



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΈΞΥΠΝΑ ΚΤΙΡΙΑ

ΟΝΟΜΑ ΦΟΙΤΗΤΗ : ΜΠΕΗΣ ΧΡΗΣΤΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΚΑΡΑΚΑΣΙΔΗΣ ΘΕΟΔΩΡΟΣ

ΒΟΛΟΣ 2019

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται την δομή και τη λειτουργία του έξυπνου κτηρίου.

Στο κεφάλαιο 1 γίνεται εισαγωγή προς τον αναγνώστη του κειμένου. Ακόμη, αποτυπώνεται ο σκοπός της ερευνητικής αυτής εργασίας. Επιπλέον, παρουσιάζονται η δημοτικότητα της διεθνούς βιβλιογραφίας μέσω paper στο θέμα που αναπτύσσεται σχετικά με τα smart buildings.

Στο κεφάλαιο 2, αναλύεται η έννοια ενός έξυπνου κτηρίου καθώς επίσης τα χαρακτηριστικά που το διακρίνουν έναντι του συμβατικού.

Το κεφάλαιο 3, αναφέρεται στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του διαδικτύου των πραγμάτων ή αλλιώς Internet of Things (IoT). Ακόμη επεξηγούνται η αρχιτεκτονική, οι τεχνολογίες και τα πρωτόκολλα που το υποστηρίζουν.

Στο κεφάλαιο 4, αναλύονται οι δράσεις εκείνες που μπορούν να γίνουν στην ουσία εργαλεία εξοικονόμησης ενέργειας, πχ. στο φωτισμό, στο σύστημα θέρμανσης, τον κλιματισμού κλπ.

Στο κεφάλαιο 5, περιγράφονται οι εφαρμογές του IoT σε κτήρια, βιομηχανίες και εφαρμογές αστικού περιβάλλοντος. Ακόμη μέσω στοχευόμενων παραδειγμάτων από υφιστάμενες εφαρμογές δίνονται στοιχεία ως προς το κόστος υλοποίησης ενός έξυπνου κτηρίου.

Τέλος, συλλέγονται τα συμπεράσματα μετά την περάτωση της εργασίας.

Λέξεις Κλειδιά

Έξυπνο Κτίριο, Διαδίκτυο των Πραγμάτων, Συστήματα Αυτοματισμού, Εξοικονόμηση Ενέργειας

Abstract

This thesis refers on the structure and function of the smart building. Chapter 1 introduces the reader to the text. Furthermore, it reflected the purpose of this research work. Moreover, they presented the popularity of the literature through paper on the subject that develops about smart buildings. Chapter 2, analyze the concept of a smart building as well as the features that distinguish it from the conventional. Chapter 3, refer to the special features of the Internet of Things (IoT). It explains the architecture, technologies and protocols that support it. In Chapter 4 discusses those actions that can be done essentially "tools" eg saving in lighting, the heating and air conditioning etc. The last chapter 5 describes IoT applications in buildings, industries and urban applications. Even through targeted examples of existing applications are given information as to the cost of implementing a smart building. Finally, the conclusions are collected upon completion of the work.

Keywords

Smart Building, Internet of Things, Automation Systems, Energy Saving

Ευχαριστίες

Η ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας με φέρνει και στο τέλος των φοιτητικών μου χρόνων. Στην πορεία αυτών των ετών συνάντησα και γνώρισα άτομα που η στήριξη και η συμπεριφορά τους στις όμορφες αλλά και στις δύσκολες στιγμές μου με κάνουν να μην τους λησμονώ ποτέ. Έτσι, με το συγκεκριμένο κείμενο ευχαριστίας θέλω να τους ευχαριστήσω γιατί όλοι τους πιστέψαν σε εμένα και τις προσπάθειες μου για καταξίωση. Ξεκινώντας θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά των επιβλέποντα καθηγητή μου κ.κ Θεόδωρο Καρακασίδη, καθηγητή στο Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστήμιου Θεσσαλίας, ο οποίος μου έδωσε την τιμή να ασχοληθώ και να αναπτύξω ένα θέμα διπλωματικής το οποίο ανοίγει νέους ορίζοντες στην επιστήμη μας. Ακόμη θα ήθελα να πω ένα μεγάλο ευχαριστώ στους φίλους μου αλλά και τους συμφοιτητές μου οι οποίοι μου έδωσαν δύναμη κατά την διάρκεια εκπόνησης της εργασίας αυτής. Για τέλος θα ήθελα να αναφερθώ στην οικογένεια μου που όπως πάντα έτσι και τώρα με στήριζαν καθημερινά.

Σας Ευχαριστώ !

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	3
Abstract	4
Ευχαριστίες.....	5
Ευρετήριο Εικόνων	8
Ευρετήριο Πινάκων	10
Κεφάλαιο 1 ^ο Εισαγωγή	11
1.1 Πρόλογος	11
1.1.1 Η δημοτικότητα των έξυπνων κτιρίων	12
1.2 Σκοπός διπλωματικής εργασίας	16
1.3 Οργάνωση της εργασίας	17
Κεφάλαιο 2 ^ο : Το Έξυπνο κτίριο	19
2.1 Το Έξυπνο κτίριο : Θεωρητική Ανάλυση.....	19
2.1.1 Αξιολόγηση Έξυπνου κτιρίου έναντι συμβατικού	21
2.1.2 Εμπόδια που πρέπει να υπερβεί το Έξυπνο Κτίριο	25
2.2 Τεχνικός Εξοπλισμός Έξυπνου κτιρίου	25
2.2.1 Συσκευές ελέγχου και ασφάλειας.....	26
2.2.2 Αισθητήρες	29
2.2.3 Δίκτυο επικοινωνίας και ελέγχου.....	34
2.2.4 Τερματικές μονάδες ελέγχου	38
2.3 Παραδείγματα πρότυπων έξυπνων κτιρίων στην Ε.Ε	41
2.4 Παραδείγματα πρότυπων έξυπνων κτιρίων στην Ελλάδα	42
Κεφάλαιο 3ο : Οι τεχνολογίες Internet of Things	44
3.1 Εισαγωγή	44
3.2 Βασικά χαρακτηριστικά του IoT	47
3.3 Αρχιτεκτονική IoT	50
3.4 Τεχνολογίες ενεργοποίησης και πρωτόκολλα επικοινωνίας	55
Κεφάλαιο 4 ^ο Διαχείριση ενέργειας και δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε ένα έξυπνο κτίριο	66
4.1 Διαχείριση ενέργειας.....	66
4.1.1 Πρακτικές ενεργειακής διαχείρισης.....	67
4.2 Συνηθισμένες απώλειες ενέργειας κτηρίων	69
4.2.1 Απώλειες Συστημάτων Θέρμανσης.....	69
4.2.2 Δίκτυα Θερμού Νερού και Ατμού	70
4.2.3 Κτιριακός-Οικιακός Εξοπλισμός	70

4.2.4 Συστήματα Κίνησης	70
4.2.5 Κατακερματισμός υποσυστημάτων	70
4.3 Μετρήσεις ενεργειακών παραμέτρων	71
4.3.1 Συνήθεις μετρήσεις και όργανα	72
4.4 Δράσεις Ενεργειακής Βελτίωσης και Προτάσεις Εξοικονόμησης Ενέργειας για Έξυπνα Κτίρια .	78
4.4.1 Κτιριακό κέλυφος	78
4.4.2 Θέρμανση	82
4.4.3 Κλιματισμός – Ψύξη – Αερισμός	91
4.4.4 Εγκατάσταση Φωτισμού	96
4.4.5 Συστήματα κίνησης	107
4.4.6 Εναλλακτικές δράσεις.....	110
Κεφάλαιο 5 ^ο : Εφαρμογές IoT και κόστος έξυπνου κτιρίου	115
5.1 Εφαρμογές IoT- το αύριο.....	115
5.1.1 Έξυπνα σπίτια και κτίρια	117
5.1.2 Βιομηχανικές εγκαταστάσεις	117
5.1.3 Ανάπτυξη Μοντέλου πληροφοριών μιας πόλης	118
5.2 Εφαρμογή του IoT σε αστικό περιβάλλον	119
5.2.1 Έξυπνη Πόλη: Σχέδιο και Σχεδίαση	120
5.2.2 Υγεία των υφιστάμενων κτιρίων	121
5.2.3 Διαχείριση απορριμμάτων	122
5.2.4 Κυκλοφοριακή Συμφόρηση	122
5.2.5 Έξυπνος Φωτισμός	123
5.2.6 Αυτοματοποίηση και υγιεινή Δημοσίων Κτιρίων.....	123
5.3 Κόστος έξυπνου κτιρίου	123
5.3.1 Παραδείγματα εφαρμογών και κόστος κατασκευής	125
5.4 Λόγοι που το έξυπνο σπίτι δεν έχει διαδοθεί ακόμη στο μέσο καταναλωτή	130
5.5 Μελλοντικές κατευθύνσεις	131
Συμπεράσματα	135
Βιβλιογραφία.....	138

Ευρετήριο Εικόνων

<i>Εικόνα 1.1 Διαχρονική εξέλιξη ερευνητικού ενδιαφέροντος για τα Έξυπνα Κτίρια</i>	13
<i>Εικόνα 1.2 Διαχρονική εξέλιξη ερευνητικού ενδιαφέροντος</i>	13
<i>Εικόνα 1.3 Επιστημονικά περιοδικά</i>	14
<i>Εικόνα 1.4 Συνολικά έγγραφα για το "Έξυπνο Σπίτι"</i>	14
<i>Εικόνα 1.5 Έξυπνα κτίρια στην Ευρώπη [statista.com]</i>	15
<i>Εικόνα 2.1 Ελεγχόμενα σπίτια [Τζανετοπούλου, 2010].</i>	19
<i>Εικόνα 2.2 Χειρισμός λειτουργιών από απόσταση [Hanly, 2017]</i>	21
<i>Εικόνα 2.3 Σύστημα αυτόματου χειρισμού [Hanly, 2017]</i>	22
<i>Εικόνα 2.4 Πράσινο έξυπνο σπίτι [Hanly, 2017]</i>	23
<i>Εικόνα 2.5 Συστήματα ασφαλείας [Hanly, 2017]</i>	23
<i>Εικόνα 3.1 Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων [Gilpress, 2014]</i>	44
<i>Εικόνα 3.2 Σημαντικά ορόσημα του IoT από το 1990 έως το 2015 [James, 2019]</i>	47
<i>Εικόνα 3.3 Λειτουργίες επιπέδου ανίχνευσης IoT [Weyrich, Ebert, 2016]</i>	51
<i>Εικόνα 3.4 Αρχιτεκτονική IoT προσαρμοσμένη στις υπηρεσίες [Weyrich, Ebert, 2016]</i>	53
<i>Εικόνα 3.5 Αρχιτεκτονική αναφοράς βιομηχανικού Διαδικτύου [Li, 2015]</i>	54
<i>Εικόνα 3.6 Αρχιτεκτονική Αναφοράς Βιομηχανίας [Li, 2015]</i>	54
<i>Εικόνα 3.7 IEEE P2143 [IEEE, 2019]</i>	55
<i>Εικόνα 3.8 Συσκευή σε συσκευή [Essameldin, Harras, 2011]</i>	56
<i>Εικόνα 3.9 Συσκευή σε Cloud επικοινωνία [Isecurion, 2017]</i>	57
<i>Εικόνα 3.10 Συσκευή σε θύρα επικοινωνία [GlobalSign, 2016]</i>	58
<i>Εικόνα 3.11 Μοντέλο Back-End δεδομένων [Tschofenig, 2015]</i>	58
<i>Εικόνα 3.12 Επίπεδα του OSI μοντέλου [Albreshne, 2009]</i>	61
<i>Εικόνα 3.13 Στιβάδα πρωτοκόλλων των IoT [Albreshne, 2009]</i>	61
<i>Εικόνα 4.1 Παράδειγμα μοντέλου για τη διαχείριση ενέργειας ενός κτηρίου [Google]</i>	67
<i>Εικόνα 4.2 Συσκευές συλλογής πληροφοριών ενός BMS [Abrar Communications]</i>	69
<i>Εικόνα 4.3 Θερμογραφική κάμερα [Amazon]</i>	72
<i>Εικόνα 4.4 Όργανα μέτρησης θερμοκρασίας [Επιστημονικές επιχειρήσεις ΕΠΕ]</i>	73
<i>Εικόνα 4.5 Όργανα μέτρησης υγρασίας [Επιστημονικές επιχειρήσεις ΕΠΕ]</i>	74
<i>Εικόνα 4.6 Ψηφιακά όργανα μέτρησης παροχής [Google]</i>	75
<i>Εικόνα 4.7 Τυπικός αναλυτής καυσαερίων [Google]</i>	76
<i>Εικόνα 4.8 Το «ζωντανό γυαλί» που εφήυραν οι αρχιτέκτονες Σου-ιν Γιανκ και Ντέιβιντ Μπέντζαμιν [Inhabitat]</i>	80
<i>Εικόνα 4.9 Το κτήριο Media-TIC στη Βαρκελώνη [Skypelab.org]</i>	81
<i>Εικόνα 4.10 Έξυπνοι κυκλοφορητές [Greenplumbingheating.com]</i>	84
<i>Εικόνα 4.11 PID θερμοστάτες [Google]</i>	85
<i>Εικόνα 4.12 Θερμοστάτης Nest Learning [Nest.com]</i>	86
<i>Εικόνα 4.13 Έξυπνος θερμοστάτης της Tado [Google]</i>	87

<i>Εικόνα 4.14 Ψηφιακή θερμοστατική κεφαλή [Google]</i>	88
<i>Εικόνα 4.15 Αντλίες θερμότητας για θέρμανση και ψύξη κτιρίων [Google]</i>	89
<i>Εικόνα 4.16 Εγκατάσταση συστήματος VRV-VRF σε κτίριο [ΚΑΠΕ]</i>	94
<i>Εικόνα 4.17 Έξυπνοι φεγγίτες [ecofriend.com]</i>	98
<i>Εικόνα 4.18 Φωτοβολταϊκό φωτιστικό [SundropSolar]</i>	100
<i>Εικόνα 4.19 Έξυπνοι dimmers αφής [Google]</i>	102
<i>Εικόνα 4.20 Σενάρια αισθητήρων εκμετάλλευσης φυσικού φωτισμού [Lighting and ceiling fans]</i>	103
<i>Εικόνα 4.21 Λειτουργία ενός έξυπνου λαμπτήρα [Google]</i>	105
<i>Εικόνα 4.22 Κυλιόμενες σκάλες με αισθητήρες για εξοικονόμηση ενέργειας [Hitachi]</i>	108
<i>Εικόνα 4.23 Ταξινόμηση επιβατών με βάση τον προορισμό τους [Schindler Elevator Company]</i>	110
<i>Εικόνα 4.24 Αυτόματη βρύση με φωτοκύτταρο [Google]</i>	111
<i>Εικόνα 4.25 Αισθητήρας πλημμύρας [Google]</i>	112
<i>Εικόνα 4.26 Λειτουργία του έξυπνου συστήματος άρδευσης Waterbee [Google]</i>	114
<i>Εικόνα 5.1 Τομείς εφαρμογών του IoT [Google]</i>	116
<i>Εικόνα 5.2 Αναπαράσταση του IoT σε μια Έξυπνη Πόλη [Chatziefthymiou, 2015]</i>	121
<i>Εικόνα 5.3 Προϋπολογισμός εγκατάστασης στο έργο της Wells Fargo & Co το 2010 [Cisco Systems, 2012]</i>	129
<i>Εικόνα 5.4 Σενάριο λειτουργίας μιας έξυπνης τάξης από την Huawei [Huawei, 2018]</i>	132

Ευρετήριο Πινάκων

<i>Πίνακας 2.1 Χαρακτηριστικά αισθητήρων</i>	30
<i>Πίνακας 2.2 Τύποι αισθητήρων κίνησης</i>	32
<i>Πίνακας 5.1 Στοιχεία εξοικονόμησης και κόστους Case studies που αναλύθηκαν</i>	129

Κεφάλαιο 1^ο Εισαγωγή

1.1 Πρόλογος

Ζούμε σε μια εποχή που η τεχνολογία έχει μπει για τα καλά στη ζωή μας, με συσκευές επικοινωνίας, αυτοματισμούς και διαχείριση συστημάτων. Όλα γίνονται σε πραγματικό χρόνο, οι άνθρωποι αλληλεπιδρούν μέσω των ηλεκτρονικών συσκευών, ενημερώνονται για τις εξελίξεις και ανταλλάσσουν πληροφορίες συνδεδεμένοι συνεχώς σ' ένα παγκόσμιο δίκτυο. Το επόμενο βήμα και πεδίο εφαρμογής της ενισχυμένης τεχνολογίας έχει να κάνει με την διευκόλυνση και οργάνωση της καθημερινής διαβίωσης, και πιο συγκεκριμένα στους τόπους κατοικίας, τα κτίρια και τις ηλεκτρικές συσκευές που είναι εγκατεστημένες σε αυτά. Προωθείται γενικά ένα μοντέλο αυτόματης λειτουργίας με βάση δεδομένα και μετρήσεις που συλλέγονται σε πραγματικό χρόνο από το περιβάλλον, σε συνδυασμό με ανθρώπινη παρέμβαση, χειρισμό εξ' αποστάσεως ή προγραμματισμό, όποτε αυτό κρίνεται απαραίτητο.

Εν είδει εισαγωγής θα δώσουμε κάποια απλά παραδείγματα από καθημερινές λειτουργίες που μπορούν να απλοποιηθούν ή να αυτοματοποιηθούν, ώστε να γίνει άμεσα κατανοητή στον αναγνώστη η λειτουργικότητα ενός έξυπνου κτιρίου. Στη συνέχεια της διπλωματικής υπάρχει φυσικά ενδελεχής ανάλυση.

- Σε ένα έξυπνο σπίτι, μπορεί ο ένοικος 20 λεπτά πριν επιστρέψει, να ανάψει το θερμοσίφωνο με μία εντολή που θα δώσει από το κινητό του ώστε να έχει ζεστό νερό για μπάνιο ή πλύσιμο πιάτων. Επιπλέον κάποιος αισθητήρας στο μπαλκόνι μπορεί να μετρά τη θερμοκρασία και να σβήνει αυτόματα το καλοριφέρ ή το air-condition όταν δεν χρειάζονται. Ακόμα αυτές οι συσκευές θα μπορούσαν να ενεργοποιηθούν μέσω διαδικτύου, ώστε για παράδειγμα κάποιος να βρει το σπίτι ζεστό όταν επιστρέφει το χειμώνα.
- Αντίστοιχα, ένας αισθητήρας υγρασίας θα μπορούσε να ενεργοποιεί ή να απενεργοποιεί το σύστημα αυτόματου ποτίσματος ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες για να μην λειτουργεί συνέχεια. Ή σε περίοδο διακοπών, ο ιδιοκτήτης θα εξασφάλιζε μέσω του κινητού ότι τα φυτά του δεν θα ξεραθούν.
- Όταν κάποιος λείπει για καιρό θα μπορούσε να έχει εγκατεστημένο σύστημα παρακολούθησης και να βλέπει ανά πάσα στιγμή αν το σπίτι του έχει παραβιαστεί. Επίσης ένα φωτοκύτταρο μπορεί να ανάβει το φως όταν ανιχνεύει κίνηση, ενώ κάθε φωτιστικό στα διαφορετικά δωμάτια, ή το ραδιόφωνο θα μπορούσαν να ενεργοποιηθούν κατά

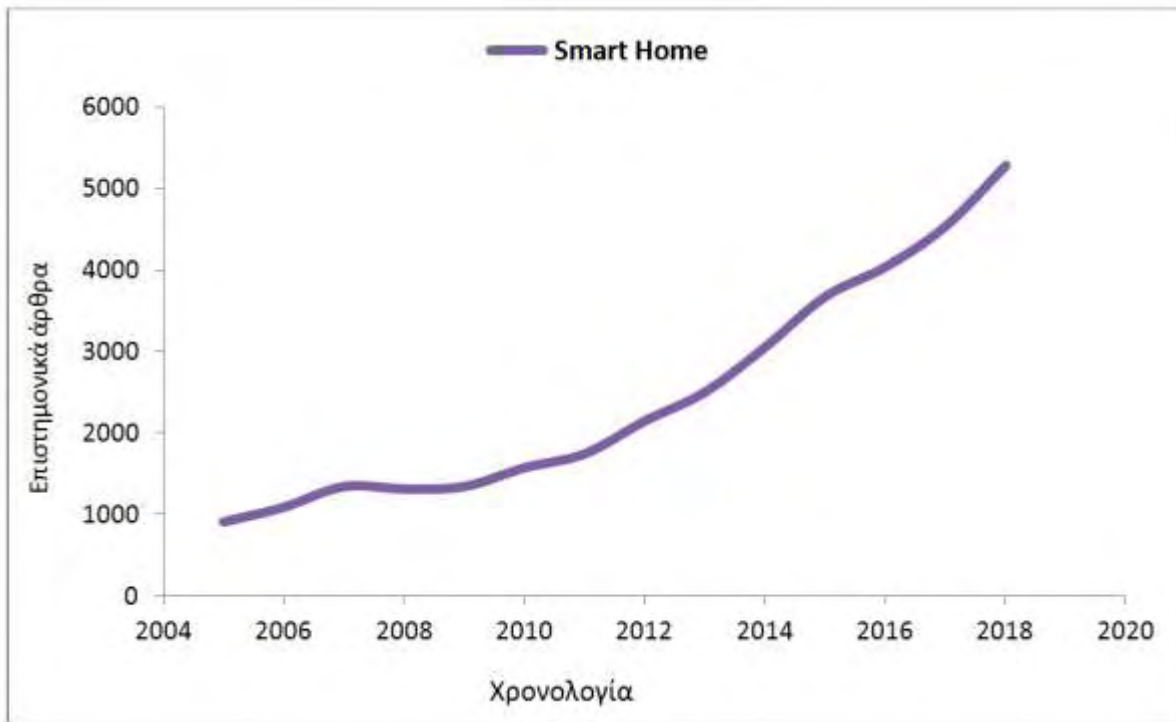
βούληση από απόσταση, σε διαφορετικές ώρες, οπότε θα δινόταν η εντύπωση ότι ο ένοικος δεν απουσιάζει.

- Άλλες εφαρμογές είναι για παράδειγμα η ανίχνευση μέσω αισθητήρα καπνού αν υπάρχει φωτιά, και αποστολή ειδοποίησης στον ενδιαφερόμενο, για ενεργοποίηση του συστήματος πυρασφάλειας από απόσταση ή επιτόπου επέμβαση,
- αυτόματο κλείδωμα της πόρτας εισόδου-συρόμενων παραθυρόφυλλων αν ο χρήστης τα ξεχάσει ή έλεγχος εξ' αποστάσεως, και πολλά άλλα.
- Τέλος, αν όλες οι συσκευές μπορούν να ελεγχθούν μέσω κινητού, ακόμα και όταν κάποιος βρίσκεται στο σπίτι μπορεί πχ να ανάβει το Wifi, να σβήνει τα φώτα σε άλλα δωμάτια, να χειρίζεται ιατρικές συσκευές, την τηλεόραση, το air-condition κλπ. χωρίς να χρειάζεται ένα σωρό τηλεκοντρόλ

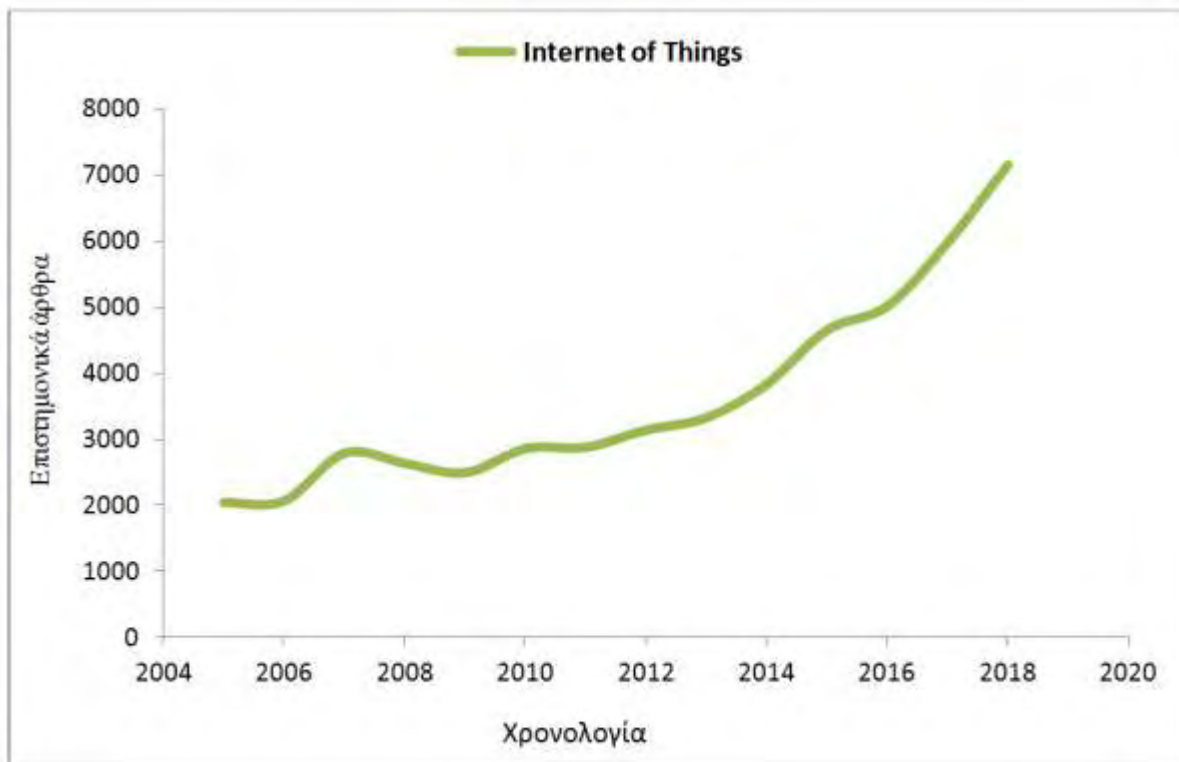
1.1.1 Η δημοτικότητα των έξυπνων κτιρίων

Την τελευταία δεκαετία υπάρχει έντονο ενδιαφέρον όσον αφορά την έρευνα, τις επενδύσεις, και την παραγωγή «έξυπνων συσκευών», δηλαδή συσκευών που λειτουργούν στη βάση του αυτοματισμού, ανάλογα με δεδομένα και πληροφορίες που λαμβάνουν από κατάλληλους αισθητήρες. Σήμερα είμαστε στο σημείο που προσπαθούμε αυτές τις ηλεκτρονικές συσκευές να τις διασυνδέσουμε σε δίκτυα μεταξύ τους και στη συνέχεια με τον παγκόσμιο ιστό.

