη ώρα πριν την επιστροφή τους στο σπίτι, να ανάψουν τον ηλεκτρικό φούρνο ορίζοντας μία συγκεκριμένη θερμοκρασία λειτουργίας. Όταν λοιπόν η θερμοκρασία του φούρνου φτάσει στο επιθυμητό επίπεδο, τότε αυτός θα σβήσει αυτόματα. Επιπλέον, οι λειτουργίες αρκετών

«προγραμματιζόμενων σπιτιών» ενεργοποιούνται με την βοήθεια ενός δικτύου ασύρματων αισθητήρων που είναι τοποθετημένο σε αυτά. Με αυτό τον τρόπο, τα σπίτια αυτά δέχονται εντολές από αισθητήρες που είναι διάσπαρτα τοποθετημένοι εντός του χώρου αυτών, τις επεξεργάζονται και αντιδρούν αναλόγως. Ένα τέτοιο χαρακτηριστικό παράδειγμα, μπορεί να αποτελεί η ρύθμιση της έντασης του φωτός μέσα στο σπίτι ανάλογα με την εξωτερική φωτεινότητα. Απαραίτητη προϋπόθεση σε μία τέτοια περίπτωση, θα πρέπει να είναι ο βαθμός αξιοπιστίας του λειτουργικού συστήματος έτσι ώστε να είναι όσο το δυνατόν πιο έγκαιρη και έγκυρη η αξιολόγηση της εκάστοτε κατάστασης. Τα «προγραμματιζόμενα σπίτια» έχουν περισσότερα πλεονεκτήματα παρά μειονεκτήματα συγκριτικά με τα ελεγχόμενα. Το βασικότερο πλεονέκτημα είναι ο διαρκής έλεγχος της κατοικίας, παρά την απουσία των ενοίκων του, επιτυγχάνοντας έτσι οικονομία ενέργειας και χρόνου. Εξίσου σημαντικό πλεονέκτημα είναι το γεγονός ότι όλες οι προγραμματισμένες λειτουργίες γίνονται πάντα με μεγάλο βαθμό ακρίβειας καθώς δεν συνδέονται με τον άνθρωπο, ο οποίος μπορεί ενδεχομένως να ξεχάσει κάποια ενέργεια. Το σημαντικότερο μειονέκτημα των «προγραμματιζόμενων σπιτιών», έγκειται στον πολυσύνθετου χαρακτήρα του τεχνολογικού συστήματος ο οποίος μπορεί να επηρεάσει σε σημαντικό βαθμό την αξιοπιστία και την αναγνώριση της κατάστασης μέσα στο σπίτι. Η αύξηση τόσο των αισθητήρων όσο και της παρουσίας των ατόμων στους χώρους του σπιτιού, είναι ικανή να οδηγήσει το σύστημα σε εσφαλμένη αξιολόγηση των καταστάσεων και κατά συνέπεια στην λήψη λανθασμένων αποφάσεων. Συμπερασματικά, η διαχείριση μεγαλύτερου αριθμού δεδομένων απαιτεί πιο εξειδικευμένα τεχνολογικά συστήματα, βασισμένα σε πολύπλοκο προγραμματισμό τον οποίο τα περισσότερα άτομα δεν τον γνωρίζουν. Κατά συνέπεια, η ανάγκη για βοήθεια από κάποιον ειδικό τεχνικό, κάθε φορά που θα επιχειρείται μία αλλαγή στις ρυθμίσεις του συστήματος, θα είναι κάτι περισσότερο από αναγκαία.

- **Ευφυή Σπίτια:** Τα «ευφυή σπίτια» παρουσιάζουν σε πολύ μεγάλο βαθμό ομοιότητες με τα «προγραμματιζόμενα σπίτια». Η βασική διαφορά ανάμεσα στις δύο αυτές κατηγορίες «έξυπνων σπιτιών», είναι ότι στα προγραμματιζόμενα σπίτια η ενεργοποίηση των εργασιών γίνεται υποχρεωτικά έπειτα από παρέμβαση των χρηστών, ενώ στα «ευφυή σπίτια» όλες οι απαραίτητες ενέργειες εκτελούνται από μόνες τους επειδή τα σπίτια αυτά έχουν την δυνατότητα να αντιληφθούν την εκάστοτε κατάσταση και να

προσαρμοστούν σε αυτή. Πιο συγκεκριμένα, τα «ευφυή σπίτια» είναι ικανά να απομνημονεύουν τις συνήθειες των χρηστών και παράλληλα να αναγνωρίζουν αλληλουχίες κινήσεων καθώς η τεχνολογία τους στοχεύει στην εξυπηρέτηση των αναγκών των κατοίκων, δίχως την παρέμβαση τους στην εκτέλεση των λειτουργιών. Με άλλα λόγια, τα «ευφυή σπίτια» μπορούν να θεωρηθούν εύκολα διαχειρίσιμα για τους χρήστες λόγω του γεγονότος ότι δεν προϋποθέτουν γνώσεις προγραμματισμού. Αντίθετα, σημαντικό μειονέκτημα των «ευφύων σπιτιών» αποτελεί η μη ύπαρξη αντίστοιχων υποδομών και εφαρμογών, επειδή τέτοιου είδους συστήματα χρειάζονται τεράστιο αποθηκευτικό χώρο δεδομένων και υψηλή επεξεργαστική ισχύ [11].

2.2. Τεχνολογίες του Έξυπνου Σπιτιού

2.2.1. Wireless Sensor Network (WSN)

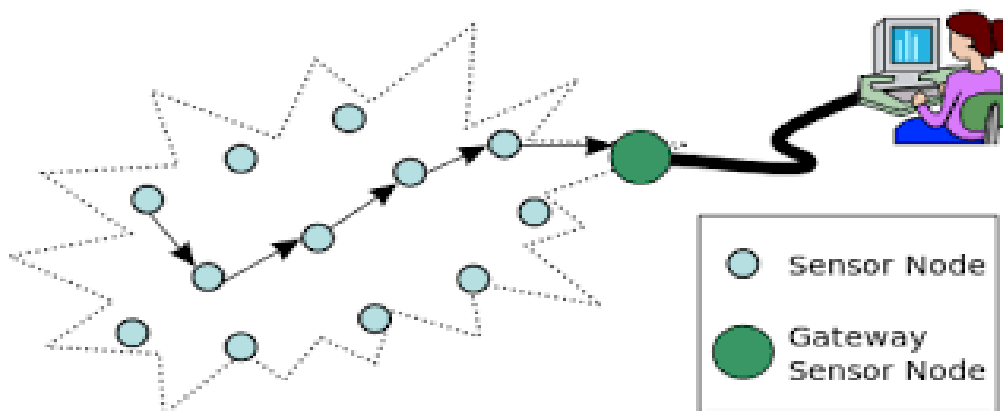
Η ολοένα και αυξανόμενη πρόοδος στις ασύρματες επικοινωνίες, στα ενσωματωμένα συστήματα, στα κυκλώματα VLSI χαμηλής ισχύος και ιδιαίτερα στην τεχνολογία ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων, έχουν συμβάλλει σημαντικά στην ανάπτυξη καινοτόμων αισθητήρων. Αυτοί οι αισθητήρες είναι μικροί, μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους σε μικρές αποστάσεις αλλά και να συλλέγουν και να επεξεργάζονται μεγάλους όγκους δεδομένων χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση ή παρακολούθηση. Τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων είναι μία τεχνολογική καινοτομία που χρησιμοποιείται ευρέως ολοένα και περισσότερο τα τελευταία χρόνια σε πολλούς και διαφορετικούς τομείς, παρέχοντας λύσεις σε εμπορικές, προσωπικές και επιστημονικές ανάγκες, λόγω του συνεχώς χαμηλότερου κόστους, της χαμηλής ισχύος που χρειάζονται και της διακριτικής τους θέσης για την δημιουργία ασύρματου δικτύου. Οι αισθητήρες που χρησιμοποιούνται είναι μικροί, με περιορισμένη ισχύ επεξεργασίας και είναι φτηνοί σε σύγκριση με τους παραδοσιακούς αισθητήρες.

WSN

Wireless Sensor Networks

Εικόνα 12: Λογότυπο Wireless Sensor Networks

Ένα ασύρματο δίκτυο αισθητήρων είναι ένα δίκτυο μικρών κόμβων αισθητήρων που επικοινωνούν το ένα με το άλλο χρησιμοποιώντας ραδιοσήματα, τα οποία αναπτύσσονται για να ελέγχουν, να παρακολουθούν και να αντιλαμβάνονται τον φυσικό κόσμο. Η βασική ιδέα πίσω από τα WSNs, είναι ότι ενώ η ικανότητα του καθενός κόμβου αισθητήρα μεμονωμένα είναι περιορισμένη, η ισχύς ολόκληρου του δικτύου είναι αρκετή για την απαιτούμενη λειτουργία. Σε ένα τυπικό σενάριο, οι χρήστες μπορούν να ανακτήσουν πληροφορίες που τους ενδιαφέρουν από ένα ασύρματο δίκτυο αισθητήρων εισάγοντας ερωτήματα και συλλέγοντας αποτελέσματα από καλεσμένους σταθμούς βάσης, οι οποίοι λειτουργούν ως διεπαφή μεταξύ των χρηστών και του δικτύου.



Εικόνα 13: Τυπικό Ασύρματο Δίκτυο Αισθητήρων

Στις εφαρμογές για οικιακή χρήση, τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων συμβάλλουν στην προώθηση των οικιακών αυτοματισμών και στην υλοποίηση έξυπνων σπιτιών με περιβάλλοντα

που προσαρμόζονται ανάλογα με τις εξωτερικές συνθήκες ή με τις επιλογές του χρήστη. Οι αισθητήρες αυτοί μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους αλλά και με έναν κεντρικό εξυπηρετητή του κάθε δωματίου, συμβάλλοντας έτσι στην άρτια οργάνωση της λειτουργίας του σπιτιού. Ένας στόχος των εφαρμογών αυτών, είναι η μείωση της σπατάλης σε ενέργεια με τον έλεγχο των συνθηκών στο εσωτερικό των κτιρίων όσον αφορά την υγρασία, τον εξαερισμό και τον κλιματισμό. Κατά συνέπεια, δεν επιτυγχάνεται μόνο η εξοικονόμηση ενέργειας, αλλά παράλληλα βελτιώνεται και σε μεγάλο βαθμό το βιοτικό επίπεδο των κατοίκων. Επιπροσθέτως, σε αυτές τις εφαρμογές περιλαμβάνεται και η ενσωμάτωση ασύρματων αισθητήρων σε συσκευές καθημερινής και ευρείας χρήσης ώστε να δημιουργηθεί ένα αυτόνομο έξυπνο δίκτυο. Με αυτόν τον τρόπο, καθίσταται δυνατή η παρακολούθηση των όποιων δραστηριοτήτων του χώρου καθώς και μεταβολές που υφίστανται τα αντικείμενα αυτά, οι οποίες οφείλονται σε ανθρώπινη χειραγώγηση. Επιπλέον, οι παραπάνω κόμβοι έχουν την ιδιότητα να ασκούν επιρροή ο ένας στον άλλον αλλά και σε ένα εξωτερικό δίκτυο μέσω του διαδικτύου ή ενός δορυφόρου. Επομένως, με την χρήση των αισθητήριων κόμβων, οι τελικοί χρήστες έχουν την δυνατότητα να ελέγχουν και να διαχειρίζονται πιο εύκολα τις συσκευές στο σπίτι, τόσο τοπικά όσο και απομακρυσμένα. Τέλος, με την βοήθεια των ασύρματων δικτύων αισθητήρων, καθίσταται δυνατός και ο έλεγχος των μηχανικών επιπέδων πίεσης στις σεισμικά ενεργές ζώνες, εξακριβώνοντας έτσι εάν ένα κτίριο είναι ασφαλές ή βρίσκεται στα όρια της κατάρρευσης [12,16].



Εικόνα 14: WSN και Έξυπνο Σπίτι

Τα WSNs είναι αναμφίβολα ένας τεράστιος και συνεχώς αναπτυσσόμενος τομέας που μπορεί να εξυπηρετήσει μεγάλο αριθμό εφαρμογών και ταυτόχρονα να αντιπροσωπεύει μία πληθώρα ερευνητικών προκλήσεων στο μέλλον, έτσι ώστε να μπορεί να επεκταθεί περαιτέρω και να περιλαμβάνει ακόμη περισσότερες εφαρμογές.

2.2.2. Radio Frequency Identification (RFID)

Το σύστημα RFID αποτελεί ένα υποσύνολο των Συστημάτων Αυτόματου Προσδιορισμού (Automatic Identification Systems) και παράλληλα την τεχνολογική εξέλιξη των ραβδωτών κωδίκων (barcodes). Τα αρχικά RFID προέρχονται από τη φράση "Radio Frequency IDentification", που σημαίνει "ταυτοποίηση μέσω ραδιοσυχνοτήτων". Η αναγνώριση ραδιοσυχνοτήτων (RFID) είναι μία ασύρματη τεχνολογία για την αναγνώριση και παρακολούθηση αντικειμένων χρησιμοποιώντας ραδιοκύματα για την ασύρματη μετάδοση της ταυτότητας των αντικειμένων αυτών. Τα πλεονεκτήματα που προσφέρει το RFID έναντι των παραδοσιακών οπτικών συστημάτων είναι η υψηλή χωρητικότητα αποθήκευσης δεδομένων, η δυνατότητα ταυτόχρονης ανάγνωσης πολλαπλών ετικετών και οι μεγαλύτερες αποστάσεις ανάγνωσης χωρίς την ανάγκη οπτικής όρασης. Ωστόσο, η διεύρυνση της συγκεκριμένης τεχνολογίας στην αγορά δεν χαρακτηρίζεται ιδιαίτερα υψηλή, συγκριτικά με τα παραδοσιακά οπτικά συστήματα αναγνώρισης, εξαιτίας του υπερβολικά υψηλού κόστους των παραδοσιακών ετικετών RFID για εφαρμογές οι οποίες περιλαμβάνουν αντικείμενα χαμηλού κόστους. Τα συστήματα RFID απαρτίζονται από δύο κύρια μέρη. Το πρώτο είναι οι πομποδέκτες (transponders), που συχνά αναφέρονται και ως ετικέτες RFID (RFID tags).



Εικόνα 15: Λογότυπο RFID

Οι ετικέτες RFID είναι μικρά chips τα οποία αποτελούνται από μία κεραία καθώς και από ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα, το οποίο περιλαμβάνει μνήμη ώστε να αποθηκεύει διάφορα δεδομένα και πληροφορίες. Ο ρόλος μίας ετικέτας RFID είναι να μεταδίδει σήματα που περιέχουν δεδομένα της όταν σαρώνεται από τον αναγνώστη. Οι ετικέτες RFID κατηγοριοποιούνται σε ενεργητικές και παθητικές ανάλογα με τον τρόπο επικοινωνίας μεταξύ των ετικετών και των αναγνωστών. Η κύρια διαφορά μεταξύ μίας ενεργητικής και μίας παθητικής ετικέτας, είναι ότι η ενεργητική περιέχει μπαταρία ενώ η παθητική όχι. Η παθητική ετικέτα χρησιμοποιεί το μαγνητικό πεδίο του αναγνώστη και το μετατρέπει σε τάση DC για να δώσει ενέργεια στο κύκλωμα του. Κατά συνέπεια, οι παθητικές ετικέτες είναι φθηνότερες και έχουν μικρότερη εμβέλεια σε σχέση με τις ενεργές ετικέτες.



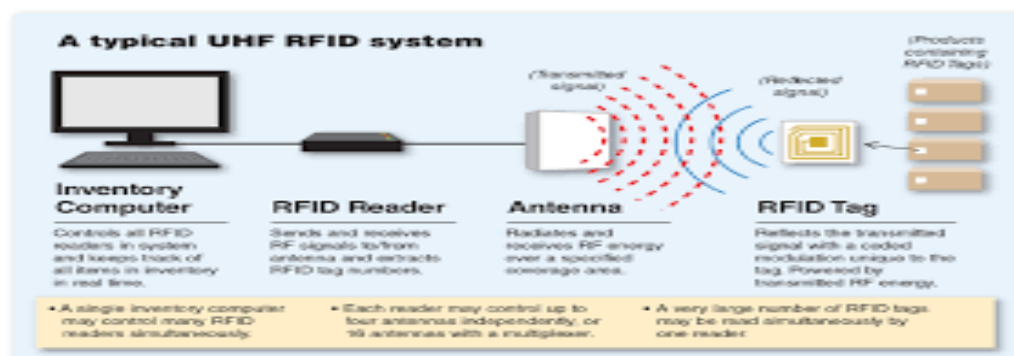
Εικόνα 16: Τυπική Ετικέτα RFID

Το δεύτερο μέρος είναι οι αναγνώστες ή αισθητήρες (readers), οι οποίοι ανακτούν τα δεδομένα από τις ετικέτες RFID. Οι αναγνώστες RFID έχουν ενσωματωμένα μία μονάδα ελέγχου και μία κεραία η οποία αναλαμβάνει την επικοινωνία με τις ετικέτες μέσω ραδιοσυχνοτήτων. Η μονάδα ελέγχου είναι υπεύθυνη για την εκτέλεση δύο λειτουργιών. Η πρώτη ενέργεια αφορά την αποστολή και λήψη σημάτων καθώς και την ανάγνωση και εγγραφή των ετικετών μέσω του ενδιάμεσου λογισμικού. Η δεύτερη ενέργεια αφορά την επικοινωνία με το πληροφοριακό σύστημα.



Εικόνα 17: Τυπικός RFID Reader

Η λειτουργία των συστημάτων RFID είναι απλή και βασίζεται στη δυναμική και αμφίδρομη επικοινωνία των ετικετών και των αναγνώστών. Όταν οι ετικέτες RFID βρεθούν στην εμβέλεια της κεραίας του αναγνώστη, η μονάδα ελέγχου επικοινωνεί μέσω ραδιοκυμάτων με την κεραία των ετικετών RFID. Οι ετικέτες RFID ενεργοποιούνται με τη σειρά τους και επιστρέφουν τα αναζητούμενα δεδομένα στους αναγνώστες. Στην συνέχεια, παρεμβαίνει ένα ενδιάμεσο λογισμικό το οποίο κατανοεί τις πληροφορίες οι οποίες αποστέλλονται από την μονάδα ελέγχου του αναγνώστη και ο αναγνώστης με την σειρά του τις μεταφέρει στο εκάστοτε πληροφοριακό σύστημα.