Όσον αφορά τα επιστημονικά άρθρα που δημοσιεύονται από διάφορα πανεπιστήμια και οργανισμούς παγκοσμίως, παρατηρείται ένα σταθερά μεγάλος και μάλιστα αυξανόμενος αριθμός δημοσιεύσεων. Ενδεικτικά, σύμφωνα με το γνωστό ιστότοπο Sciencedirect δημιουργήσαμε τα παρακάτω γραφήματα:

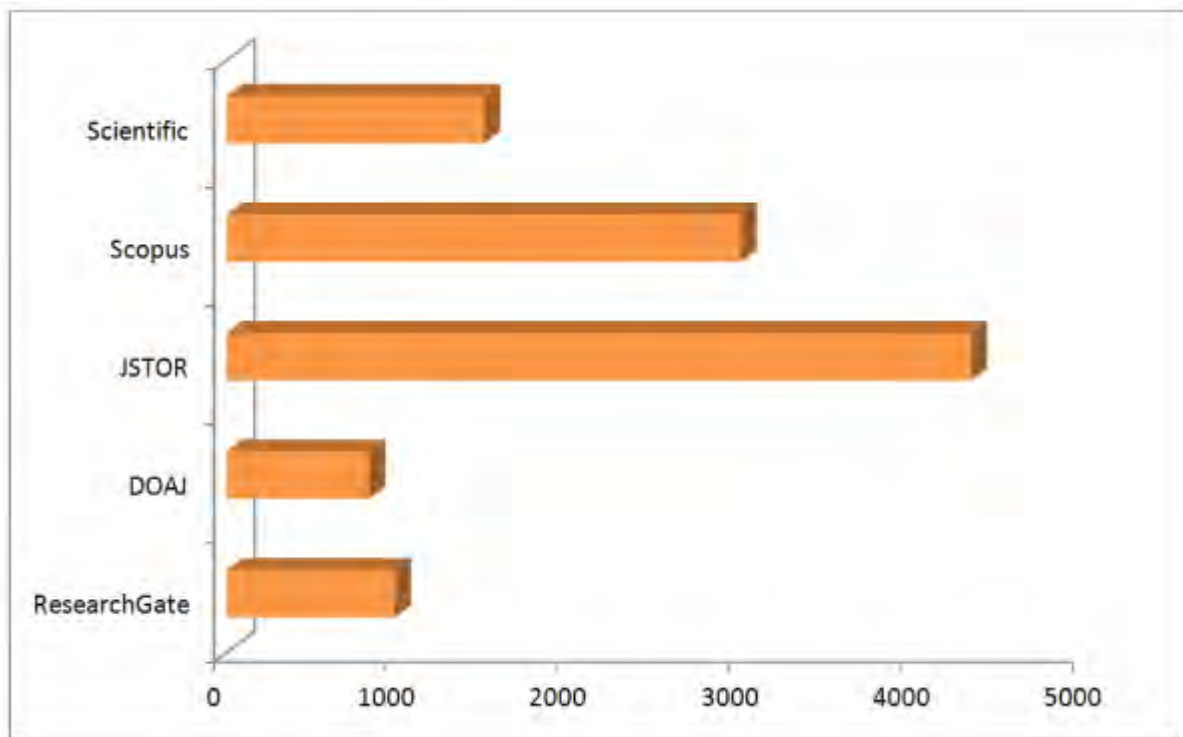


Εικόνα 1.1 Διαχρονική εξέλιξη ερευνητικού ενδιαφέροντος για τα Έξυπνα Κτίρια

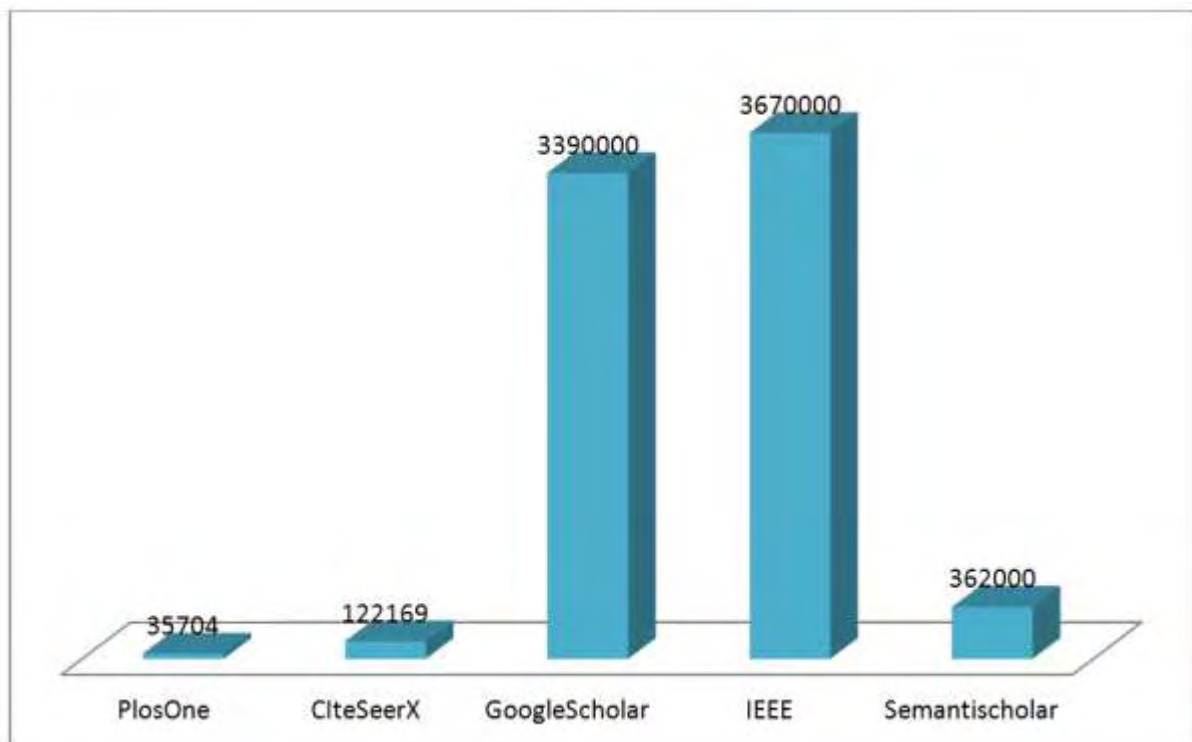


Εικόνα 1.2 Διαχρονική εξέλιξη ερευνητικού ενδιαφέροντος

Αντίστοιχα αποτελέσματα βλέπουμε και σε άλλα σημαντικά επιστημονικά περιοδικά όσον αφορά νέα επιστημονικά άρθρα για τις έξυπνες συσκευές και την εγκατάσταση σε κτίρια.



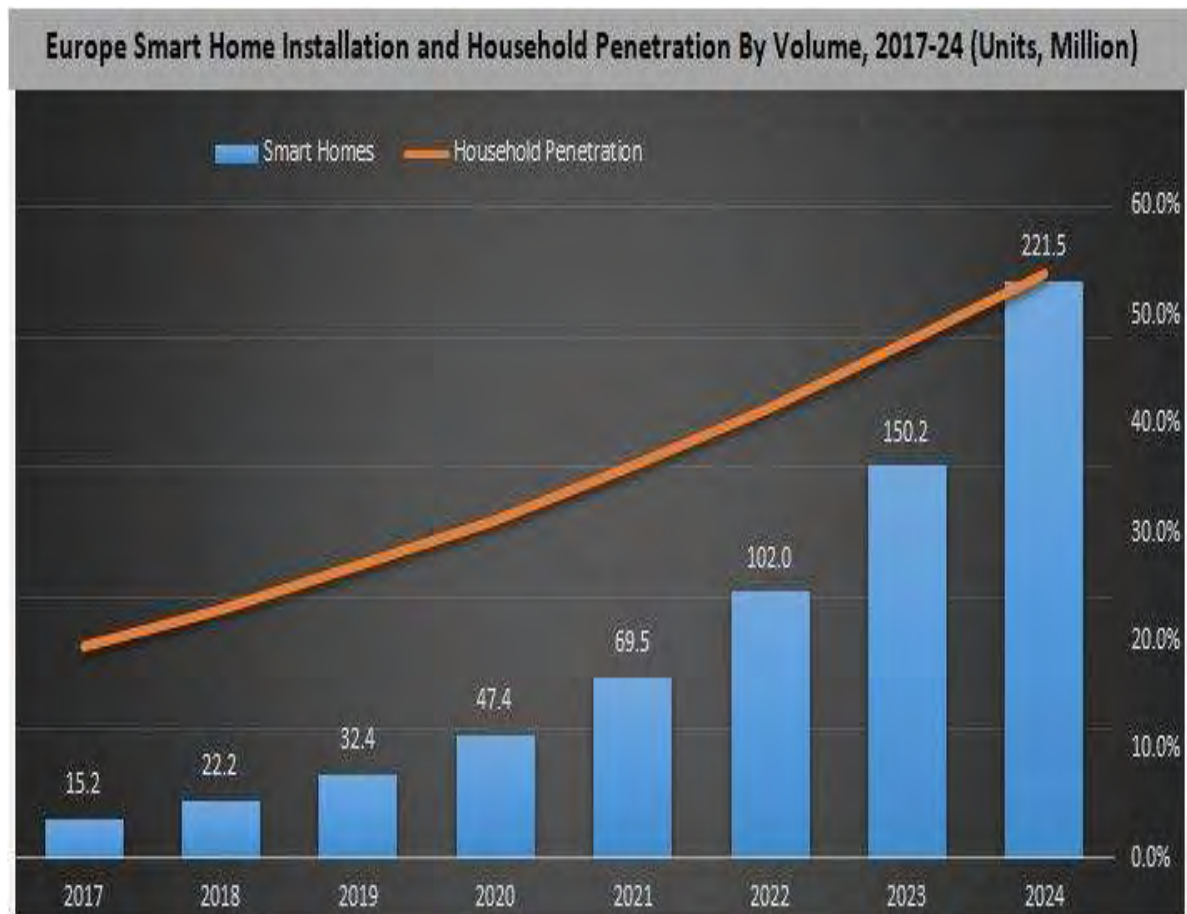
Εικόνα 1.3 Επιστημονικά περιοδικά



Εικόνα 1.4 Συνολικά έγγραφα για το "Έξυπνο Σπίτι"

Συνολικά, σε μηχανές αναζήτησης που αφορούν όλα τα άρθρα, βιβλία, δημοσιεύσεις, διπλωματικές και οτιδήποτε άλλο σχετικό με “Smart Home” υπάρχει μέχρι σήμερα, παρατηρούμε ότι το ενδιαφέρον των ερευνητών, των πανεπιστημίων και της βιομηχανίας είναι τεράστιο.

Όσον αφορά τη βιομηχανία και τη διείσδυση των έξυπνων συσκευών στα κτίρια, υπάρχει αυξανόμενος ρυθμός και πρόβλεψη για ακόμη μεγαλύτερη άνοδο.



Εικόνα 1.5 Έξυπνα κτίρια στην Ευρώπη [statista.com]

1.2 Σκοπός διπλωματικής εργασίας

Μετά από το μεγάλο ενδιαφέρον που παρατηρείται γύρω από το θέμα, σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η εξοικείωση με τις νέες τεχνολογίες και εγκατάσταση των έξυπνων συσκευών στις σύγχρονες κατοικίες και κτίρια γενικότερα.

Μετά από μελέτη των νέων τάσεων και εφευρέσεων από επιστημονικές δημοσιεύσεις, η πρακτική εφαρμογή σε νέες κατοικίες που χτίζονται είναι μια πρόκληση με πολλαπλά οφέλη. Αυτό που κινεί περισσότερο το ενδιαφέρον είναι η δυνατότητα ώστε η ζωή να γίνει πιο εύκολη, χωρίς να χρειάζεται ο άνθρωπος να ασχολείται με τη λειτουργία απλών συσκευών, όταν μπορούν να προγραμματίζονται αυτόματα ή να αποτελούν μέρος ενός αυτοδιαχειριζόμενου δικτύου, με την ελάχιστη δυνατή ανθρώπινη παρέμβαση και ενασχόληση. Το αρχικό κίνητρο, λοιπόν της εργασίας ήταν αυτό.

Στη συνέχεια, υπάρχει και πρακτικό ενδιαφέρον, καθόσον τα έξυπνα κτίρια είναι το μέλλον, με μεγάλες επενδύσεις στον τομέα αυτό. Δηλαδή αποτελεί επιπλέον σκοπό της εργασίας η ανάπτυξη των τρόπων και των μεθόδων που μπορεί να υλοποιηθεί ένα έξυπνο κτίριο με διασυνδεδεμένες συσκευές και απομακρυσμένο έλεγχο.

Το κυριότερο, όμως, που αποτελεί και το μεγαλύτερο τμήμα της διπλωματικής ήταν η έρευνα των επιμέρους συσκευών και νέων εφευρέσεων, ο τρόπος λειτουργίας τους, η χρησιμότητα τους και η ανάλυση σε βάθος για καθεμία απ' αυτές. Η μελέτη προχωρά και σε πρωτόκολλα διασύνδεσης, τρόπους δικτύωσης, και στήσιμο του εξοπλισμού σε διάφορες περιπτώσεις κτιρίων.

Μπορούμε να πούμε γενικά, ότι απώτερος στόχος της παρούσας διπλωματικής είναι η διάδοση αυτών των τεχνολογιών, δηλαδή η γνωστοποίηση των πλεονεκτημάτων των έξυπνων συσκευών στον κόσμο και η εφαρμογή σε πραγματικές κατασκευές κατοικιών. Με δυο λόγια, ενημέρωση πάνω στις τάσεις της επιστήμης και προτροπή για εφαρμογή στην πράξη.

Τα δεδομένα και τα συμπεράσματα που περιγράφονται στη συνέχεια μπορούν να χρησιμοποιηθούν από κατασκευαστές κτιρίων και επιστημονικό προσωπικό.

1.3 Οργάνωση της εργασίας

Η γενική δομή της εργασίας είναι αρχικά μια εισαγωγή στα έξυπνα κτίρια και τη διάδοση τους, στη συνέχεια ανάλυση των έξυπνων σπιτιών και των συσκευών τους, περιγραφή του Δικτύου των Πραγμάτων (IoT) και τέλος η υλοποίηση στην πράξη, το κόστος κατασκευής και η εξοικονόμηση ενέργειας σε διάφορα συγκροτήματα κτιρίων.

Συγκεκριμένα, η εργασία αποτελείται από τα ακόλουθα μέρη- κεφάλαια :

□ Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια εισαγωγή με πρακτικές εφαρμογές των έξυπνων συσκευών σε ένα σπίτι, παρουσιάζοντας σενάρια της καθημερινότητας, ώστε να γίνει άμεσα και απλά κατανοητό τι πραγματεύεται η παρούσα μελέτη. Αναδεικνύεται το αυξημένο ενδιαφέρον που υπάρχει την τελευταία δεκαετία στους κύκλους των ερευνητών, των πανεπιστημίων, της βιομηχανίας, και του κατασκευαστικού κλάδου. Με βάση τα παραπάνω εξηγείται και ο λόγος ενασχόλησης με το συγκεκριμένο θέμα, ο σκοπός της παρούσας εργασίας.

□ Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται μια θεωρητική και τεχνολογική ανάλυση του έξυπνου σπιτιού. Αφενός πραγματοποιείται μια πρακτική περιγραφή κι αξιολόγηση του έξυπνου σπιτιού κι αφετέρου παρουσιάζεται εν συντομία ο τεχνικός εξοπλισμός που απαρτίζει ένα έξυπνο κτίριο. Κατ' επέκταση, περιγράφονται διάφορες έξυπνες συσκευές, συνοδευόμενες από αισθητήρες, συσκευές ελέγχου και ασφάλειας, δίκτυα επικοινωνιών και ελέγχου.

□ Το τρίτο κεφάλαιο αποτελεί μια περιγραφή του Διαδικτύου των Πραγμάτων (Internet of Things) και της συνεισφοράς του σε πληθώρα πεδίων εφαρμογών, επικεντρώνοντας στα έξυπνα κτίρια. Στο πλαίσιο αυτό παρουσιάζεται μια συγκριτική μελέτη των IoT συστημάτων, διάφορες τοπολογίες διασύνδεσης δικτύων με τα επιμέρους συστήματα, αρχιτεκτονικές και τεχνολογίες ενεργοποίησης που διατίθενται αυτή τη στιγμή στην αγορά.

□ Το τέταρτο κεφάλαιο είναι αφιερωμένο σε ένα φλέγον θέμα της εποχής, την προστασία του περιβάλλοντος και την εξοικονόμηση ενέργειας που μπορούμε να πετύχουμε με τις έξυπνες συσκευές σε ένα κτίριο. Γίνεται προσπάθεια περιορισμού των απωλειών ενέργειας, στα συστήματα διαχείρισης θερμοκρασίας, στα υδραυλικά δίκτυα θερμού νερού και ατμού, στα

συστήματα κίνησης και φωτισμού. Η αντιμετώπιση των δυσλειτουργιών των συμβατικών σπιτιών επιτυγχάνεται με κατακερματισμό συστημάτων και επιμέρους λύσεις.

□ Στο πέμπτο κεφάλαιο αναλύεται η διαδικασία υλοποίησης διάφορων μορφών του έξυπνου κτιρίου, καθώς και το κόστος κατασκευής. Περιγράφεται αναλυτικά η χρήση του IoT, τόσο σε κατοικίες, όσο και σε βιομηχανικά κτίρια ή εμπορικά καταστήματα, ακόμη και σε ολόκληρα συγκροτήματα κτιρίων. Με περαιτέρω επέκταση, δημιουργούνται ολόκληρες έξυπνες πόλεις, όπου περιλαμβάνεται μέριμνα για όλα τα είδη ηλεκτρικών-ηλεκτρονικών εξαρτημάτων, όπως φανάρια, ανελκυστήρες, κυλιόμενες σκάλες κλπ, συνδεδεμένα σε ενιαίο δίκτυο, κεντρικά ελεγχόμενο.

□ Τέλος, παρατίθενται στοιχεία των ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων ενός έξυπνου κτιρίου, η διείσδυση στην αγορά και αναλύεται γιατί ακόμη δεν είναι διαδεδομένο το έξυπνο σπίτι στο μέσο καταναλωτή. Δίνονται μελλοντικές κατευθύνσεις ώστε να επωφεληθούμε από τις νέες τεχνολογίες όσον αφορά σε άνεση / λειτουργικότητα, και καταλήγουμε στα απαραίτητα συμπεράσματα.

Κεφάλαιο 2^ο : Το Έξυπνο κτίριο

2.1 Το Έξυπνο κτίριο : Θεωρητική Ανάλυση

Με τον όρο «έξυπνα σπίτια (smart home)» περιγράφονται οι εγκατεστημένες ηλεκτρικές συσκευές οι οποίες τοποθετούνται στον χώρο με σκοπό να προσφέρουν εξοικονόμηση ενέργειας και χρημάτων, ασφάλεια και άνεση. Με τη βοήθεια των διαφόρων μέσων επικοινωνίας πραγματοποιείται η αλληλεπίδραση των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων. Αυτή η αλληλεπίδραση πραγματοποιείται με ανταλλαγή δεδομένων για να ενεργοποιηθούν λειτουργίες όπως να ρυθμίσουν τη θερμοκρασία του χώρου ή να ενεργοποιήσουν το φωτισμό σε αυτό. Έξυπνα συστήματα εγκαθίστανται κατά κόρον σε εμπορικές εφαρμογές και αναφέρονται ως «αυτοματισμοί κτηρίων».

Ένα από τα χαρακτηριστικά των έξυπνων σπιτιών είναι η διαφορετική χρήση των περιφερειακών συσκευών. Τα ίδια περιφερειακά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για πολλαπλές λειτουργίες. Παράδειγμα του προαναφερθέντος είναι ο αισθητήρας παρουσίας ο οποίος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για έλεγχο του φωτισμού και της θέρμανσης αλλά και με τη βασική τους χρήση όπου είναι για το σύστημα του συναγερμού.

Τα πλεονεκτήματα της χρησιμοποίησης των διαφόρων συστημάτων των έξυπνων κτιρίων είναι ορατά στην καθημερινότητα των ενοίκων. Ο κατάλληλος προγραμματισμός των συστημάτων εξασφαλίζει την βελτίωση της ποιότητας ζωής των ενοίκων κάτι που συνοδεύεται με την εξοικονόμηση της ενέργειας και κατ' επέκταση και την εξοικονόμηση πόρων. Τα έξυπνα συστήματα είναι ικανά να εξασφαλίσουν ασφαλέστερες συνθήκες διαβίωσης σε σχέση με τα συμβατικά σπίτια [Τζανετοπούλου,2010].



Εικόνα 2.1 Ελεγχόμενα σπίτια[Τζανετοπούλου,2010].

Τα έξυπνα σπίτια διαχωρίζονται σε: [Kainulainen. 2007]

- Ελεγχόμενα Σπίτια

Σε αυτά τα σπίτια συμπεριλαμβάνονται οι κατοικίες οι οποίες μπορούν να ελεγχθούν με απλό τρόπο από τον ένοικο. Σε αυτές τις κατοικίες συμπεριλαμβάνονται αυτά με διασυνδεδεμένες ηλεκτρικές συσκευές, κατοικίες με μοναδική κονσόλα ελέγχου και αυτά ελεγχόμενα με ανθρώπινο ερέθισμα. Ο ηλεκτρονικός εξοπλισμός της πρώτης κατηγορίας περιλαμβάνει οικιακές συσκευές όπως οθόνες, υπολογιστή, κάμερες, μικρόφωνα, ηχεία, τηλεόραση και άλλα. Η απαίτηση υλοποίησης μίας τέτοιας κατοικίας είναι η ύπαρξη ευζωνικού δικτύου. Το σύστημα των σπιτιών με μοναδική κονσόλα περιλαμβάνει ένα μοναδικό σημείο ελέγχου. Αυτή η τεχνολογία απαιτεί την διασύνδεση των συσκευών και της μονάδας ελέγχου η οποία μπορεί να συνδεθεί είτε ενσύρματα είτε ασύρματα. Το χαρακτηριστικό της 3^{ης} κατηγορίας από την παραπάνω λίστα είναι το ανθρώπινο ερέθισμα. Το σύστημα αναζητά κάποιο ερέθισμα από τον ένοικο είτε αυτό είναι κάποια κίνηση, είτε αφή είτε φωνή για να ανταποκριθεί. Σε αυτή την περίπτωση απαιτείται και το αντίστοιχο λογισμικό για την λειτουργία του συστήματος.

- Προγραμματιζόμενες κατοικίες

Ως προγραμματιζόμενες κατοικίες, εννοούμε εκείνες τις κατοικίες οι οποίες διαθέτουν την δυνατότητα προγραμματισμού ώστε να διαχειρίζονται ηλεκτρικές συσκευές, ρυθμίζοντας τη λειτουργία τους ανά πάσα στιγμή. Σε αυτές τις κατοικίες συμπεριλαμβάνονται οι κατοικίες που αντιλαμβάνονται τον περιβάλλοντα χώρο και οι κατοικίες που αναγνωρίζουν στοιχεία των αισθητήρων και δρουν αντίστοιχα. Στην 1^η κατηγορία, οι αισθητήρες οι οποίοι υπάρχουν στην κατοικία επεξεργάζονται τα δεδομένα ως μεμονωμένα σενάρια. Στην 2^η κατηγορία, οι οικιακές συσκευές μπορούν να προγραμματιστούν έτσι ώστε να πληρούν τις ανάγκες της κατοικίας σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή. Με αυτό τον τρόπο ο θερμοσίφοντας γίνεται να ανάβει λίγο πριν γυρίσουν οι ένοικοι στο σπίτι και ο θερμοστάτης να ρυθμίζεται ανάλογα με την επιθυμητή θερμοκρασία.

- Ευφυή σπίτια

Αυτές οι οικίες διαχωρίζονται σε κατοικίες οι οποίες διαθέτουν την δυνατότητα να λαμβάνουν και να ενεργούν συσκευές με την βοήθεια απλών αισθητήρων και σε αυτά που έχουν την δυνατότητα να αντιληφθούν και να αναγνωρίζουν την κατάσταση και το

σενάριο. Αυτές οι κατοικίες διαθέτουν την δυνατότητα να απομνημονεύουν τις συνήθειες των ενοίκων και να αναγνωρίζουν αλληλουχίες κινήσεων. Ο στόχος αυτής της τεχνολογίας είναι η συλλογή όλων σχεδόν των λειτουργιών οι οποίες εξυπηρετούν τις ανάγκες των κατοίκων, χωρίς την παρέμβασή τους.

2.1.1 Αξιολόγηση Έξυπνου κτιρίου έναντι συμβατικού

Το έξυπνο κτήριο είναι εκείνο το οποίο καλύπτει τις διάφορες ανάγκες του αυτοματοποιημένα με την βοήθεια ηλεκτρονικών και τεχνολογικών καινοτομιών. Ένα έξυπνο κτήριο προσφέρει πλήθος πλεονεκτημάτων προς όφελος του βιοτικού επιπέδου των κατοίκων, σε καθημερινό επίπεδο. Επίσης, τα οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη τα οποία προσφέρουν είναι αξιοσημείωτα και μακροπρόθεσμα θα αποτελέσουν σημείο αναφοράς για τις απαιτήσεις της κοινωνίας για τα μοντέρνα σπίτια.

Ακολούθως παρουσιάζονται τα πλεονεκτήματα των έξυπνων σπιτιών [Hanly, 2017].

- Ποιότητα ζωής

Πολλές λειτουργίες της κατοικίας μπορούν να ελεγχθούν μέσω οποιουδήποτε σταθερού ή κινητού ή μέσω του internet, από τον κάτοικο κατά τη διάρκεια απουσίας του. Έτσι, δίνεται η δυνατότητα να ενεργοποιήσει το θερμοσίφωνα πριν μεταβεί σπίτι, να ανοιγοκλείνει τα παντζούρια των παραθύρων και να ρυθμίσει τη θερμοκρασία του σπιτιού. Επίσης, δίνεται η δυνατότητα προγραμματισμού της άρδευσης κατά τη διάρκεια μακράς απουσίας.



Εικόνα 2.2 Χειρισμός λειτουργιών από απόσταση [Hanly, 2017]

- Άνεση

Βασικό κίνητρο για την αναβάθμιση της οικίας σε «έξυπνη» είναι η άνεση που προσφέρει για τους ένοικους της. Η έξυπνη κατοικία υποστηρίζει την δυνατότητα αυτόματης ρύθμισης των οικιακών, τη θερμοκρασία καθώς και άλλες παραμέτρους της καθημερινής ανθρώπινης ζωής. Η παραπάνω αυτοματοποίηση πραγματοποιείται με τη βοήθεια αισθητήρα κίνησης ή χρονοδιακόπτη. Οι λειτουργίες μπορούν να ελεγχθούν κεντροποιημένα με την βοήθεια κονσόλας ή από ένα έξυπνο κινητό τηλέφωνο καθιστώντας με αυτό τον τρόπο πολύ απλή την διαδικασία ρύθμισης του φωτισμού, του κλιματισμού ή της τηλεόρασης, βλέπε εικόνα 2.3.



Εικόνα 2.3 Σύστημα αυτόματου χειρισμού [Hanly, 2017]

- Εξοικονόμηση ενέργειας

Αυτοματοποιώντας τις διαδικασίες σε μία κατοικία μειώνεται η κατανάλωση ενέργειας. Με τη βοήθεια θερμοστάτη ή αισθητήρα επιτυγχάνεται η ενεργοποίηση/ απενεργοποίηση του μέσου θέρμανσης/ψύξης εφόσον η θερμοκρασία δωματίου φτάσει σε κάποιο επιθυμητό επίπεδο. Ένας άλλος τρόπος αποφυγής άσκοπης καταναλισκόμενης ενέργειας είναι η απενεργοποίηση της θέρμανσης όταν τα παράθυρα είναι ανοιχτά με την βοήθεια ηλεκτρονικών παγίδων.