Εικόνα 18: Τυπικό RFID Σύστημα

Τα συστήματα RFID μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε έξυπνα σπίτια όπου κάθε αντικείμενο μπορεί να συνδεθεί με την βάση δεδομένων του οικιακού δικτύου (HAN), προκειμένου να την κρατήσει ενημερωμένη για τις πληροφορίες σχετικά με τις θέσεις των αντικειμένων. Ως εκ

τούτου, το έξυπνο σπίτι μπορεί να κληθεί να παράσχει πληροφορίες σχετικά με ένα συγκεκριμένο αντικείμενο, όπως για παράδειγμα το κλειδί του αυτοκινήτου ή κάποιο τηλεχειριστήριο. Ακόμα, το σύστημα RFID μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παρακολούθηση των ενοίκων του σπιτιού μέσω της εφαρμογή ετικέτας RFID, χάρη στην οποία καθίσταται εφικτός ο προσδιορισμός της θέσης του κάθε χρήστη εντός του σπιτιού. Ένα από τα προβλήματα της χρήσης ετικετών RFID για την παρακολούθηση των ανθρώπων σε έξυπνα σπίτια είναι ότι η αναγνωσιμότητα των ετικετών RFID είναι δύσκολη κοντά σε νερό ή σε ένα φύλλο μετάλλου. Αυτό σημαίνει ότι η ανίχνευση μίας ετικέτας RFID που συνδέεται με το ανθρώπινο σώμα καθίσταται δύσκολη, δεδομένου ότι το ανθρώπινο σώμα αποτελείται από νερό σε ποσοστό περίπου 60%. Για αυτόν ακριβώς τον λόγο, οι ερευνητές αναζητούν νέους τρόπους για να βελτιωθεί η αναγνωσιμότητα των ετικετών RFID υπό τέτοιες δύσκολες συνθήκες [15,17].

2.2.3. Bluetooth

Η τεχνολογία Bluetooth (IEEE 802.15.1), είναι ένα από τα πλέον πιο διαδεδομένα παγκόσμια ασύρματα πρότυπα το οποίο χρησιμοποιείται ευρέως για την μεταφορά καθημερινών αντικειμένων στον συνδεδεμένο κόσμο. Πρόκειται για μία τεχνολογία ασύρματης διεπαφής που επιτρέπει διάφορες ηλεκτρονικές συσκευές, όπως κινητά τηλέφωνα και αισθητήρες να επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω μίας ασύρματης σύνδεσης μικρής εμβέλειας. Το κύριο χαρακτηριστικό αυτής της τεχνολογίας είναι ότι μπορεί να αντικαταστήσει τα καλώδια που συνδέονται φορητά, διατηρώντας παράλληλα υψηλά επίπεδα ασφάλειας, χαμηλή ισχύ και χαμηλό κόστος. Ένα άλλο μεγάλο πλεονέκτημα του Bluetooth είναι η ικανότητά του να χειρίζεται δεδομένα και φωνή ταυτόχρονα, απλοποιώντας έτσι αποτελεσματικά την επικοινωνία μεταξύ φορητών τερματικών επικοινωνίας.



Εικόνα 19: Λογότυπο Bluetooth

Μία συσκευή Bluetooth χρησιμοποιεί μία ελεύθερη ζώνη γνωστή και ως Industrial scientific medical zone (ISM), η οποία έχει εύρος από 2,4 GHz έως 2,4835 GHz και έχει ρυθμό δεδομένων ο οποίος κυμαίνεται από 1 Mbps έως και 24 Mbps. Το σύστημα Bluetooth υποστηρίζει τόσο συνδέσεις point-to-point όσο και συνδέσεις point-to-multipoint. Το πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται είναι το MAC master-slave, όπου κάθε συσκευή έχει την δυνατότητα να είναι είτε slave είτε master είτε και τα δύο ταυτόχρονα. Με κύριο χαρακτηριστικό ότι η επικοινωνία μεταξύ των slaves περνάει όλο το χρόνο μέσα από τον master. Σε γενικές γραμμές, ένα δίκτυο Bluetooth αποτελείται από μικρά υποδίκτυα ή piconets. Ένα piconet σχηματίζεται από έναν master και από ένας έως 7 σκλάβοι που μοιράζονται το ίδιο κανάλι [13,18].

2.2.4. Zigbee

Το ZigBee είναι ένα ασύρματο πρότυπο χαμηλής ισχύος που ορίζει ένα σύνολο πρωτοκόλλων επικοινωνίας για ασύρματη δικτύωση μικρής εμβέλειας με χαμηλή ταχύτητα δεδομένων. Βασίζεται στο πρότυπο IEEE 802.15.4. και έχει ως κύριο μέλημα την δημιουργία δικτύων προσωπικής περιοχής. Η τεχνολογία ZigBee χρησιμοποιείται κυρίως σε δίκτυα που αποτελούνται από αισθητήρες και απαιτούν πολύπλοκες τοπολογίες, χαμηλούς ρυθμούς μετάδοσης, χαμηλό κόστος και μεγάλη διάρκεια ζωής της μπαταρίας των συσκευών. Οι συσκευές ZigBee διαθέτουν την δυνατότητα να μεταφέρουν δεδομένα σε μεγάλες αποστάσεις με την βοήθεια ενδιάμεσων συσκευών δημιουργώντας έτσι ένα δίκτυο πλέγματος. Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα του ZigBee έγκειται στο γεγονός ότι στις περισσότερες εφαρμογές του, ο συνολικός χρόνος που ασκεί η ασύρματη συσκευή σε οποιοδήποτε είδος δραστηριότητας είναι πολύ περιορισμένος. Για αυτόν ακριβώς τον λόγο, μία συσκευή ZigBee ξοδεύει το μεγαλύτερο μέρος του χρόνου της σε λειτουργία εξοικονόμησης ενέργειας, γνωστή και ως κατάσταση αναστολής λειτουργίας. Ως αποτέλεσμα, οι συσκευές αυτές είναι σε θέση να λειτουργούν για αρκετά χρόνια πριν να αντικατασταθούν οι μπαταρίες τους.



Εικόνα 20: Λογότυπο Zigbee

Οι οικιακές εφαρμογές του παραπάνω προτύπου διακρίνονται για την ασφαλή δικτύωση, την μεγάλη διάρκεια ζωής της μπαταρίας και τον χαμηλό ρυθμό δεδομένων. Το χαμηλό κόστος έχει επιτρέψει στην τεχνολογία αυτή να αναπτυχθεί ευρέως σε ασύρματες εφαρμογές ελέγχου και παρακολούθησης, ενώ η χαμηλή κατανάλωση ισχύος της επιτρέπει μεγαλύτερη διάρκεια ζωής με μικρότερες μπαταρίες. Οι συγκεκριμένες εφαρμογές απαιτούν τεχνολογία που προσφέρει αξιοπιστία, μεγάλη διάρκεια ζωής της μπαταρίας, χαμηλό κόστος συστήματος, αυτόματη ή ημιαυτόματη εγκατάσταση, δυνατότητα εύκολης προσθήκης ή αφαίρεσης κόμβων δικτύου αλλά και σημάτων που μπορούν να περάσουν από τοίχους και οροφές [13,19].

2.2.5. Wireless Fidelity (WiFi)

Το Wireless Fidelity (WiFi), είναι μία τεχνολογία ασύρματης δικτύωσης, με βάση την οικογένεια προτύπων IEEE 802.11, η οποία χρησιμοποιείται ευρέως για την δικτύωση συσκευών τοπικής περιοχής και πρόσβασης στο Διαδίκτυο. Πρόκειται για μία από τις πιο δημοφιλείς τεχνικές που χρησιμοποιούνται σε φορητούς υπολογιστές και συσκευές πρόσβασης στο Διαδίκτυο, όπως δρομολογητές και καλωδιακά μόντεμ.



Εικόνα 21: Λογότυπο WiFi

Η τεχνολογία αυτή παρέχει στους χρήστες της το προνόμιο να κινούνται χωρίς περιορισμούς και να έχουν πρόσβαση στο δίκτυο από σχεδόν οπουδήποτε με ταχύτητες ευρείας ζώνης, όταν αυτοί συνδέονται σε σημείο πρόσβασης (AP) ή σε λειτουργία ad hoc. Στις μέρες μας, το WiFi έχει διαδραματίσει εξαιρετικά σημαντικό ρόλο σε πολλούς και διαφορετικούς τομείς της κοινωνίας για τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του όπως μεγάλη απόσταση μετάδοσης, γρήγορη ταχύτητα μετάδοσης, συμβατότητα με άλλες υπηρεσίες και ασφάλεια δικτύου [13,20].

2.2.6. Near Field Communication (NFC)

Η επικοινωνία κοντινού πεδίου, Near Field Communication (NFC), αποτελεί μία πρότυπη τεχνολογία συνδεσιμότητας, η οποία εξελίσσεται με ραγδαίους ρυθμούς και έχει ως κύριο σκοπό την λύση αρκετών και σημαντικών προβλημάτων. Πρόκειται για μία ασύρματη τεχνολογία μικρής εμβέλειας η οποία λειτουργεί στην συχνότητα των 13,56 MHz και έχει την ικανότητα να μεταφέρει δεδομένα με ρυθμό έως και 424 Kbps. Η τεχνολογία αυτή επιτρέπει την μετάδοση δεδομένων από σημείο σε σημείο μεταξύ των ηλεκτρονικών συσκευών σε εύρος 3,9 ιντσών και έχει γίνει γνωστή κυρίως μέσω της χρήσης της από τα smartphones.



Εικόνα 22: Λογότυπο NFC

Στην τεχνολογία αυτή, υπάρχει πάντα ένας αποστολέας και ένας δέκτης όπου ο αποστολέας δημιουργεί ένα πεδίο ραδιοσυχνότητας προκειμένου να τροφοδοτήσει έναν παθητικό στόχο. Το NFC μπορεί να βρίσκεται σε 3 διαφορετικές καταστάσεις λειτουργίας. Η πρώτη είναι η Tag Reader/Writer, όπου η μία συσκευή είναι Active και η άλλη Passive, επιτρέποντας έτσι την μεταφορά και την λήψη δεδομένων από τις εφαρμογές. Η δεύτερη είναι η Peer to Peer, η οποία ορίζεται σε επίπεδο σύνδεσης για επικοινωνία από συσκευή σε συσκευή. Τέλος, η τρίτη και τελευταία κατάσταση λειτουργίας του NFC είναι η Card emulation, όπου παρέχει την δυνατότητα στις συσκευές NFC να συμπεριφέρονται σαν έξυπνη κάρτα [13,21].



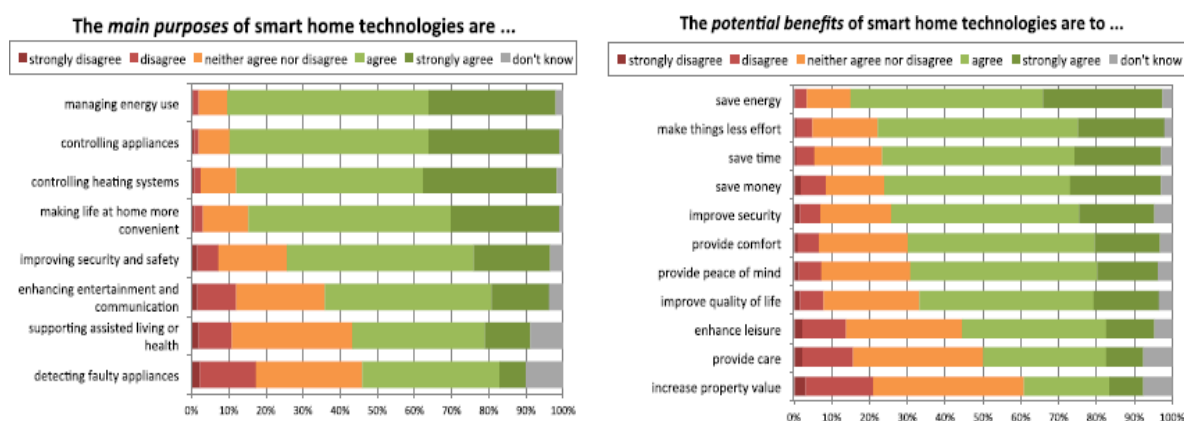
Εικόνα 23: Καταστάσεις Λειτουργίας NFC

Το NFC έχει αναμφίβολα τεράστια χρησιμότητα στην καθημερινότητα του εκάστοτε χρήστη και δεν είναι καθόλου τυχαίο το γεγονός ότι παρατηρείται συνεχής αύξηση στις διαδικασίες οι οποίες αξιοποιούν την τεχνολογία αυτή.

2.3. Εφαρμογές του Έξυπνου Σπιτιού

2.3.1. Εισαγωγή

Την τελευταία δεκαετία, είναι γενικά αδιαμφισβήτητο το γεγονός ότι έχουν γίνει αλματώδη βήματα προόδου σε όλους τους τομείς εφαρμογής του έξυπνου σπιτιού. Μία πρόσφατη έρευνα που εκπονήθηκε από τους Wilson, Hargreaves και Haukwell-Baldwin [22], ανέδειξε τους σκοπούς και τα οφέλη του να χρησιμοποιεί κανείς αυτού του τύπου τις τεχνολογίες. Στην έρευνα αυτή, πήραν μέρος αρκετοί χρήστες των τεχνολογιών αυτών ανά τον κόσμο και οι εκτιμήσεις που έκαναν φαίνονται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 24: Σκοποί και προνόμια των τεχνολογιών του έξυπνου σπιτιού

Από την παραπάνω έρευνα, εύκολα μπορεί κανείς να καταλήξει στο συμπέρασμα ότι τόσο ο κύριος στόχος όσο και η κύρια ωφέλεια των έξυπνων σπιτιών, είναι η διαχείριση και εξοικονόμηση της ενέργειας. Κατά την διάρκεια μίας ημέρας, είναι γενικά αδιαμφισβήτητο το γεγονός ότι η κατανάλωση ενεργειακών πόρων των οικιακών συσκευών βρίσκεται σε αρκετά υψηλά επίπεδα. Για αυτόν ακριβώς τον λόγο, το IoT βρίσκεται στην θέση, μέσω της κατάλληλης διαχείρισης των συσκευών αυτών, να παρέχει αξιόπιστες λύσεις με σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας, χρόνου και χρημάτων.

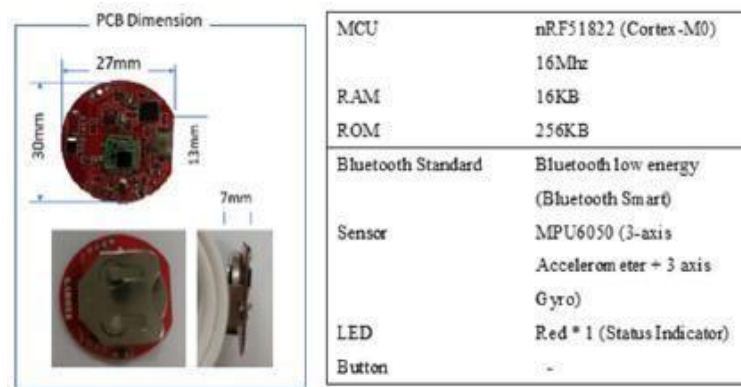
2.3.2. Εντοπισμός Κίνησης

Σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών στις έξυπνες κατοικίες, θα μπορούσαν άνετα να χρησιμοποιηθούν ειδικές τεχνικές για την ανίχνευση ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Ειδικότερα, υπάρχουν διάφορες προσεγγίσεις σχετικά με τον εντοπισμό ενός ατόμου στην είσοδο ή την έξοδο ενός δωματίου του σπιτιού. Για παράδειγμα, μία τέτοια πιθανή προσέγγιση μπορεί να αποτελεί η αξιοποίηση δεδομένων με την βοήθεια ενός παθητικού αισθητήρα υπέρυθρων (PIR), ο οποίος παρακολουθεί την παρουσία και ενός αισθητήρα εφέ αίθουσας ο οποίος παρακολουθεί εάν κάποια πόρτα ανοίγει ή κλείνει. Μία τέτοια εγκατάσταση μπορεί να θεωρηθεί αρκετά απλή διότι ο κόμβος, στον οποίο είναι συνδεδεμένοι οι αισθητήρες, τροφοδοτείται συνεχώς από μπαταρία και έτσι δεν χρειάζεται καμία επιπρόσθετη εργασία για την εξασφάλιση των αναγκών τροφοδοσίας που πρέπει να εκτελεστούν. Συνοψίζοντας, η μία προσέγγιση που προτείνεται για την ανίχνευση δραστηριότητας, είναι με βάση ένα συρόμενο παράθυρο, ενώ η άλλη με βάση ένα τεχνητό νευρωνικό δίκτυο (ANN) [25].



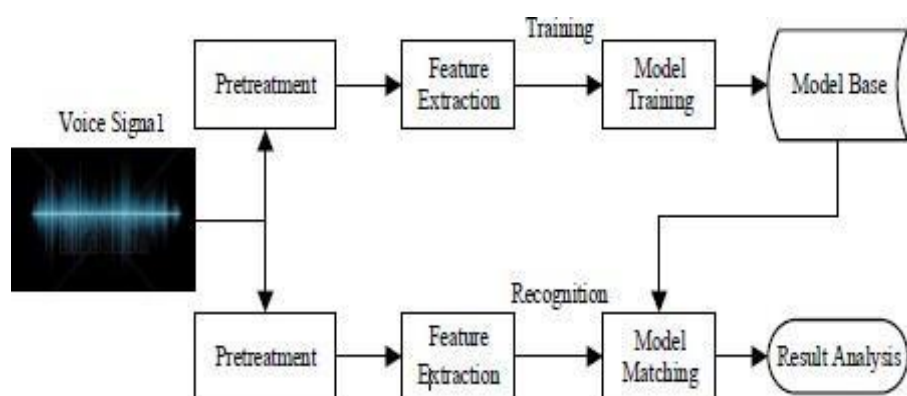
Εικόνα 25: Καταστάσεις της πόρτας σύμφωνα με τους αισθητήρες προσέγγισης

Μία διαφορετική μέθοδος μοντέλου αισθητήρων για τον εντοπισμό κίνησης στο έξυπνο σπίτι, είναι βασισμένη σε δέντρα αποφάσεων (Decision Trees) καθώς και στο στατιστικό μοντέλο κρυφών σημάτων του Markov, Hidden Markov Model (HMM) με την βοήθεια δεδομένων εντοπισμού που προέρχονται από beacons. Σημαντικό πλεονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι το χαμηλό της κόστος, καθώς για την επίτευξη της επιθυμητής επίγνωσης της κατάστασης δεν χρειάζεται τίποτα άλλο πάρα μόνο δύο beacons και μία φορητή συσκευή Koala [26].



Εικόνα 26: Τεχνικά χαρακτηριστικά φορητής συσκευής Koala

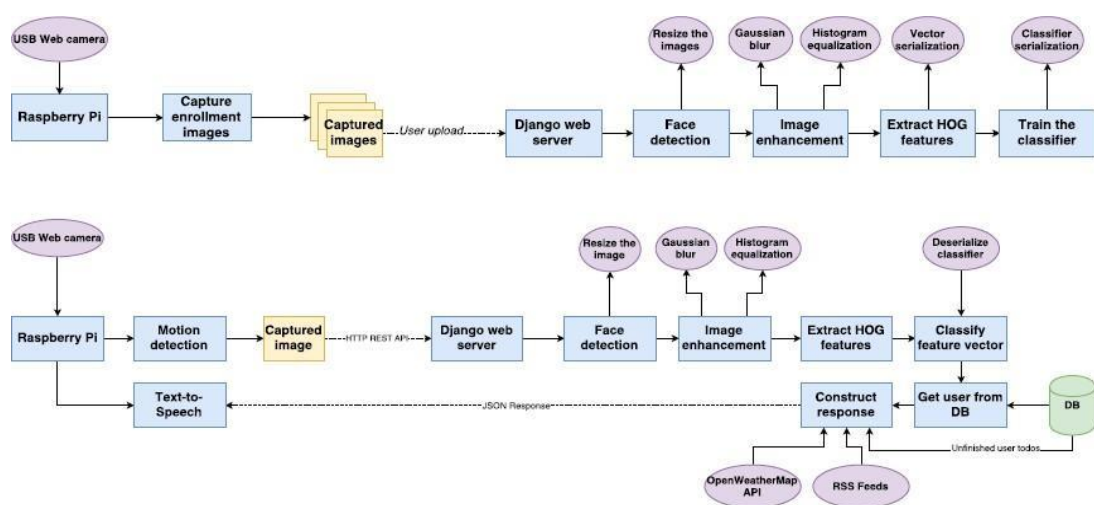
Με αφορμή το γεγονός ότι τόσο οι ηλικιωμένοι όσο και τα άτομα με ειδικές ανάγκες δεν μπορούν να λειτουργήσουν συσκευές στο σπίτι με ευελιξία, σχεδιάστηκε ένα περιβάλλον έξυπνου σπιτιού το οποίο να είναι σε θέση να ελέγχεται από τη φωνή. Αυτό σημαίνει, ότι μέσω φωνητικών εντολών το σύστημα μπορεί να αλλάξει κατάσταση στο φως, στις κουρτίνες αλλά και να ελέγξει ένα ρομπότ το οποίο μπορεί να μεταφέρει αντικείμενα από και προς τους χρήστες, εντοπίζοντας το σήμα ομιλίας ακόμη και αν κάποιος άλλος μιλάει. Σύμφωνα με δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν, το ποσοστό επιτυχίας του συστήματος βρίσκεται περίπου στο 93,3%, πράγμα που σημαίνει ότι το συγκεκριμένο σύστημα είναι κατά μεγάλο βαθμό σε θέση να εκπληρώσει τον επιδιωκόμενο στόχο [27].



Εικόνα 27: Διάγραμμα αλγορίθμου αναγνώρισης φωνής

2.3.3. Αναγνώριση Προτύπων

Μία έρευνα των Rok, Blaž, Žiga, Vitomir και Peter [29], περιγράφει τον τρόπο με τον οποίο τα βιομετρικά δεδομένα με βάση το πρότυπο, μπορούν να αξιοποιηθούν χρησιμοποιώντας ένα Raspberry Pi σε περιβάλλον IoT. Επιπλέον, στην έρευνα αυτή παρουσιάζεται ένα σύστημα πληροφοριών βασισμένο στο διαδίκτυο το οποίο εξασφαλίζεται μέσω διαδικασίας αναγνώρισης προσώπου, παρέχοντας πρόσβαση στους εξουσιοδοτημένους χρήστες σε δυνητικά ευαίσθητες πληροφορίες.



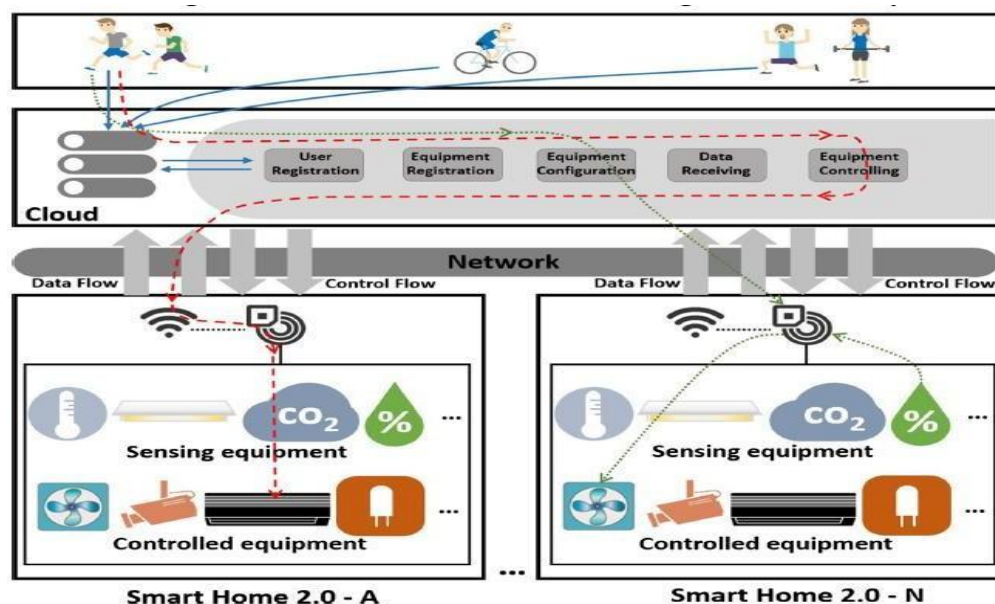
Εικόνα 28: Αναλυτική παρουσίαση συστήματος αναγνώρισης προσώπου

Όπως μπορούμε να διακρίνουμε στο παραπάνω διάγραμμα, υπάρχει μία κάμερα USB συνδεδεμένη στο raspberry. Το raspberry διαθέτει έναν αισθητήρα κίνησης ο οποίος μόλις αναγνωρίσει τυχόν διαφοροποίηση στο πρότυπο, στέλνει το σήμα στον server. Ύστερα, πραγματοποιείται ανάλυση της εικόνας ώστε να βρεθεί σε αυτή το πρόσωπο. Τέλος, μεγθύνεται το σημείο του προσώπου και συγκρίνεται με το αποθηκευμένο πρότυπο.

2.3.4. Ανίχνευση Συναισθημάτων

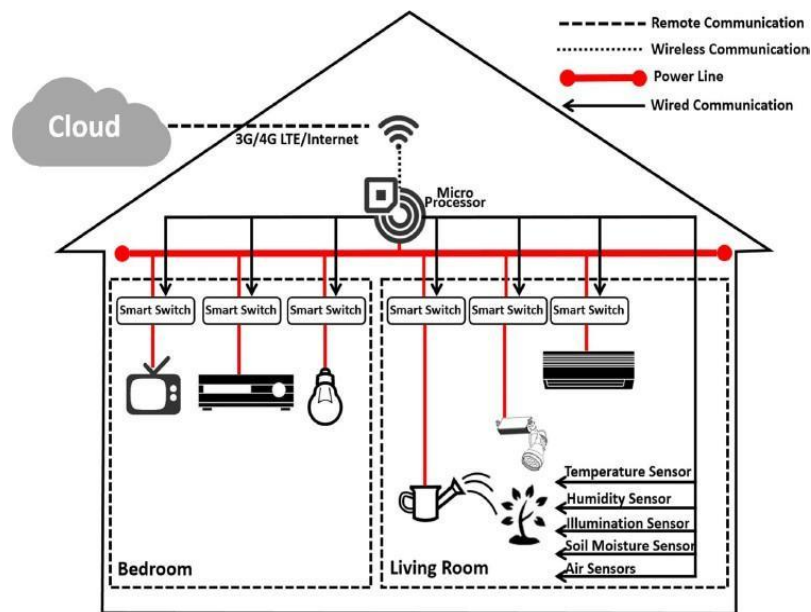
Η συνεχής και αυξανόμενη πρόοδος στο IoT, στην Machine-2-Machine (M2M) επικοινωνία και στις ανθρώπινες τεχνολογίες, όπως η τεχνητή νοημοσύνη και οι εφαρμογές συνειδητοποίησης των συναισθημάτων στο έξυπνο σπίτι, έδωσαν την ευκαιρία για τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη ενός ακόμα πιο έξυπνου σπιτιού το οποίο να διαθέτει γνωστική νοημοσύνη.

Έπειτα από μία άκρως ενδιαφέρουσα έρευνα από τους Chen, Yang, Zhu, Wang, Liu, και Song [28], σχεδιάστηκε ένα πρωτότυπο οικολογικό σύστημα Smart Home 2.0 και παρουσιάστηκε ο εξοπλισμός που απαιτείται.



Εικόνα 29: Αρχιτεκτονική συστήματος Smart Home 2.0

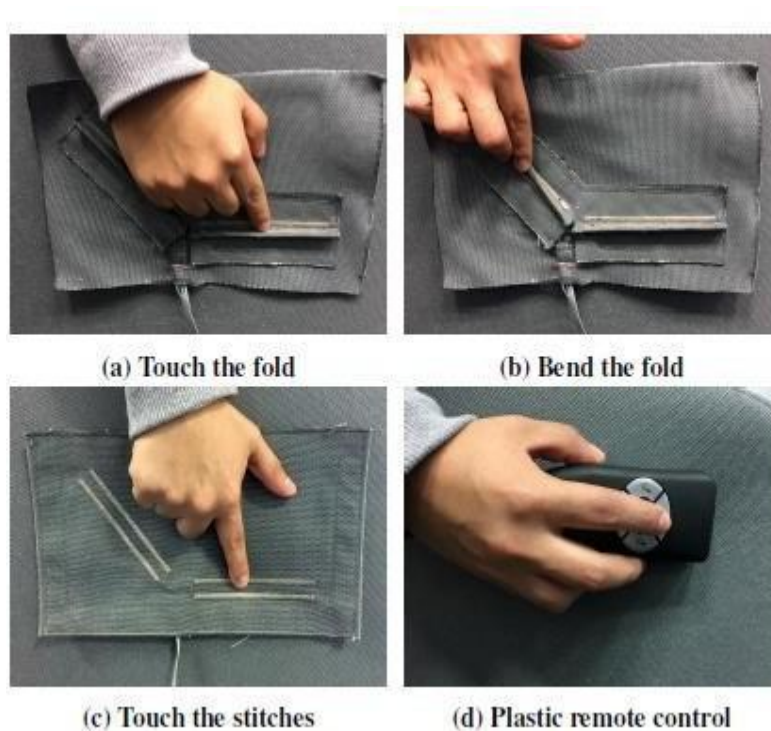
Ο εξοπλισμός αυτός απαρτίζεται από έναν μεγάλο αριθμό switches τα οποία λαμβάνουν πληροφορίες από τις έξυπνες συσκευές και τις ανεβάζουν σε ένα cloud με την βοήθεια ενός μικροελεγκτή. Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται ο τρόπος επικοινωνίας όλων αυτών των συσκευών.



Εικόνα 30: Εξοπλισμός Smart Home 2.0

2.3.5. Έξυπνα Έπιπλα

Οι Brauner, Heek, Ziefle, Hamdan και Borchers [33], σε μία σχετικά πρόσφατη έρευνα που έκαναν με την ονομασία «Interactive FURniTURE», έδειξαν πως είναι εφικτό να μετατρέψουμε σε «έξυπνα» ακόμα και τα έπιπλα ενός σπιτιού. Ειδικότερα, στην έρευνα αυτή περιγράφεται ο έλεγχος μίας μηχανοκίνητης πολυθρόνας μέσα από την ανάπτυξη και αξιολόγηση τριών υφαντικών διεπαφών. Σε αυτή την επιστημονική μελέτη έλαβαν μέρος είκοσι συμμετέχοντες οι οποίοι κλήθηκαν να συγκρίνουν την χρήση ενός τυπικού τηλεχειριστηρίου με τις τρεις τεχνικές αλληλεπίδρασης οι οποίες είναι βασισμένες σε προϊόντα που προέρχονται από τον χώρο της κλωστοϋφαντουργίας. Εν τέλει, η ελαφρώς χαμηλή αξιοπιστία των κλωστοϋφαντουργικών διεπαφών δεν στάθηκε εμπόδιο στο να βρίσκεται σε αρκετά υψηλά επίπεδα η γενική τους αποδοχή. Η αποδοχή αυτή οφείλεται στην δυνατότητα της άμεσης και σχεδόν αόρατης ενσωμάτωσης της διάταξης αλληλεπίδρασης σε υφαντικά αντικείμενα, όπως τα έπιπλα.



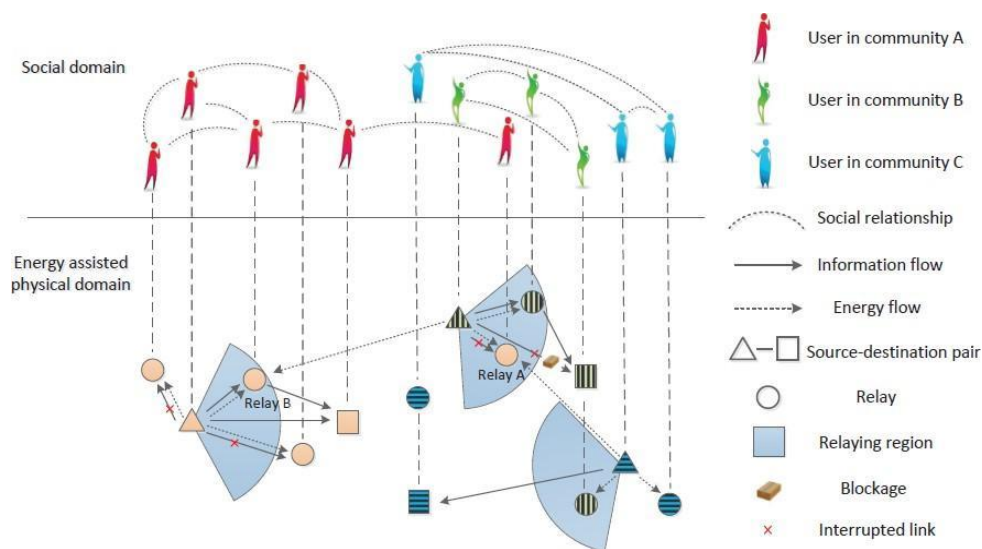
Εικόνα 31: Οι τέσσερις τεχνικές αλληλεπίδρασης του FURNITURE

Ο χρήστης, πραγματοποιώντας την κίνηση που φαίνεται στην Εικόνα 31a, κάνει επαφή μεταξύ δύο γραμμών ανίχνευσης. Όταν αγγίζει την επάνω πλευρά της πτυχής, ο μικροελεγκτής ανιχνεύει την ηλεκτρική επαφή και ανυψώνει το στήριγμα ποδιών της καρέκλας προς τα πάνω. Για όση διάρκεια ο χρήστης διατηρεί επαφή με τη διεπαφή, αυτή συνεχίζει να ανυψώνει το στήριγμα ποδιών της καρέκλας έως ότου αυτό να φτάσει στην επιθυμητή για το χρήστη θέση. Η Εικόνα 31b, αναδεικνύει τον τρόπο αλληλεπίδρασης του χρήστη με την υφαντική δίπλωση, κάνοντάς την να κάμπτεται κατά μήκος του άξονά της προς μία από τις πλευρές του. Στην Εικόνα 31c, απεικονίζεται ένας άμεσος τρόπος αλληλεπίδρασης με την πολυθρόνα. Ο χρήστης χειρίζεται τις ραφές των γραμμών ανίχνευσης με τρόπο παρόμοιο όπως στα παραδείγματα α και β, σε πιθανό ενδεχόμενο που κάποιος επιθυμεί την αλληλεπίδραση χωρίς μάτια. Τέλος, στην Εικόνα 31d διαφαίνεται η χρήση ενός τυπικού χειριστηρίου.

2.3.6. Ενέργεια

Τα τελευταία χρόνια, ολοένα και περισσότεροι ένοικοι συμβατικών σπιτιών εισάγουν λειτουργικότητες παρακολούθησης και ελέγχου σε αυτά, μετατρέποντας τα σε «έξυπνα». Αποτέλεσμα αυτού, ήταν η στρέψη ολόκληρης της επιστημονικής κοινότητας σε έρευνα με σκοπό την εύρεση όσο το δυνατόν αποτελεσματικότερων πρωτοκόλλων χρήσης τους.

Σύμφωνα με την κοινωνικά ευσυνείδητη αναμετάδοση της ενέργειας, έχουν προταθεί πολλά πρωτόκολλα μεταξύ των οποίων έχουν ξεχωρίσει δύο. Το πρώτο, είναι το πρωτόκολλο καλύτερης επιλογής της αναμετάδοσης, Social-aware Best Relay Selection (SBRS) και το δεύτερο είναι το πρωτόκολλο τυχαίας επιλογής της αναμετάδοσης, Social-aware Random Relay Selection (SRRS) [23].