Εικόνα 2.4 Πράσινο έξυπνο σπίτι [Hanly, 2017]

- Ασφάλεια

Με τον όρο «ασφάλεια» σε ένα έξυπνο κτήριο εκτός από την ασφάλεια του εξωτερικού περιβάλλοντος εννοείτε και η ασφάλεια εντός του χώρου και τη σωστή λειτουργία των οικουσκευών ελέγχοντας την τάσης του ρεύματος για τυχόν αυξομείωση και για άλλες καταστάσεις. Σε ένα τέτοιο περιβάλλον παρέχεται ρεύμα μόνο σε πρίζες που πρέπει να έχουν ρεύμα σε συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Ακόμα με την βοήθεια αισθητήρων μπορούν να αντιληφθούν διαρροές σε νερό και φυσικό αέριο και να ειδοποιήσουν στις αρμόδιες υπηρεσίες/κάτοικο διατηρώντας μια σύνδεση με ιδιωτική ασφάλεια.



Εικόνα 2.5 Συστήματα ασφαλείας [Hanly, 2017]

- Περιβάλλον

Μέσω της εξοικονόμησης στην κατανάλωση της ενέργειας, τα έξυπνα σπίτια είναι ταυτόχρονα και οικολογικά. Με αυτό τον τρόπο προστατεύονται οι φυσικοί αλλά και οι πόροι ορυκτών καυσίμων. Καινοτόμες συσκευές όπως τα ηλικοιακά πάνελ, μειώνουν παραπέρα την ανάγκη χρήσης συμβατικού καυσίμου.

Φυσικά, εκτός από τα πλεονεκτήματα που έχουν οι έξυπνες κατοικίες έχουν και μερικά μειονεκτήματα. Μερικά από τα μειονεκτήματα είναι: [Kainulainen, 2007]

- Κόστος

Είναι προφανές ότι όσο πιο πολλά εξελεγμένα συστήματα διαθέτει ένα έξυπνο σπίτι τόσο πιο πολύ είναι το κόστος αγοράς αυτών σε σημείο που γίνεται ανάλογο του κόστους αγοράς ή αξίας του κτίσματος. Το κόστος αγοράς των έξυπνων συσκευών θα πρέπει να ισορροπεί το κόστος των παροχών που θα προσφέρει και των ευκολιών στους χρήστες του. Ακόμα, στο κόστος περιλαμβάνεται και το κόστος συντήρησης που θα πρέπει να γίνεται ανά κάποια χρονικά διαστήματα ανάλογα με την χρησιμότητα του συστήματος.

- Εξοικείωση

Για την ορθή λειτουργία των έξυπνων συστημάτων ενός έξυπνου περιβάλλοντος απαιτείτε η επαρκή γνώση των χρηστών για να μπορούν να τα χειρισθούν ανάλογα. Η έλλειψη γνώσης για τα συστήματα έχει σαν αποτέλεσμα την μη ορθή λειτουργία των συστημάτων. Οι συμβατικές κατοικίες δεν διαθέτουν κάποιο είδους τεχνολογίας την όποια ο ένοικος θα πρέπει να λάβει ειδικές γνώσεις, αντίθετα στα έξυπνα σπίτια απαιτείται μια πιο ευρεία γνώση της τεχνολογίας για να μπορούν και οι ένοικοι να εκμεταλλευτούν τα οφέλη των εξελεγμένων συστημάτων τα οποία είναι εγκατεστημένα στις ιδιοκτησίες τους.

- Υγεία

Ένα πολύ σημαντικό μειονέκτημα των συγχρόνων έξυπνων σπιτιών είναι η επιβάρυνση του περιβάλλοντος με επιπρόσθετη ακτινοβολία. Όπως είναι γνωστό κάθε ηλεκτρική συσκευή εκπέμπει ακτινοβολία. Η παρουσία πολλών τέτοιων συσκευών σε ένα χώρο αυξάνει το επίπεδο ακτινοβολίας. Φυσικά με την εξέλιξη της τεχνολογίας η στάθμη ακτινοβολίας αυτών των συσκευών έχει μειωθεί αλλά συγκριτικά με τα συμβατικά σπίτια είναι σαφώς μεγαλύτερη η ακτινοβολία.

2.1.2 Εμπόδια που πρέπει να υπερβεί το Έξυπνο Κτίριο

Εκτός από τα αρνητικά στοιχεία τα οποία πρέπει να ξεπεράσει η τεχνολογική ανάπτυξη των τελευταίων δεκαετιών στο τομέα των έξυπνων σπιτιών , υπάρχουν και άλλα εμπόδια. Μερικά από αυτά παρατίθενται παρακάτω.

- Τα περισσότερα σπίτια στην Ελλάδα είναι παλιά. Η παλαιότητα των κατοικιών συνδέεται και με την τεχνολογία την οποία χρησιμοποιούν για να εξυπηρετήσουν τις καθημερινές ανάγκες των κατοίκων. Για να μπορεί να αναβαθμιστεί ένα σπίτι στο λεγόμενο ‘‘έξυπνο σπίτι’’ θα πρέπει η ηλεκτρική εγκατάσταση του σπιτιού να μπορεί να αντέξει τον επιπλέον φόρτο ώστε να μπορεί να γίνει εγκατάσταση και συντήρηση των έξυπνων εξαρτημάτων.
- Αδυναμία διασύνδεσης. Για να μπορέσει το έξυπνο σπίτι να λειτουργεί στο βέλτιστο βαθμό θα πρέπει να υπάρχει επιτήρηση από μία κεντρική μονάδα ή τον ίδιο τον άνθρωπο. Σε πολλές περιοχές της Ελλάδος δεν υπάρχει διασύνδεση στον παγκόσμιο ιστό, το λεγόμενο ιντερνέτ, και σε ακόμα πιο πολλές περιοχές η διασύνδεση είναι με χαμηλές ταχύτητες. Εφόσον η καλή λειτουργία των έξυπνων σπιτιών συνδέεται και με την άμεση πρόσβαση στα έξυπνα οικοσυστήματα , είναι δύσκολο σε αυτές τις περιοχές , τουλάχιστον σε αυτή την περίοδο, να μπορεί να αναπτυχθεί σύστημα έξυπνων σπιτιών. Ακόμα η διασύνδεση χρειάζεται και στην αναβάθμιση των λειτουργικών των έξυπνων οικοσυστημάτων.
- Ασφάλεια. Όπως εξηγήσαμε και παραπάνω, για να υπάρχει βέλτιστη λειτουργία και εποπτεία των έξυπνων σπιτιών, θα πρέπει να υπάρχει διασύνδεση στο διαδίκτυο. Αυτό σημαίνει ότι τα δεδομένα των συστημάτων υπάρχουν αποθηκευμένα στο ‘σύννεφο’ (Cloud), δηλαδή σε κάποιο κέντρο αποθήκευσης δεδομένων(data centre). Με αυτό τον τρόπο τα προσωπικά δεδομένα μπορούν να γίνουν στόχο σε οποιονδήποτε μπορεί να τα υποκλέψει.

2.2 Τεχνικός Εξοπλισμός Έξυπνου κτιρίου

Όπως αναφέραμε στην αρχή, για να χαρακτηριστεί ένα κτίριο έξυπνο θα πρέπει να περιλαμβάνει κατάλληλο εξοπλισμό. Αυτός ο εξοπλισμός περιλαμβάνει συσκευές ελέγχου, αισθητήρες, τερματικές μονάδες, συσκευές δικτύου και το δίκτυο το ίδιο.

2.2.1 Συσκευές ελέγχου και ασφάλειας

Οι συσκευές που παρουσιάζονται παρακάτω έχουν ως κοινό χαρακτηριστικό τους τον έλεγχο διάφορων ηλεκτρικών συσκευών από απόσταση. Συγκεκριμένα, οι συσκευές ελέγχου παρέχουν την δυνατότητα στο χρήστη της λειτουργίας κάποιας συσκευής που επιθυμεί, είτε βρίσκεται στον ίδιο χώρο με την συσκευή είτε όχι. Η διαδικασία με την οποία επιτυγχάνεται το παραπάνω ποικίλει ανάλογα με τη συσκευή ελέγχου που διαθέτει ο χρήστης. Μπορεί να είναι με το πάτημα ενός κουμπιού κάποιου τηλεχειριστηρίου ή με το άγγιγμα μιας οθόνης που λειτουργεί με την τεχνολογία touch screen.

Οι συσκευές ελέγχου και ασφάλειας βρίσκονται σε κάθε χώρο του σπιτιού ή τουλάχιστον σε αυτούς τους χώρους που έχει επιλέξει ο χρήστης ώστε να μπορεί να ελέγχει απόλυτα την λειτουργία των ηλεκτρικών συσκευών του. Αξιοσημείωτο γεγονός αποτελεί, το ότι για να χαρακτηρίσουμε κάποιο σπίτι «έξυπνο» η παρουσία τέτοιων συσκευών κρίνεται απαραίτητη.

- Χειριστήριο το οποίο χρησιμοποιεί της ραδιοσυχνότητες (εικόνα 2.6)



Εικόνα 2.6 Συσκευή τηλεχειρισμού [Google]

- Έξυπνη πρίζα

Μερικά τεχνικά χαρακτηριστικά της έξυπνης πρίζας:

1. Αυτόνομη χρησιμοποίηση ακόμη και όταν ο υπολογιστής είναι απενεργοποιημένος ή αποσυνδεδεμένος.
2. Χρονικοί προγραμματισμοί
3. Μνήμη για την αποθήκευση των προγραμματισμών και διαθέτει μπαταρίες για την ασφάλεια των προγραμματισμών σε πτώση του ρεύματος.

4. Εύκολη χρήση και πρόγραμμα για Win 3.1, Win95/98/2000/XP
5. Ενεργοποιεί macros και ρουτίνες από οποιαδήποτε εντολή από Remote Control ή από άλλο Controller και αυτόματα τρέχει κάποια συνέχεια πράξεων.
6. Συμβατό με όλα τα προϊόντα X-10.



Εικόνα 2.7 Έξυπνη πρίζα [Google]

Αυτή η συσκευή είναι η πιο διαδεδομένη συσκευή για υπολογιστή σε Ευρώπη και Αμερική. Μπορεί να αυτοματοποιήσει τα πάντα μέσα στον χώρο, δίνοντας την επιθυμητή ασφάλεια μειώνοντας την ενέργεια του ηλεκτρικού ρεύματος και δίνοντας άνεση στην προσωπική ζωή. Η συσκευή προγραμματίζεται από τον ηλεκτρονικό υπολογιστή μέσα από multimedia εφαρμογή για τον έλεγχο όλων των συστημάτων X-10. Μπορεί να είναι συμβατή με πολλές διαφορετικές συσκευές. Μπορεί να αποθηκεύσει όλο τον προγραμματισμό και να ενεργοποιείται χωρίς την ύπαρξη του ηλεκτρονικού υπολογιστή. Η συνδεσμολογία είναι απλή και γρήγορη μιας και συνδέεται κατευθείαν στην σειριακή πόρτα του υπολογιστή.

Η πιο διαδεδομένη μάρκα αυτής της κατηγορίας είναι το Active Home Intrafce. Αυτή η συσκευή είναι διπλής κατεύθυνσης η οποία σημαίνει ότι εκτός ότι στέλνει X-10 σήματα μπορεί να λαμβάνει επίσης. Έτσι μπορούμε να ενεργοποιηθεί οποιοδήποτε εργασία η οποία έχει προγραμματίσει απλά από το πάτημα ενός πλήκτρου κάποιου από τα συμβατά χειριστήρια.

- Mini Ελεγκτές με υπέρυθρες

Η λειτουργία τους είναι ίδια με αυτών των ελεγκτών με ραδιοκύματα. Η διαφορά τους είναι η καλύτερη και πολύπλοκη μετάδοση σημάτων σε σχέση με τα συμβατικά.



Εικόνα 2.8 Ελεγκτής υπέρυθρων [Google]

- Συσκευή υπέρυθρων πολλαπλών καναλιών

Με αυτές τις συσκευές μπορούμε να ελέγχουμε όλες τις Audio/Video συσκευές στο χώρο του σπιτιού ή της εταιρείας. Ελέγχουμε εύκολα την τηλεόρασή, το βίντεο, το στερεοφωνικό, το δορυφορικό δέκτη κτλ.



Εικόνα 2.9 Πολλαπλή συσκευή υπέρυθρων [Google]

- LCD οθόνες ελέγχου

Αυτές οι συσκευές παρουσιάζουν τα δεδομένα τα οποία συλλέγει από διάφορους αισθητήρες. Ακόμα υπάρχει δυνατότητα ελέγχου αυτών των συστημάτων και προγραμματισμού τους.



Εικόνα 2.10 LCD Touch οθόνη ελέγχου [Google]

- Έξυπνες ασφάλειες

Σε αυτή την κατηγορία συσκευών περιλαμβάνονται οι ασφάλειες οι οποίες μπορούν να προγραμματιστούν ή να ελεγχθούν από απόσταση.



Εικόνα 2.11 Έξυπνη ασφάλεια [Google]

2.2.2 Αισθητήρες

Ο αισθητήρας είναι η συσκευή η οποία μετατρέπει φυσικά ή βιολογικά ερεθίσματα σε ηλεκτρική μετρήσιμη ποσότητα. Για να μπορέσει η μετρούμενη ηλεκτρική ποσότητα να χρησιμοποιηθεί θα πρέπει να βαθμονομηθεί, να μετατραπεί σε ψηφιακή μορφή και να αποσταλεί στον μικροελεγκτή για περαιτέρω επεξεργασία και έλεγχο. Η πλειοψηφία των αισθητήρων, ανεξάρτητα από τον τύπο τους, μπορούν να θεωρηθούν ως μέρος ενός ενσωματωμένου συστήματος που έχει δυνατότητες επικοινωνίας και συνδεσιμότητας backend. Οι αισθητήρες οι οποίοι έχουν την δυνατότητα αποστολής δεδομένων σε ένα κεντρικό σύστημα ελέγχου ονομάζονται έξυπνοι αισθητήρες. Με την βοήθεια λογισμικού και

συστημάτων ανάλυσης δεδομένων δίνεται η δυνατότητα επεξεργασίας, καθώς και η αποστολή αυτών για απομακρυσμένη επεξεργασία από ένα υπολογιστικό σύστημα.

Στα περισσότερα έξυπνα κτήρια του μέλλοντος αναμένεται να υπάρχει ενσωματωμένο δίκτυο ετερογενών ασύρματων και ενσύρματων έξυπνων αισθητήρων χαμηλής ισχύος που θα παρακολουθούν το τεράστιο σύνολο των παραμέτρων που είναι αναγκαίες για την κατασκευή ενός έξυπνου περιβάλλοντος. Η λειτουργία αυτών των αισθητήρων θα είναι αυτόνομη και θα διατηρούν την ιδιωτικότητα των κατοίκων.

Για την ύπαρξη ενός έξυπνου περιβάλλοντος, όπως προαναφέραμε, στο σπίτι θα πρέπει να αναπτυχθούν και να λειτουργούν έξυπνοι αισθητήρες. Με τη μετάδοση σε πραγματικό χρόνο των συλλεγόμενων δεδομένων από τους αισθητήρες και την επεξεργασία αυτών επιτυγχάνεται η ομαλή λειτουργία και επικοινωνία των συστημάτων και συσκευών εντός του δικτύου. Για παράδειγμα, τα δεδομένα που προέρχονται από τους οπτικοακουστικούς αισθητήρες μπορούν να συνδυαστούν με το σύστημα εντοπισμού ραδιοσυχνοτήτων (Radio-Frequency Identification-RFID) για να συνδυαστούν για να εντοπιστεί η θέση των ενοίκων στο σπίτι καθώς και τη δραστηριότητά τους εκείνη τη στιγμή [Atlas, 2019].

Στον πίνακα 2.1 παρουσιάζονται συνοπτικά τα χαρακτηριστικά των αισθητήρων.

Πίνακας 2.1 Χαρακτηριστικά αισθητήρων

Χαρακτηριστικά	Περιγραφή
Εύρος (Range)	Όριο αξιόπιστης λειτουργίας αισθητήρα
Ακρίβεια (Accuracy)	Η εγγύτητα της εξόδου ως προς τη είσοδο
Ανοχή (Tolerance)	Μέγιστο σφάλμα αισθητήρα
Σφάλμα (Fault)	Η διαφορά της μετρούμενης τιμής με την πραγματική
Ευαισθησία (Sensitivity)	Η σχέση αλλαγής τιμής εξόδου ως προς αυτή εισόδου, η οποία ισούται με τη διαφορά των τιμών της εξόδου προς τη διαφορά των τιμών εισόδου.
Διακριτική Ικανότητα (Resolution capability)	Η μικρότερη αλλαγή της τιμής εισόδου που μπορεί να ανιχνεύει από τον αισθητήρα
Βαθμονόμηση (Calibration)	Η βαθμολόγηση της κλίμακας σε μονάδες.

Γραμμικότητα (Linearity)	Το στον οποίο η γραφική παράσταση της εξόδου προσεγγίζει ευθεία ως προς την είσοδο
Νεκρή ζώνη (Dead zone)	Το μέγιστο ποσό αλλαγής της εισόδου που δεν επιφέρει αλλαγή στην έξοδο
Απόκριση (Response)	Ο χρόνος που απαιτείται για τη λήψη της τελικής τιμής εξόδου
Ευστάθεια (Stability)	Η μεταβολή της εξόδου χωρίς τη μεταβολή της εισόδου
Υστέρηση (Hysteresis)	Η διαφορά της εξόδου όταν η κατεύθυνση της εισόδου αντιστραφεί
Ολίσθηση (Slide)	Η μεταβολή των χαρακτηριστικών του αισθητήρα με το χρόνο
Επαναληψιμότητα (Repeatability)	Η παραγωγή του ίδιου αποτελέσματος, σε διαφορετικές χρονικές στιγμές με παρόμοια είσοδο.
Χρόνος λειτουργίας (Operating time)	Ο χρόνος λειτουργίας στα ανάλογα των προδιαγραφών του αισθητήρα
Στατικό σφάλμα (Static error)	Το σταθερό σφάλμα σε όλο το εύρος λειτουργίας, το οποίο μπορεί να αντισταθμιστεί

Παρακάτω παρουσιάζονται συνοπτικά μερικοί αισθητήρες.

- Αισθητήρες κίνησης

Οι αισθητήρες κίνησης συνεχούς μαγνητικού εμφανίζονται στα τέλη της δεκαετίας του 1980 προκειμένου να αντιμετωπιστούν τα προβλήματα ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών, που ήταν ιδιαίτερα έντονα στους AC magnetic trackers [Τριτσώνης, 2012].



Εικόνα 2.12 Αισθητήρας κίνησης [Τριτσώνης , 2012]

Οι ανιχνευτές κίνησης, ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας τους, διακρίνονται σε μηχανικούς, ηλεκτρομαγνητικούς συνεχούς (DC) ή εναλλασσόμενου ρεύματος (AC), οπτικούς & ακουστικούς. Οι ηλεκτρομαγνητικοί ανιχνευτές έχουν την πιο ευρύ χρησιμοποίηση. Αυτοί οι τύποι αισθητήρων χρησιμοποιούνται στους χώρους για απλές λειτουργίες όπως την αφή φωτισμού έως στην ενεργοποίηση συναγερμών. Στον Πίνακα 2.2 γίνεται μια λεπτομερής ανάλυση του κάθε τύπου αισθητήρα κίνησης.

Πίνακας 2.2 Τύποι αισθητήρων κίνησης

Τύπος αισθητήρα	Χαρακτηριστικό
Μηχανικός	Οι μηχανικοί αισθητήρες έχουν την δυνατότητα να υπολογίζουν αλλαγές στη θέση και στον προσανατολισμό των κινουμένων αντικειμένων μέσω επαφών συνδεδεμένων με κάποιο σημείο αναφοράς, το οποίο βρίσκεται είτε πάνω στο ίδιο το αντικείμενο, είτε σε κάποια επιφάνεια κοντά στο αντικείμενο.
Ακουστικοί ανιχνευτές	Χρησιμοποιούν την τεχνική της μέτρησης της διαφοράς φάσης μεταξύ ηχητικών σημάτων που στέλνει ένας πομπός στο αντικείμενο και σε ένα

	σημείο αναφοράς, προκειμένου να υπολογιστούν θέσεις αλλά γωνίες κίνησης.
Οπτικοί ανιχνευτές	Ως αρχή λειτουργίας τους έχουν την εκπομπή ακτινών υπέρυθρου φωτός από διόδους, ενώ οι ακτίνες λαμβάνονται από μικροσκοπικές κάμερες ή από πλευρικής επίδρασης φωτοδιόδους (PSD).

- Αισθητήρας νερού

Οι αισθητήρες νερού μπορούν να τοποθετηθούν σε οποιοδήποτε σύστημα ύδρευσης. Αυτοί οι αισθητήρες ανιχνεύουν διαρροή ή παρουσία νερού. Ακόμα μέσω των συστημάτων αισθητήρων μπορούν να συνδεθούν με σύστημα συναγερμού για να ειδοποιήσουν σε άμεσο χρόνο τον ενδιαφερόμενο.

Μετά από την ανίχνευση της διαρροής, το σύστημα με την βοήθεια των ηλεκτροβαλβίδων κλείνει την παροχή νερού για την ελαχιστοποίηση των ζημιών που μπορούν να προκληθούν από την βλάβη. Με την βοήθεια αυτής της συσκευής επιτυγχάνεται η διατήρηση ασφάλειας της οικίας σε τυχόν διαρροές νερού. [Fibaro, 2019].



Εικόνα 2.13 Αισθητήρας νερού[Fibaro,2019]

- Αισθητήρας θερμοκρασίας

Ο αισθητήρας θερμοκρασίας μετράει την θερμοκρασία μέσα στον χώρο. Μπορεί να προγραμματιστεί έτσι ώστε μέσα σε ένα εύρος τιμών θερμοκρασιών να είναι ανενεργός και όταν η τιμή είναι στα δύο άκρα να στέλνει σήμα σε διαφορετικά συστήματα για να τα ενεργοποιεί ή να τα απενεργοποιεί.



Εικόνα 2.14 Αισθητήρες θερμοκρασίας [Google]

2.2.3 Δίκτυο επικοινωνίας και ελέγχου

Στις μέρες μας είναι εμπορικά διαθέσιμη η τεχνολογία που απαιτείται για την λειτουργία των έξυπνων κτηρίων. Αυτή η τεχνολογία παρέχει αυτονομία ελέγχου σε μεγάλα δημόσια κτίρια, όπως ξενοδοχεία και αεροδρόμια. Η τεχνολογία του δικτύου υποστήριξης συστημάτων αισθητήρων και ενεργοποιητών είναι διαθέσιμη και παρέχεται σε υψηλό επίπεδο. Ανάμεσα στα ευρέως χρηστικά δίκτυα συγκαταλέγονται ο έλεγχος μέσω του KNX αλλά επίσης και το LonWorks, τα οποία έχουν ενσωματωμένα προγράμματα ελέγχου για την διασφάλιση της επικοινωνίας μεταξύ των διαφόρων συσκευών τους. Λόγω του παραπάνω τα συστήματα αυτά εγγυούνται υψηλή αξιοπιστία επικοινωνίας και ελέγχου κάτι που τα χαρακτηρίζει ως σημαντικά για την υποστήριξη των χρηστών μιας κατοικίας. Η πλειοψηφία των δικτυακών εγκαταστάσεων οι οποίες χρησιμοποιούνται σε κτίρια είναι ενσύρματα κάτι το οποίο τις καθιστά πιο εύκολα στην εγκατάσταση. [Παναγιώτης, 2016].

Τα δίκτυα που χρησιμοποιούν ραδιοσυχνότητες (RF) υπερτερούν σε σχέση με τα άλλα δίκτυα με βάση τον τρόπο μετάδοσης και λήψης των σημάτων μεταξύ των συσκευών λειτουργίας τους. Οι εγκαταστάσεις αυτών των δικτύων μπορούν να είναι αρκετά απλές αλλά και ιδιαίτερα εύχρηστες προς τον εγκαταστάτη και τον χρήστη. Παρόλα αυτά στα δίκτυα που χρησιμοποιούν ραδιοσυχνότητες εμφανίζεται συχνά το πρόβλημα των νεκρών σημείων και τη

μείωση της ισχύος του σήματος. Ακόμα, για την λειτουργία μιας τέτοιας εγκατάστασης, η οποία συγκαταλέγει συσκευές αισθητήρων, συστήματα υποστήριξης λήψης αλλά και μετάδοσης συχνοτήτων, επιβάλλει μια αξιόπιστη αλλά και υψηλή παροχή ηλεκτρικής ενέργειας. Στα ενσύρματα δίκτυα είναι εύκολη αυτή η διασύνδεση με την παροχή ηλεκτρικού ρεύματος αντίθετα στα RF δίκτυα απαιτείται πρόσθετη σύνδεση με πρίζα ή χρήση μπαταριών.

Λόγο της σημαντικότητας της ύπαρξης RF επικοινωνίας για την φορητότητα των συσκευών και των ενεργειακών απαιτήσεων η κατανάλωση των συσκευών έχει ελαχιστοποιηθεί σημαντικά. Επίσης, μεγάλο ενδιαφέρον υπάρχει για τα συστήματα διαχείρισης ενέργειας. Ως παράδειγμα του παραπάνω είναι η χρήση του διακόπτη φωτός ο οποίος διαθέτει την δυνατότητα κατανάλωσης μικρής ποσότητας ηλεκτρικής ενέργειας και αυτό μπορεί να αρκεί για την επικοινωνία μιας RF συσκευής εντός του δικτύου.

Οι τεχνολογίες οι οποίες χρησιμοποιούνται για την υποστήριξη των δικτύων επικοινωνιών και ελέγχου παρουσιάζονται παρακάτω.

- GSM / GPRS

Το GSM (Global System Mobile) είναι μια τεχνολογία επανάσταση στις τηλεπικοινωνίες. Κατά την τελευταία δεκαετία εισήχθησαν νέες γενιές των GSM. Αυτές οι τεχνολογίες είναι η GPRS, UMTS και φυσικά η 5G, οι οποίες καταφέρνουν να παρέχουν υψηλες ταχύτητες μετάδοσης. Αναλυτικότερα, το GSM ανήκει στην οικογένεια των κυψελοειδών δικτύων τα οποία κατά βάση επαναχρησιμοποιούν τις ίδιες συχνότητες κάθε φορά. Για να καταφέρει το δίκτυο αυτό να επαναχρησιμοποιήσει τις συχνότητες θα πρέπει κάθε φορά οι γεωγραφικές περιοχές κάλυψης να διαιρεθούν σε λεγόμενα «κύτταρα». Το εύρος του κυττάρου εξαρτάται από τη ζήτηση της κυκλοφορίας και την διανομή.

Το κινητό ασύρματο σύστημα χρησιμοποιείται για την παράδοση επικοινωνιών φωνής αλλά και δεδομένων. Μία οικονομική και αποδεκτή υπηρεσία η οποία παρέχεται από τα δίκτυα GSM/GPRS και χρησιμοποιείται σε εφαρμογές για έξυπνα σπίτια είναι το γνωστό SMS. Χρησιμοποιώντας τα δίκτυα GSM επιτυγχάνεται η απομακρυσμένη πρόσβαση και ο έλεγχος σε ένα έξυπνο σπίτι.

- Bluetooth

Το Bluetooth είναι η τεχνολογία ασύρματης επικοινωνίας της περασμένης δεκαετίας. Αυτή η τεχνολογία είναι μικρής ισχύος και εμβέλειας και επιτρέπει σε διάφορες συσκευές, όπως αισθητήρες, κινητά τηλέφωνα, να επικοινωνούν ασύρματα. Η ζώνη λειτουργίας συχνοτήτων που χρησιμοποιεί το Bluetooth είναι στα 2,45 GHz. Αυτή η ζώνη είναι γνωστή ως Βιομηχανική ζώνη επιστημονικής ιατρικής (Industrial Scientific Medical Zone-ISM) και επεκτείνεται από τα 2,4 GHz έως 2,4835 GHz.