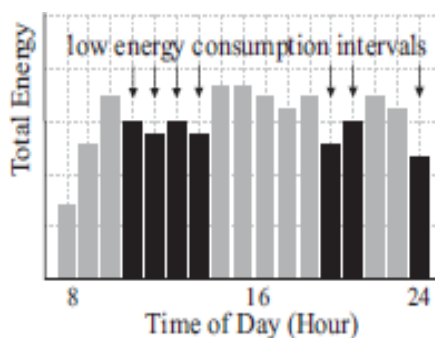


Εικόνα 32: Κοινωνικά ευσυνείδητο πρωτόκολλο αναμετάδοσης της ενέργειας

Ακόμα, έχουν γίνει διάφορες προσομοιώσεις ελέγχου του της θέρμανσης και της ψύξης στο σπίτι, σχετικά με την μείωση της κατανάλωσης ενέργειας. Σε όλους τους χώρους του έξυπνου σπιτιού, κάθε ασύρματη συσκευή διαθέτει μία αποκλειστική μονάδα κεραίας, η οποία είναι ειδικά σχεδιασμένη προκειμένου να υπακούει σε συγκεκριμένους περιορισμούς που θέτει ο ασύρματος ηλεκτρικός σχεδιασμός [8].

Μία από τις πιο ισχυρές τεχνολογίες ελέγχου της ηλεκτρικής ενέργειας, κυρίως από πλευράς ζήτησης, αποτελεί δίχως αμφιβολία ο έξυπνος προγραμματισμός στο

σπίτι. Με αφορμή το γεγονός αυτό, οι Hao και Yoshimura [24], προτείνουν σε μία δική τους πρόσφατη έρευνα, έξυπνους αλγόριθμους χρονοπρογραμματισμού με στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας και την μείωση του συνολικού χρηματικού κόστους. Οι αλγόριθμοι αυτοί, απευθύνονται τόσο στην περίπτωση του ενός όσο και στην περίπτωση πολλών χρηστών.



Εικόνα 33: Συνολική κατανάλωση ενέργειας για κάθε ώρα της ημέρας

Για την περίπτωση του ενός και μοναδικού χρήστη, η προτεινόμενη μέθοδος είναι βασισμένη στην θεωρία παιγνίων. Αυτό σημαίνει ότι η κάθε οικιακή συσκευή θεωρείται ως ξεχωριστός παίκτης και ο προγραμματισμός της καθεμιάς βελτιστοποιείται με διαδοχικό τρόπο. Στην περίπτωση των πολλαπλών χρηστών, η στρατηγική που υιοθετείται μικτή και όχι καθαρή, έχοντας ως κύριο στόχο την μείωση της συμφόρησης των συσκευών σε όσο το δυνατόν συντομότερο χρονικό διάστημα. Τα πειραματικά αποτελέσματα έδειξαν ότι και οι δυο αυτές μέθοδοι υπερβαίνουν την τελευταία εργασία, τόσο σε σχέση με τον χρόνο εκτέλεσης όσο και με το συνολικό χρηματικό κόστος.

2.3.7. Έξυπνο Ψυγείο

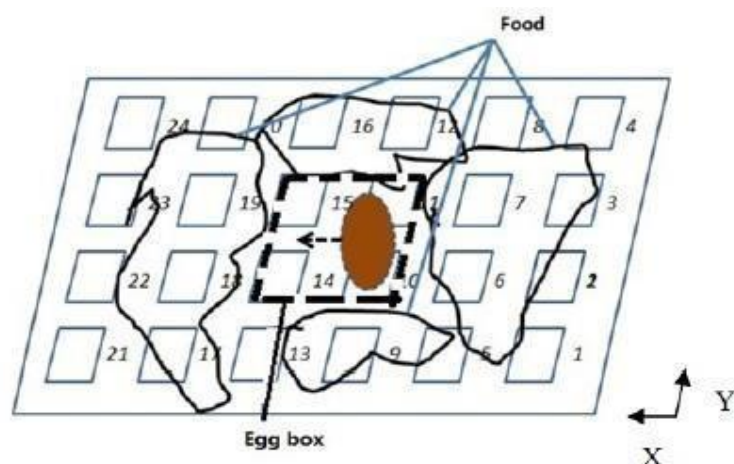
Μία ενδιαφέρουσα ιδέα που προτάθηκε από τους Hachani, Barouni, Said και Amamou [30], σχετίζεται με ένα πρότυπο έξυπνου ψυγείου με χρήση παθητικής τεχνολογίας RFID.



Εικόνα 34: Περιβάλλον εφαρμογής κινητού για το έξυπνο ψυγείο

Το έξυπνο ψυγείο έχει ενσωματωμένες δυνατότητες πολυμέσων και καινοτόμα χαρακτηριστικά που κάνουν αυτή την βασική συσκευή «ευφυή». Αυτή η συσκευή επιτρέπει σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας περιορίζοντας τον αριθμό του ανοίγματος και του κλεισίματος της πόρτας. Μία οθόνη αφής στην πόρτα του ψυγείου με ένα απλοποιημένο Graphics User Interface (GUI) και τα φωνητικά μηνύματα εγγυώνται μία φιλική εμπειρία στο χρήστη.

Απαραίτητη προϋπόθεση για να μπορέσει κανείς να χρησιμοποιήσει αποτελεσματικά την εφαρμογή για το έξυπνο ψυγείο, θα πρέπει το ίδιο το ψυγείο να είναι «έξυπνο». Ένας τρόπος για να επιτευχθεί αυτό, είναι μία τεχνολογία η οποία να επιτρέπει τον εντοπισμό των πραγμάτων που έχει στο εσωτερικό του. Σε μία έρευνα των Ma, Brown και Ho [31], παρουσιάζεται με πλήρως αναλυτικό τρόπο η αναγνώριση των προϊόντων σε ένα έξυπνο ψυγείο μέσω της χρήσης της τεχνολογίας RFID και της αναγνώρισης προτύπων. Στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε ένα τέτοιο παράδειγμα με την αναγνώριση της θέσης ενός αυγού μέσα σε ένα έξυπνο ψυγείο.



Εικόνα 35: Αναγνώριση θέσης του αυγού στο ψυγείο

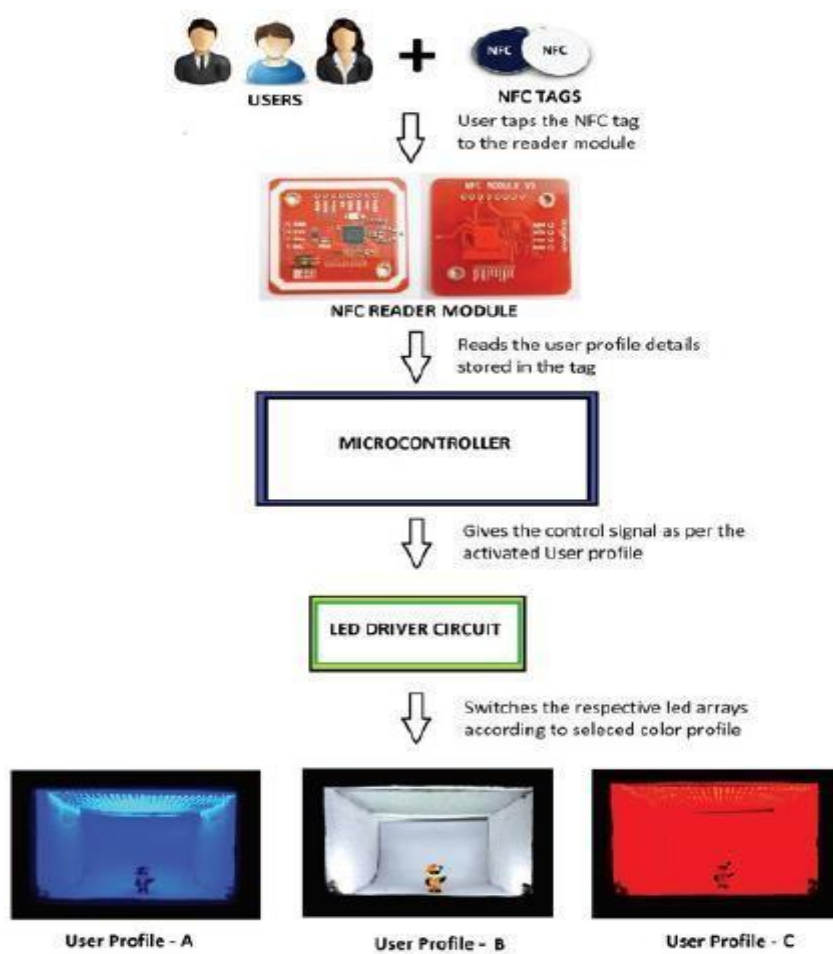
2.3.8. Έξυπνο Πλυντήριο Ρούχων

Το τελευταίο διάστημα οι υπηρεσίες πλυντηρίου έχουν γίνει πολύ συνηθισμένες και η αναγνώριση χρώματος εκφόρτωσης εξακολουθεί να παραμένει ένα σημαντικό εμπόδιο. Η έρευνα του Dr Ravichandran [32], σχετίζεται με μία έξυπνη μέθοδο για την αναγνώριση της εκροής χρώματος των ρούχων σε ένα πλυντήριο ρούχων. Αφορμή της έρευνας αυτής, στάθηκε το γεγονός ότι η εκκένωση χρώματος που υφίστανται τα υφάσματα έχει προξενήσει ένα σημαντικό ζήτημα στην βιομηχανία πλυντηρίων ρούχων. Στην συγκεκριμένη έρευνα, παρουσιάστηκε μία καινοτόμα εφεύρεση η οποία χρησιμοποιεί έναν αισθητήρα ανιχνευτή χρώματος που είναι ικανός να αναγνωρίζει την σύνθεση RGB και την ένταση φωτός του αναγνωρισμένου χρώματος και να ενημερώνει τον χρήστη αναλόγως. Έτσι λοιπόν με τον τρόπο αυτό, τα υπόλοιπα ρούχα μπορούν να εξαχθούν προτού θεωρηθούν ως άχρηστα.

2.3.9. Έξυπνος Φωτισμός

Για τον έλεγχο του φωτισμού σε έξυπνο σπίτι έχουν υπάρξει πολλές έρευνες, με διαφορετικές προσεγγίσεις και άκρως ενδιαφέροντα αποτελέσματα. Πρόκειται για μία αρκετά κρίσιμη εφαρμογή με βάση την οποία μπορούν να δημιουργηθούν και να αξιοποιηθούν αρκετές καταστάσεις με κύριο γνώμονα την εξοικονόμηση ενέργειας και χρημάτων από την πλευρά του χρήστη. Το γεγονός αυτό, καθιστά τον έλεγχο του φωτισμού ένα από τα πιο ενδιαφέροντα σημεία στο έξυπνο σπίτι διότι τα κέρδη και οι ανέσεις που προσφέρει είναι πολλά.

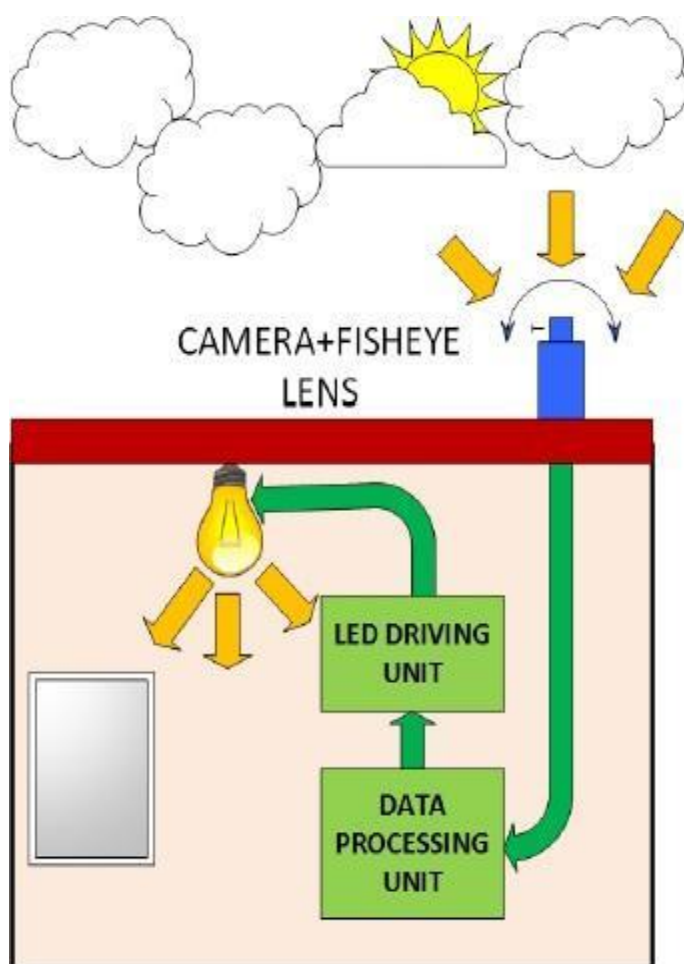
Μία ερευνητική προσέγγιση από τους Chandrakar, Kaul, Mohan, Vamsi και Prabhu [14], χρησιμοποιεί το προφίλ του χρήστη, που έχει δημιουργηθεί, για να καθορίσει τις συνθήκες φωτισμού. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της χρήσης ετικετών NFC οι οποίες είναι φορτωμένες με τα στοιχεία του προφίλ του χρήστη και αμέσως μόλις έρθουν σε επαφή με τον NFC Reader, αυτός διαβάζει τα στοιχεία και τα στέλνει σε έναν μικροελεγκτή. Ο μικροελεγκτής αυτός στείλει με την σειρά του το κατάλληλο σήμα στα led, αναλόγως το προφίλ του χρήστη που απαιτείται, έτσι ώστε να υπάρξει ο προκαθορισμένος από τον χρήστη φωτισμός.



Εικόνα 36: Σύστημα ελέγχου φωτισμού NFC με βάση τον κάθε χρήστη

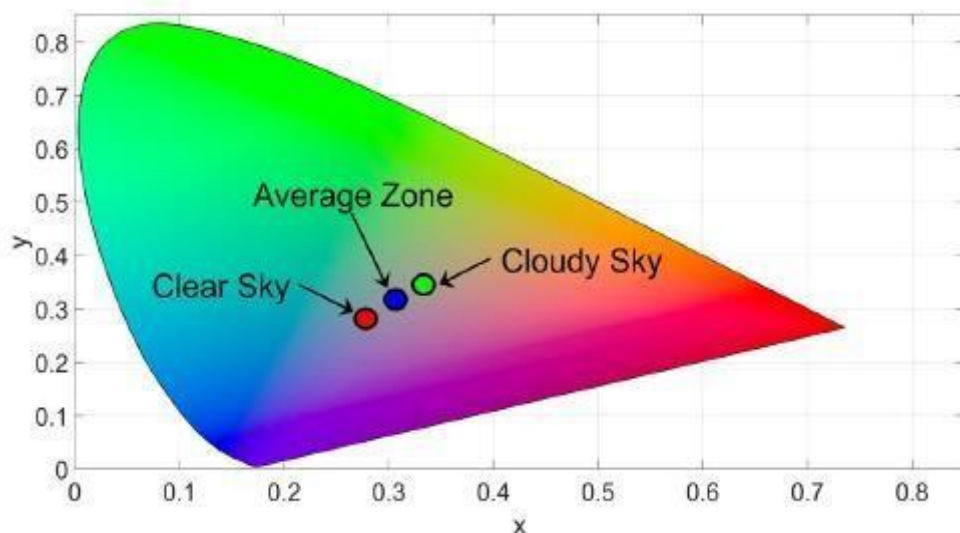
Τεράστιο επιστημονικό ενδιαφέρον προκαλεί η ερευνητική προσέγγιση του Catalbas [37], η οποία αφορά τον έλεγχο του φωτισμού αναλόγως με τις καιρικές συνθήκες, όπως για παράδειγμα η καθαρότητα του ουρανού και η πυκνότητα των

σύννεφων. Η ερευνητική αυτή προσέγγιση, εξετάζει την χρήση φωτογραφίας του ουρανού από κάμερα με φακό FISHEYE και το πέρασμα αυτής από επεξεργασία. Η επεξεργασία αυτή περιέχει αλγόριθμο c-means ο οποίος πραγματοποιεί το RGB clustering προκειμένου να διευθετηθεί η πυκνότητα των σύννεφων από την καθαρότητα του ουρανού.



Εικόνα 37: RGB Clustering

Στην συνέχεια, ανάλογα με την RGB μέτρηση των χρωμάτων πραγματοποιείται διαχωρισμός τριών cluster για να ξεκαθαριστεί κατά πόσο έχουμε καθαρό ή συννεφιασμένο καιρό. Τα δεδομένα που έρχονται από την κάμερα με τον φακό FISHEYE επεξεργάζονται και σύμφωνα με αυτά προκύπτει ο αντίστοιχος φωτισμός.



Εικόνα 38: Σύστημα ελέγχου φωτισμού με FISHEYE

2.3.10. Έξυπνος Θερμοστάτης

Σύμφωνα με στοιχεία που προκύπτουν από έρευνα της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, η θέρμανση και η ψύξη τόσο στα σπίτια όσο και στην βιομηχανία, αντιστοιχούν στο 50% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Επιπλέον, το 79% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας των νοικοκυριών, αντιπροσωπεύει αποκλειστικά την θέρμανση και το ζεστό νερό. Αντιθέτως, η ψύξη αντιπροσωπεύει μόλις ένα μικρό μερίδιο της συνολικής καταναλισκόμενης ενέργειας. Τέλος, το 84% της θέρμανσης και ψύξης παράγεται αποκλειστικά από ορυκτά καύσιμα, ενώ μόλις το 16% προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Σε γενικές γραμμές, είναι εμφανές το γεγονός ότι παρέχονται ολοένα και περισσότερες ευκαιρίες για ευφυέστερο έλεγχο των κύριων παραμέτρων του κτιρίου, όπως είναι για παράδειγμα η θερμοκρασία και ο αερισμός. Οι καταναλωτές μπορούν να εγκαταστήσουν, εάν οι ίδιοι το επιθυμούν, έναν έξυπνο θερμοστάτη με απώτερο σκοπό την εξοικονόμηση ενεργειακών πόρων αλλά και την εξασφάλιση ενός άνετου και αποδοτικού περιβάλλοντος τόσο στα σπίτια όσο και στους χώρους εργασίας [34].