Η χρησιμοποίηση αυτής της τεχνολογίας εξάλειψε την ανάγκη για τοπική ασύρματη διασύνδεση των συσκευών χωρίς να παρεμβάλλεται κάποιος δρομολογητής ανάμεσα τους. Με αυτό τον τρόπο έγινε εφικτό ο σχηματισμός προσωπικών ασύρματων δικτύων επικοινωνίας.

Λόγω των δυνατοτήτων αυτής της τεχνολογίας, τα τελευταία χρόνια υπάρχει μία ενσωμάτωση στα δίκτυα των έξυπνων κτηρίων. Ένα παράδειγμα είναι η ύπαρξη συσκευών οι οποίες υποστηρίζουν την τεχνολογία Bluetooth και την χρησιμοποιούν για να επικοινωνήσουν με ένα κεντρικό διακομιστή στο σπίτι ο οποίος είναι προσβάσιμος από τον ένοικο. Με αυτό τον τρόπο υποστηρίζονται οι λειτουργίες παρακολούθησης και ελέγχου οι οποίες διεξάγονται αποκλειστικά από τον ένοικο.

Ένα από τα πιο σημαντικά προβλήματα της χρήσης του Bluetooth είναι το χαμηλό επίπεδο ασφάλειας του, το οποίο μπορεί να εκθέσει σε μεγάλο κίνδυνο εύκολα το χρήστη σε περίπτωση κακόβουλης επίθεσης από τρίτους.

- Σύστημα εντοπισμού ραδιοσυχνοτήτων (RFID)

Η τεχνολογία των συστημάτων εντοπισμού ραδιοσυχνοτήτων είναι ένα σύστημα το οποίο μπορεί να μεταδίδει ασύρματα τις «ταυτότητες» των αντικειμένων χρησιμοποιώντας ραδιοκύματα. Τα αντικείμενα διαχωρίζονται μέσω της ετικέτας RFID που διαθέτει το καθένα και εμπεριέχει πλήθος πληροφοριών σχετικά με αυτά.

Τα συστήματα RFID κατηγοριοποιούνται στις παρακάτω κατηγορίες με βάση τις συχνότητες που λειτουργούν :

- Τα συστήματα χαμηλής συχνότητας από 124 έως 135KHz,
- Τα συστήματα υψηλής συχνότητας των 13.56MHz,
- Τα συστήματα υπερ-υψηλών συχνοτήτων με εύρος 860 έως 960MHz.

Τα συστήματα χαμηλής συχνότητας RFID έχουν μικρές σειρές ανάγνωσης και χαμηλότερο κόστος. Στην περίπτωση στην οποία απαιτείται μεγαλύτερη ανάγνωση, χρησιμοποιούνται συστήματα RFID υψηλών συχνοτήτων, ωστόσο το κόστος τους είναι αρκετά υψηλότερο.

Αυτά τα συστήματα είναι άλλη μια τεχνολογία η οποία χρησιμοποιείται σε έξυπνα σπίτια. Το κάθε αντικείμενο συνδέεται με το δίκτυο Αρχικού Χώρου (HAN) όπως ονομάζεται μέσω μιας εικονικής διεύθυνσης (Virtual IP) του ασύρματου δικτύου και μοναδικού αναγνωριστικού (ID). Τα στοιχεία τα οποία χρησιμοποιούνται σε αυτό το δίκτυο αποθηκεύονται σε μια βάση δεδομένων η οποία παρέχει πληροφορίες σχετικά με την θέση των αντικειμένων. Με αυτό τον τρόπο στο έξυπνο σπίτι παρέχεται η δυνατότητα συλλογής πληροφοριών σχετικά με τα αντικείμενα τα οποία μπορούν να υποστηριχθούν με αυτή την τεχνολογία, όπως π.χ τη θέση του κλειδιού του αυτοκινήτου ή τη θέση κάποιο τηλεχειριστήριο. Ακόμα, τα συστήματα RFID μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παρακολούθηση των ένοικων του σπιτιού πράγμα το οποίο μπορεί να είναι λειτουργικό σε περιπτώσεις ατόμων ΑΜΕΑ ή μεγάλης ηλικίας τα όποια μπορούν ανά πασα στιγμή να βρεθούν σε κίνδυνο.

Το σημαντικότερο μειονέκτημα της τεχνολογίας RFID είναι η δυσκολία αναγνώρισης της ετικέτας σε περιπτώσεις που ένα αντικείμενο είναι κοντά σε νερό ή σε ένα φύλλο μετάλλου. Ως γνωστό το ανθρώπινο σώμα αποτελείται κυρίως από νερό κάτι που καθιστά δύσκολη την ανίχνευση μιας ετικέτας RFID που συνδέεται με το ανθρώπινο σώμα.

- WiFi

Το WiFi (Wireless Fidelity) αναφέρεται στο πρωτόκολλο Ασύρματης Επικοινωνίας IEEE 802.11. Αυτή η τεχνολογία, υποστηρίζει ασύρματα δίκτυα και χρησιμοποιεί την ζώνη συχνοτήτων 2.4, 3.6 και 5 GHz. Ένα από τα πλεονεκτήματα αυτής της τεχνολογίας είναι η μεγάλη φορητότητα την οποία προσφέρει στους χρήστες της. Με αυτή τη δυνατότητα ο χρήστης μπορεί να κινείται και να έχει πρόσβαση στο δίκτυο από οπουδήποτε. Ακόμα, το WiFi σήμερα παρέχεται σε χαμηλό κόστος ενώ η εγκατάσταση του είναι μια απλή ρουτίνα.

Στην τεχνολογία WiFi αποτελείτε από δύο συσκευές στο πρότυπο WiFi. Το πρώτο είναι το σημείο πρόσβασης (Access Point-AP), βλέπε εικόνα 2.15, και η άλλη είναι η ασύρματη συσκευή η οποία μπορεί να είναι ένας φορητός υπολογιστής εξοπλισμένος με ασύρματη κάρτα δικτύου. Η κύρια λειτουργία του AP είναι η αλληλοσύνδεση μεταξύ του σταθερού ενσύρματου δικτύου και της ασύρματης συσκευής. Για παράδειγμα ένα απλό AP μια

κατοικίας 4-6 ενοίκων μπορεί να υποστηρίξει περίπου 10-15 συνδεδεμένων συσκευών και μπορεί να καλύψει μια απόσταση 20 έως 40 μέτρων σε εσωτερικούς χώρους και έως 50 μέτρα σε εξωτερικούς χώρους. Από την άλλη τα επαγγελματικά AP μπορούν να «κουβαλήσουν» έως και 100 συνδέσεις.



Εικόνα 2.15 Access Point [Google]

- ZigBee

Το ZigBee περιγράφεται στο πρότυπο IEEE 802.15.4. Αυτή η τεχνολογία είναι ένα χαμηλού κόστους και χαμηλής ισχύος πρότυπο ασύρματης επικοινωνίας για τα προσωπικά δίκτυα (Private Area Network-PAN). Λόγο του χαμηλού κόστους, το σύστημα καθιστάτε κατάλληλο στις εφαρμογές οι οποίες ελέγχονται και παρακολουθούνται απομακρυσμένα. Ακόμα, η χαμηλή ισχύς το κάνει κατάλληλο για λειτουργία με μπαταρίες για μεγάλη διάρκεια ζωής.

Οι προδιαγραφές του συστήματος καθορίζονται από τα δυο χαμηλότερα στρώματα του μοντέλου αναφοράς δικτύωσης OSI: το φυσικό (Physical Layer) και το επίπεδο δεδομένων (Data Link Layer). Η ζώνη η οποία χρησιμοποιείται σε αυτή την τεχνολογία είναι η 2,4 GHz, διότι όπως έχουμε αναφέρει είναι διαθέσιμη σε όλο τον κόσμο χωρίς την υποχρέωση για άδεια λειτουργίας.

2.2.4 Τερματικές μονάδες ελέγχου

Για να λειτουργήσει το δίκτυο των αισθητήρων και συσκευών θα πρέπει να υπάρξει τερματική συσκευή ελέγχου. Η βασική λειτουργία της τερματικής μονάδας είναι ο έλεγχος και ρύθμιση των περιφερειακών συσκευών του δικτύου. Μερικές τερματικές μονάδες μπορούν να προγραμματιστούν έτσι ώστε να πραγματοποιήσουν συγκεκριμένη λειτουργία σε συγκεκριμένη χρονική στιγμή.

Παρακάτω παρουσιάζονται μερικές τερματικές μονάδες ελέγχου.

- Κινητό τηλέφωνο, ηλεκτρονικός υπολογιστής

Μια από τις πιο χρησιμοποιούμενες τερματικές μονάδες ελέγχου των έξυπνων κτηρίων είναι το προσωπικό τηλέφωνο και ο ηλεκτρονικός υπολογιστής. Πολλές εταιρίες οι οποίες δραστηριοποιούνται στον χώρο του εξοπλισμού των έξυπνων κτηρίων, όπως η Amazon, Apple, Huawei και Xiaomi, προσφέρουν την δυνατότητα στους χρήστες να χρησιμοποιούν τις προσωπικές τους ηλεκτρονικές συσκευές ως τερματική μονάδα ελέγχου.

Για να μπορέσει να λειτουργήσει το τηλέφωνο και ο ηλεκτρονικός υπολογιστής ως τερματική συσκευή θα πρέπει να έχει είτε άμεση σύνδεση με τις περιφερειακές συσκευές του κτηρίου μέσω της τεχνολογίας Bluetooth, είτε οι περιφερειακές συσκευές να έχουν την δυνατότητα σύνδεσης στο internet και μέσα από το cloud να μπορέσει η τερματική μονάδα να τα ελέγξει.

Το βασικό μειονέκτημα της μεθόδου είναι η περιορισμένη επιλογή περιφερειακών συσκευών. Επειδή η βασική προϋπόθεση αυτής της μεθόδου είναι η χρησιμοποίηση εφαρμογής ελέγχου, η οποία είναι αναπτυγμένη από αντίστοιχο κατασκευαστή, δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί οποιοδήποτε περιφερειακή συσκευή αλλά αυτές που είναι συμβατές με την εφαρμογή. Με αυτόν τον τρόπο η δυνατότητα χρησιμοποίησης διάφορων συσκευών από διαφορετικούς κατασκευαστές είναι περιορισμένη.

- Σταθεροί ελεγκτές

Σε αυτή την κατηγορία περιλαμβάνονται αυτές οι τερματικές συσκευές ελέγχου οι οποίες είναι τοποθετημένες σε ένα μέρος του κτηρίου και δεν έχουν την δυνατότητα απομακρυσμένου ελέγχου [Controls, 2019].



Εικόνα 2.16 Σταθεροί ελεγκτές [Controls, 2019].

Με αυτές τις μονάδες μπορούμε να ελέγξουμε μέχρι 256 συσκευές μέσω της τεχνολογίας με υπέρυθρες. Ακόμα έχουν την δυνατότητα προγραμματισμού. Μερικές από τις λειτουργίες αυτών των μονάδων παρατίθενται παρακάτω:

- Έλεγχος Home theater
 - Έλεγχος φωτισμού εσωτερικού/εξωτερικού χώρου
 - Παρακολούθηση συστημάτων ασφαλείας και πυροπροστασίας
 - Παρακολούθηση καιρού
 - Έλεγχος συσκευών CCTV
 - Παρακολούθηση γραμμής τηλεφώνου
 - Έλεγχος συστημάτων HVAC
 - Έλεγχος συσκευών ήχου
-
- Alexa

Αυτή η τεχνολογία έχει αναπτυχθεί από την εταιρία Amazon για να προσφέρει μία τερματική μονάδα ελέγχου η οποία είναι εύκολη στην χρησιμοποίηση και στην διαχείριση. Η τεχνολογία αυτή συνδυάζει της δύο παραπάνω τεχνολογίες, από την μία μπορείς να συνδέσεις πολλές συμβατές συσκευές και από την άλλη μπορείς να το χρησιμοποιήσεις απομακρυσμένα.



Εικόνα 2.17 Alexa Amazon [Google]

Η μόνη προϋπόθεση λειτουργίας της μονάδας είναι η σύνδεση στο internet. Ακόμα αυτές οι τερματικές μονάδες προσφέρουν την δυνατότητα φωνητικής αναζήτησης.

2.3 Παραδείγματα πρότυπων έξυπνων κτιρίων στην Ε.Ε

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση το πρώτο πρότυπο έξυπνο κτήριο έχει χτιστεί στο Αμβούργο της Γερμανία στα πλαίσια της Διεθνούς Έκθεσης Κτιρίων (IBA)[Zillerplus, 2013].



Εικόνα 2.18 Έξυπνο κτήριο στο Αμβούργο [Zillerplus, 2013].

Αυτό το κτήριο δεσμεύεται πλήρως από τις απαιτήσεις της βιώσιμης στέγασης. Η συμπαγής κατασκευή, με βάθος περίπου 15 μέτρων, παράγει υψηλή πυκνότητα κτιρίου. Οι πέντε όροφοι του περιλαμβάνουν 14 διαμερίσματα χωρισμένα σε τρεις μονάδες ανά όροφο - που είναι διατεταγμένα γύρω από μια περιοχή πρόσβασης που βρίσκεται βόρεια. Σύμφωνα με τις κλιματικές και τοπικές συνθήκες, το κτήριο ανοίγει προς τα νότια. Τα σαλόνια και τα υπνοδωμάτια είναι καλά τοποθετημένα στις ανατολικές και δυτικές πλευρές πίσω από τους υαλοπίνακες, οι οποίες λειτουργούν επίσης ως φράγματα θορύβου.

Το κτήριο είναι εξοπλισμένο με την τελευταία τεχνολογία των έξυπνων συσκευών συμπεριλαμβανομένου συστημάτων πυροπροστασίας, ρυθμιζόμενοι ηλιακοί συλλέκτες, αισθητήρες φωτός και νερού και άλλα. Ακόμα η είσοδος στο κτήριο γίνεται με την προσκόμιση ειδικής κάρτας εισόδου η οποία χρησιμοποιείται και στους ανελκυστήρες. Η είσοδος στο διαμέρισμά γίνεται με δύο τρόπους. Ο πρώτος είναι ο συμβατικός και ο δεύτερος μέσω δαχτυλικό αποτύπωμα.

2.4 Παραδείγματα πρότυπων έξυπνων κτιρίων στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα το πρώτο πρότυπο έξυπνο κτήριο έχει κατασκευαστεί στην Θεσσαλονίκη. Το κτήριο κατασκευάστηκε υπό τη χρηματοδότηση της Γενικής Γραμματείας Έρευνας και Τεχνολογίας από το Ινστιτούτο Πληροφορικής και Τεχνολογιών και Επικοινωνιών (ΙΠΤΗΛ). Αυτό το κτήριο είναι ένα σημαντικό έργο, φιλικό προς το περιβάλλον, και διαθέτει πολλές «πράσινες» τεχνολογίες που παρέχουν πληροφορίες για διάφορα πράγματα όπως η δυνατότητα να ρυθμίσει ο χρήστης την έναρξη του πλυντηρίου, εάν είναι ανοιχτή η πόρτα του ψυγείου αλλά και να αγνορίζει τα επίπεδα μικροσωματιδίων που επηρεάζουν την ποιότητα αέρα στο σπίτι [GreenAgenta, 2016].



Εικόνα 2.19 Πρότυπο έξυπνο σπίτι [GreenAgenta, 2016].

Το συγκεκριμένο σπίτι τελεί στο στάδιο της πειραματικής εφαρμογής. Πρόκειται για ένα έξυπνο ενεργειακό σπίτι, το μοναδικό σε όλη την Ελλάδα σε επίπεδο καινοτόμων τεχνολογιών και δυνατοτήτων. Διαθέτει έξυπνους μετρητές ώστε να αναλύονται οι ενεργοβόρες λειτουργίες, ασύρματους και ενσύρματους διακόπτες για έλεγχο όλων των φορτίων του κτηρίου, συμπεριλαμβανομένου του φωτισμού, της θέρμανσης και της ψύξης, επιτρέποντας κατά αυτόν τον τρόπο μια πιο άμεση και αποτελεσματική διαχείριση ενέργειας σε πραγματικό χρόνο.



Εικόνα 2.20 Σύστημα ελέγχου ύδρευσης [GreenAgenda, 2016].

Πέραν της εξοικονόμησης σε θέματα ηλεκτρισμού, υπάρχει εγκατεστημένη υπόγεια δεξαμενή όπου γίνεται συλλογή των όμβριων υδάτων, προσφέροντας την εφαρμογή της πρακτικής επαναχρησιμοποίησης και ανακύκλωσης «γκρίζων νερών» εντός του σπιτιού σε καταναλώσεις όπως αυτές στις τουαλέτες και τα πλυντήρια (μέσω ειδικών φίλτρων), προσφέροντας έτσι, πέρα από την εξοικονόμηση, και σωστή διαχείριση του νερού. Επιπλέον, μέσω διάφορων αισθητήρων γίνεται λεπτομερής παρακολούθηση της κατανάλωσης νερού, της ποιότητάς του, καθώς επίσης και των αναγκών σε θέματα άρδευσης σε φυτά εσωτερικού και εξωτερικού χώρου.

Με τις έξυπνες οικιακές συσκευές εξοικονομείται επιπλέον ενέργεια, ενώ ο χειρισμός του φωτισμού αλλά και του κλιματισμού γίνεται εξ αποστάσεως από τον ιδιοκτήτη μέσω μια έξυπνης συσκευής smart phone ή tablet.

Κεφάλαιο 3ο : Οι τεχνολογίες Internet of Things

3.1 Εισαγωγή

Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (ΔτΠ) περιγράφει την χρήση των έξυπνων συνδεδεμένων συσκευών και συστημάτων που έχουν ως σκοπό τη επεξεργασία των δεδομένων που συλλέγονται από διάφορους ενσωματωμένους αισθητήρες και επαφές σε μηχανήματα και άλλα φυσικά αντικείμενα. Στην σημερινή εποχή ο συνδεδεμένος κόσμος περιλαμβάνει ολοένα και περισσότερα φυσικά αντικείμενα. Έτσι οι υποδομές, οι μεταφορές, τα μηχανήματα και οι συσκευές έχουν ενσωματωμένους διαδικτυακούς αισθητήρες και ενεργοποιητές οι οποίοι παρακολουθούν το περιβάλλον γύρω τους και στην συνέχεια αναφέρουν την κατάστασή τους σε μια κεντρική μονάδα και λαμβάνουν οδηγίες ή αναλαμβάνουν δράση με βάση τις πληροφορίες που λαμβάνουν από το αυτοματοποιημένο πρόγραμμα το οποίο τρέχουν. [Gilpress, 2014].

Το διαδίκτυο των πραγμάτων προσφέρει λύσεις που βελτιώνουν την ασφάλεια, την υγεία, την εκπαίδευση, την ενεργειακή απόδοση και πολλές άλλες πτυχές της καθημερινής ζωής. Για τις επιχειρήσεις, το διαδίκτυο των πραγμάτων υποστηρίζει λύσεις οι οποίες βελτιώνουν τη λήψη αποφάσεων και την ευρεία παραγωγικότητα στον τομέα του εμπορίου, της γεωργίας, και σε άλλους τομείς.



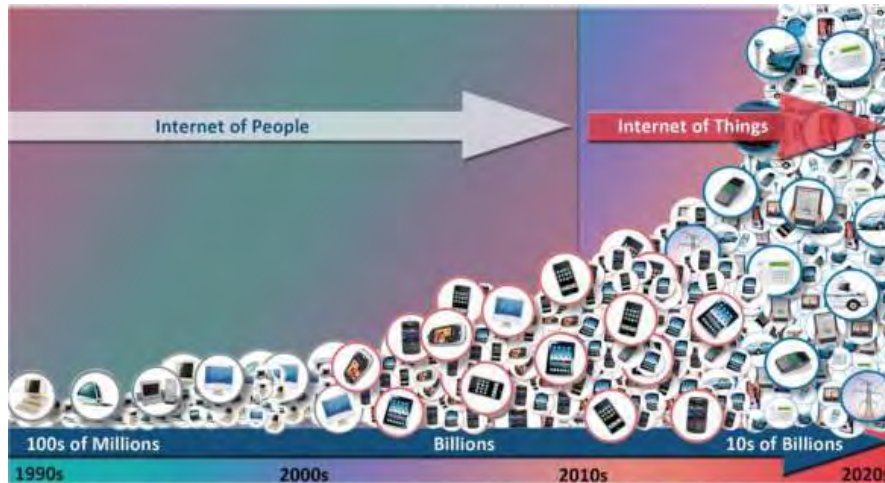
Εικόνα 3.1 Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων [Gilpress, 2014]

Παρακάτω παρουσιάζεται η ιστορική αναδρομή σχετικά με το Διαδίκτυο των πραγμάτων.

- 1995, Η Siemens δημιουργεί ένα ειδικό τμήμα στο εσωτερικό της επιχειρηματικής μονάδας κινητών τηλεφώνων της για να αναπτύξει και να εκκινήσει μια μονάδα GSM δεδομένων που ονομάζεται M1 για Machine-To-Machine (M2M) βιομηχανικές εφαρμογές, επιτρέποντας στις μηχανές να επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω ασύρματων δικτύων. Η 1η μονάδα M1 χρησιμοποιήθηκε για Point Of Sale (POS) τερματικά σε οχήματα που κινούνται με χρήση τηλεματικής, απομακρυσμένη παρακολούθηση και εφαρμογές παρακολούθησης και εντοπισμού [Gilpress, 2014].
- 1997, Τα πανεπιστήμια Carnegie-Mellon, Massachusetts Institute of Technology (MIT), & Georgia Tech συνδιοργανώνουν το 1^ο IEEE Symposium για Wearable υπολογιστές, στο Cambridge, MA [IEEE, 2015].
- 1999, Ο Neil Gershenfeld γράφει στο βιβλίο « When Things Start to Think»: “Πέρα από την επιδίωξη να κάνουμε τους υπολογιστές πανταχού παρόντες, θα πρέπει να προσπαθήσουμε να τους κάνουμε διακριτικούς. Για την κάλυψη όλης της αύξησης του διαδικτύου και του παγκόσμιου ιστού, μια ακόμα μεγαλύτερη αλλαγή έρχεται ως ο αριθμός των αντικειμένων που χρησιμοποιούν το διαδίκτυο. Η αληθινή υπόσχεση της σύνδεσης των υπολογιστών είναι η απελευθέρωση των ανθρώπων, μέσω της ενσωμάτωσης των μέσων για την επίλυση προβλημάτων στα πράγματα γύρω μας.”[Gershendfeld, 2016].
- 1999, Το Auto-Identification (Auto-ID) (για αυτοματοποιημένη αναγνώριση) κέντρο εγκαθιδρύεται στο MIT. Οι Sanjay Sarma, David Brock και Kevin Ashton μετατρέπουν το Radio Frequency IDentification (RFID) σε δικτυωμένη τεχνολογία συνδέοντας τα αντικείμενα στο Internet μέσω του RFID tag.
- 2002, Οι Chana Schoenberger και Bruce Urbin δημοσιεύουν το άρθρο "The Internet of Things" στο Forbes. Παραθέτουν την άποψη του Kevin Ashton του κέντρου του MIT Auto-ID: “Χρειαζόμαστε ένα διαδίκτυο για αντικείμενα, έναν τυποποιημένο τρόπο ώστε οι υπολογιστές να καταλαβαίνουν τα αντικείμενα.”[Scherger, 2002].
- 2002, Ο Jim Waldo γράφει στο “Virtual Organizations, Pervasive Computing, and an Infrastructure for Networking at the Edge,” στο Journal of Information Systems Frontiers: “Το Internet μετατρέπεται στην επικοινωνιακή ίνα για να επικοινωνούν οι συσκευές με υπηρεσίες, οι οποίες με την σειρά τους επικοινωνούν με άλλες υπηρεσίες.

Οι άνθρωποι γίνονται γρήγορα η μειονότητα στο διαδίκτυο και η πλειοψηφία είναι υπολογιστικές οντότητες χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση.” [Waldo, 2002].

- 2004, Οι Neil Gershenfeld, Raffi Krikorian και Danny Cohen γράφουν στο “The Internet of Things” του Scientific American: “Δίνοντας καθημερινά τη δυνατότητα σε αντικείμενα να συνδέονται σε ένα δίκτυο δεδομένων θα έχουμε πολλαπλά οφέλη. Καθιστώντας ευκολότερη για τους ιδιοκτήτες σπιτιών την ρύθμιση των φωτιστικών και των διακοπών τους, μειώνοντας το κόστος και την πολυπλοκότητα της κατασκευής ενός κτιρίου, βοηθώντας με φροντίδα υγείας εντός σπιτιού. Πολλά εναλλακτικά πρότυπα ανταγωνίζονται επί του παρόντος για να κάνουν απλά αυτό, μια κατάσταση που θυμίζει τις πρώτες μέρες του Internet, όταν οι υπολογιστές και τα δίκτυα ερχόντουσαν σε πολλαπλούς και ασυμβίβαστους τύπους.” [Gershenfeld, 2004].
- 2004, Ο G. Lawton γράφει “Η M2M τεχνολογία ετοιμάζεται για την ανάπτυξη στους υπολογιστές: Υπάρχουν πολλές περισσότερες μηχανές, που ορίζονται ως αντικείμενα με μηχανικές, ηλεκτρικές ή ηλεκτρονικές ιδιότητες, στον κόσμο από ότι άνθρωποι. Ένας αυξανόμενος αριθμός μηχανών είναι δικτυωμένος. Η τεχνολογία M2M βασίζεται στην ιδέα ότι μια μηχανή έχει μεγαλύτερη αξία όταν είναι δικτυωμένη με άλλες και στο ότι ένα δίκτυο αποκτά μεγαλύτερη αξία όταν συνδέονται σε αυτό περισσότερες συσκευές.”[Lawton, 2004].
- 2005, Η International Telecommunications Union δημοσιεύει την 7η από την σειρά των αναφορών της για το Internet, με τίτλο “The Internet of Things.” [ITU, 2005].
- 2009, Ο Kevin Ashton γράφει στο άρθρο του “That ‘Internet of Things’ Thing” στο RFID Journal: “Μπορεί να κάνω λάθος, αλλά είμαι αρκετά σίγουρος ότι ο όρος Internet of Things άρχισε την ζωή του ως ο τίτλος μιας παρουσίασης που έκανα στο Procter & Gamble το 1999. Η σύνδεση της νέας ιδέας του RFID στην εφοδιαστική αλυσίδα του P&G για το τότε καυτό θέμα του Internet ήταν παραπάνω από ένας καλός τρόπος για να τραβήξει την προσοχή. Συνόψισε μια σημαντική αντίληψη. Αυτή που 10 χρόνια μετά, αφού ο όρος Internet of Things έγινε ο τίτλος των πάντων από άρθρο στο Scientific American μέχρι το όνομα συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης, εξακολουθεί να είναι συχνά παρεξηγημένη” [Ashton, 2009].
- Από τότε έχουν ακολουθήσει πολλά Internet of Things συνέδρια, άρθρα σε περιοδικά, επιστημονικές και ερευνητικές μελέτες.



Εικόνα 3.2 Σημαντικά ορόσημα του IoT από το 1990 έως το 2015[James, 2019]

3.2 Βασικά χαρακτηριστικά του IoT

Οι γενικές απαιτήσεις του IoT είναι [GSM Association, 2014]:

- Ανομοιογένεια,

Το IoT χαρακτηρίζεται από μεγάλη ανομοιογένεια, λόγω του μεγάλου αριθμού διαφορετικών συσκευών που είναι συνδεδεμένες. Η διαχείριση και η υποστήριξη διαφορετικών συσκευών, τεχνολογιών, υπηρεσιών, περιβαλλόντων, αποτελεί βασική απαίτηση του IoT.

- Επεκτασιμότητα.

Δισεκατομμύρια αντικειμένων επικοινωνούν μεταξύ τους. Η αποτελεσματική διαχείριση του μεγάλου όγκου των ανταλλασσόμενων δεδομένων, των πόρων και των λειτουργιών είναι απαραίτητη προϋπόθεση ορθής λειτουργίας του IoT.

- Ελαχιστοποίηση κόστους.

Η ελαχιστοποίηση του κόστους ανάπτυξης/συντήρησης, καθώς και η ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας αποτελούν βασικό μέλημα των σχεδιαστών μιας IoT αρχιτεκτονικής.

- Ευελιξία.

Απαιτείται δυναμική διαχείριση και επαναπρογραμματισμός των συσκευών, καθώς η κατάστασή τους μεταβάλλεται διαρκώς (π.χ. συνδεδεμένο/αποσυνδεδεμένο, ενεργοποίηση/απενεργοποίηση λειτουργίας ύπνου).

- Ποιότητα υπηρεσιών.

Η εγγύηση υψηλής ποιότητας παρεχόμενων υπηρεσιών και εφαρμογών έχει μεγάλη σημασία, ιδιαίτερα όταν οι εφαρμογές αυτές πραγματεύονται real-time πληροφορίες.

- Ασφάλεια.

Το IoT πρέπει να εγγυηθεί ασφαλές περιβάλλον και αξιόπιστο δίκτυο, παρέχοντας ασφάλεια στις επικοινωνίες μέσω της ταυτοποίησης των συσκευών και των χρηστών, διατηρώντας την ακεραιότητα των δεδομένων και των συσκευών και προστατεύοντας τα προσωπικά δεδομένα.

- Συνδεσιμότητα.

Νέες τεχνολογίες που επιτρέπουν τη δικτύωση, και συγκεκριμένα τη δικτύωση στο Διαδίκτυο, σημαίνει ότι τα δίκτυα δεν συνδέονται πλέον αποκλειστικά με μεγάλους παρόχους. Τα δίκτυα έχουν τη δυνατότητα να είναι σε πολύ μικρή κλίμακα, ενώ εξακολουθούν να είναι πρακτικά. Το IoT δημιουργεί αυτά τα μικρά δίκτυα μεταξύ των συσκευών του συστήματος.

- Ενεργός εμπλοκή.

Μεγάλο μέρος της σημερινής αλληλεπίδρασης με τη συνδεδεμένη τεχνολογία συμβαίνει μέσω παθητικής σύνδεσης. Το IoT εισάγει ένα νέο υπόδειγμα για ενεργό περιεχόμενο, προϊόν ή υπηρεσία.

- Οι μικρές συσκευές.

Οι συσκευές, όπως προβλεπόταν, έχουν γίνει μικρότερες, φθηνότερες και ισχυρότερες με την πάροδο του χρόνου. Το IoT εκμεταλλεύεται τις ειδικά κατασκευασμένες μικρές συσκευές και προσφέρει ακρίβεια, επεκτασιμότητα και ευελιξία.

Όπως κάθε τεχνολογία, έτσι και το Διαδίκτυο των Πραγμάτων έχει πληθος πλεονεκτημάτων αλλά μειονεκτημάτων. Μερικά από τα πλεονεκτήματα είναι :

- Η τεχνολογική βελτιστοποίηση,
- Βελτιωμένη συλλογή των δεδομένων,

Η σύγχρονη συλλογή δεδομένων υποφέρει από τους περιορισμούς και το σχεδιασμό της για παθητική χρήση. Το ΔτΠ τη βοηθάει να ξεφύγει από αυτά τα προβλήματα και τη θέτει ακριβώς εκεί όπου οι άνθρωποι πραγματικά θέλουν, για να αναλύσουν τον κόσμο. Επιτρέπει μια ακριβή εικόνα όλων.

Οι ίδιες τεχνολογίες και δεδομένα που βελτιώνουν την εμπειρία των πελατών βελτιώνουν επίσης τη χρήση της συσκευής και βοηθούν σε πιο δυναμικές βελτιώσεις στην τεχνολογία. Το ΔτΠ ξεκλειδώνει έναν κόσμο κρίσιμων λειτουργιών και πεδίων δεδομένων.

- Βελτιωμένη επικοινωνία με τον πελάτη.

Οι τρέχουσες τεχνολογίες υποφέρουν από τυφλά σημεία και έχουν σημαντικές αδυναμίες στην ακρίβεια. Όπως σημειώνεται, η επικοινωνία παραμένει παθητική. Το ΔτΠ το τροποποιεί εντελώς αυτό για να επιτύχει μια πιο πλούσια και αποτελεσματικότερη επικοινωνία με το κοινό.

- Μείωση χρησιμοποιούμενων πόρων.

Το ΙοΤ κάνει σαφείς τους τομείς βελτίωσης. Οι τρέχουσες αναλύσεις μας δίνουν επιφανειακή εικόνα, αλλά το ΔτΠ παρέχει πληροφορίες πραγματικού κόσμου που οδηγούν σε αποτελεσματικότερη διαχείριση των πόρων.

Αν και το διαδίκτυο των πραγμάτων προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα, έχει και μερικά πλεονεκτήματα. Παρακάτω παρουσιάζεται μια λίστα με μερικά από τα σημαντικότερα μειονεκτήματα:

- Προστασία προσωπικών δεδομένων.

Η πολυπλοκότητα του ΔτΠ παρέχει σημαντικά δεδομένα προσωπικού χαρακτήρα με σημαντικές λεπτομέρειες χωρίς την ενεργό συμμετοχή του χρήστη

- Ασφάλεια.

Το ΔτΠ δημιουργεί ένα οικοσύστημα συνεχώς συνδεδεμένων συσκευών που επικοινωνούν μέσω δικτύων. Το σύστημα προσφέρει μικρό έλεγχο παρά τα μέτρα ασφαλείας. Αυτό αφήνει τους χρήστες να εκτίθενται σε διάφορα είδη επιτιθέμενων.

- Ευελιξία.

Πολλοί ανησυχούν για την ευελιξία ενός συστήματος ΔτΠ, όσον αφορά την ενσωμάτωση του σε άλλο σύστημα λόγω του κινδύνου να βρεθούν με πολλά συγκρουόμενα ή κλειδωμένα συστήματα.

- Πολυπλοκότητα.

Πολλοί καταναλωτές βρίσκουν πολύπλοκα τα συστήματα ΔτΠ στο τομέα της σχεδιασής, της εγκατάστασης και της συντήρησής τους, δεδομένης της χρήσης πολλαπλών τεχνολογιών και ενός μεγάλου συνόλου νέων τεχνολογιών.

- Συμμόρφωση.

Το ΔτΠ, όπως και κάθε άλλη τεχνολογία στον τομέα των επιχειρήσεων, πρέπει να συμμορφώνεται με τους κανονισμούς. Η πολυπλοκότητα του κάνει το ζήτημα της συμμόρφωσης να φαίνεται απίστευτα δύσκολο όταν πολλοί θεωρούν τη συμμόρφωση συνηθισμένου λογισμικού απαιτητική.

3.3 Αρχιτεκτονική IoT

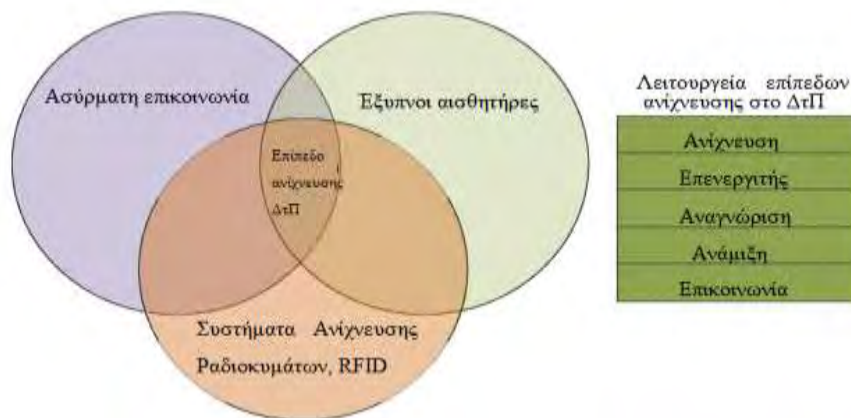
Μια κρίσιμη απαίτηση μίας εφαρμογής IoT είναι ότι τα στοιχεία του δικτύου πρέπει να αλληλοσυνδέονται. Η αρχιτεκτονική του συστήματος IoT πρέπει να εγγυάται τις λειτουργίες του IoT που γεφυρώνουν το χάσμα μεταξύ του φυσικού και του εικονικού κόσμου. Ο σχεδιασμός της αρχιτεκτονικής μιας IoT εφαρμογής περιλαμβάνει πολλούς παράγοντες όπως τη δικτύωση, την επικοινωνία, τα επιχειρηματικά μοντέλα και διαδικασίες και την ασφάλεια. Κατά το σχεδιασμό της αρχιτεκτονικής των IoT εφαρμογών πρέπει να ληφθούν υπόψη η δυνατότητα επεκτασιμότητας και διαλειτουργικότητας μεταξύ των ετερογενών συσκευών και τα επιχειρηματικά τους μοντέλα.

Η ανάγκη για κοινή γλώσσα στο τομέα των IoT, αποτέλεσαν προϋπόθεση για την χορήγηση και την ραγδαία ανάπτυξη καινοτόμων λύσεων που αξιοποίησαν τις διαφορετικές τεχνολογίες που αναπτύχθηκαν για διαφορετικούς στόχους κατά την διάρκεια της πορείας των IoT. Το 2009 μια ομάδα ερευνητών από περισσότερες από 20 μεγάλες βιομηχανίες και

ερευνητικά ιδρύματα ενώθηκαν και έθεσαν τα θεμέλια για το κοινό έδαφος και για κοινή αρχιτεκτονική για το Διαδίκτυο των Πραγμάτων και έτσι δημιουργήθηκε το έργο IoT-Αρχιτεκτονική(IoT-A).

Σε IoT εφαρμογές, η αρχιτεκτονική προσανατολισμένη στις υπηρεσίες (service oriented architecture ή σύντομα SoA) μπορεί να είναι επιτακτική για τους παρόχους υπηρεσιών και τους χρήστες. Η SoA εξασφαλίζει τη διαλειτουργικότητα μεταξύ των ετερογενών συσκευών με πολλούς τρόπους. Η SoA αποτελείται από τα παρακάτω επίπεδα [Weyrich, Ebert, 2016]:

- Επίπεδο ανίχνευσης. Κατά τον προσδιορισμό του επιπέδου ανίχνευσης μιας IoT εφαρμογής, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη οι ακόλουθες πτυχές:
- Κόστος, μέγεθος, πόροι και κατανάλωση ενέργειας: Τα αντικείμενα μπορεί να είναι εξοπλισμένα με συσκευές ανίχνευσης όπως ετικέτες RFID ή κόμβο αισθητήρων. Λόγω του μεγάλου αριθμού αισθητήρων σε εφαρμογές σύνθετων συστημάτων, οι έξυπνες συσκευές θα πρέπει να σχεδιάζονται έτσι ώστε να ελαχιστοποιούν τους απαιτούμενους πόρους καθώς και το κόστος.
- Ανομοιογένεια: Μία ποικιλία από αντικείμενα με διαφορετικές ιδιότητες μπορεί να κάνει το IoT πολύ ετερογενές.
- Επικοινωνία: Οι αισθητήρες πρέπει να είναι μεταδοτικοί για να κάνουν τα αντικείμενα προσβάσιμα και ανακτήσιμα.
- Ανάπτυξη: Τα αισθητήρια αντικείμενα (ετικέτες RFID, αισθητήρες κ.λπ.) μπορούν να αναπτυχθούν μόνο μία φορά ή σταδιακά ή τυχαία ανάλογα με τις απαιτήσεις των εφαρμογών.
- Δίκτυο: Τα αντικείμενα οργανώνονται ως δίκτυα πολλαπλών αναπηδήσεων, πλέγματος ή ad hoc.



Εικόνα 3.3 Λειτουργίες επιπέδου ανίχνευσης IoT [Weyrich, Ebert, 2016]

- Επίπεδο δικτύου.

Μέσω του επιπέδου δικτύου, τα αντικείμενα μπορούν να μοιράζονται δεδομένα με τα συνδεδεμένα αντικείμενα, κάτι που είναι ζωτικής σημασίας για τη διαχείριση και επεξεργασία ευφών συμβάντων στο ΙοΤ. Επιπλέον, το επίπεδο δικτύου είναι ικανό να συγκεντρώνει δεδομένα από υπάρχουσες υποδομές πληροφορικής.

Σε μία SoA, οι υπηρεσίες εκτελούνται πάντα από τα αντικείμενα, τα οποία αναπτύσσονται σε ένα ετερογενές δίκτυο. Σχετικά αντικείμενα μπορούν επίσης να ενσωματωθούν μέσω του Internet. Η επικοινωνία στο δίκτυο μπορεί να περιλαμβάνει την ποιότητα της υπηρεσίας (Quality of Service ή QoS) για την εξασφάλιση αξιόπιστων υπηρεσιών για διαφορετικούς χρήστες ή εφαρμογές.

Στο επίπεδο δικτύου θα πρέπει να αντιμετωπιστούν τα ακόλουθα ζητήματα:

- Ενεργειακή απόδοση δικτύου.
- Επεξεργασία δεδομένων και σήματος.
- Τεχνολογίες διαχείρισης δικτύων, συμπεριλαμβανομένης της διαχείρισης σταθερών, ασύρματων, κινητών δικτύων.
- Απαιτήσεις του QoS.
- Ασφάλεια και προστασία της ιδιωτικότητας.
- Επίπεδο υπηρεσιών.

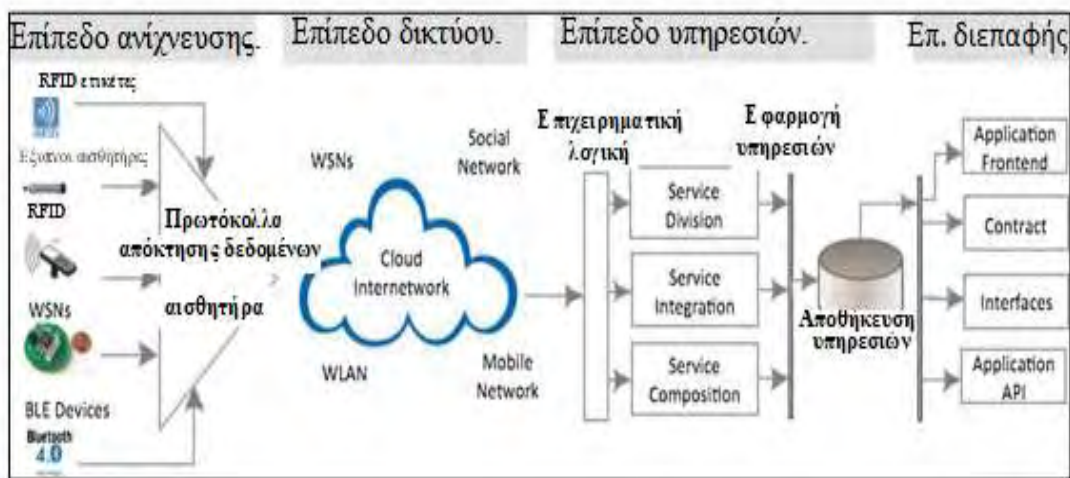
Αυτό το επίπεδο υπηρεσιών βασίζεται στην τεχνολογία middleware, η οποία αποτελεί βασικό παράγοντα παροχής υπηρεσιών και εφαρμογών στο ΙοΤ. Η τεχνολογία middleware παρέχει μια οικονομικά αποδοτική πλατφόρμα, όπου μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν οι πλατφόρμες υλικού και λογισμικού.

Όλες οι δραστηριότητες που προσανατολίζονται στις υπηρεσίες, όπως η ανταλλαγή και αποθήκευση πληροφοριών, η διαχείριση δεδομένων, η βάση δεδομένων οντολογιών, οι μηχανές αναζήτησης και η επικοινωνία, εκτελούνται στο επίπεδο υπηρεσιών. Οι δραστηριότητες διεξάγονται από τα ακόλουθα στοιχεία:

- Η σύνθεση των υπηρεσιών επιτρέπει την αλληλεπίδραση μεταξύ των συνδεδεμένων αντικειμένων. Η ανακάλυψη εκμεταλλεύεται τις αλληλεπιδράσεις των αντικειμένων για να βρει την επιθυμητή υπηρεσία και η σύνθεση της υπηρεσίας προγραμματίζει ή επαναδημιουργεί πιο κατάλληλη υπηρεσία για να αποκτήσει τις πιο αξιόπιστες υπηρεσίες.

- Η ανακάλυψη υπηρεσιών εντοπίζει αντικείμενα που μπορούν να παρέχουν τις απαιτούμενες υπηρεσίες και πληροφορίες με αποτελεσματικό τρόπο.
- Η διαχείριση της αξιοπιστίας στοχεύει στην κατανόηση του τρόπου επεξεργασίας των πληροφοριών που παρέχονται από άλλες υπηρεσίες.
- Τα API (διεπαφές προγραμματισμού εφαρμογών) υπηρεσίας παρέχουν τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των υπηρεσιών που απαιτούνται από τους χρήστες.
- Επίπεδο διεπαφής.

Οι συσκευές οι οποίες εμπλέκονται με την τεχνολογία IoT μπορούν να παρέχονται από διαφορετικούς πωλητές και συνεπώς δεν συμμορφώνονται πάντοτε με τα ίδια πρότυπα. Το ζήτημα της συμβατότητας μεταξύ των ετερογενών αντικειμένων πρέπει να αντιμετωπιστεί για τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των αντικειμένων. Η συμβατότητα αφορά την ανταλλαγή πληροφοριών, την επικοινωνία και την επεξεργασία συμβάντων. Υπάρχει μεγάλη ανάγκη για έναν αποτελεσματικό μηχανισμό διασύνδεσης για την απλούστευση της διαχείρισης και της διασύνδεσης των αντικειμένων.



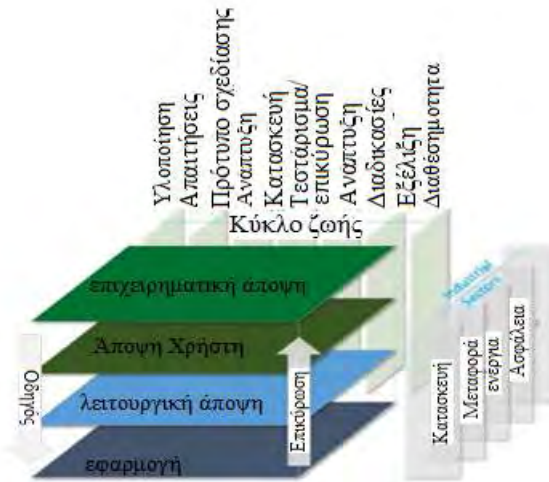
Εικόνα 3.4 Αρχιτεκτονική IoT προσαρμοσμένη στις υπηρεσίες [Weyrich, Ebert, 2016]

Πριν από την ανάπτυξη της SoA αρχιτεκτονικής, υπήρχαν πρωτοβουλίες για μία κοινή αρχιτεκτονική. Ακολουθώς αναφέρονται πέντε τέτοιες πρωτοβουλίες [Li, 2015]:

- Αρχιτεκτονική αναφοράς βιομηχανικού Διαδικτύου (Industrial Internet Reference Architecture - IIRA), εικόνα 3.5.

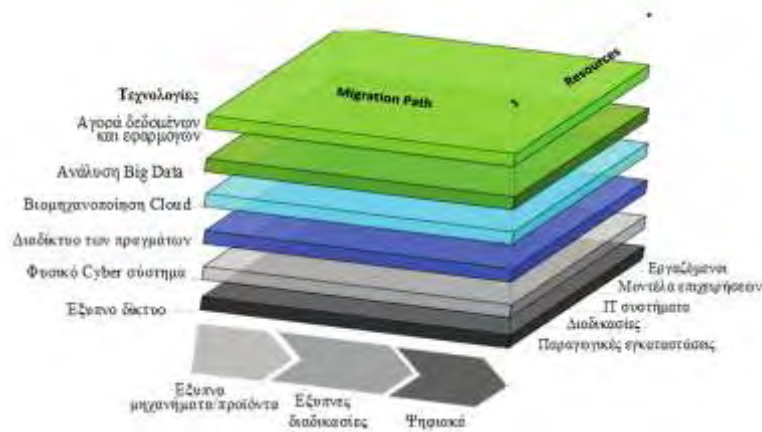
Το IIRA είναι ένα πρότυπο και η μεθοδολογία η οποία σχεδιάστηκε από ένα ευρύ των μελών της Κοινοπραξία βιομηχανικού Διαδικτύου (Industrial Internet Consortium-IIC),

στο οποία συμπεριλαμβάνονται οι αρχιτέκτονες του συστήματος και του λογισμικού, ειδικούς των επιχειρήσεων και ειδικούς ασφαλείας.



Εικόνα 3.5 Αρχιτεκτονική αναφοράς βιομηχανικού Διαδικτύου[Li, 2015]

- Αρχιτεκτονική Αναφοράς Βιομηχανίας (Reference Architecture Model Industry 4.0 - RAMI 4.0), εικόνα 3.6. Μια αρχιτεκτονική αναφοράς για έξυπνα εργοστάσια αφοσιωμένα σε IoT πρότυπα.



Εικόνα 3.6 Αρχιτεκτονική Αναφοράς Βιομηχανίας[Li, 2015]

- Πρότυπο για ένα αρχιτεκτονικό πλαίσιο για το Διαδίκτυο των πραγμάτων (Standard for an Architectural Framework for the Internet of Things-IoT). Το IEEE P2413 project, έχει μια ομάδα εργασίας σχετικά με ένα IoT αρχιτεκτονικό πλαίσιο που δίνει έμφαση στην προστασία, την ασφάλεια, την ιδιωτικότητα και γενικά ζητήματα ασφαλείας.



Εικόνα 3.7 IEEE P2143 [IEEE, 2019]

- Πλαίσιο Arrowhead.

Αυτή η πρωτοβουλία δίνει την δυνατότητα συνεργατικού αυτοματισμού με ενσωματωμένες συσκευές ανοιχτού δικτύου. Είναι ένα σημαντικό εγχείρημα της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την παροχή βέλτιστων πρακτικών σχετικά με τον συνεργατικό αυτοματισμό.

3.4 Τεχνολογίες ενεργοποίησης και πρωτόκολλα επικοινωνίας

Τα μοντέλα της τεχνολογίας του Διαδικτύου των πραγμάτων μπορούν να χωριστούν σε δυο μεγάλες υποκατηγορίες. Η μια κατηγορία αφορά το μοντέλα συνδεσιμότητας και ενεργοποίησης και η άλλη κατηγορία αφορά το μοντέλο αναφοράς και τα επίπεδα του, τα πρωτόκολλα επικοινωνίας. Ακολούθως, θα αναλυθούν οι 2 αυτές κατηγορίες.

Παρακάτω παρουσιάζονται οι τεχνολογίες ενεργοποίησης και συνδεσιμότητας του διαδικτύου των πραγμάτων.

- Συσκευή σε συσκευή

Η επικοινωνία συσκευή σε συσκευή αποτελείται από δυο ή περισσότερες συσκευές που συνδέονται και επικοινωνούν απευθείας ή μια με την άλλη. Μπορούν να επικοινωνήσουν πάνω από πολλαπλούς τύπους δικτύων, συμπεριλαμβανομένων των IP δικτύων, αλλά πιο συχνά χρησιμοποιούν πρωτόκολλα όπως το Bluetooth, το Z-Wave και το ZigBee, τα οποία έχουν περιγράψει στο προηγούμενο κεφάλαιο.

Αυτό το μοντέλο χρησιμοποιείται συχνά σε συστήματα αυτοματοποίησης εργασιών κατοικίας για να μεταφέρει μικρά πακέτα δεδομένων μεταξύ των συσκευών με έναν σχετικά χαμηλό ρυθμό δεδομένων. Οι συσκευές οι οποίες περιλαμβάνονται σε αυτή την κατηγορία είναι οι ηλεκτρικοί λαμπτήρες, θερμοστάτες και κλειδαριές, που ανταλλάσσουν δεδομένα μεταξύ τους. Αυτό το μοντέλο είναι πολύ δημοφιλές μεταξύ των φορητών IoT συσκευών όπως η συσκευή παρακολούθησης του ρυθμού καρδιάς(heart monitor), το έξυπνο ρολόι (Smartwatch) όπου τα δεδομένα δεν πρέπει απαραίτητα να μοιράζονται με πολλά άτομα.

Υπάρχουν πολλά πρότυπα τα οποία έσχουν αναπτυχθεί γύρω από το μοντέλο όπως το Bluetooth χαμηλής ενέργειας (Low Energy), που είναι δημοφιλές για φορητές και φορητές συσκευές λόγω των χαμηλών ενεργειακών απαιτήσεων και την δυνατότητα να δώσουν αυτονομία μηνών ή και ενός χρόνου στις συσκευές. Η χαμηλή του πολυπλοκότητα βοηθάει στην μείωση του κόστους και του μέγεθος του [Essameldin ,Harras, 2011].



Εικόνα 3.8 Συσκευή σε συσκευή [Essameldin , Harras, 2011]

- Συσκευή σε Cloud

Στο μοντέλο επικοινωνίας συσκευή σε Cloud, η IoT συσκευή συνδέεται απευθείας σε μια διαδικτυακή υπηρεσία Cloud, όπως ένα απλό έξυπνο τηλέφωνο , για την ανταλλαγή δεδομένων και τη διαχείριση της κίνησης των μηνυμάτων. Αυτή η προσέγγιση συχνά εκμεταλλεύεται τους υπάρχοντες μηχανισμούς επικοινωνίας, όπως το ενσύρματη τοπική διασύνδεση (Ethernet) ή το ασύρματο δίκτυο (Wi-Fi), για να δημιουργηθεί μια σύνδεση μεταξύ της συσκευής και του δικτύου IP, το οποίο τελικά θα συνδεθεί με την Cloud υπηρεσία, εικόνα 3.9.

Αυτό το μοντέλο επικοινωνίας χρησιμοποιείται από κάποια δημοφιλή καταναλωτικά προϊόντα όπως οι έξυπνες τηλεόρασης (SmartTV), έξυπνες λάμπες και αλλά. Τα προϊόντα αυτά συνδέονται στο Internet και μεταξύ άλλων μεταδίδουν δεδομένα σε μια Cloud υπηρεσία για ανάλυση ή και αποθήκευση, παρέχουν στον χρήστη απόμακρο έλεγχο της συσκευής μέσω κάποιου τηλεφώνου (Smartphone) ή από διαδικτυακή εφαρμογή και κάνουν αναβαθμίσεις λογισμικού [Isecurion, 2017].