Οι έξυπνοι θερμοστάτες όμως δεν έχουν όλοι παρόμοια λειτουργία και συνεπώς δεν επιτυγχάνουν ούτε και την ίδια εξοικονόμηση σε ενεργειακούς πόρους. Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει συνοπτικά τις θερμοκρασιακές προδιαγραφές των θερμοστατών που

αξιολογούνται. Όπως φαίνεται, ένα μέρος των δεδομένων γιατί οι κατασκευαστές δεν παρέχουν τις συγκεκριμένες αυτές πληροφορίες. Τα δεδομένα για κάθε θερμοστάτη ξεχωριστά είναι το εύρος μέτρησης της θερμοκρασίας, η ανάλυσή, η ακρίβειά, οι κλίμακες προσαρμογής, η διαθεσιμότητά στην γεωλογική θέση, η σύνδεση Ethernet ή Wifi καθώς και η τιμή τους.

Thermostat	Temperature (Measure)		Temperature (Setpoint)		Geolocation	Ethernet/Wi-Fi	Price (€)
	Measurement Range (°C)	Accuracy (°C)	Setpoint Range (°C)	Increment (°C)			
Thermostat 1	0-50	±0.5	5-30	0.5	n	n/y	179.00
Thermostat 2	0-50	±0.3	4-35	0.1	y	y/n	129.00
Thermostat 3			5-25	0.1	y	y/n	249.00
Thermostat 4		±0.5	4-32	0.5	y	n/y	249.00

Πίνακας 1: Προδιαγραφές τεσσάρων διαφορετικών έξυπνων θερμοστατών

Η λειτουργία γεωγραφικής ρύθμισης (Geolocation), επιτρέπει στον έξυπνο θερμοστάτη να ενεργοποιεί και να απενεργοποιεί την θέρμανση, λαμβάνοντας υπόψη την απόσταση των χρηστών από το σπίτι.

Σε έρευνα που εκπονήθηκε από τους Bustamante, Castro, Laso, Manana και Arroyo [35], χρησιμοποιήθηκαν και οι τέσσερις παραπάνω θερμοστάτες προκειμένου να περάσει από έλεγχο η λειτουργία τους και να γίνει σύγκριση μεταξύ τους. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι ο θερμοστάτης 3 ήταν ο πιο αποτελεσματικός σε θέματα ακρίβειας, όσον αφορά την ένδειξη της πραγματικής θερμοκρασίας. Επίσης ιδιαίτερα υψηλή αποτελεσματικότητα είχε ο θερμοστάτης 4 σε θέματα διατήρησης της θερμοκρασίας σε περιοχές οι οποίες ήταν πολύ κοντινές με την ρυθμιζόμενη τιμή.

Μία άλλη σύγκριση λειτουργιών ανεξάρτητων και ενσωματωμένων θερμοστατών, πραγματοποίησαν μέσω της έρευνάς τους οι Nacer, Marhic και Delahoche [36]. Στην έρευνα αυτή, δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στις διαφορές λειτουργίες των θερμοστατών όπως η συνδεσιμότητα με το διαδίκτυο, η αναγνώριση κίνησης, η παρακολούθηση του καιρού, η συμβατότητα με τις συσκευές θέρμανσης, η διαχείριση διαφορετικών περιοχών, το self-learning αλλά και το geolocation το οποίο αναφέρθηκε και προηγουμένως.

Products		Functionalities		Self-learning		Geo-location	Motion Detection	Weather monitoring ²⁰	Internet connectivity	Compatibility with electric heating	Multi-zone management
		Planning	Habitat ²¹								
Independent Thermostat	<i>Nest</i>	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✓ (thermostat per zones, max 10 zones)
	<i>Netatmo</i>	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✗
	<i>Tado</i>	✗	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✓ (thermostat per zone)
	<i>Qivivo</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗
	<i>Ween</i>	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	-
	<i>Ecobee3 (Heatmiser)</i>	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓
	<i>NeoStat</i>	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✓
	<i>Green Momit</i>	✓	✗	✗	✓	✓	✗	✗	✓	✗	✗
	<i>Honeywell</i>	<i>Lyric</i>	✗	✗	✓ (editable distance)	✓	✓	✓	(mobile app only)	✗	✗
		<i>Eve-home</i>	✗	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✗	✓ (max 12 zones)
integral thermostat	<i>Atlantic</i>	✓	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✓	✓
	<i>Needo</i>	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✓
	<i>Rothelec</i>	✗	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✓	✓ (thermostat per zones)

Πίνακας 2: Σύγκριση λειτουργιών διάφορων θερμοστατών

Από τον παραπάνω πίνακα, παρατηρούμε πως οι ενσωματωμένοι θερμοστάτες δεν διαθέτουν τις λειτουργίες της συνδεσιμότητας με το διαδίκτυο, της παρακολούθησης του καιρού και του Geolocation, ενώ αντίστοιχα οι περισσότεροι ανεξάρτητοι τις διαθέτουν. Επίσης, μία ακόμα αξιοσημείωτη παρατήρηση είναι ότι οι ενσωματωμένοι θερμοστάτες έχουν συμβατότητα με τις συσκευές θέρμανσης, όπου με εξαίρεση έναν, οι ανεξάρτητοι θερμοστάτες δεν έχουν.

ΚΕΦ.3: Διαμόρφωση Περιβάλλοντος Έξυπνου Σπιτιού

3.1. Θεωρητικό Υπόβαθρο

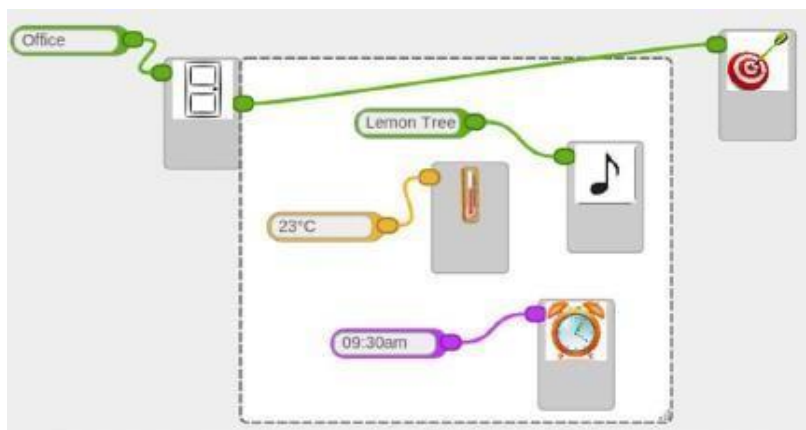
3.1.1. Διαμόρφωση Περιβάλλοντος

Μία από τις πιο ενδιαφέρουσες και εκκεντρικές προκλήσεις, τόσο σε επιστημονικό όσο και σε ερευνητικό επίπεδο, στον τομέα του Internet of Things, αποτελεί αναμφισβήτητα η μέθοδος με την οποία οι χρήστες έχουν την δυνατότητα να προγραμματίζουν με απόλυτη ακρίβεια και επιτυχία τα προσωπικά τους έξυπνα περιβάλλοντα, συνδυάζοντας παράλληλα μία πληθώρα υπηρεσιών που παρέχεται από τις συσκευές που βρίσκονται γύρω τους.

Μέχρι στιγμής, έχουν πραγματοποιηθεί κάμποσες έρευνες αναφορικά με τα διάφορα οπτικά εργαλεία και τις πλακέτες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ένα έξυπνο περιβάλλον. Συγκεκριμένα, μία από αυτές τις έρευνες χρησιμοποιεί την πλακέτα Intel Edison έτσι ώστε να παρέχεται η δυνατότητα στους χρήστες να ελέγχουν τις οικιακές τους συσκευές εξ αποστάσεως από οπουδήποτε και οποτεδήποτε [38].

Σε μία άλλη έρευνα των Simon, Ruben, Matthias και Friedemann [39], παρουσιάζεται ένα σύστημα που επιτρέπει την διαμόρφωση του έξυπνου περιβάλλοντος, μέσω της σύνθεσης διαφόρων υπηρεσιών, η οποία συγχωνεύει, μέσω ενός εργαλείου οπτικής μοντελοποίησης, συλλογιστική και σημασιολογικά μεταδεδομένα. Σε πλήρη αντίθεση με τις διαδικασίες στις οποίες τα mashups των υπηρεσιών ορίζονται στατικά, σε αυτήν εδώ την περίπτωση χρησιμοποιούνται ενσωματωμένες περιγραφές των σημασιολογικών API προκειμένου να δημιουργηθούν δυναμικά mashups τα οποία να είναι σε θέση να εκπληρώνουν τον απώτερο σκοπό του εκάστοτε χρήστη. Το βασικότερο πλεονέκτημα του συστήματος αυτού, έγκειται στον ιδιαίτερα υψηλό βαθμό ευελιξίας του, δεδομένου ότι οι υπηρεσίες mashups διαθέτουν την ικανότητα να προσαρμόζονται σε δυναμικά περιβάλλοντα και να έχουν μεγαλύτερη ανοχή σε σφάλματα συγκριτικά με τις μεμονωμένες υπηρεσίες οι οποίες δεν είναι διαθέσιμες. Με το σύστημά αυτό, έχει ενσωματωθεί ένα εργαλείο οπτικού προγραμματισμού το οποίο επιτρέπει την γραφική διαμόρφωση της επιθυμητής κατάστασης ενός έξυπνου περιβάλλοντος, προκειμένου να μπορέσουν οι χρήστες να εκφράσουν τους στόχους τους. Το εργαλείο αυτό δεν είναι άλλο από το ClickScript, ένα οπτικό εργαλείο προγραμματισμού το οποίο βασίζεται στην JavaScript. Το ClickScript έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως και σε παλαιότερες έρευνες, αν και πλέον

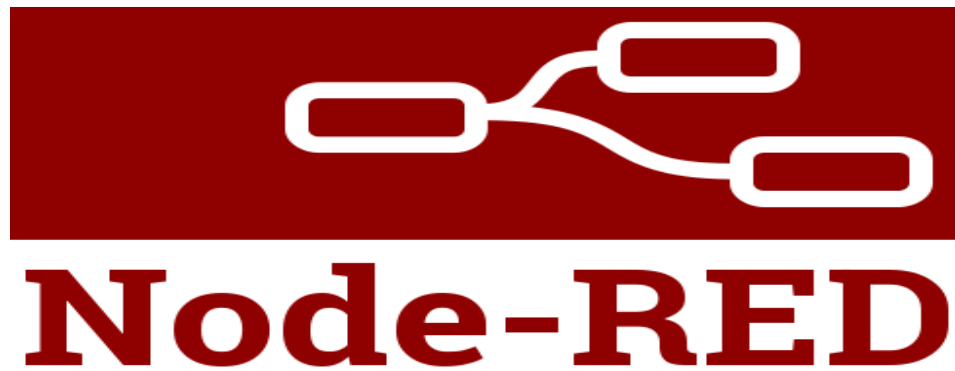
έχει επεκταθεί η δυνατότητα σύνδεσής του με υπηρεσίες Web οι οποίες μέσω του AJAX εκτελούνται σε έξυπνες συσκευές. Στην παρακάτω εικόνα απεικονίζεται ένα παράδειγμα όπου ο χρήστης, μέσω της χρήσης επεκτάσεων στο ClickScript, έχει την παράλληλη δυνατότητα να διαμορφώνει την θερμοκρασία περιβάλλοντος, να επιλέξει ένα τραγούδι για το δωμάτιό του, να ρυθμίσει το ξυπνητήρι του καθώς και να θέσει σε λειτουργία τον συναγερμό.



Εικόνα 39: Παράδειγμα χρήσης επεκτάσεων ClickScript

3.1.2. Διαμόρφωση Περιβάλλοντος με το Node-RED

Εντούτοις, με αφορμή το γεγονός ότι είναι αδύνατο για τον τελικό χρήστη να αποφύγει πλήρως την παρεμβολή στον κώδικα της εκάστοτε έξυπνης συσκευής, δημιουργήθηκε η ανάγκη ύπαρξης μίας πλατφόρμας που να παρέχει την δυνατότητα έξυπνης διαχείρισης ολοκλήρου του δικτύου. Μία τέτοια πλατφόρμα είναι το Node-RED, ένα οπτικό εργαλείο για την καλωδίωση του Διαδικτύου των Πραγμάτων, το οποίο αναπτύχθηκε από την κοινότητα ανοιχτού κώδικα και την IBM. Με το Node-RED, η επαναδιαμόρφωση του δικτύου καθίσταται με μεγαλύτερη ευκολία πραγματοποιήσιμη από τον χρήστη διότι μπορεί ο ίδιος να ενώσει κόμβους εισόδου, εξόδου και κόμβους διεργασιών με απώτερο σκοπό την δημιουργία ροών σε εφαρμογές IoT.



Εικόνα 40: Λογότυπο Node-RED

Το περιβάλλον προσομοίωσης που παρέχει το Node-RED τρέχει πάνω σε ένα πρόγραμμα περιήγησης το οποίο, χρησιμοποιώντας το ευρύ φάσμα κόμβων της παλέτας που μπορούν να αναπτυχθούν στον χρόνο εκτέλεσης, διευκολύνει την σύνδεση μεταξύ των ροών με ένα μόνο κλικ. Το συγκεκριμένο πρόγραμμα μπορεί να τρέξει πάνω σε hardware, σε τοπικό δίκτυο μέσω ενός browser ή ακόμα και σε cloud εκμεταλλευόμενο το εύχρηστο μοντέλο του που το καθιστά ικανό να τρέχει πάνω σε δίκτυα χαμηλού κόστους υλικών. Το Node-RED είναι χτισμένο πάνω σε Node.js και είναι ελεύθερα διαθέσιμο για διαφορετικές πλατφόρμες και λογισμικά όπως Windows, Linux, BeagleBone Black καθώς και Raspberry Pi [40,41].



Εικόνα 41: Λογότυπο Node.js

Οι ροές που δημιουργούνται στο Node-RED αποθηκεύονται με την βοήθεια της JSON. Η JSON (JavaScript Object Notation), είναι ένα υποσύνολο της JavaScript και

μπορεί με μεγάλη ευκολία να γίνει εισαγωγή (import) και εξαγωγή (export). Πρόκειται για ένα ανοιχτό μορφότυπο ένας άνθρωπος μπορεί να το διαβάσει και να το γράφει με σχετικά μεγάλη ευκολία [42].



Εικόνα 42: Λογότυπο JSON

3.1.3. Εγκατάσταση Node-RED

Ο τρόπος εγκατάστασης του Node-RED παρουσιάζεται με άκρως αναλυτικό τρόπο στην επίσημη ιστοσελίδα. Οι τρόπος εγκατάστασης ποικίλει ανάλογα με την συσκευή, το λογισμικό ή το cloud, ωστόσο σε καμία περίπτωση δεν μπορεί να χαρακτηριστεί ως πολύπλοκος [40].

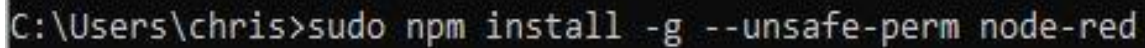
Κατά κύριο λόγο, θα πρέπει κάποιος να εγκαταστήσει μία έκδοχή του Node.js χωρίς όμως να χρειαστεί ψάξει ιδιαίτερα διότι η επίσημη ιστοσελίδα του Node-RED παρέχει την πιο πρόσφατη. Από εκεί και πέρα, υπάρχουν διάφορες επιλογές αναφορικά με τον τρόπο συνέχισης της εγκατάστασης οι οποίες σχετίζονται με το λειτουργικό σύστημα στο οποίο προορίζεται. Μία εξ αυτών, αποτελεί η χρήση της γραμμής εντολών χρησιμοποιώντας την εντολή που φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.

```
C:\Users\chris>npm install -g --unsafe-perm node-red
```

Εικόνα 43: Εντολή εγκατάστασης Node-RED για Windows

Μαζί με το Node-RED, πραγματοποιείται και η εγκατάσταση μίας μεγάλης βιβλιοθήκης για JavaScript που έχει την ονομασία *npm*. Επίσης, αξίζει να αναφερθεί ότι στην περίπτωση όπου η εγκατάσταση του Node-RED δεν γίνεται σε Windows, η εντολή

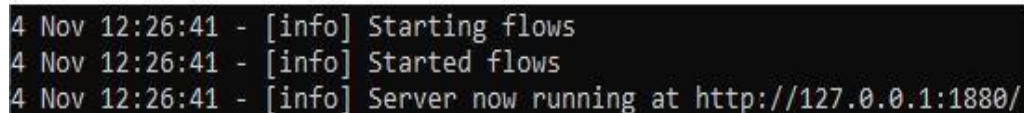
εγκατάστασης στην γραμμή εντολών είναι ίδια με αυτή που αναφέρθηκε προηγουμένως, με την μόνη διαφορά όμως ότι στην αρχή αυτής θα πρέπει να προστεθεί και το «sudo».



```
C:\Users\chris>sudo npm install -g --unsafe-perm node-red
```

Εικόνα 44: Εντολή εγκατάστασης Node-RED εκτός Windows

Μετά το πέρας της διαδικασίας αυτής, το Node-RED είναι έτοιμο να τρέξει. Για να γίνει αυτό στην περίπτωση των Windows, πρέπει να γραφτεί στην γραμμή εντολών η εντολή «node-red». Με αυτό τον τρόπο, η πρόσβαση στον Editor γίνεται μέσω browser στην ip διεύθυνση που αναγράφεται στο κάτω δεξιά μέρος της παρακάτω εικόνας [43].