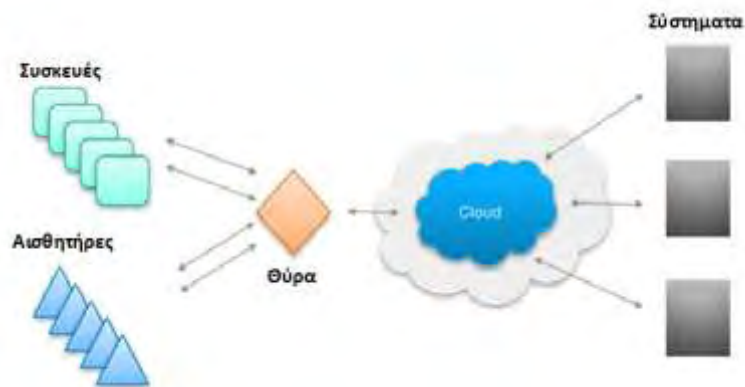
Εικόνα 3.9 Συσκευή σε Cloud επικοινωνία [Isecurion, 2017].

- Συσκευή σε θύρα

Στο μοντέλο συσκευή σε θύρα ή αλλιώς συσκευή σε θύρα εφαρμογής (device-to-application-layer-gateway - ALG), η συσκευή IoT συνδέεται με μια Cloud υπηρεσία μέσω μιας ALG υπηρεσίας. Αυτό σημαίνει ότι μια τοπική “συσκευή θύρα” με το κατάλληλο λογισμικό δρα ως μεσολαβητής μεταξύ της IoT συσκευής και της Cloud υπηρεσίας και παρέχει ασφάλεια και άλλες λειτουργίες, όπως μετάφραση δεδομένων ή πρωτοκόλλων. Το μοντέλο αυτό απεικονίζεται στην παρακάτω εικόνα.

Μια μορφή του μοντέλου συσκευή σε θύρα που συναντάται καθημερινά σε καταναλωτικές συσκευές είναι τα έξυπνα τηλέφωνα (Smartphones). Τα έξυπνα τηλέφωνα λειτουργούν ως θύρες ώστε συσκευές που από μόνες δεν έχουν πρόσβαση στο Internet να μπορούν να συνδεθούν σε μια Cloud υπηρεσία, για παράδειγμα οι συσκευές παρακολούθησης προσωπικής δραστηριότητας (personal fitness trackers). Μια άλλη μορφή αυτού του μοντέλου είναι οι συσκευές hub τα οποία λειτουργούν ως τοπικές θύρες

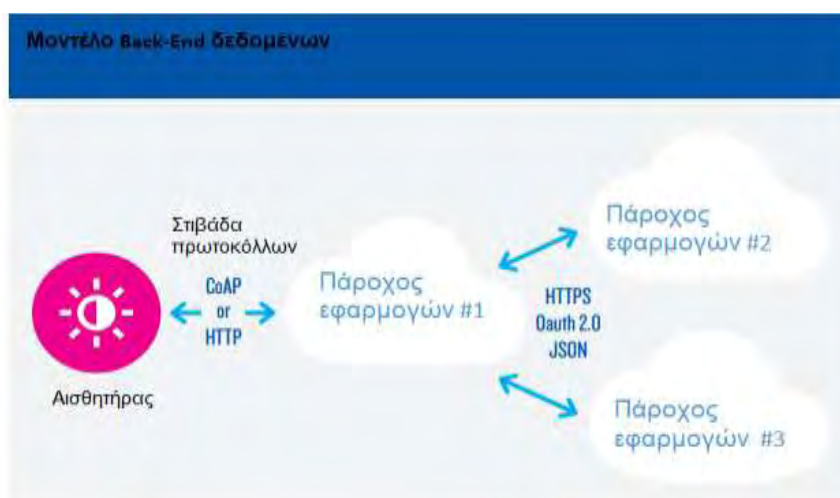
και γεφυρώνουν το χάσμα που υπάρχει ανάμεσα σε συσκευές με διαφορετικά πρωτόκολλα επικοινωνίας [GlobalSign, 2016].



Εικόνα 3.10 Συσκευή σε θύρα επικοινωνία [GlobalSign, 2016].

- Μοντέλο Back-End δεδομένων

Το back-end μοντέλο δεδομένων αναφέρεται στην αρχιτεκτονική που επιτρέπει στους χρήστες να εξάγουν και να αναλύσουν τα δεδομένα που προέρχονται από τις έξυπνες συσκευές από μια Cloud υπηρεσία σε συνδυασμό με δεδομένα από άλλες πηγές. Η προσέγγιση αυτή αποτελεί μια προέκταση του μοντέλου επικοινωνίας συσκευή σε Cloud, στο οποίο οι IoT συσκευές ανεβάζουν τα δεδομένα μόνο σε έναν πάροχο υπηρεσιών. Το μοντέλο back-end data-sharing υποδηλώνει ότι χρειάζονται Cloud εφαρμογές και μια πιο συνολική προσέγγιση των Cloud υπηρεσιών για την επίτευξη της αμοιβαίας χρήσης των δεδομένων των έξυπνων συσκευών που φιλοξενούνται στο Cloud [Tschofenig, 2015].



Εικόνα 3.11 Μοντέλο Back-End δεδομένων [Tschofenig, 2015].

Για να λειτουργήσουν τα παραπάνω μοντέλα επικοινωνιών θα πρέπει να υποστηρίζονται από ευρύ χρησιμοποιούμενα και αποδεκτά πρωτόκολλα. Αυτά τα πρωτόκολλα έχουν σαν βάση την μοντελοποίηση OSI. Αυτή η μοντελοποίηση παρουσιάζεται στη εικόνα 3.12 [Albreshne, 2009]. Παρακάτω παρουσιάζονται συνοπτικά τα επτά επίπεδα του OSI.

Επίπεδο 1. Φυσικές συσκευές και ελεγκτές.

- Μετατροπή από αναλογικό σε ψηφιακό σήμα.
- Γέννηση Δεδομένων.
- Ερωτήματα και έλεγχος διαδικτυακά.
- Αντικείμενα διαφορετικών δυνατοτήτων: επεξεργαστικών, αποθηκευτικών,
- μεγέθους, κατασκευαστή.

Επίπεδο 2. Συνδεσιμότητα.

- Ανάμεσα στις συσκευές/πύλες και στο δίκτυο (gateway-controllers).
- Μεταξύ των δικτύων east-west, των τοπικών-Local Area Network δικτύων(LAN), κίνηση διακομιστή προς διακομιστή.
- Επικοινωνία με το χαμηλό επίπεδο του επιπέδου 3.
- Αξιόπιστη μεταφορά δεδομένων μεταξύ των συσκευών του επιπέδου 1.
- Υποστήριξη διαφορετικών πρωτοκόλλων
- Μεταγωγή και δρομολόγηση.
- Μετάφραση διαφορετικών πρωτοκόλλων
- Αυτοεκπαιδευόμενες μέθοδοι ανάλυσης δικτύου.

Επίπεδο 3. Υπολογιστική τύπου Fog

- Ανάλυση και μετασχηματισμός δεδομένων.
- Επεξεργασία ανά πακέτο, μονάδες δεδομένων.
- Αξιολόγηση: εξετάζει αν τα δεδομένα πρέπει να αναλυθούν σε υψηλότεροεπίπεδο.
- Διαμόρφωση: αναδιαμόρφωση των δεδομένων επεξεργασίας υψηλότερου επιπέδου.
- Μείωση/Συγχώνευση: των δεδομένων για να μειωθεί η κίνηση στο δίκτυο και στα επεξεργαστικά συστήματα των υψηλότερων επιπέδων.
- Εκτίμηση: έλεγχος των δεδομένων βάσει καταφλίου ή ειδοποίησης και ανακατεύθυνση των δεδομένων σε διαφορετικούς προορισμούς.

Επίπεδο 4. Συσσώρευση Δεδομένων

- Συσσώρευση δεδομένων: data in μετατρέπονται σε data at rest.
- Αποφασίζει αν είναι αναγκαία η περεταίρω επεξεργασία σε υψηλότερα επίπεδα.
- Αποθήκευση: δίσκος non-volatile κατάστασης ή συσσωρευμένη στη μνήμη για βραχυπρόθεσμη χρήση.
- Τι τύπος αποθήκευσης απαιτείται: σύστημα αρχείων, σύστημα μεγάλου μεγέθους δεδομένων, σχεσιακές βάσεις δεδομένων.
- Οργάνωση των δεδομένων με βάση το σύστημα αποθήκευσης.
- Τα δεδομένα μπορεί να γίνουν συνδυαστικά, να υπολογιστούν εκ νέου, ή να συγκεντρωθούν με παλιές αποθηκευμένες πληροφορίες.
- Μετατρέπει τα πακέτα δικτύου σε σχεσιακούς πίνακες βάσης δεδομένων.
- Υπολογισμός βάσει συμβάντων και υπολογισμός βάσει ερωτημάτων.
- Δραματική μείωση δεδομένων μέσω φιλτραρίσματος και επιλεκτικών Northbound/southbound ειδοποιήσεων αποθήκευσης.

Επίπεδο 5. Αφαίρεση Δεδομένων

- Τα δεδομένα δε βρίσκονται πάντα στον ίδιο χώρο αποθήκευσης:
- Πολύς όγκος δεδομένων.
- Μια βάση δεδομένων => υψηλή επεξεργαστική ισχύς.
- Οι συσκευές είναι γεωγραφικά διαχωρισμένες, και η επεξεργασία γίνεται τοπικά.
- Τα επίπεδα 3 και 4 μπορούν να διαχωρίζουν “συνεχόμενες ροές καθαρών δεδομένων” από “δεδομένα συμβάντων”.
- Συνύπαρξη πολλαπλών διαμορφώσεων δεδομένων από διαφορετικές πηγές.
- Συνεπή σημασιολογία (consistent semantics).
- Ολοκληρωμένα δεδομένα σε υψηλότερα επίπεδα.

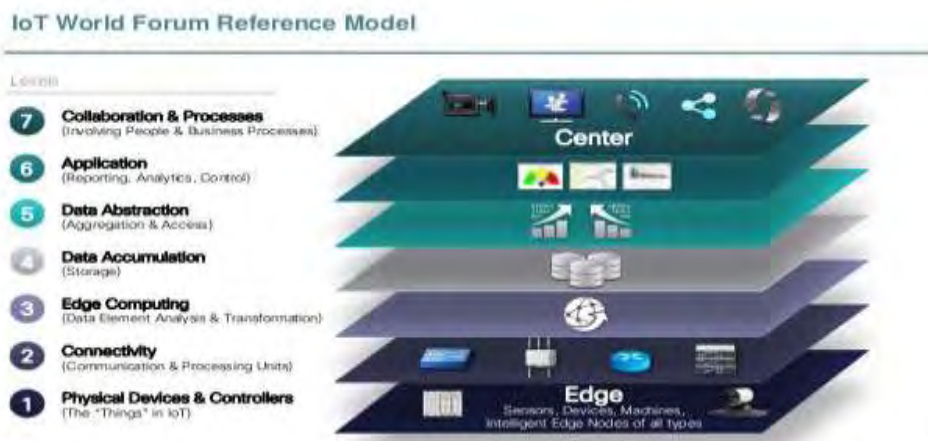
Επίπεδο 6. Εφαρμογής

- Παρακολούθηση δεδομένων συσκευής, έλεγχος συσκευών, συνδυασμός συσκευών ή όχι δεδομένων.
- Διαφορετικές εφαρμογές: Διαφορετικά μοντέλα εφαρμογής, προγραμματιστικά μοτίβα, στοίβες λογισμικού, λειτουργικά συστήματα,

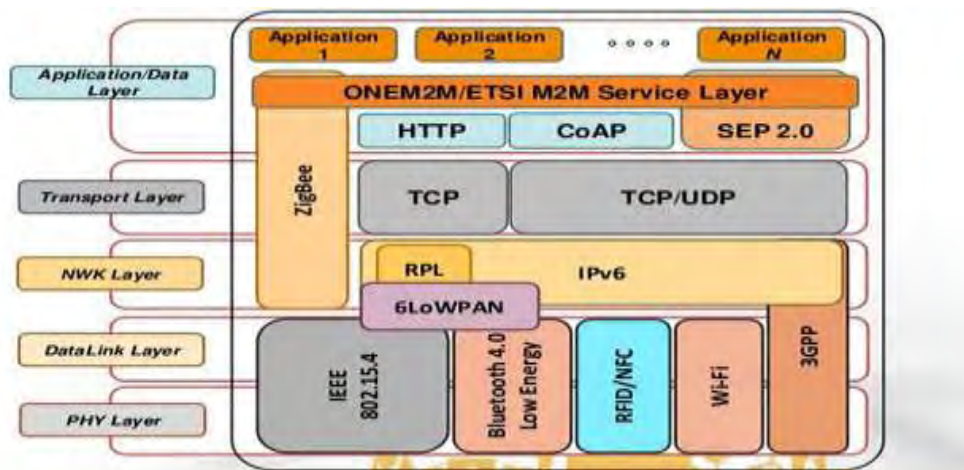
- φορητότητα, διακομιστές εφαρμογής, hypervisors, multi-threading

Επίπεδο 7. Διαδικασίες Συνεργασίας

- Τα δεδομένα εφαρμογών απαιτούν την ανθρώπινη παρέμβαση και νέες διεργασίες.
- Κοινή εφαρμογή για διαφορετικούς σκοπούς.
- Συνεργασία και διαμοιρασμός δεδομένων με άλλους ανθρώπους, διεργασίες.



Εικόνα 3.12 Επίπεδα του OSI μοντέλου [Albreshne, 2009].



Εικόνα 3.13 Στιβάδα πρωτοκόλλων των IoT [Albreshne, 2009].

- TCP (Transmission Control Protocol)

Το TCP αποτελεί ένα από τα δυο βασικά πρωτόκολλα του επιπέδου μεταφοράς στο μοντέλο OSI. Παρέχει αξιόπιστη αμφίδρομη επικοινωνία, ενώ διέπεται από τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- Σύνδεση δύο τερματικών
- Μεταφορά δεδομένων
- Αποστολή δεδομένων σε ακολουθία
- Τα δεδομένα να παραλαμβάνονται όπως στάλθηκαν
- Αξιόπιστη εκκίνηση και τερματισμός

- UDP (User Datagram Protocol)

Το UDP είναι το άλλο βασικό πρωτόκολλο στο επίπεδο μεταφοράς που χρησιμοποιείται στο διαδίκτυο. Συγκρινόμενο με το TCP, το UDP είναι λιγότερο πολύπλοκο αλλά ταυτόχρονα και λιγότερο αξιόπιστο όσον αφορά τη λήψη των πακέτων που αποστέλλονται στο άλλο τερματικό. Το πρωτόκολλο αυτό χρησιμοποιείται κυρίως σε περιπτώσεις όπου απαιτείται μεγάλη ταχύτητα στην αποστολή των δεδομένων, όπως η ζωντανή μετάδοση ομιλίας ή βίντεο, με στόχο να μην διακοπεί η συνεχή ροή των δεδομένων.

- HTTP (HyperText Transfer Protocol)

Το Πρωτόκολλο Μεταφοράς Υπερκειμένου (HTTP) είναι ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας του επιπέδου εφαρμογής (application layer) στο μοντέλο OSI, υπεύθυνο για την ανταλλαγή και τη μεταφορά περιεχομένου (όπως hypertext). Υλοποιεί μια τεχνική αίτησης απάντησης (request-response), χρησιμοποιώντας μεθόδους που θα αναλυθούν στη συνέχεια. Υποστηρίζει τη μεταφορά και TCP και UDP πακέτων. Αποτελεί το κύριο πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται στους Web browsers, με στόχο τη διασύνδεση του διακομιστή (server) και του πελάτη (client), επιτρέποντας τη μεταξύ τους μεταφορά δεδομένων. Οι βασικοί μέθοδοι που χρησιμοποιούνται ευρέως είναι:

- GET: Ανάκτηση πληροφορίας
- POST: Δημιουργία νέου πόρου
- PUT: Ενημέρωση του περιεχομένου του πόρου
- DELETE: Διαγραφή ενός πόρου

- XML

Η XML είναι γλώσσα σήμανσης, η οποία καθορίζει ένα σύνολο κανόνων για την κωδικοποίηση εγγράφων και τη μετατροπή τους σε αναγνώσιμη μορφή και από τον άνθρωπο και από τη μηχανή. Αποτελεί μια μορφοποίηση των δεδομένων ενός κειμένου, υποστηρίζοντας Unicode για όλες τις γλώσσες. Η XML εστιάζει σε έγγραφα, ωστόσο χρησιμοποιείται κατά κόρον στην αναπαράσταση αυθαίρετων δομών δεδομένων, όπως αυτές που χρησιμοποιούνται στα web services.

- JSON (JavaScript Object Notation)

Το JSON είναι lightweight μορφή ανταλλαγής δεδομένων. Για τους ανθρώπους είναι εύκολο τόσο να το διαβάσουν όσο και να το γράψουν όπως και για τις μηχανές να το αναλύσουν και να το παράγουν. Χρησιμοποιείται για την ασύγχρονη επικοινωνία browser-server, έχοντας αντικαταστήσει πλέον την XML. Το JSON αποτελείται από δυο δομές:

- Μία ταξινομημένη λίστα τιμών. Στις περισσότερες γλώσσες προγραμματισμού, αυτό γίνεται αντιληπτό ως list, sequence, vector, array.
- Μια συλλογή από ζευγάρια ονομάτων/τιμών. Σε διάφορες γλώσσες προγραμματισμού, αυτό γίνεται αντιληπτό ως object, record, struct, dictionary, hash table, keyed list, associative array.

- Ομοιόμορφο Αναγνωριστικό Πόρου (URI)

Στην επιστήμη των υπολογιστών, πόρος (resource) ενός συστήματος είναι οποιοδήποτε φυσικό ή λογικό συστατικό, η διαθεσιμότητα του οποίου είναι περιορισμένη σε ένα υπολογιστικό σύστημα. Ως πόρος μπορεί να χαρακτηριστεί ένα ηλεκτρονικό έγγραφο, μια εικόνα, μια πηγή πληροφορίας, μια υπηρεσία ή ακόμα και ένα σύνολο άλλων πόρων.

Για να καταστεί εφικτή η χρήση ενός πόρου, θα πρέπει να προσδιορίζεται από τουλάχιστον ένα URI (Ομοιόμορφο Αναγνωριστικό Πόρου -Universal Resource Identifier). Το URI είναι το όνομα και η διεύθυνση του πόρου. Η πιο συνηθισμένη μορφή URI είναι το URL (Uniform Resource Locator- Ενιαίος Εντοπιστής Πόρων), το οποίο καθορίζει τη διεύθυνση του πόρου στο διαδίκτυο και επιτρέπει την πρόσβαση σε αυτόν.

Ως URIs αναφέρονται οι απλά μορφοποιημένες συμβολοσειρές, οι οποίες ταυτοποιούν μέσω ονόματος, τοποθεσίας ή οποιοδήποτε άλλου χαρακτηριστικού έναν πόρο.

- MQTT

Το MQTT (Message Queue Telemetry Transport) είναι ένα απλό και ελαφρύ (lightweight) πρωτόκολλο ανταλλαγής μηνυμάτων για M2M επικοινωνίες. Από το πρώτο κιόλας έτος δημιουργίας του άρχισε να χρησιμοποιείται ευρέως σε ποικίλες βιομηχανικές εφαρμογές. Είναι βασισμένο στην τεχνική publish-subscribe, η οποία διευκολύνει σε μεγάλο βαθμό το σχεδιασμό IoT εφαρμογών, όπως θα αναλυθεί στη συνέχεια. Οι αρχές σχεδίασης που ακολουθεί το πρωτόκολλο είναι η ελαχιστοποίηση του εύρους ζώνης του δικτύου, καθώς και των απαιτούμενων πόρων (ενέργειας, μνήμης). Παράδειγμα τέτοιου πρωτοκόλλου αποτελεί το Facebook messenger.

- Διαδικτυακές Υπηρεσίες

Ένα web service είναι μια συλλογή ανοικτών πρωτοκόλλων και προτύπων που χρησιμοποιούνται για την ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ εφαρμογών ή συστημάτων. Εφαρμογές οι οποίες είναι γραμμένες σε διάφορες γλώσσες προγραμματισμού και τρέχουν σε διάφορες πλατφόρμες μπορούν να χρησιμοποιήσουν web services για να ανταλλάξουν δεδομένα μέσω δικτύων ηλεκτρονικών υπολογιστών, όπως το Internet.

Κάνοντας μια ευρεία ταξινόμηση, τα πρωτόκολλα των web services κατηγοριοποιούνται σε δυο ομάδες: το REST (REpresentational State Transfer) και το SOAP (Simple Object Access Protocol)

- Μεταβίβαση Μεταφραστικής Κατάστασης (REST)

Το REST (REpresentational State Transfer) REST ορίζει ένα σύνολο αρχιτεκτονικών αρχών για τη σχεδίαση υπηρεσιών διαδικτύου, χρησιμοποιώντας τους πόρους ενός συστήματος. Καθορίζει επίσης και τον τρόπο διευθυνσιοδότησης και μεταφοράς των καταστάσεων του πόρου, μέσω του πρωτοκόλλου HTTP, από ένα ευρύ φάσμα πελατών, ενώ είναι γραμμένες σε διαφορετικές γλώσσες. Τα τελευταία χρόνια, αποτελεί το κυρίαρχο μοντέλο σχεδίασης υπηρεσιών διαδικτύου. Μια REST διαδικτυακή υπηρεσία ακολουθεί τέσσερις βασικές αρχές σχεδίασης:

- Χρήση βασικών HTTP μεθόδων
- Έλλειψη κατάστασης
- Διευθυνσιοδότηση κάθε πόρου από ένα μοναδικό URI
- Χρήση XML ή/και JSON

- Πρωτόκολλο πρόσβασης απλού αντικειμένου (SOAP)

Το πρωτόκολλο πρόσβασης απλού αντικειμένου (Simple Object Access Protocol – SOAP) είναι ένα πρωτόκολλο που καθορίζει τη δομή των μηνυμάτων/πληροφοριών που ανταλλάσσονται σε ένα δίκτυο κατά τη διάρκεια παροχής ενός web service. Ορίζει ένα μηχανισμό RPC με χρήση της XML και στόχο την αλληλεπίδραση πελάτη-εξυπηρετητή μέσω ενός δικτύου.

Το μήνυμα αποτελείται από μία δομή XML, η οποία ονομάζεται φάκελος SOAP (SOAP envelope) και περιέχει δύο στοιχεία, την προαιρετική Επικεφαλίδα (SOAP Header) και το Σώμα του μηνύματος (SOAP Body).

Κεφάλαιο 4^ο Διαχείριση ενέργειας και δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε ένα έξυπνο κτίριο

4.1 Διαχείριση ενέργειας

Αν προσπαθήσουμε να δώσουμε έναν ορισμό της διαχείρισης ενέργειας, μπορούμε να πούμε ότι περιλαμβάνει τους τρόπους με τους οποίους είναι δυνατόν να βελτιωθεί η ενεργειακή απόδοση, σε ένα οποιοδήποτε σύστημα. Ουσιαστικά επιθυμούμε τη μείωση του κόστους παραγωγής σε μια βιομηχανία ή της δαπάνης για τη διαβίωση σε ένα σπίτι. Τα παραπάνω μπορούν να επιτευχθούν με τεχνικά μέσα, αλλά και με έλεγχο – εξορθολογισμό της κατανομής ενέργειας.

Όταν πρόκειται για μια επιχείρηση και τις παραγωγικές της εγκαταστάσεις, η διαχείριση ενέργειας μπορεί να γίνει με πολλές μεθόδους, αρχικά με μέτρηση των ενεργειακών απαιτήσεων και έλεγχο της κατανάλωσης ενέργειας σε πραγματικό χρόνο. Επίσης, στην ιεράρχηση των προτεραιοτήτων, του ανθρώπινου δυναμικού και των οικονομικών μέσων. Η παραπάνω διαδικασία πρέπει να είναι οργανωμένη και μεθοδική, χωρίς όμως να επηρεάζει το επίπεδο παραγωγής ή να υποβαθμίζει την ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων.

Όσον αφορά μια βιομηχανική μονάδα, τα πιο σημαντικά προβλήματα που εμφανίζονται συνήθως είναι τα εξής:

- Ανεπαρκείς πληροφορίες σχετικά με τις ευκαιρίες για βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης, αλλά και των τρόπων υλοποίησής τους.
- Έλλειψη τεχνικών γνώσεων και ενημέρωσης για σύγχρονες τεχνολογίες.
- Μεγάλο κόστος των χρησιμοποιούμενων πηγών ενέργειας και απροθυμία λήψης αποφάσεων από τα διοικητικά συμβούλια.

Οι τυχόν παρεμβάσεις σε βιομηχανικά κτήρια και κατοικίες παρέχουν συνοπτικά τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

1. Προστασία του περιβάλλοντος: με τη χρήση πιο φιλικών μορφών ενέργειας ή και ανανεώσιμων πηγών, μειώνονται τα αέρια του θερμοκηπίου. Επίσης, με την ορθή διαχείριση των αποβλήτων προστατεύονται τα οικοσυστήματα και ο φυσικός πλούτος κάθε χώρας.

2. Οικονομική ανάπτυξη: όταν μετρώνται και αντιμετωπίζονται οι απώλειες ενέργειας, αυτό έχει θετικό αντίκτυπο στα λειτουργικά έξοδα, οδηγώντας την επιχείρηση σε μεγαλύτερα κέρδη.
3. Καλύτερη λειτουργικότητα: τα έσοδα από τη διαχείριση ενέργειας μπορούν να διατεθούν πλέον στην ασφάλεια των εργαζομένων, και στη βελτιστοποίηση της λειτουργίας αυτής γενικότερα. [Ψαρράς, Πατλιτζιάνας, 2008] [Περδίδος, 2006]



Εικόνα 4.1 Παράδειγμα μοντέλου για τη διαχείριση ενέργειας ενός κτηρίου [Google]

4.1.1 Πρακτικές ενεργειακής διαχείρισης

Για να διαχειριστούμε αποδοτικότερα την ενέργεια που χρησιμοποιείται σε ένα σύστημα, ακολουθούμε συνολικά τις παρακάτω διαδικασίες:

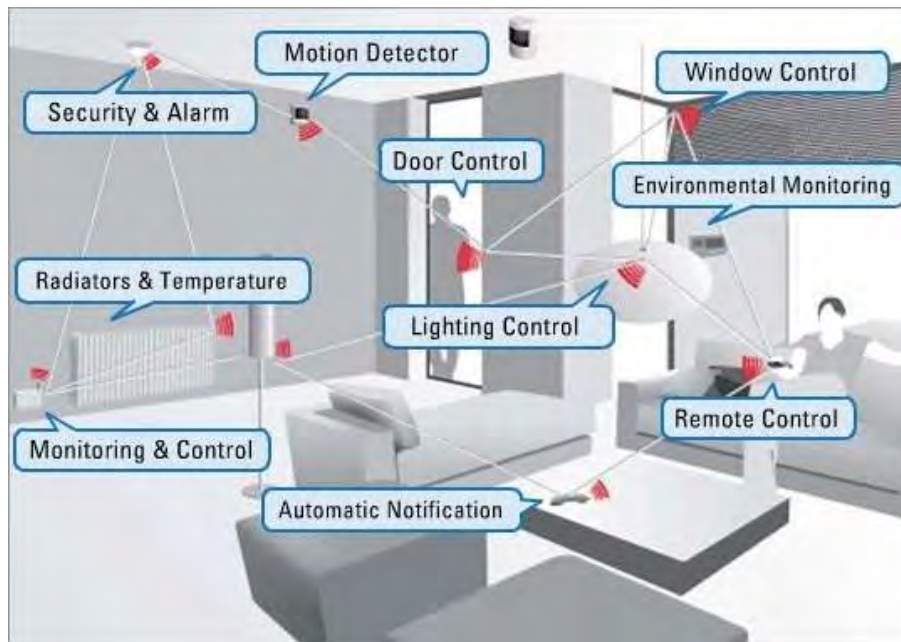
- Ενεργειακή Επιθεώρηση: Περιλαμβάνει τη μέτρηση των απωλειών και τη συνολική ανάλυση της καταναλισκόμενης ενέργειας σε ένα κτήριο ή μονάδα παραγωγής – επιχείρηση. Τα δεδομένα πρέπει να συλλέγονται σε διαφορετικές χρονικές περιόδους ώστε να αξιολογούνται όλες οι πιθανές οικονομικές βελτιώσεις. Σε μεγάλη κλίμακα, η παραμικρή θετική παρέμβαση μπορεί να επιφέρει σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας αθροιστικά.