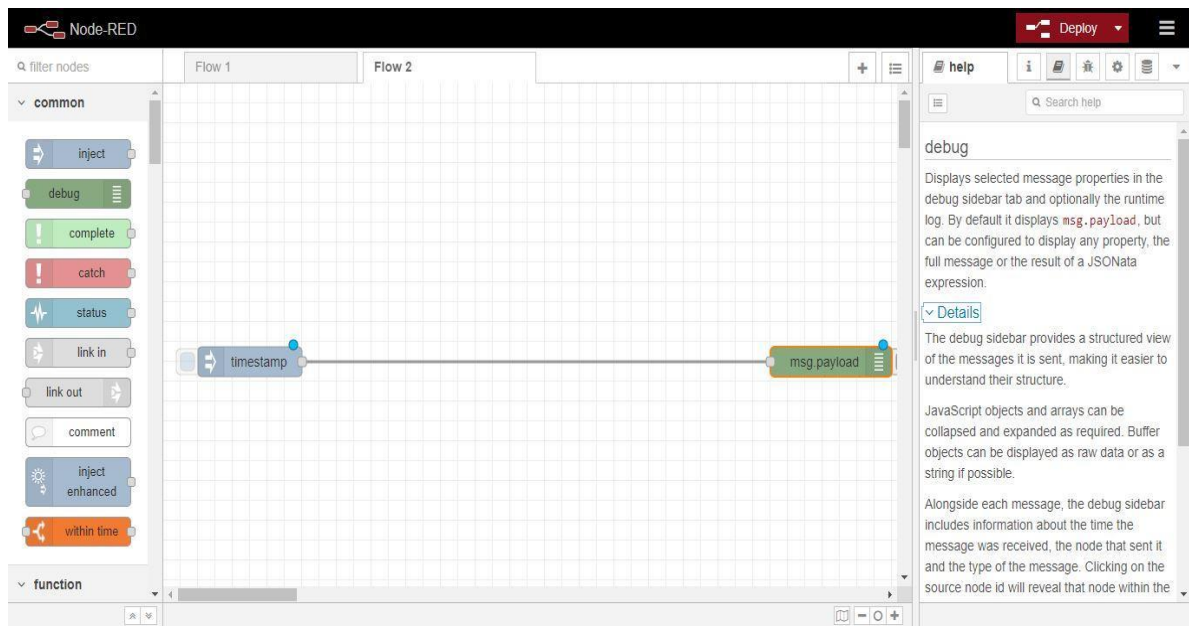


```
4 Nov 12:26:41 - [info] Starting flows
4 Nov 12:26:41 - [info] Started flows
4 Nov 12:26:41 - [info] Server now running at http://127.0.0.1:1880/
```

Εικόνα 45: Διεύθυνση πρόσβασης στον Editor του Node-RED

3.1.4. Ο Editor του Node-RED

Ανοίγοντας το link το οποίο αναγράφεται παραπάνω, μπορούμε μέσω browser να αποκτήσουμε πρόσβαση στον Editor του Node-RED. Στην αριστερή πλευρά του Editor, υπάρχουν όλες οι επιλογές node οι οποίες περιλαμβάνουν input nodes, output nodes, function nodes καθώς και οτιδήποτε άλλο χρειάζεται προκειμένου να δημιουργήσουμε την ροή που επιθυμούμε. Στην δεξιά πλευρά του Editor, υπάρχει το πλαίσιο μέσα στο οποίο εμφανίζονται τα αποτελέσματα της ροής ή αλλιώς και debug αλλά και το info για το κάθε επιλεγμένο flow ή node. Επιπλέον, στο πλαίσιο αυτό είναι δυνατόν να εμφανιστεί και ο έλεγχος του dashboard, κάτι το οποίο θα μελετηθεί στην συνέχεια της έρευνας.



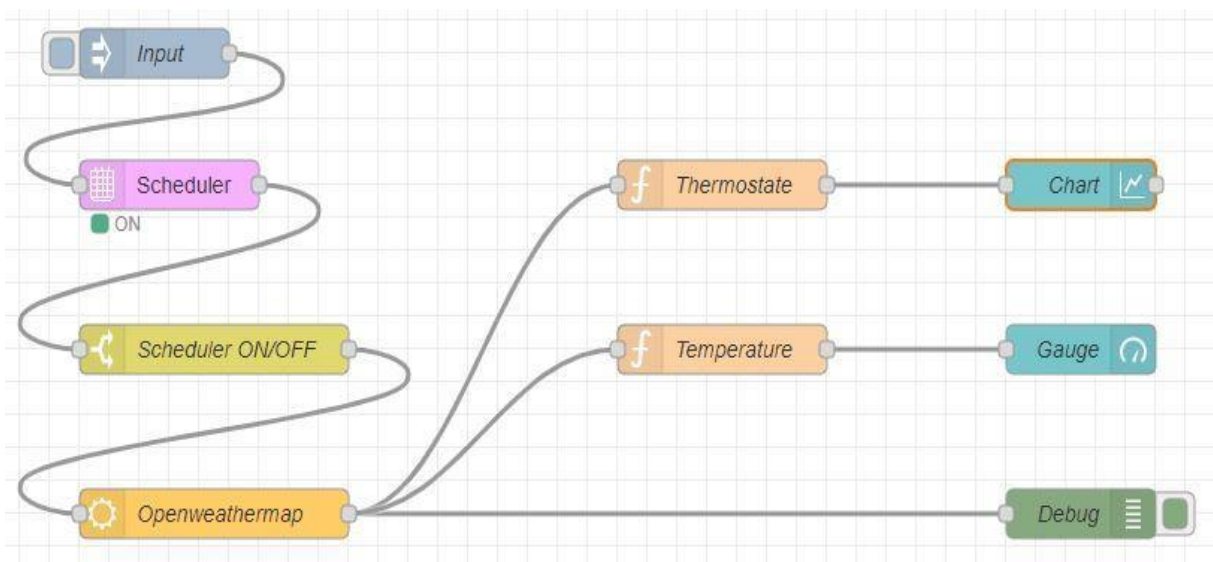
Εικόνα 46: Το περιβάλλον του Node-RED

Στο μεσαίο τμήμα του Editor, είναι το κυρίως περιβάλλον στο οποίο έχουμε την δυνατότητα να βλέπουμε τις ροές που δημιουργούμε. Στην παραπάνω εικόνα, βλέπουμε για παράδειγμα ένα node εισόδου συνδεδεμένο με ένα node debug. Στο πλαίσιο του debug, δεν πρόκειται να εκτυπωθεί κάποιο μήνυμα επειδή δεν υπάρχει κάποια ρύθμιση που να παρεμβάλλεται μεταξύ των input και output.

3.2. Προτεινόμενο Σύστημα

3.2.1. Εισαγωγή

Το προτεινόμενο σύστημα, είναι ένα σύστημα έξυπνου σπιτιού το οποίο βασίζεται στο IoT. Πιο συγκεκριμένα, πρόκειται για ένα περιβάλλον στο οποίο παρέχεται η δυνατότητα στον εκάστοτε χρήστη να πετύχει έξυπνη θέρμανση εντός της κατοικίας του. Δεδομένου ότι η θέρμανση αποτελεί ένα από τα πιο ακριβά σε κατανάλωση ενέργειας συστήματα στο σπίτι, το προτεινόμενο σύστημα καθίσταται δυνατό να αποτελέσει μία άκρως ενεργειακά αποδοτική λύση, καθώς τους χειμερινούς μήνες η κατανάλωση των πόρων φυσικού αερίου και πετρελαίου βρίσκεται σε πολύ υψηλά επίπεδα. Στην παρακάτω εικόνα απεικονίζεται η γενική επισκόπηση του προτεινόμενου συστήματος.



Εικόνα 47: Το προτεινόμενο σύστημα

Στο παραπάνω περιβάλλον του Node-RED, υπάρχει ένας αριθμός διακλαδώσεων με διαφορετικά είδη nodes τα οποία συνδέονται μεταξύ τους. Κατά κύριο λόγο, υπάρχει ένα input node, σαν μία απλή είσοδος, το οποίο δίνει παλμό σε ολόκληρο το σύστημα. Στην συνέχεια, υπάρχει το γενικό σύστημα του οποίου κάθε κομμάτι θα αναλυθεί ξεχωριστά στην πορεία της παρούσας έρευνας. Όλα καταλήγουν σε ένα gauge και ένα chart node τα οποία βρίσκονται στο τέρμα δεξιά μέρος της παραπάνω εικόνας. Προκειμένου να κατανοήσουμε πλήρως την λειτουργία αλλά και τα αποτελέσματα του συγκεκριμένου συστήματος, θα πρέπει εξετάσουμε ξεχωριστά το κάθε ένα στοιχείο από το οποίο απαρτίζεται.

3.2.2. Χρήση του Scheduler

Καταρχάς, το σύστημα της έξυπνης θέρμανσης, ανάλογα με τις προτιμήσεις του χρήστη, θα πρέπει να είναι απενεργοποιημένο κάποιες συγκεκριμένες ώρες της ημέρας. Η επίτευξη αυτού, γίνεται με την βοήθεια ενός προγραμματιστή με την ονομασία Light Scheduler node.

Edit Light Scheduler node

Delete

Cancel

Done

⚙ Properties

⚙

📄

🖨

🔑 Name

Scheduler

🌐 Globals

Athens

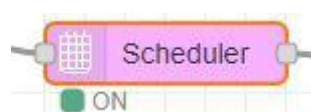
⌵

✎

	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
0:00							
1:00							
2:00							
3:00							
4:00							
5:00							
6:00							

Εικόνα 48: Τα settings του Scheduler

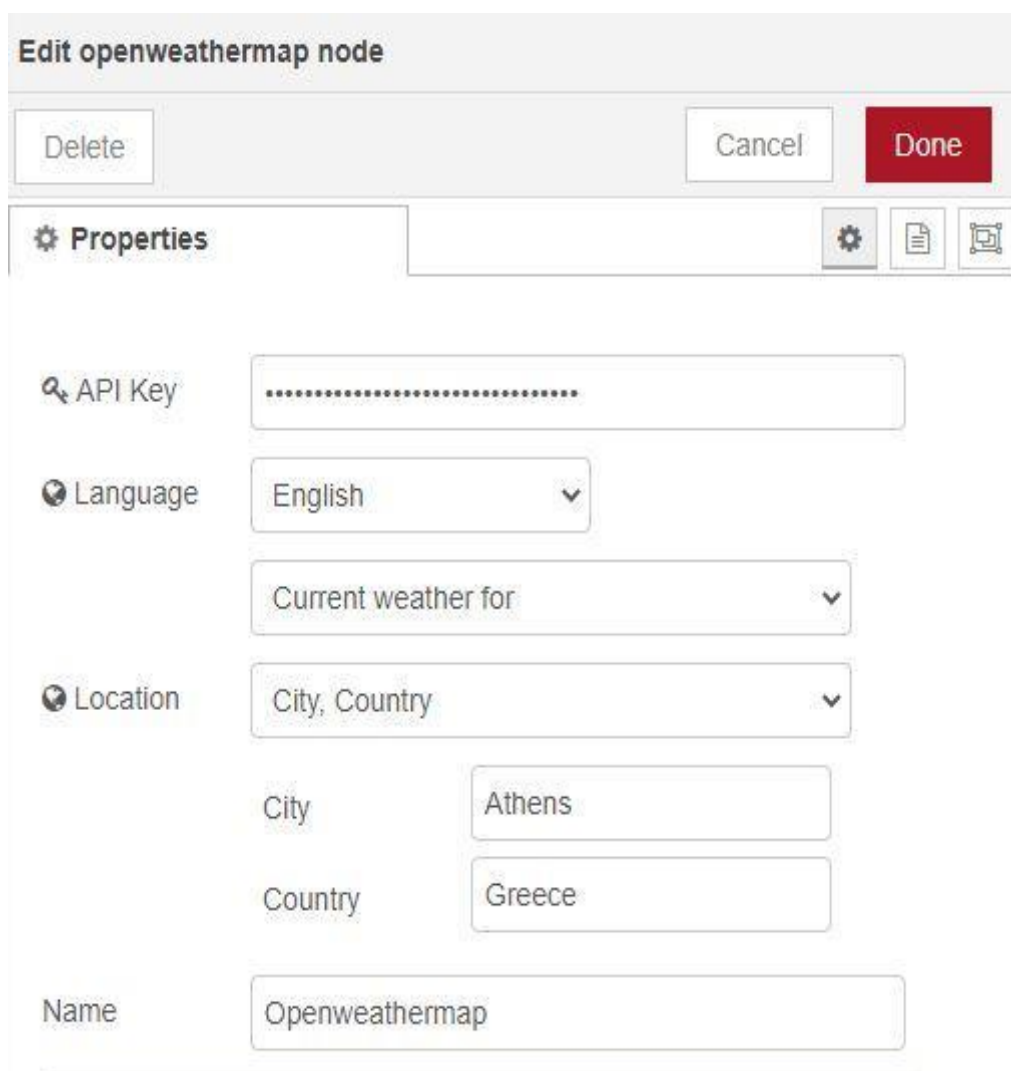
Όπως φαίνεται και στην παραπάνω εικόνα, ο Scheduler παρέχει την δυνατότητα στον χρήστη να ρυθμίζει τις ώρες τις οποίες το σύστημα επιθυμεί να είναι ενεργοποιημένο ή όχι, γεμίζοντας απλά την αντίστοιχη ώρα της κάθε μέρας. Έτσι λοιπόν, μέσω ενός switch, ο οποίος στα πλαίσια της παρούσας έρευνας έχει πάρει την ονομασία inSchedule, ο Scheduler δίνει ή όχι σήμα στο σύστημα. Αναλόγως εάν ο Scheduler είναι ενεργοποιημένος ή όχι, εμφανίζονται ακριβώς κάτω από το node του οι ενδείξεις ON ή OFF αντίστοιχα.



Εικόνα 49: Το node του Scheduler

3.2.3.Προτεινόμενος Έλεγχος Θερμοστάτη

Στο 2^ο κεφάλαιο, έγινε παρουσίαση και σύγκριση διαφόρων έξυπνων θερμοστατών. Στο παρόν σύστημα, ο έλεγχος του έξυπνου θερμοστάτη πραγματοποιείται με δεδομένα τα οποία λαμβάνονται μέσω ενός δελτίου καιρού από το site του OpenWeatherMap. Το Openweathermap, προσφέρει δικό του node στο Node-RED, μέσα στο οποίο εισάγουμε το API key που έχουμε λάβει έπειτα από την εγγραφή μας στο παραπάνω site [44]. Ακόμα, μπορούμε να επιλέξουμε την πόλη από την οποία επιθυμούμε να πάρουμε το δελτίο καιρού όπως ακριβώς αποτυπώνεται στην παρακάτω εικόνα.



The screenshot shows the 'Edit openweathermap node' dialog box. At the top, there are three buttons: 'Delete', 'Cancel', and 'Done'. Below the buttons is a 'Properties' tab. The settings are as follows:

- API Key:** A text field containing a series of dots, indicating a masked key.
- Language:** A dropdown menu set to 'English'.
- Current weather for:** A dropdown menu set to 'Current weather for'.
- Location:** A dropdown menu set to 'City, Country'.
- City:** A text field containing 'Athens'.
- Country:** A text field containing 'Greece'.
- Name:** A text field containing 'Openweathermap'.

Εικόνα 50: Τα settings του Openweathermap

Η έξοδος του συγκεκριμένου node, παράγει μέσω μεταβλητών διάφορα αποτελέσματα όπως για παράδειγμα την ελάχιστη, την μέση και την μέγιστη θερμοκρασία σε βαθμούς Celsius ή Kelvin, την ταχύτητα του ανέμου, τα επίπεδα της υγρασίας και πολλά ακόμα όπως βλέπουμε στην παρακάτω εικόνα.

```
▼ object
  id: 500
  weather: "Rain"
  detail: "light rain"
  icon: "10n"
  tempk: 286.3
  tempc: 13.1
  temp_maxc: 15
  temp_minc: 11.6
  humidity: 82
  pressure: 1011
  maxtemp: 288.15
  mintemp: 284.82
  windspeed: 7.7
  winddirection: 150
  location: "Athens"
  sunrise: 1609047599
  sunset: 1609081945
  clouds: 75
  description: "The weather in Athens
  at coordinates: 37.98, 23.72 is
  Rain (light rain)."
```

Εικόνα 51: Μεταβλητές από δελτίο καιρού

Προτού ο θερμοστάτης να λάβει τα δεδομένα της θερμοκρασίας από το Openweathermap, τα δεδομένα αυτά φιλτράρονται από ένα Function node, με το όνομα <<Thermostate>>, στο οποίο ορίζεται και το αντίστοιχο κατώφλι του θερμοστάτη ανάλογα με την θερμοκρασία. Η σκέψη, είναι να χρησιμοποιήσουμε την μεταβλητή <<tempc>> έτσι ώστε να γνωρίζουμε ανά πάσα στιγμή την μέση θερμοκρασία της περιοχής σε βαθμούς Κελσίου. Έτσι λοιπόν, ο

Θερμοστάτης παίρνει την αντίστοιχη τιμή σύμφωνα με τα 6 στρώματα που έχουν οριστεί όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.

```
1 var tempc = msg.payload.tempc;
2 if (typeof tempc === "number") {
3   if (tempc <= 10) {
4     msg.payload = 24;
5   } else if (tempc <= 12) {
6     msg.payload = 23;
7   } else if (tempc <= 14) {
8     msg.payload = 22;
9   } else if (tempc <= 16) {
10    msg.payload = 21;
11  } else if (tempc <= 18) {
12    msg.payload = 20;
13  }
14  return msg;
15 } else return 20;
```

Εικόνα 52: Function για την ρύθμιση του έξυπνου θερμοστάτη

Αυτό που παρατηρούμε, είναι ότι στην περίπτωση που η θερμοκρασία είναι μικρότερη ή ίση των 10 βαθμών Κελσίου, τότε ο θερμοστάτης ρυθμίζεται στους 24 βαθμούς Κελσίου. Αν η θερμοκρασία κυμαίνεται από 11 έως 12 βαθμούς, τότε ρυθμίζεται στους 23 βαθμούς Κελσίου. Στην περίπτωση που η θερμοκρασία κυμαίνεται από 13 έως 14 βαθμούς Κελσίου, τότε ο θερμοστάτης ρυθμίζεται στους 22 βαθμούς. Αν η θερμοκρασία κυμαίνεται από 15 έως 16 βαθμούς, τότε ο θερμοστάτης ρυθμίζεται στους 21 βαθμούς Κελσίου ενώ στην περίπτωση όπου η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι από 17 έως 18 τότε ο έξυπνος θερμοστάτης ρυθμίζεται στους 20 βαθμούς Κελσίου. Σε κάθε άλλη περίπτωση, το σύστημα θέρμανσης παραμένει απενεργοποιημένο ή απλά ρυθμίζεται αυτόματα στους 20 βαθμούς Κελσίου. Οι τιμές αυτές, είναι ενδεικτικές και εννοείται ότι μπορούν να διαφοροποιηθούν με χαρακτηριστική ευκολία, ανάλογα πάντα με τις προτιμήσεις του εκάστοτε χρήστη.