- **Ενεργειακή Λογιστική:** Αυτό το στάδιο αφορά καθαρά την οικονομική διαχείριση του συστήματος. Εξειδικεύεται στην βελτίωση με οικονομικούς όρους, μελετώντας και παραμετροποιώντας κατάλληλα κάθε ροή ενέργειας ξεχωριστά.
- **Παρακολούθηση και Στόχευση:** Μετά την εφαρμογή οποιασδήποτε ομάδας ενεργειακών αλλαγών, είναι απαραίτητη η αξιολόγηση ως προς το αποτέλεσμα που παρουσιάζουν. Η καταγραφή πρέπει να είναι συνεχόμενη, ή έστω τακτική, ώστε να μπορούμε να συγκρίνουμε με προηγούμενες τιμές κατανάλωσης και να βγαίνουν τα αντίστοιχα συμπεράσματα.

Ανάλογα με αυτά, μπορούμε να μεταβάλλουμε τις ρυθμίσεις μέχρι να επιτύχουμε το επιθυμητό αποτέλεσμα. Αυτό είναι ουσιαστικά το Targeting, δηλαδή ο προσδιορισμός στόχων με βάση την αποτύπωση των αλλαγών υπό διάφορες καιρικές συνθήκες και εξοπλισμό. [Ψαρράς, Πατλιτζιάνας, 2008] [Περδίοις, 2006]

Μια διαδεδομένη υλοποίηση του παραπάνω συστήματος έχει υπάρξει το BMS (Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίων), το οποίο χρησιμοποιείται ευρέως. Η εξέλιξη του ανωτέρω, στη σύγχρονη εποχή, περιλαμβάνει την ενσωμάτωση έξυπνων συσκευών, συνδεδεμένες σε ευφυή δίκτυα. Το πλεονέκτημα είναι ότι περιλαμβάνουν αισθητήρες για πολλές παραμέτρους και μπορούν να λειτουργούν αυτόνομα ή εκ περιτροπής.

Είναι το επονομαζόμενο Ίντερνετ των Πραγμάτων (IoT), με εφαρμογές που απευθύνονται περισσότερο στην καθημερινότητα ενός οικιακού καταναλωτή. Αποτελεί ένα πολύ μεγάλο μερίδιο της αγοράς συγκριτικά με τον περιορισμένο βιομηχανικό τομέα, γι' αυτό το λόγο τα τελευταία χρόνια παρουσιάζει ραγδαία άνοδο.



Εικόνα 4.2 Συσκευές συλλογής πληροφοριών ενός BMS [Abrar Communications]

4.2 Συνηθισμένες απώλειες ενέργειας κτηρίων

Οι πιο σημαντικές απώλειες ενέργειας που έχει ένα κτίριο, μπορούν να ταξινομηθούν σε δυο βασικές κατηγορίες:

- A. Απώλειες των υλικών από τα οποία είναι κατασκευασμένες οι εξωτερικές επιφάνειες, λόγω διαφοράς θερμοκρασίας με τον εσωτερικό χώρο. Αφορά τόσο τους χειμερινούς, όσο και τους θερινούς (σε μικρότερο βαθμό) μήνες.
- B. Κυκλοφορία του αέρα από το εσωτερικό προς το εξωτερικό περιβάλλον κατά τους χειμερινούς μήνες ή αντίστροφα το καλοκαίρι. Η απώλεια ενέργειας επιδεινώνεται με τη χρήση κλιματιστικού.

4.2.1 Απώλειες Συστημάτων Θέρμανσης

Όλες οι συσκευές που χρησιμοποιούνται για ζέστη το χειμώνα έχουν αναπόφευκτα απώλειες θερμότητας. Αυτό που ενδιαφέρει κατά περίπτωση είναι να δούμε αν αξίζει μια επένδυση που να αφορά τον περιορισμό των απωλειών ή ακόμη και αντικατάστασή τους με πιο εξελιγμένες τεχνολογικά λύσεις.

4.2.2 Δίκτυα Θερμού Νερού και Ατμού

Σε ένα κτήριο είναι απαραίτητο να υπάρχει θερμό νερό, και το κατάλληλο σύστημα για διοχέτευση στους ενδιαφερόμενους καταναλωτές. Πολλές φορές γίνεται χρήση του παραγόμενου ατμού από κοντινά εργοστάσια αντί να διοχετεύεται στο περιβάλλον, οπότε το όφελος είναι διπλό. Σε κάθε περίπτωση η μεταφορά περιορίζεται όταν οι εγκαταστάσεις είναι παλιές ή κακοσυντηρημένες.

4.2.3 Κτιριακός-Οικιακός Εξοπλισμός

Όταν η χρησιμοποίηση ορισμένων ηλεκτρικών συσκευών γίνεται αλόγιστα, για παράδειγμα τα κλιματιστικά το καλοκαίρι, παρατηρείται υψηλή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Το ίδιο συμβαίνει αν κάποια ενεργοβόρα συσκευή ξεχαστεί σε λειτουργία, όπως το θερμοσίφωνο.

4.2.4 Συστήματα Κίνησης

Σε όλα τα κτήρια υπάρχουν συσκευές κίνησης, όπως ανελκυστήρες, κυλιόμενες σκάλες, διάδρομοι παραγωγής κλπ. Αυτό που χρειάζεται πάντα είναι η αρμόζουσα συντήρηση. Επιπλέον, οι ηλεκτροκινητήρες στις βιομηχανικές μονάδες πρέπει να ελέγχονται αν λειτουργούν στις ονομαστικές τιμές ισχύος ή χρειάζονται αντικατάσταση λόγω χαμηλού συντελεστή απόδοσης.

4.2.5 Κατακερματισμός υποσυστημάτων

Σε μεγάλες εγκαταστάσεις, όπως ένα γήπεδο, μια επιχείρηση, ένα εμπορικό κέντρο, καλό είναι όλα τα επιμέρους συστήματα να είναι ενοποιημένα. Σε διαφορετική περίπτωση δεν είναι εύκολο να ελεγχθούν κεντρικά και να εντοπιστούν τυχόν σφάλματα, για παράδειγμα στο σύστημα εξαερισμού ή στο δίκτυο φωτισμού. Επιπλέον, ο κατακερματισμός δεν βοηθά στη συνεργασία των υποσυστημάτων μεταξύ τους για βελτίωση της κατανάλωσης ενέργειας.

4.3 Μετρήσεις ενεργειακών παραμέτρων

Για να ανεγερθεί μια οποιαδήποτε νέα οικοδομή ή κτηριακή εγκατάσταση είναι απαραίτητο πλέον να έχει προηγηθεί ενεργειακή μελέτη. Και στα παλιά κτήρια όμως, προωθείται το μέτρο της Ενεργειακής Επιθεώρησης. Μετά από ανάλυση της κατανάλωσης ενέργειας σε κάθε επιμέρους σύστημα ή συσκευή, δημιουργούνται πρότυπα κατανάλωσης για το κάθε κτήριο. Με βάση αυτά λαμβάνονται οι αποφάσεις για τροποποιήσεις σε στοιχεία της εγκατάστασης, καθώς και έλεγχος για πιθανές αποκλίσεις που μπορεί να οφείλονται σε βλάβες, δυσλειτουργία ή λάθος παραμετροποίηση.

Τυπικές μετρήσεις που μπορούν να πραγματοποιηθούν κατά τη διάρκεια μιας Ενεργειακής Επιθεώρησης είναι συνήθως οι εξής :

- Πίεση των υγρών στοιχείων στους αγωγούς και τις δεξαμενές
- Δίκτυα μεταφοράς καυσίμων.
- Θερμοκρασίες στο κέλυφος των κτηρίων.
- Παράμετροι ηλεκτρικών συστημάτων.
- Τιμές υγρασίας στους εσωτερικούς χώρους.
- Παράγοντες καυσαερίων και ποσότητα.
- Φωτεινότητα λαμπτήρων και κατανομή.

Σημαντική συνεισφορά στο παραπάνω έργο προσφέρουν τα νέα αισθητήρια όργανα που είναι ενσωματωμένα σε πολλές σύγχρονες συσκευές. Τα συγκεκριμένα έχουν τη δυνατότητα να λαμβάνουν τιμές του περιβάλλοντος με μεγάλη ακρίβεια, όμως χρειάζονται την κατάλληλη βαθμονόμηση από εξειδικευμένο προσωπικό. [Περδίδς, 2006]

4.3.1 Συνήθεις μετρήσεις και όργανα

➤ **Θερμοκρασία**

Οι τεχνολογίες που είναι πιο διαδεδομένες για τη μέτρηση της θερμοκρασίας είναι:

1. Τα κλασσικά θερμόμετρα με υδράργυρο.
2. Οι ανιχνευτές θερμοκρασίας που χρησιμοποιούν αντιστάσεις, για πιο αξιόπιστες μετρήσεις.
3. Τα αισθητήρια όργανα με χρήση ημιαγωγών. Η τεχνολογία τους βασίζεται σε μαγνητικά πεδία, η ένταση των οποίων μεταβάλλεται σε γραμμική αναλογία με τη θερμοκρασία.
4. Οι αισθητήρες που καταγράφουν την υπεριώδη ακτινοβολία. Δεν είναι τόσο ακριβείς, και επιπλέον χρειάζονται την καταχώρηση μιας παραμέτρου για τη θερμοεκπομπή, που είναι χαρακτηριστική για κάθε μετρούμενο αντικείμενο.
5. Οι θερμογραφικές κάμερες. Σε αντίθεση με τους αισθητήρες υπεριώδους, οι συγκεκριμένες συσκευές μετρούν την υπέρυθη ακτινοβολία που εκπέμπει κάθε σώμα. Είναι ιδιαίτερα χρήσιμες στον εντοπισμό απωλειών από συγκεκριμένα σημεία σε ένα κτήριο ή ένα υδραυλικό δίκτυο.



Εικόνα 4.3 Θερμογραφική κάμερα [Amazon]

6. Τα θερμοστοιχεία. Είναι οι πιο συνηθισμένες και οικονομικές επιλογές, μπορούν εύκολα να μεταφερθούν από σημείο σε σημείο και τα όρια των μετρούμενων θερμοκρασιών είναι υψηλά. [Περδίας, 2006]
7. Τα ηλεκτρονικά θερμόμετρα. Αποτελούν τη συνέχεια του κλασσικού θερμομέτρου. Η βασική αρχή λειτουργίας τους είναι ότι μετατρέπουν τη θερμική ενέργεια που μετρούν σε διαφορά τάσης, και στη συνέχεια αυτό αποτυπώνεται σε βαθμούς στην οθόνη. Αποτελούν τόσο σταθερά όσο και φορητά όργανα, οπότε χρησιμοποιούνται σε αρκετές περιπτώσεις και μορφές.



Εικόνα 4.4 Όργανα μέτρησης θερμοκρασίας [Επιστημονικές επιχειρήσεις ΕΠΕ]

➤ Υγρασία

Για να καταγραφούν οι τιμές της υγρασίας υπάρχουν οι παρακάτω συνήθεις επιλογές:

1. Υγρασιόμετρα:

Είναι τυπικές διατάξεις που μετρούν την υγρασία με τη χρήση ενός αισθητήρα κατασκευασμένου από ρητίνη. Οι μετρήσεις που πραγματοποιούν είναι αρκετά γρήγορες και χρησιμοποιούν τα ιόντα του αέρα. Για την προστασία από σκόνη και άλλες παρεμβολές, συνήθως είναι εξοπλισμένα με κατάλληλα φίλτρα.

2. Ψηφιακά υγρασιόμετρα.

Αποτελούν την ηλεκτρονική εκδοχή των ανωτέρω για μεγαλύτερη ακρίβεια και αξιοπιστία στις μετρήσεις. Λόγω της φορητότητάς τους και της εύκολης λειτουργίας, χρησιμοποιούνται για μετρήσεις σε κάθε είδους χώρους και υλικά.

3. Ψυγράμετρα:

Αποτελούν επίσης διαδεδομένες συσκευές. Η αρχή λειτουργίας τους βασίζεται σε 2 αισθητήρια όργανα, ένα ξηρού κι ένα υγρού βολβού. Με βάση τις διαφορές στη βαρομετρική πίεση, υπολογίζεται η τελική ενδιάμεση τιμή για την υγρασία.



Εικόνα 4.5 Όργανα μέτρησης υγρασίας [Επιστημονικές επιχειρήσεις ΕΠΕ]

➤ Ένταση φωτισμού

Μετρητής Φωτεινότητας.

Χρησιμοποιείται για να υπολογίσουμε την ένταση φωτισμού μέσω της σκέδασης του φωτός σε διάφορα σημεία εντός ενός κτηρίου ή στον εξωτερικό χώρο. Κατά τη λήψη των μετρήσεων πρέπει να υπάρχει σωστός προσανατολισμός και να αποφεύγεται η σκίαση του αισθητήρα.

[Ψαρράς, Πατλιτζιάνας, 2008]

➤ Ταχύτητα αέρα

Σε αυτή την κατηγορία υπάρχουν διάφορες εναλλακτικές, ενδεικτικά:

1. Ανεμόμετρα με χρήση αισθητήρα θερμότητας:

Ανάλογα με τις διαφορές στη θερμοκρασία του αέρα, που ανιχνεύει μια ειδική αντίσταση, υπολογίζεται και η ταχύτητα των αέριων μαζών. Παρέχουν την επιπλέον δυνατότητα φορητότητας.

2. Ανεμόμετρα με χρήση έλικας:

Μια έλικα στρέφεται με ταχύτητα ανάλογη της δύναμης του ανέμου και από εκεί εξάγονται οι μετρήσεις. Χρησιμοποιείται σε πιο δυνατούς ανέμους και ρεύματα αέριων μαζών, όπως για παράδειγμα στο σύστημα εξαερισμού ενός κτιρίου.

➤ Παροχή - δίκτυα

Για να ποσοτικοποιηθεί ο όγκος ενός υγρού ή αερίου που διέρχεται μέσω ενός σωλήνα, χρησιμοποιούνται συσκευές που υπολογίζουν αυτή τη ροή με διάφορες μεθόδους. Μετρητές υπάρχουν τόσο σε οικιακές εγκαταστάσεις, όσο και σε εργοστάσια. Η πιο συνηθισμένη περίπτωση είναι σε δεξαμενές καυσίμων και δίκτυα νερού.

Οι βασικές κατηγορίες μετρητών είναι:

1. με βάση τη μάζα (π.χ. Coriolis).
2. με βάση τη διαφορική πίεση (π.χ. Venturi)
3. κυμάτων (υπέρηχοι, ακτίνες γ)
4. παρεμβαλλόμενοι (π.χ. μεταβλητής διατομής)



Εικόνα 4.6 Ψηφιακά όργανα μέτρησης παροχής [Google]

➤ **Ηλιακή ακτινοβολία**

Το όργανο που χρησιμοποιείται για αυτού του είδους τις μετρήσεις ονομάζεται πυρανόμετρο. Το προσπίπτον φως οδηγείται σε έναν ολοκληρωτή που υπολογίζει στη συνέχεια τα αποτελέσματα.

➤ **Καυσαέρια**

Σε όλες τις διαδικασίες κατά τις οποίες λαμβάνει χώρα καύση υγρών, στερεών ή αέριων καυσίμων είναι επιβεβλημένο, λόγω και της κλιματικής αλλαγής, να γίνεται καταμέτρηση των ρυπογόνων στοιχείων για την ατμόσφαιρα. Παλαιότερα δεν υπήρχε ιδιαίτερη μέριμνα και οι όποιες μετρήσεις λαμβάνονταν με μικρές, φθηνές συσκευές. Σήμερα παρεμβάλλεται σε κάθε σημαντικό δίκτυο ηλεκτρονικός αναλυτής που κάνει καλύτερη δειγματοληψία σε μικρότερο χρόνο.

Ενδεικτικά, καταγράφονται τιμές για τις συγκεντρώσεις σε διοξείδιο του άνθρακα, οξείδια του αζώτου, μονοξείδιο του άνθρακα, διοξείδιο του θείου, όζον και αιθάλη. Με βάση τα παραπάνω, εκτός από τη ρύπανση μπορεί να προσδιοριστεί και η αποδοτικότητα των καυστήρων.

Ένας ηλεκτρονικός αναλυτής καυσαερίων περιλαμβάνει όλες τις παραπάνω μετρήσεις και τις εμφανίζει στην αντίστοιχη οθόνη διεπαφής. Εκτός από τη λειτουργία κατά απαίτηση του χρήστη, μπορεί να λειτουργεί και αυτόματα, υπολογίζοντας τη διακύμανση των τιμών κατά τη διάρκεια μιας ημέρας. [Ψαρράς, Πατλιτζιάνας, 2008]



Εικόνα 4.7 Τυπικός αναλυτής καυσαερίων [Google]

➤ **Θερμική διαπερατότητα**

Οι μετρήσεις πραγματοποιούνται με όργανο που περιλαμβάνει κατάλληλους αισθητήρες για τη θερμοκρασία των εσωτερικών και εξωτερικών χώρων και κάθε επιφάνειας ξεχωριστά. Επίσης υπάρχει ειδικός αισθητήρας για τη θερμική ροή.

Για να υπολογίσουμε την πυκνότητα θερμικής ροής σε μια επιφάνεια, ο χρόνος που απαιτείται μπορεί να είναι κατά περιπτώσεις αρκετά μεγάλος. Το όργανο μετράει συνεχώς, και δίνει έναν υπολογισμό ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Στη συνέχεια όλα τα δεδομένα συντίθενται και βγαίνει το τελικό αποτέλεσμα, που ονομάζεται συντελεστής θερμοπερατότητας και είναι διαφορετικός για κάθε υλικό. Οι όποιες αποκλίσεις ομαλοποιούνται με κατάλληλο αλγόριθμο.

➤ **Απώλειες αερισμού**

Οι απώλειες ενέργειας που οφείλονται στον αερισμό ενός χώρου δεν είναι εύκολο να προσδιοριστεί πάντοτε με ακρίβεια, και αυτό γιατί επηρεάζεται από αρκετές παραμέτρους. Κάποιες από αυτές είναι το είδος των δομικών υλικών, το μέγεθος των διαφυγών από τα κουφώματα και τις χαραμάδες, η κυκλοφορία του αέρα, η εποχή του χρόνου και οι αντίστοιχες καιρικές συνθήκες.

Δύο διαδεδομένοι τρόποι για τον υπολογισμό της ποιότητας και ποσότητας αερισμού είναι:

1. Μέθοδος αέριων δεικτών:

Στην περίπτωση αυτή, οι συνθήκες εσωτερικά και εξωτερικά του υπό μέτρηση χώρου παραμένουν οι ίδιες. Χρησιμοποιείται κυρίως για μετρήσεις σε μικρές κατοικίες ή μεγαλύτερα κτίρια με σταθερό σκελετό και αυστηρά καθορισμένες επιφάνειες.

2. Εφαρμογή τεχνητής πίεσης:

Σε έναν υπό μελέτη χώρο, εφαρμόζουμε τεχνητή ατμοσφαιρική πίεση, για να μετρηθούν οι έξοδοι διαφυγής του αέρα και η στεγανότητα του κελύφους. Πρόκειται για μέθοδο γρήγορη, εύκολη και αξιόπιστη. Ο τρόπος εφαρμογής είναι μέσω ενός μεγάλου ανεμιστήρα, ο οποίος δημιουργεί υπερπίεση ή υποπίεση και τα κατάλληλα όργανα μέτρησης (ροόμετρο, μανόμετρο).

4.4 Δράσεις Ενεργειακής Βελτίωσης και Προτάσεις Εξοικονόμησης Ενέργειας για Έξυπνα Κτίρια

4.4.1 Κτιριακό κέλυφος

Σε ένα οποιοδήποτε σπίτι, για να εξοικονομήσουμε ενέργεια, το πρώτο για το οποίο θα πρέπει να μεριμνήσουμε είναι η κατάλληλη θερμομόνωση. Μια άλλη επιλογή είναι η αντικατάσταση των υλικών κατασκευής με πιο φιλικά προς το περιβάλλον.

Η θερμική μόνωση εξασφαλίζει τις ελάχιστες δυνατές απώλειες ενέργειας ενός κτιρίου, καθώς στην ουσία απομονώνει τους εσωτερικούς χώρους από το εξωτερικό περιβάλλον. Στην πραγματικότητα δημιουργεί ένα διαχωριστικό τοίχωμα μεταξύ των διαφορετικών θερμοκρασιών.

Ο τρόπος με τον οποίο επιτυγχάνεται η μόνωση είναι η παγίδευση του αέρα με τη χρήση κατάλληλων υλικών. Για παράδειγμα, μπορεί να εγκλωβιστεί σε ειδικές κυψέλες ή σε υαλοβάμβακα, ανακόπτοντας με αυτό τον τρόπο τη ροή του θερμού αέρα από μέσα προς τα έξω το χειμώνα και αντίστροφα το καλοκαίρι. Κάθε υλικό έχει διαφορετικό συντελεστή θερμομόνωσης, ενώ όσο πιο μεγάλο είναι το πάχος της στρώσης τόσο περισσότερο βελτιώνονται και τα αποτελέσματα

Για καλύτερα αποτελέσματα, τα εν λόγω υλικά βρίσκονται όσο το δυνατόν πλησιέστερα ή παρεμβάλλονται στις εξωτερικές επιφάνειες, όμως χρησιμοποιούνται και στα τοιχώματα-δάπεδα ορισμένων κτηρίων, ανάλογα με τη χρήση που προορίζονται. Σημαντικό είναι να αξιοποιείται κατά το βέλτιστο τρόπο και η θερμοχωρητικότητα του ίδιου του κελύφους μιας κατασκευής.

Για κάθε είδους κατασκευή πρέπει να τηρούνται διαφορετικές προδιαγραφές, όμως το πιο καίριο είναι να γίνεται σωστή μελέτη και να μην υπάρχουν έξοδοι διαφυγής του αέρα. Τα σημεία όπου υπάρχουν αδυναμίες ή κακοτεχνίες λειτουργούν ως θερμογέφυρες και «σπάνε» τη μόνωση ή δημιουργείται υγρασία τοπικά, διαβρώνοντας σιγά-σιγά τα υλικά.

Η θερμική μόνωση των μεγάλων συμπαγών επιφανειών ενός κτηρίου είναι το πρώτο μέλημα, όμως υπάρχουν και κινητά τμήματα, όπως οι πόρτες και τα παράθυρα. Σε αυτές τις περιπτώσεις οι απώλειες θερμότητας μπορούν να αντιμετωπιστούν με διπλά τζάμια, κουφώματα που δεν αφήνουν χαραμάδες και αεροστόπ στις πόρτες. Μια άλλη συχνή παρέμβαση είναι η εγκατάσταση κινητών συστημάτων, όπως τέντες, θερμοκουρτίνες και ρολλλά.

Τα μονωτικά υλικά προσφέρουν σημαντικό έργο όχι μόνο κατά τους κρύους μήνες, αλλά και το καλοκαίρι. Η υπερβολική μόνωση πάντως μπορεί να φέρει και τα αντίθετα αποτελέσματα, όταν εμποδίζεται η απαγωγή της συσσωρευμένης θερμότητας. Απαραίτητος είναι συνεπώς ο σωστός αερισμός των χώρων, ώστε να ανανεώνεται το οξυγόνο, και να δροσίζεται το σπίτι νωρίς το πρωί και το βράδυ.

Στα έξυπνα κτίρια προωθείται η ενσωμάτωση αισθητήρων στα εξωτερικά τοιχώματα, με σκοπό την παρακολούθηση των τιμών για τη θερμοκρασία. Ανάλογα με τις ανάγκες κάθε χρονική στιγμή, τα κινητά μέρη όπως ηλεκτρικά παντζούρια ή αυτόματες πόρτες, μπορούν να ρυθμίζονται αυτόματα για βέλτιστες συνθήκες. Σε πιο εξειδικευμένες περιπτώσεις υπάρχει αλληλεπίδραση απευθείας με το κέλυφος ενός κτιρίου, όμως οι συγκεκριμένες λύσεις είναι ακριβές για απλή χρήση.

4.4.1.1 Αυτόματη επαναφορά θυρών

Το κλείσιμο μιας επαναφερόμενης θύρας πραγματοποιείται κατά κύριο λόγο αυτόματα, με υδραυλικό σύστημα που τοποθετείται στο πάνω μέρος (ελατήριο). Ωστόσο υπάρχουν και οι παραλλαγές με αισθητήρες που μπορούν να ρυθμιστούν ανάλογα με την περίσταση. Το πρώτο είδος συναντάται συνήθως σε σπίτια ή γραφεία, ενώ το δεύτερο σε μεγαλύτερες θύρες και στα περισσότερα εμπορικά καταστήματα. Οι αυτόματες θύρες που βασίζονται σε αισθητήρες ενεργοποιούνται όταν ανιχνεύσουν κίνηση ή όταν πλησιάσουμε σε συγκεκριμένη απόσταση. Η μεγάλη διάδοσή τους οφείλεται στα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- Ανοίγουν και κλείνουν ακριβώς για όσο διάστημα χρειάζεται να γίνει η διέλευση ανθρώπων, έτσι η θερμότητα που βρίσκεται στους εσωτερικούς χώρους δεν διασκορπίζεται στο περιβάλλον. Αντίστοιχα το καλοκαίρι δεν χάνεται ο ψυχρός αέρας που παράγουν τα κλιματιστικά.
- Κατά τη διάρκεια επείγουσας ανάγκης εκκένωσης ενός κτηρίου είναι ιδανικές
- Δεν χρειάζονται τη δική μας παρέμβαση για να ανοίξουν, έτσι είναι πιο βολικές για μεγάλες ομάδες ανθρώπων
- Δε δημιουργούν ηχητική ρύπανση
- Είναι αρκετά οικονομικές.

4.4.1.2 Το έξυπνο κτιριακό κέλυφος

Ως «έξυπνα κελύφη» προσδιορίζονται αυτά που κατασκευάζονται από έξυπνα υλικά και τεχνολογίες. Συγκεκριμένα δύνανται να αλλάζουν συμπεριφορά ή ορισμένα χαρακτηριστικά τους, όπως σχήμα ή διαπερατότητα, μέσω διαχείρισης από αυτόματα συστήματα ελέγχου.

Τα τελευταία χρόνια γίνονται αρκετές έρευνες σε πανεπιστήμια και τεχνολογικά ιδρύματα πάνω σε αυτόν τον τομέα, επειδή παρουσιάζουν πολλά θετικά στοιχεία. Ένα από τα βασικότερα είναι ότι μπορούν να ανταλλάσσουν θερμότητα με το περιβάλλον χωρίς να χρειάζεται εξωτερική πηγή ενέργειας, βελτιώνοντας έτσι τη συνολική κατανάλωση. Γι' αυτό το λόγο προτιμώνται από κατασκευαστικές εταιρίες στο εξωτερικό, αν και το κόστος ακόμη είναι απαγορευτικό για ευρεία χρήση.