Επιπροσθέτως, υπάρχει ακόμα ένα Function node, με το όνομα <<Temperature>>, του οποίου ο ρόλος είναι να στέλνει με σήμα την υπάρχουσα θερμοκρασία περιβάλλοντος σε ένα

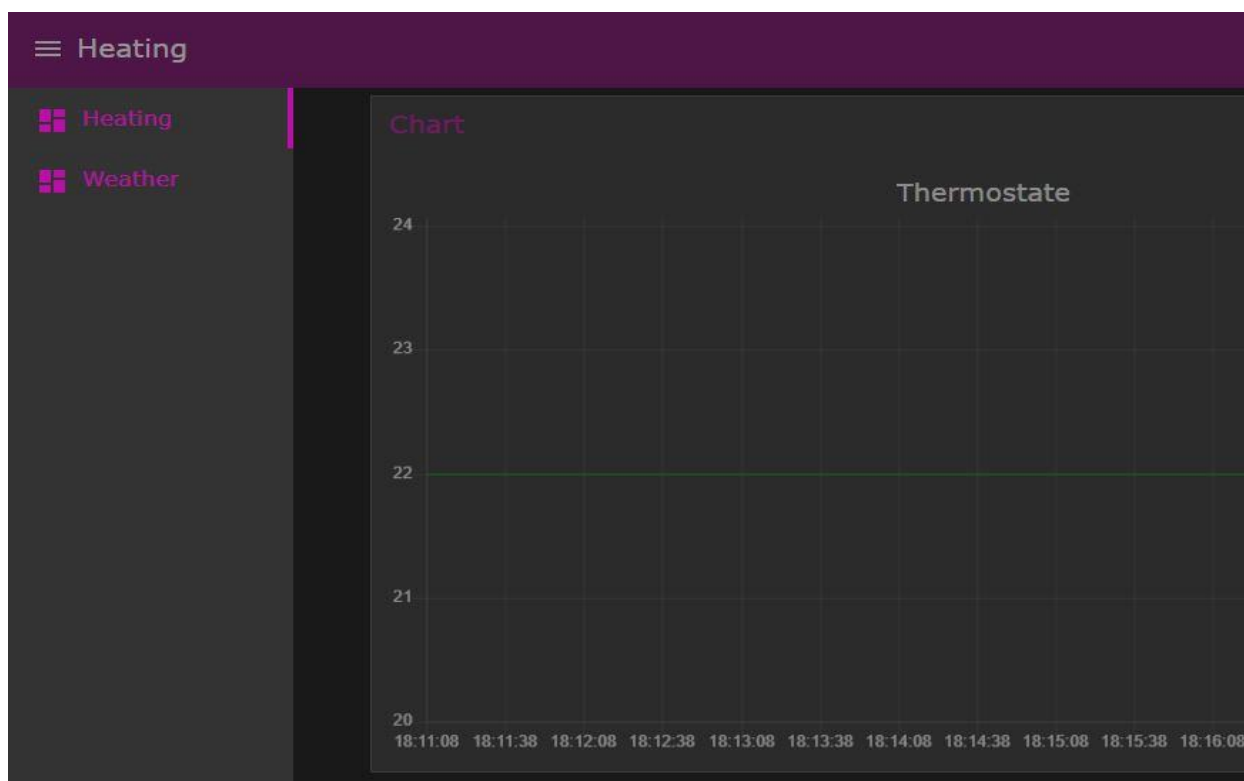
Gauge προκειμένου να απεικονίζεται γραφικά η θερμοκρασία περιβάλλοντος υπό την μορφή θερμομέτρου.

```
1 var tempc = msg.payload.tempc;  
2 msg.payload = [tempc];  
3 return msg;
```

Εικόνα 53: Function για τον έλεγχο της θερμοκρασίας περιβάλλοντος

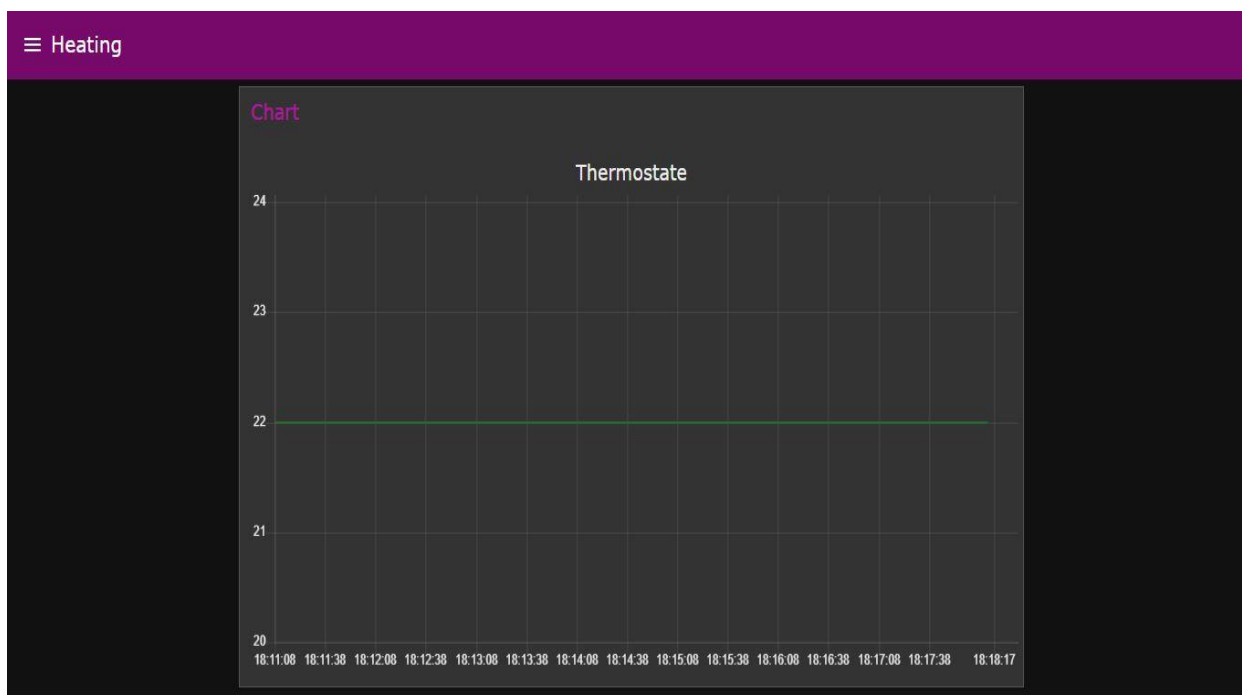
3.2.4. Interface του χρήστη

Έτσι λοιπόν, είμαστε σε θέση να δούμε κάποια αποτελέσματα μέσω ενός περιβάλλοντος που μας προσφέρει το Dashboard, το οποίο έχουμε την δυνατότητα να το διαμορφώσουμε όπως θέλουμε εμείς οι ίδιοι. Το Dashboard, παρέχει αρκετά nodes, ορισμένα εξ αυτών τα Charts και τα Gauges. Στην δική μας περίπτωση, χρησιμοποιούμε ένα Gauge για να βλέπουμε ανά πάσα ώρα και στιγμή την θερμοκρασία περιβάλλοντος μίας συγκεκριμένης περιοχής και ένα Chart για να παρατηρούμε την μεταβολή του θερμοστάτη. Το περιβάλλον αυτό, βρίσκεται τοπικά στον browser και έχουμε την δυνατότητα να αποκτήσουμε πρόσβαση σε αυτό μέσω της χρήσης συγκεκριμένου κουμπιού από το περιβάλλον του Node-RED. Η διαμόρφωση του περιβάλλοντος του Dashboard, πραγματοποιείται επίσης με μεγάλη ευκολία από το Node-RED καθώς στο δεξιό πάνελ αυτού, έχουν εμφανιστεί πλέον και διάφορες ρυθμίσεις που αφορούν το Dashboard, με τις οποίες μπορεί κάποιος να διαμορφώσει για παράδειγμα τις εικόνες, τα σχήματα, τις διαστάσεις, τα χρώματα και οτιδήποτε άλλο χρειαστεί [45]. Στην δική μας περίπτωση, ο χώρος αυτός διαμορφώθηκε όπως ακριβώς φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



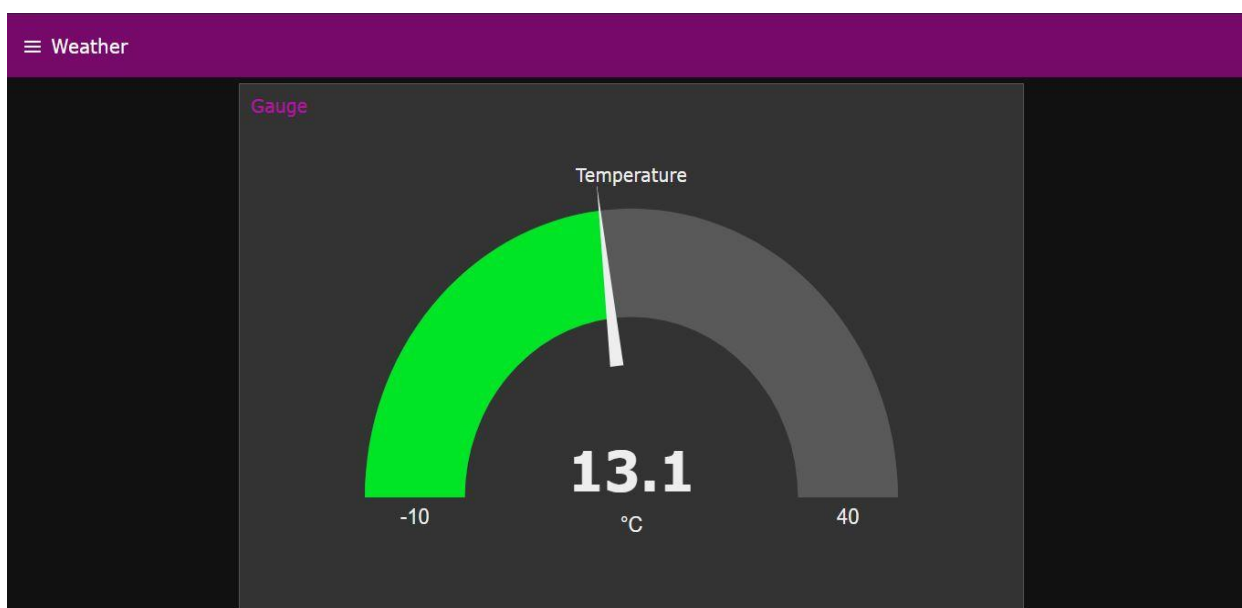
Εικόνα 54: Το μενού για την επιλογή της κάθε εφαρμογής

Στο πάνω αριστερό μέρος, βλέπουμε πλέον το μενού επιλογών για κάθε έξυπνη ρύθμιση στο σπίτι. Πατώντας το κουμπί αυτό, εμφανίζοντας όλες οι εφαρμογές που υπάρχουν στο σύστημα. Στην παρούσα έρευνα, όπως φαίνεται και στην παραπάνω εικόνα, έχουν δημιουργηθεί δύο εφαρμογές, το Heating και το Weather. Επιλέγοντας για παράδειγμα το κουμπί της θέρμανσης (Heating), μπορούμε να δούμε το περιβάλλον ελέγχου του έξυπνου θερμοστάτη.



Εικόνα 55: Το περιβάλλον ελέγχου του έξυπνου θερμοστάτη

Αντίστοιχα, επιλέγοντας τώρα από το μενού το κουμπί του καιρού (Weather), θα δούμε ένα διαφορετικό περιβάλλον με τις αντίστοιχες πληροφορίες.

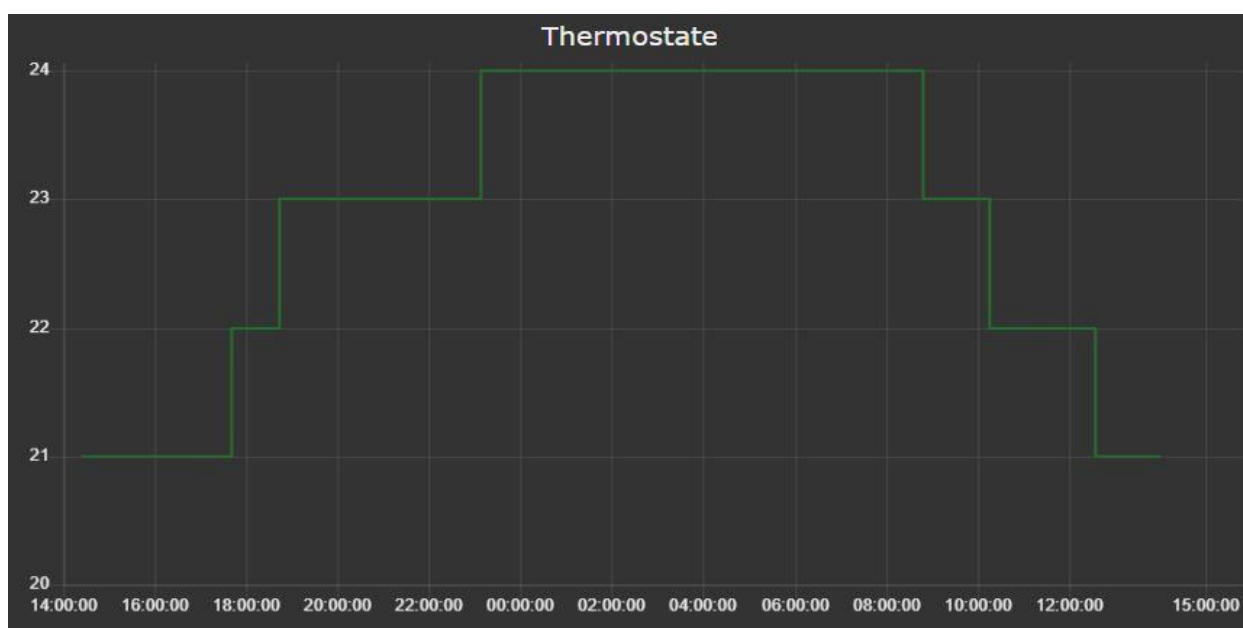


Εικόνα 56: Το περιβάλλον ελέγχου της θερμοκρασίας περιβάλλοντος

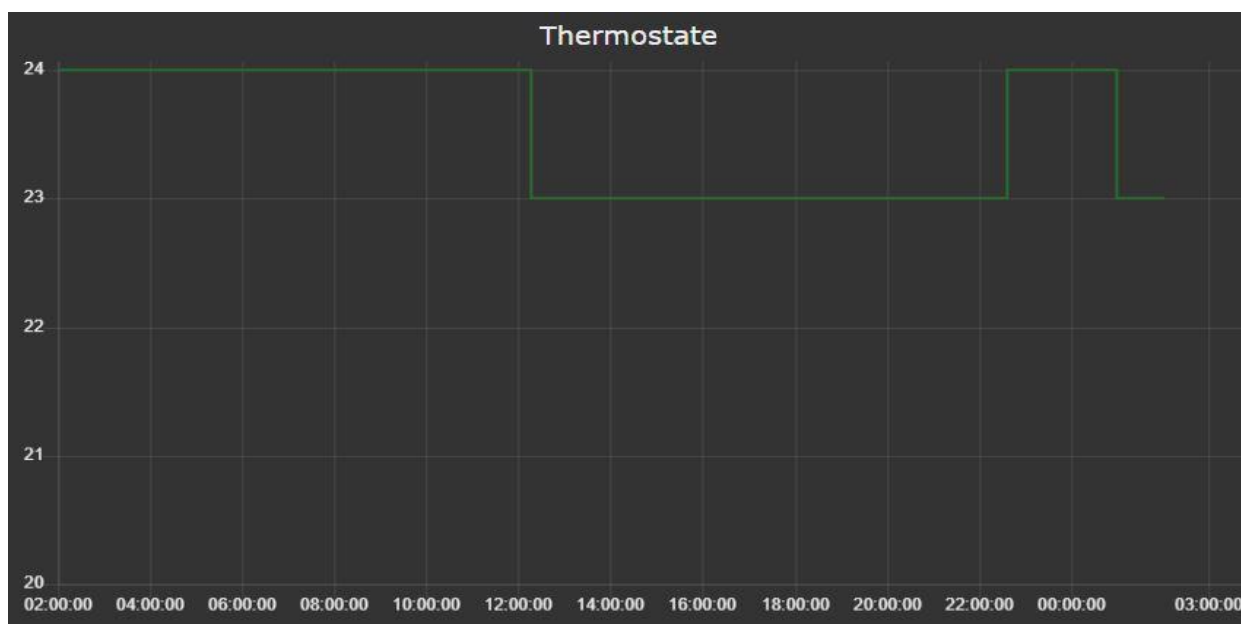
Ορίζοντας ως συντεταγμένες την Αθήνα, λάβαμε, μέσω δελτίου καιρού από το Openweathermap, ότι η θερμοκρασία περιβάλλοντος για μία τυχαία ώρα της ημέρας κυμάνθηκε στους 13.1 βαθμούς Κέλσιου. Σύμφωνα με το συγκεκριμένο δελτίο καιρού και έχοντας υπόψη τα 6 στρωματά που είχαμε νωρίτερα ορίσει για την ρύθμιση λειτουργίας του θερμοστάτη, αναμένουμε ότι η θερμοκρασία λειτουργίας αυτού θα ρυθμιστεί στους 22 βαθμούς Κέλσιου. Παρατηρώντας τις δυο παραπάνω εικόνες, εύκολα μπορεί να συμπεράνει κανείς ότι το γεγονός αυτό πράγματι έγινε και ότι το προτεινόμενο σύστημα λειτουργεί με απόλυτη επιτυχία.

3.2.5. Αποτελέσματα της Έρευνας

Χρησιμοποιήσαμε το σύστημα με συντεταγμένες την Αθήνα για δύο διαφορετικές ημέρες, μία θερμή και μία ψυχρή, προκειμένου να πάρουμε μία εικόνα αναφορικά με την απόδοση του συστήματος όταν αυτό βρίσκεται σε λειτουργία για 24 συνεχόμενες ώρες. Έτσι λοιπόν, ορίσαμε στον Scheduler ότι η μέτρηση για την θερμή ημέρα θα εκκινήσει και θα ολοκληρωθεί στις 14:00 το μεσημέρι, ενώ η μέτρηση για την ψυχρή ημέρα θα εκκινήσει και θα ολοκληρωθεί στις 02:00 τα ξημερώματα. Στις παρακάτω δύο εικόνες, φαίνονται οι ποικιλία των καταστάσεων που αποτυπώθηκε στα αποτελέσματα των δυο μετρήσεων.



Εικόνα 57: Μετρήσεις έξυπνου θερμοστάτη για το θερμό 24ωρο



Εικόνα 58: Μετρήσεις έξυπνου θερμοστάτη για το ψυχρό 24ωρο

Όπως παρατηρούμε στα παραπάνω στιγμιότυπα, κατά την διάρκεια του θερμού 24ώρου, είχαμε μία αρκετά ικανοποιητική ποικιλία καταστάσεων. Πιο συγκεκριμένα, κατά την διάρκεια των μεσημεριανών ωρών ο έξυπνος θερμοστάτης ήταν ρυθμισμένος στους 21 βαθμούς Κελσίου. Από εκεί και έπειτα, καθώς βαδίζαμε προς τις βραδινές ώρες, όπως ήταν άλλωστε αναμενόμενο, η θερμοκρασία ρύθμισης του έξυπνου θερμοστάτη αυξάνονταν ολοένα και περισσότερο. Κατά την διάρκεια των νυχτερινών αλλά και πρώτων πρωινών ωρών, η θερμοκρασία περιβάλλοντος έπεσε σε μονοψήφια επίπεδα, γεγονός που έκανε τον έξυπνο θερμοστάτη να ρυθμιστεί στην μέγιστη βαθμίδα που του είχαμε ορίσει, δηλαδή στους 24 βαθμούς Κελσίου. Σε αντίθεση με την μέτρηση του θερμού 24ώρου, η αντίστοιχη μέτρηση για το ψυχρό 24ωρο παρουσίασε μικρότερη ποικιλία καταστάσεων. Εξαιτίας των μονοψήφιων θερμοκρασιών περιβάλλοντος οι οποίες επικράτησαν στο μεγαλύτερο διάστημα του 24ώρου αυτού, ο έξυπνος θερμοστάτης ήταν συνεχώς ρυθμισμένος στους 24 βαθμούς Κελσίου με μοναδική εξαίρεση τις μεσημεριανές, απογευματινές και ένα μικρό μέρος των βραδινών και νυχτερινών ωρών όπου η θερμοκρασία λειτουργίας του έξυπνου θερμοστάτη ορίστηκε στους 23 βαθμούς Κελσίου.

ΚΕΦ.4: Συμπεράσματα

Εν κατακλείδι, στην παρούσα εργασία παρουσιάστηκαν εφαρμογές και τεχνολογίες οι οποίες διέπουν ένα έξυπνο σπίτι. Πιο συγκεκριμένα, προτάθηκε ένα καινοτόμο σύστημα ελέγχου θέρμανσης άκρως φιλικό προς τον χρήστη.

4.1. Πλεονεκτήματα του συστήματος

Κατά κύριο λόγο, η αποφυγή χρήσης οποιασδήποτε μορφής αισθητήρα για τον έλεγχο της θερμοκρασίας, έχει ως άμεσο επακόλουθο την μείωση των εξόδων του εκάστοτε χρήστη διότι αυτοί οι αισθητήρες, έχουν κόστος τόσο αγοράς όσο και κατανάλωσης. Στο σύστημα αυτό, την αντίστοιχη δουλειά των αισθητήρων την κάνει ένα node το οποίο συλλέγει δεδομένα από το site του Openweathermap, εντελώς δωρεάν.

Ένα επιπρόσθετο πλεονέκτημα του προτεινόμενου συστήματος, είναι η χρήση του Scheduler. Με την βοήθεια αυτού, ο χρήστης έχει την δυνατότητα να ορίζει τις ώρες και τις μέρες τις οποίες ο ίδιος επιθυμεί το σύστημα να είναι ενεργοποιημένο ή όχι, περικόπτοντας έτσι κατά πολύ την περιττή κατανάλωση σε ενεργειακούς πόρους.

Τέλος, η λειτουργία του έξυπνου θερμοστάτη μπορεί να ρυθμιστεί σε περισσότερες από μία θερμοκρασίες και ανάλογα πάντα με τις επιθυμίες του εκάστοτε χρήστη. Κατά συνέπεια, ένας τέτοιος θερμοστάτης καταναλώνει σε βάθος χρόνου λιγότερη ενέργεια από έναν παραδοσιακό θερμοστάτη ο οποίος όποτε λειτουργεί, θα λειτουργεί πάντα στην μέγιστη έντασή του.

4.2. Μελλοντικές Επεκτάσεις

Συνοψίζοντας, το συγκεκριμένο σύστημα είναι σε θέση να παρέχει περισσότερα πλεονεκτήματα συγκριτικά με άλλα παρόμοια όμως είναι αρκετά πιθανό το ενδεχόμενο να υστερεί σε θέματα ακρίβειας και αποδοτικότητας. Βασικός στόχος λοιπόν στο εγγύς μέλλον, είναι να σταματήσουμε να μένουμε σε μία απλή προσομοίωση και να δούμε το προτεινόμενο αυτό σύστημα σε άμεση εφαρμογή. Η ραγδαία ανάπτυξη τόσο της τεχνολογίας όσο και της επιστήμης της πληροφορικής, είναι ικανή να οδηγήσει την επιστημονική κοινότητα στην προσπάθεια βελτίωσης και επέκτασης του συστήματος αυτού έτσι ώστε να είναι σε θέση να

επιφέρει περισσότερα κέρδη σε θέματα ακρίβειας, οικονομίας και άνεσης στον χρήστη. Μερικές επεκτάσεις αυτού του συστήματος έχουν ήδη επιτευχθεί, όπως για παράδειγμα ο συνδυασμός έξυπνης θέρμανσης και έξυπνου φωτισμού στο ίδιο οικιακό περιβάλλον με απώτερο σκοπό την περαιτέρω εξοικονόμηση ενέργειας.

Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα παραπάνω, τα πλεονεκτήματα του συγκεκριμένου συστήματος συγκριτικά με τους έξυπνους θερμοστάτες που κυκλοφορούν στην αγορά είναι περισσότερα από τα αντίστοιχα μειονεκτήματα. Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα έγκειται στην αξιοσημείωτη μείωση του κόστους που είναι εφικτό να προσφέρει το σύστημα αυτό. Δεδομένου ότι το εγχείρημα του έξυπνου σπιτιού κωλυσιεργεί σε αρκετές περιπτώσεις να τεθεί σε εφαρμογή εξαιτίας οικονομικών κριτηρίων, ένα παρόμοιο σύστημα και σε συνδυασμό ίσως και με περισσότερες επεκτάσεις θα μπορούσε να διευκολύνει σε σημαντικό βαθμό ανάλογες καταστάσεις.

Η τεχνολογία των έξυπνων σπιτιών βρίσκεται στο στάδιο όπου οι διάφοροι κατασκευαστές των υλικών προσπαθούν να επιβάλουν ο καθένας τη δική του πλατφόρμα προκειμένου να κυριαρχήσουν στην αγορά. Με την πάροδο του χρόνου, το κόστος τόσο των ηλεκτρονικών όσο και ηλεκτρικών συσκευών και συστημάτων συνεχώς και μειώνεται. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, οι αυτοματισμοί οικίας να αξιοποιούνται ευρύτερα ώστε να συμβάλλουν καθοριστικά στην απλοποίηση της καθημερινής ζωής των χρηστών. Δεδομένου ότι οι ανάγκες των χρηστών ποικίλλουν πολύ ως προς την κλίμακα εφαρμογής και τον επιθυμητό βαθμό αυτοματοποίησης, οι προσπάθειες τυποποίησης και εναρμόνισης εκτιμάται ότι θα χρειασθούν αρκετό χρόνο ακόμη μέχρι να επιτύχουν και να δώσουν αποτελέσματα αντίστοιχα με αυτά που έχουν καθιερωθεί στους υπόλοιπους τομείς των ηλεκτρολογικών υλικών.

Ο χώρος των έξυπνων σπιτιών είναι ένα αποτέλεσμα μακροχρόνιας και εντατικής προσπάθειας το οποίο υλοποιεί την επιστημονική γνώση και την πιο εξελιγμένη τεχνολογία με απώτερο σκοπό να προσφέρει στον σύγχρονο άνθρωπο ασφάλεια και υψηλότερη ποιότητα ζωής στο σπίτι. Πρόκειται για μία τεχνολογία η οποία εξελίσσεται με ραγδαίους ρυθμούς και το μόνο σίγουρο είναι ότι θα αποκτά συνεχώς καινούριες δομές και προοπτικές καθώς πρόκειται αναμφισβήτητα για ένα από τα σπουδαιότερα τεχνολογικά επιτεύγματα της σύγχρονης εποχής.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Alsaadi, E., & Tubaishat, A. (2015). Internet of Things: Features, Challenges and Vulnerabilities. 2015 *International Journal of Advanced Computer Science and Information Technology (IJACSIT)*, 4(1), 1-13
- [2] https://el.wikipedia.org/wiki/Διαδίκτυο_των_πραγμάτων
- [3] Islam, S. M. R., Kwak, D., Kabir, M. H., Hossain, M., & Kwak, K. (2015). The Internet of Things for Health Care: A Comprehensive Survey. *IEEE Access* 2015, 3, 678-708. doi:10.1109/ACCESS.2015.2437951
- [4] Hammi, B., Khatoun, R., Zeadally, S., Fayad, A., & Khoukhi, L. (2017). Internet of Things (IoT) Technologies for Smart Cities. *IET Networks*, 7(1), 1-14. doi:10.1049/iet-net.2017.0163
- [5] Bughin, J., Woetzel, J., & Manyika, J. (2018). Smart Cities: Digital Solutions for A More Livable Future. *McKinsey Global Institute*
- [6] Ghosh, P., & Mahesh, T. R. (2015). Smart City: Concept and Challenges. 2015 *International Journal on Advances in Engineering, Technology and Science (IJAETS)*, 1(1), 25–27
- [7] Vermesan, O., & Friess, P. (2015). Internet of Things Applications: From Research and Innovation to Market Deployment. *River Publishers Series in Communications*
- [8] Salman, L., Salman, S., Jahangirian, S., Abraham, M., German, F., Blair, C., & Krenz, P. (2016). Energy efficient IoT-based smart home. 2016 *IEEE 3rd World Forum on Internet of Things (WF-IoT)*, 1, 526-529. doi:10.1109/WF-IoT.2016.7845449
- [9] Knudsen, L. (2010). Sustainable Smart House Technology Business Models: An Assessment of Rebound Effects. *Norwegian University of Science in Communication Technology*
- [10] Badica, C., Brezovan, M., & Badica, A. (2013). An Overview of Smart Home Environments: Architectures, Technologies and Applications. 2013 *6th Balkan Conference in Informatics (BCI)*, 1036, 78-85
- [11] Sinopoli, J. (2010). Smart building systems for Architects, Owners and Builders. *Elsevier*. doi:10.1016/C2009-0-20023-7
- [12] Othman, M. F., & Shazalib, K. (2012). Wireless Sensor Network Applications: A Study in Environment Monitoring System. 2012 *International Symposium on Robotics and Intelligent Sensors (IRIS)*, 41, 1204-1210. doi:10.1016/j.proeng.2012.07.302

- [13] Liang, T., & Yuan, Y. J. (2016). Wearable Medical Monitoring Systems Based on Wireless Networks: A Review. 2016 *IEEE Sensors Journal*, 16(23), 8186-8199. doi:10.1109/JSEN.2016.2597312
- [14] Chandrakar, N., Kaul, S., Mohan, M., Vamsi, C. S., & Prabhu, K. (2015). NFC based profiling of smart home lighting system. 2015 *International Conference on Industrial Instrumentation and Control (IIC)*. doi:10.1109/IIC.2015.7150764
- [15] Herrojo, C., Paredes, F., Contreras, J. M., & Martin, F. (2019). Chipless-RFID: A Review and Recent Developments. *Sensors* 2019, 19(15), 3385. doi:10.3390/s19153385
- [16] https://el.wikipedia.org/wiki/Ασύρματο_δίκτυο_αισθητήρων
- [17] <https://el.wikipedia.org/wiki/RFID>
- [18] <https://el.wikipedia.org/wiki/Bluetooth>
- [19] <https://en.wikipedia.org/wiki/Zigbee>
- [20] <https://el.wikipedia.org/wiki/Wi-Fi>
- [21] <https://el.wikipedia.org/wiki/NFC>
- [22] Wilson, C., Hargreaves, T., & Hauxwell-Baldwin, R. (2017). Benefits and risks of smart home technologies. *Energy Policy, Elsevier*, 103, 72-83. doi:10.1016/j.enpol.2016.12.047
- [23] Huang, S., Wei, Z., Yuan, X., Feng, Z., & Zhang, P. (2017). Performance Characterization of Machine-to-Machine Networks With Energy Harvesting and Social-Aware Relays. *IEEE Access* 2017, 5, 13297-13307. doi:10.1109/ACCESS.2017.2657551
- [24] Hao, C., & Yoshimura, T. (2016). Economical smart home scheduling for single and multiple users. 2016 *IEEE 59th International Midwest Symposium on Circuits and Systems (MWSCAS)*. doi:10.1109/MWSCAS.2016.7870121
- [25] Skocir, P., Krivic, P., Tomelj, M., Kusek, M., & Jezic, G. (2016). Activity Detection in Smart Home Environment. *Procedia Computer Science*, 96, 672-681. doi:10.1016/j.procs.2016.08.249
- [26] Lee, S., & Lin, F. J. (2016). Situation awareness in a smart home environment. 2016 *IEEE 3rd World Forum on Internet of Things (WF-IoT)*. doi:10.1109/wf-iot.2016.7845412
- [27] Zhang, W., An, Z., Luo, Z., Li, W., Zhang, Z., Rao, Y., & Duan, F. (2016). Development of a voice-control smart home environment. 2016 *IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO)*. doi:10.1109/ROBIO.2016.7866572

- [28] Chen, M., Yang, J., Zhu, X., Wang, X., Liu, M., & Song, J. (2017). Smart Home 2.0: Innovative Smart Home System Powered by Botanical IoT and Emotion Detection. *Mobile Networks and Applications*, 22(6), 1159-1169. doi:10.1007/s11036-017-0866-1
- [29] Rok, N., Blaž, M., Žiga, E., Vitomir, Š., & Peter, P. (2017). Face recognition with Raspberry Pi for IoT Environments. *2017 International Electrotechnical and Computer Science Conference (ERK)*
- [30] Hachani, A., Barouni, I., Said, Z. B., & Amamou, L. (2016). RFID Based Smart Fridge. *2016 8th IFIP International Conference on New Technologies, Mobility and Security (NTMS)*. doi:10.1109/NTMS.2016.7792472
- [31] Ma, H., Brown, T. W., & Ho, A. T. (2017). UWB Reactive Near Field Detection for Smart Packages: A Comprehensive Study Using Eggs. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 65(7), 3691-3701. doi:10.1109/TAP.2017.2705020
- [32] Dr S. Ravichandran (2016). Colour Discharge Alarming System in Washing Machine Using Internet of Things. *2016 International Journal of Control Theory and Applications*, 9(31), 147-150
- [33] Brauner, P., Heek, J. V., Ziefle, M., Hamdan, N. A., & Borchers, J. (2017). Interactive FURniTURE: Evaluation of Smart Interactive Textile Interfaces for Home Environments. *2017 International Conference on Interactive Surfaces and Spaces (ISS)*. doi:10.1145/3132272.3134128
- [34] Shahzad, S., Brennan, J., Theodossopoulos, D., Hughes, B., & Calautit, J. K. (2016). Building-Related Symptoms, Energy and Thermal Control in the Workplace: Personal and Open Plan Offices. *Sustainability* 2016, 8(4), 331. doi:10.3390/su8040331
- [35] Bustamante, S., Castro, P., Laso, A., Manana, M., & Arroyo, A. (2017). Smart Thermostats: An Experimental Facility to Test Their Capabilities and Savings Potential. *Sustainability* 2017, 9(8), 1462. doi:10.3390/su9081462
- [36] Nacer, A., Marhic, B., & Delahoche, L. (2017). Smart Home, Smart HEMS, Smart heating: An overview of the latest products and trends. *2017 6th International Conference on Systems and Control (ICSC)*. doi: 10.1109/ICoSC.2017.7958713
- [37] Catalbas, C. (2017). Environment Adaptive Lighting Systems for Smart Homes. *2017 Advances in Science and Technology Research Journal*, 11(3), 172-178. doi:10.12913/22998624/76449
- [38] Patel, S. M., & Kanawade, S. Y. (2017). Internet of Things Based Smart Home with Intel Edison. *Advances in Intelligent Systems and Computing Proceedings of International Conference on Communication and Networks*, 385-392. doi:10.1007/978-981-10-2750-5_40

[39] Simon, M., Ruben, V., Matthias, K., & Friedemann, M. (2016). Smart Configuration of Smart Environments. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering* , 13(3), 1247-1255. doi: 10.1109/TASE.2016.2533321

[40] <https://nodered.org/>

[41] <https://nodejs.org/en/>

[42] <https://www.json.org/>

[43] <https://www.npmjs.com/>

[44] <https://openweathermap.org/>

[45] [https://en.wikipedia.org/wiki/Dashboard_\(business\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Dashboard_(business))