Στο πανεπιστήμιο ΕΤΗ της Ελβετίας εφευρέθηκε πρόσφατα ένα κτιριακό κέλυφος με δυναμική συμπεριφορά, που συνιστά μία αυτόματα υποστηριζόμενη μονάδα πολλαπλών επιπέδων. Το υλικό από το οποίο απαρτίζεται είναι ένα ελαστομερές φιλμ που έχει την ιδιότητα να αλλάζει μορφή όταν εφαρμόζουμε ηλεκτρική διέγερση.

Επιπλέον, οι Σου-ιν Γιανκ και Ντέιβιντ Μπέντζαμιν, δημιούργησαν το ζωντανό γυαλί, μια καινοτομία που συνδυάζει πολυμερή στοιχεία με συστήματα αισθητήρων. Το κύκλωμα ανοίγει ή κλείνει, με το συνυπολογισμό παραμέτρων όπως το επίπεδο του συνωστισμού και η περιεκτικότητα του αέρα σε οξυγόνο ή CO₂.



Εικόνα 4.8 Το «ζωντανό γυαλί» που εφηύραν οι αρχιτέκτονες Σου-ιν Γιανκ και Ντέιβιντ Μπέντζαμιν [Inhabitat]

Οι περισσότερες ιδέες ακόμη βρίσκονται σε αρχικό στάδιο και η χρήση τους σε κτηριακές εγκαταστάσεις πειραματική ή περιορισμένη. Μια ολοκληρωμένη περίπτωση χρήσης αποκλειστικά έξυπνου κελύφους είναι το Media-TIC που βρίσκεται στην πόλη της Βαρκελώνης. Ένα σύμπλεγμα αισθητήρων ανιχνεύουν το φως και μεταβάλλουν τη δομή του ανάλογα με την ποσότητα ηλιακής ενέργειας που δέχεται. [Velikov, 2013]



Εικόνα 4.9 Το κτήριο Media-TIC στη Βαρκελώνη [Skypelab.org]

4.4.1.3 Διαδραστικό κτιριακό κέλυφος

Σε αντιπαραβολή με το αυτόνομο έξυπνο κέλυφος, η λέξη διαδραστικό σημαίνει την αλληλεπίδραση με εξωτερικά συστήματα και την παρέμβαση ανθρώπων-χειριστών. Ο προγραμματισμός γίνεται μέσω ηλεκτρονικών συσκευών ή υπολογιστών.

Αρχικά εισάγονται κάποιες ονομαστικές παράμετροι, όμως αναπροσαρμόζονται ανάλογα με τις μετρήσεις που λαμβάνονται κατά τη διάρκεια του χρόνου και ρυθμίζονται για να ικανοποιούν τις διαφορετικές ανάγκες του κάθε ενοίκου. Η εξέλιξη της τεχνητής νοημοσύνης μετατρέπει το κτίριο σε έναν ζωντανό οργανισμό που «μαθαίνει» τις προτιμήσεις μας και προσπαθεί να τις συνδυάσει με τη μέγιστη δυνατή εξοικονόμηση ενέργειας. Είναι μια συνεχής διαδικασία, και οδηγεί τελικά σε ξεχωριστή ρύθμιση για την κάθε περίπτωση.

Ανάλογες βελτιώσεις μπορούν να γίνουν και στο Building Management System που χρησιμοποιείται σε μεγαλύτερα κτιριακά συγκροτήματα ή επιχειρήσεις. [Velikov, 2013] [Oaa.on.ca]

4.4.2 Θέρμανση

Η ενέργεια που αντλείται για να ζεσταθεί ένα κτήριο, είτε πρόκειται για κατοικία είτε για κάποια επιχείρηση-βιομηχανική μονάδα, προσθέτει ένα μεγάλο ετήσιο κόστος στους ιδιοκτήτες. Στη χώρα μας, σύμφωνα με έκθεση της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας, η θέρμανση και η προετοιμασία φαγητού αποτελούν ένα 64 % της συνολικής δαπάνης. [ΕΛΣΤΑΤ, 2012]

Οι εγκαταστάσεις θέρμανσης χωρίζονται σε υποκατηγορίες, ανάλογα με τα παρακάτω σημεία αναφοράς:

- Πηγή θερμικής ενέργειας:
Πετρέλαιο, φυσικό αέριο, ξύλα, φωτοβολταϊκά πάνελ, ανεμογεννήτριες κλπ
- Παροχή θερμικής ενέργειας:
Κεντρική, τοπική ή περιφερειακή
- Φορέας θερμικής ενέργειας:
Νερό, αέρας, ατμός υπό πίεση
- Τρόπος διάχυσης της θερμότητας:
Καλοριφέρ, αερόθερμα, θερμοπομποί, ενεργειακά τζάκια

Η μελέτη εγκατάστασης για κάθε επιλεγμένη λύση πρέπει να βασίζεται στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά κάθε χώρου. Από εκεί και πέρα, κρίσιμη για τη συνολική κατανάλωση είναι η λογική χρήση και η αντικατάσταση δυσλειτουργικών μονάδων.

4.4.2.1 Κατανεμητής δαπανών

Οι κατανεμητές δαπανών υπολογίζουν το κόστος της καταναλισκόμενης ενέργειας σε κάθε διασυνδεδεμένη συσκευή ξεχωριστά. Όλοι οι μετρητές επικοινωνούν ασύρματα με μια κεντρική μονάδα αποθήκευσης και διαχείρισης των δεδομένων, που συλλέγονται ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Με αυτό τον τρόπο οι διαχειριστές των πολυκατοικιών γνωρίζουν ακριβώς πόση ενέργεια απορροφά το κάθε σώμα και αυτό αποτυπώνεται κατ' αντιστοιχία στην έκδοση των λογαριασμών για τα κοινόχρηστα.

Η λειτουργία τους είναι παρόμοια με τους θερμοδομητρητές, μόνο που τώρα ενσωματώνονται στο κύκλωμα θέρμανσης (π.χ. καλοριφέρ). Τα δεδομένα από τα αισθητήρια όργανα ψηφιοποιούνται και κανονικοποιούνται με τη χρήση ηλεκτρονικών κυκλωμάτων, στη βάση ενός μεγέθους αναφοράς. Ταυτόχρονα υπολογίζεται και ο βαθμός απόδοσης.

Μεξεξέλιξη των παραπάνω αποτελούν οι έξυπνοι μετρητές, οι οποίοι είναι χρήσιμα εργαλεία για έλεγχο από τους καταναλωτές. Οι τελευταίοι μπορούν ανά πάσα στιγμή να βλέπουν την ενέργεια που έχουν καταναλώσει, το κόστος, στατιστικά χρήσης δικά τους, αλλά και της πολυκατοικίας συνολικά.

4.4.2.2 Έξυπνος κυκλοφορητής

Το θερμασμένο νερό που ζεσταίνει τα καλοριφέρ το χειμώνα φτάνει σε κάθε διαμέρισμα από το υπόγειο που βρίσκεται ο καυστήρας μέχρι τον τελευταίο όροφο μιας πολυκατοικίας. Αυτό δε θα μπορούσε να επιτευχθεί χωρίς την δημιουργία τεχνητής ροής υπό πίεση. Το συγκεκριμένο έργο αναλαμβάνει ο κυκλοφορητής, και η ροή επιτυγχάνεται με έναν έλικα ή αντλία που τροφοδοτείται από κινητήρα.

Στα έξυπνα σπίτια εφαρμογή βρίσκουν σήμερα και έξυπνοι κυκλοφορητές. Σε αντίθεση με τους παλιούς κυκλοφορητές, που είναι συχνά και θορυβώδεις, οι νέοι εφοδιάζονται με ψηφιακό έλεγχο της πίεσης στους σωλήνες του δικτύου θέρμανσης. Μέσω ηλεκτρονικών ισχύος, η ταχύτητα του δρομέα του κινητήρα προσαρμόζεται συνεχώς, ανάλογα με την πίεση των υγρών και τη ζήτηση για θέρμανση.

Η ρύθμιση μπορεί να γίνει και με βάση προκαθορισμένες επιλογές, οι οποίες δύναται βέβαια να επαναπρογραμματιστούν. Ανάλογα με την απόκλιση από την αναμενόμενη λειτουργία του κινητήρα, η ηλεκτρονική πλακέτα επεμβαίνει και μεταβάλλει τις στροφές του κινητήρα. Η κυκλοφορία του νερού παρακολουθείται αντίστοιχα από αισθητήρες και τα δεδομένα προσκομίζονται στον επεξεργαστή. Η εξοικονόμηση ενέργειας σε αυτά τα συστήματα είναι σημαντική, καθώς οι αντλίες απορροφούν περίπου το 20% της παγκόσμιας ζήτησης.

Η εικόνα 4.10 δείχνει τέτοιους κυκλοφορητές. Κάθε ένας από αυτούς έχει συγκεκριμένα χαρακτηριστικά και απόδοση, τα οποία αναγράφονται με κατάλληλη σήμανση. Γενικά είναι πιο οικονομικοί από παλιότερα, και έχουν καλύτερη λειτουργία. Η πρόοδος της τεχνολογίας δίνει πια τη δυνατότητα σε όλους να χρησιμοποιούν λύσεις που κάποτε ήταν προσιτές μόνο σε λίγους.



Εικόνα 4.10 Έξυπνοι κυκλοφορητές [Greenplumbingheating.com]

4.4.2.3 Σύστημα αντιστάθμισης εξωτερικής θερμοκρασίας

Ένας άλλος τρόπος εξοικονόμησης ενέργειας στα θερμαντικά σώματα είναι η ρύθμιση της θερμοκρασίας του κυκλοφορούντος νερού ανάλογα με τη διακύμανση των εξωτερικών συνθηκών. Αναλυτικότερα, η αντιστάθμιση γίνεται με ηλεκτρικά θερμόμετρα που μεταδίδουν τις τιμές για τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος στο σύστημα ελέγχου. Η αντιστάθμιση μπορεί να συνδυαστεί και με φωτοβολταϊκά ή άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Αντίστοιχα συστήματα εφαρμόζονται και για τον κλιματισμό

Κάθε εγκατάσταση θέρμανσης επιλέγεται με προδιαγραφές οι οποίες να μπορούν να ανταπεξέλθουν στις χειρότερες δυνατές καιρικές συνθήκες, όμως η ανεξέλεγκτη λειτουργία οδηγεί σε σημαντική οικονομική επιβάρυνση και υπερθέρμανση του χώρου. Γι' αυτό το λόγο είναι απαραίτητη η αντιστάθμιση και ο έλεγχος της λειτουργίας των συστημάτων με θερμοστάτες.

Η θερμοκρασία του νερού στο boiler ή τον λέβητα αυξομειώνεται σύμφωνα με τις τιμές που δίνονται και αυτόματα θερμαίνονται περισσότερο ή λιγότερο οι χώροι του κτηρίου. Ο τρόπος αυτός προσομοιάζει με την ρύθμιση της θερμοκρασίας του νερού που τρέχει από τη βρύση όταν θέλουμε να κάνουμε μπάνιο ή να πλύνουμε τα πιάτα, μόνο που εδώ δεν υπάρχει μίξη ζεστού με κρύο νερό, αλλά εκκίνηση ή παύση λειτουργίας του καυστήρα.

Η τοποθέτηση των αισθητήρων και των συσκευών αντιστάθμισης πρέπει να γίνεται σε προστατευόμενο χώρο και σε σημεία που να μην εκτίθενται. Έτσι, τα θερμόμετρα τοποθετούνται σε σημεία που δεν τα χτυπάει άμεσα ο ήλιος ή οδηγούν σε λάθος μετρήσεις

(όπως κοντά σε καμινάδα) και οι συσκευές σε υπόγεια μακριά από σημεία με πολλή υγρασία. Αντίστοιχα τα θερμόμετρα εσωτερικού χώρου τοποθετούνται μακριά από τα καλοριφέρ κ.ο.κ.

Στην περίπτωση που γίνεται ανάμιξη νερού, πάλι είναι απαραίτητο να τοποθετείται μετρητής, ώστε η αναλογία ζεστού-κρύου να οδηγεί στην επιθυμητή θερμοκρασία. Με το συνδυασμό αυτών των συστημάτων και του κυκλοφορητή που αναλύθηκε παραπάνω, η εξοικονόμηση ενέργειας μπορεί να φτάσει και το 35%.

4.4.2.4 Θερμοστάτης

Οι θερμοστάτες βρίσκονται παντού στα σύγχρονα κτήρια, σε διαμερίσματα, σε γραφεία, σε επιχειρήσεις, σε εργοστάσια. Είναι οι πιο απλές και εύχρηστες συσκευές ρύθμισης της θερμοκρασίας, στις οποίες έχει ο οποιοσδήποτε εύκολη πρόσβαση. Μέσω αυτών επιλέγουμε τη θερμοκρασία του δωματίου ή του χώρου άμεσα, καθώς συνδέεται με τις συσκευές ψύξης-θέρμανσης και τις αναβοσβήνει. Στους περισσότερους αλλάζουμε τη θερμοκρασία χειροκίνητα, όμως υπάρχουν και αυτόματοι.

Στους θερμοστάτες που δέχονται αποθήκευση χρονοδιαγράμματος μπορούμε να αποθηκεύσουμε ρυθμίσεις για αυτόματη λειτουργία ανάλογα με την ώρα της ημέρας ή τη θερμοκρασία του χώρου. Αν δε ρυθμιστούν σωστά, μπορεί να πετύχουμε το αντίθετο αποτέλεσμα όσον αφορά το κόστος.

Οι ψηφιακοί θερμοστάτες (PID) έχουν ηλεκτρονικές πλακέτες με ενσωματωμένο επεξεργαστή. Τα δεδομένα που καταγράφονται για τη διακύμανση της θερμοκρασίας σε συνεχή χρόνο, χρησιμοποιούνται για να εντοπίσουν ασυνήθιστη συμπεριφορά στη λειτουργία του συστήματος ψύξης-θέρμανσης και δημιουργούν προφίλ χρήσης που μπορούν να επαναληφθούν.



Εικόνα 4.11 PID θερμοστάτες [Google]

Οι παραπάνω θερμοστάτες ενσωματώνουν σε κάποιο βαθμό την τεχνητή νοημοσύνη, δηλαδή μπορούν να λάβουν αποφάσεις για ενεργοποίηση ή απενεργοποίηση της θέρμανσης ανάλογα με τα εκάστοτε συνυπολογιζόμενα δεδομένα. Το ζητούμενο είναι να διατηρούν τη θερμοκρασία σχετικά σταθερή σύμφωνα με τα επιθυμητά επίπεδα.

Το κόστος αγοράς ενός ψηφιακού θερμοστάτη είναι υψηλότερο από τους συνήθεις, όμως η εξοικονόμηση στην ενέργεια μπορεί να φτάσει μέχρι και 30%. Κλειδί για αυτό αποτελεί ο κατάλληλος συνδυασμός πολλαπλών σταθερών αλλά και απρόβλεπτων παραγόντων, όπως η κατανομή της θερμότητας σε διαφορετικούς χώρους, οι παράμετροι του συστήματος θέρμανσης και η παρουσία.

Το επόμενο στάδιο μετά την ανακάλυψη των ψηφιακών και τους έξυπνων θερμοστατών είναι η ενσωμάτωση στα έξυπνα κτίρια και το Διαδίκτυο των Πραγμάτων. Οι επιπλέον δυνατότητες που προσφέρει μια τέτοια υλοποίηση είναι η τηλεδιαχείριση, δηλαδή η ενεργοποίηση- απενεργοποίηση από απόσταση, η χρήση αλγορίθμων και χαρακτηριστικών καμπυλών, η αυτόματη προσαρμογή στις προτιμήσεις των χρηστών κλπ. Επίσης, με τη βοήθεια αισθητήρων κίνησης, αντιλαμβάνονται την απουσία ανθρώπων στο κτήριο και απενεργοποιούνται αυτόματα.

Ο έλεγχος τη θερμοκρασίας ενός κτηρίου, πραγματοποιείται κατ' αυτό τον τρόπο μέσω διαδικτύου με τη χρήση κινητών τηλεφώνων. Ο απομακρυσμένος έλεγχος γίνεται σε ένα εύρος συστημάτων που μπορούν να ρυθμίζουν -εκτός από τον κλιματισμό- και τα δίκτυα θερμού νερού. Στην εικόνα 4.12 που ακολουθεί φαίνεται μια συσκευή έξυπνου θερμοστάτη, η οποία είναι μοντέλο 3ης γενιάς της εταιρείας Nest Learning, με πολύχρωμη ηλεκτρονική ένδειξη και προηγμένες ρυθμίσεις.



Εικόνα 4.12 Θερμοστάτης Nest Learning [Nest.com]

Οι αισθητήρες συνήθως είναι παραπάνω από ένας. Στη συγκεκριμένη συσκευή συνεργάζονται τρία αισθητήρια όργανα μέτρησης θερμότητας, ένα για την υγρασία και επιπλέον δυο για την ένταση του φωτός και την ανίχνευση κίνησης. Επίσης δέχεται τιμές δεδομένων από το διαδίκτυο για την εξωτερική θερμοκρασία της συγκεκριμένης γεωγραφικής περιοχής και όλα αυτά οδηγούνται στον μικροεπεξεργαστή.

Οι έξυπνοι θερμοστάτες μπορούν να συμβάλλουν στη μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας κατά 10-25%. Κάποια μειονεκτήματά του είναι ότι αργεί να αντιληφθεί και να προσαρμοστεί στις απαιτήσεις του κάθε ξεχωριστού χρήστη, παρουσιάζοντας προβλήματα συγχρονισμού, ότι δεν έχει συμβατότητα με παλιότερα συστήματα και η υψηλή τιμή αγοράς. Ενδεικτικά, ένας απλός κοστίζει 10-20 ευρώ, ενώ ένας ψηφιακός γύρω στα 200, κάτι που βάζει σε δίλημμα τους υποψήφιους αγοραστές



Εικόνα 4.13 Έξυπνος θερμοστάτης της Tado [Google]

4.4.2.5 Θερμοστατική κεφαλή

Οι θερμοστατικές κεφαλές τοποθετούνται στα καλοριφέρ μιας κατοικίας ή ενός γραφείου και μας δίνουν τη δυνατότητα να ρυθμίζουμε το ζεστό νερό που ρέει σε κάθε σώμα ξεχωριστά. Συγκεκριμένα, βάνες με προγραμματιζόμενες ρυθμίσεις ή με ενσωματωμένους αισθητήρες, ελέγχουν την πυκνότητα ροής, αυξάνοντας ή μειώνοντας την ποσότητα νερού που εισέρχεται. Σε περίπτωση που θέλουμε να απομονώσουμε συγκεκριμένα σώματα, πχ σε δωμάτια τα οποία δεν θα χρησιμοποιήσουμε για κάποιες ώρες, οι θερμοστατικές κεφαλές μπορούν να συμβάλλουν κατά πολύ στην εξοικονόμηση ενέργειας.

Η λειτουργία τους είναι η ακόλουθη: αρχικά μετράνε τη θερμοκρασία του δωματίου, και όσο η τιμή πλησιάζει τα επιθυμητά επίπεδα, τόσο η «στροφήγγα» κλείνει, διατηρώντας τη θερμοκρασία από κει και πέρα σταθερή με μικρορυθμίσεις.

Μια άλλη σημαντική δυνατότητα που προσφέρουν είναι η αυτόματη απενεργοποίηση όταν ανοίγουμε τα παράθυρα, ώστε να μη δουλεύουν τζάμπα. Όταν η θερμοκρασία υπερβεί μια συγκεκριμένη τιμή, πάλι απενεργοποιούν τη ροή στα σώματα. Όλα τα παραπάνω συμβάλλουν τελικά σε μείωση της κατανάλωσης ενέργειας, σε ποσοστά που μπορεί ιδανικά να φτάσουν και 20 με 30 %. Μια ψηφιακή θερμοστατική κεφαλή παρεμβαλλόμενη σε καλοριφέρ φαίνεται στην εικόνα 4.14 που ακολουθεί.



Εικόνα 4.14 Ψηφιακή θερμοστατική κεφαλή [Google]

4.4.2.6 Αντλία θερμότητας

Όταν υπάρχει μεγάλη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ δυο χώρων, μπορούμε να το εκμεταλλευτούμε με μια πιο αποδοτική λύση ψύξη-θέρμανσης. Οι αντλίες θερμότητας μεταφέρουν μέσω αεραγωγών το θερμό αέρα απευθείας, με τη βοήθεια αντλίας. Οι πηγές θερμού ή ψυχρού αέρα μπορεί να είναι ένα δροσερό υπόγειο, ο ατμός από την παραγωγική διαδικασία ενός διπλανού χώρου σε εργοστάσιο κοκ.

Η αρχή λειτουργίας τους είναι παρόμοια με άλλα συστήματα που ακολουθούν τον κύκλο ψύξης, όπου διαρκώς συμπιέζεται και εκτονώνεται ένα υγρό μέσο με τη βοήθεια μιας ηλεκτρικής μηχανής. Η ίδια μέθοδος χρησιμοποιείται κατά κάποιο τρόπο και στα ψυγεία ή τα κλιματιστικά, μόνο που τώρα έχουμε μεγαλύτερη απόδοση και χρειάζεται λιγότερη ηλεκτρική ενέργεια.



Εικόνα 4.15 Αντλίες θερμότητας για θέρμανση και ψύξη κτιρίων [Google]

Οι αντλίες θερμότητας κατηγοριοποιούνται σε σχέση με το υγρό μέσο από το οποίο παίρνουμε ή στο οποίο διοχετεύουμε τη θερμότητα. Έτσι υπάρχουν τα παρακάτω είδη:

- Αέρος - νερού
- Νερού - νερού
- Αέρος - αέρος

Οι κυριότεροι λόγοι για του οποίους χρησιμοποιούνται οι αντλίες θερμότητας είναι οι παρακάτω:

1. Δεν μολύνουν το περιβάλλον
2. Έχουν καλύτερη απόδοση
3. Καταναλώνουν ηλεκτρικό ρεύμα και όχι καύσιμα
4. Δεν είναι ογκώδεις
5. Παρέχουν και θέρμανση και ψύξη (ίδια συσκευή)

Τα πλεονεκτήματα αυτά οδηγούν πολλές φορές σε αντικατάσταση των λεβήτων και καυστήρων που απαιτούν ένα ολόκληρο δωμάτιο στο υπόγειο μιας πολυκατοικίας, το οποίο θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως αποθήκη.

Από την άλλη, υπάρχουν παράγοντες που αναβάλλουν μια τέτοια απόφαση και βασίζονται κυρίως στο μεγάλο κόστος που ενέχει μια τέτοια επένδυση και επίσης στην ηχητική ρύπανση που δημιουργούν οι εν λόγω συσκευές.

- Τεχνολογία Inverter:

Τα μειονεκτήματα των αντλιών θερμότητας εξισορροπούνται με τη χρήση inverter. Το πρόβλημα εντοπιζόταν στον συμπιεστή, ο οποίος λειτουργούσε με κινητήρα εναλλασσόμενου ρεύματος. Πέρα από τεχνικά θέματα, όπως το ρεύμα εκκίνησης, βασικό μειονέκτημα αποτελούσε η έλλειψη δυνατότητας μεταβολής των στροφών λειτουργίας.

Ο DC μετατροπέας παρεμβάλλεται ανάμεσα στην πηγή εναλλασσόμενου ρεύματος και τον κινητήρα, πραγματοποιούνται κατά σειρά οι παρακάτω αλλαγές:

- i. Αρχικά μετατρέπεται το εναλλασσόμενο ρεύμα συχνότητας 50 Hz σε συνεχές, με τη χρήση ανορθωτή
- ii. Στη συνέχεια το συνεχές ρεύμα μετατρέπεται σε εναλλασσόμενο συχνότητας 5-50 Hz
- iii. Τελικά, ο κινητήρας περιστρέφεται με ταχύτητα ανάλογη της συχνότητας του παρεχόμενου ρεύματος

Προηγουμένως, ο κινητήρας ξεκινούσε ή σταματούσε συνεχώς, σε μέγιστη λειτουργία, και αυτό σπαταλούσε μεγάλα ποσά ενέργειας χωρίς λόγο. Πλέον, η ρύθμιση των στροφών με τον inverter διατηρεί το υγρό μέσο στην επιθυμητή θερμοκρασία, με εξοικονόμηση της τάξης του 30%.

Η συνολική απόδοση της αντλίας θερμότητας επηρεάζεται επίσης από τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν στο περιβάλλον. Ένας αισθητήρας αναλαμβάνει την κυκλοφορία του υγρού με μεγαλύτερη ή μικρότερη ταχύτητα, ώστε να έχουμε το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα. Η αντλία θερμότητας μπορεί να λειτουργεί στις ονομαστικές τιμές της ανεξάρτητα από τη διαφορά θερμοκρασίας των δύο χώρων και συμπερασματικά να παρέχει σταθερή ποιότητα θέρμανσης. Τέλος, με τον inverter λύνεται και το πρόβλημα της θορυβώδους λειτουργίας, ακόμα και στη μέγιστη λειτουργία της συσκευής.

Η ενσωμάτωση σε ένα σύστημα κεντρικής διαχείρισης κτιρίου (BMS) μπορεί να προσφέρει επιπλέον κέρδος 10%, σε σχέση με μια κλασσική αντλία που έχει μόνο τη δυνατότητα να είναι σε λειτουργία ή απενεργοποιημένη. Η περαιτέρω χρήση αντιστάθμισης της θερμοκρασίας εισόδου και εξόδου είναι συνηθισμένη πρακτική για μεγαλύτερα συστήματα.

4.4.3 Κλιματισμός – Ψύξη – Αερισμός

Στις σύγχρονες κοινωνίες, ο κλιματισμός των χώρων έχει αυξηθεί πάρα πολύ σε σχέση με τα τέλη του εικοστού αιώνα. Στις περισσότερες περιπτώσεις υπάρχει ανάγκη, λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος, αλλά και λόγω του μικροκλίματος που διαμορφώνεται σε μεγάλες πόλεις χωρίς πράσινο. Η χρήση κλιματιστικών μονάδων είναι επιβεβλημένη σε μερικές περιοχές του πλανήτη όπου η θερμοκρασία το καλοκαίρι φτάνει σε πολύ υψηλά επίπεδα, όπως οι χώρες της Μέσης Ανατολής, όμως στις περισσότερες περιπτώσεις τα κλιματιστικά χρησιμοποιούνται για θερμική ανακούφιση του χώρου και ανανέωση του αέρα. Η υπερβολική χρήση έχει σαν αποτέλεσμα τα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας να επιβαρύνονται το καλοκαίρι. Μάλιστα, σε ορισμένες περιπτώσεις η ενέργεια που καταναλώνεται υπερβαίνει και τις ανάγκες για θέρμανση το χειμώνα.

Παρ' όλο που υπάρχουν τεχνολογίες και μέθοδοι παθητικής ψύξης ή ημι-ενεργητικών συστημάτων, και θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν σε νέες κατασκευές, παρατηρείται εκτεταμένη προτίμηση σε ηλεκτρικές συσκευές που λειτουργούν με συμπίεση. Πόσο μάλλον όταν είναι διαθέσιμες επιλογές που αξιοποιούν την ανεξάντλητη ηλιακή ακτινοβολία, χωρίς εκπομπές καυσαερίων και χωρίς κόστος.

Εναλλακτικοί τρόποι απαγωγής της θερμότητας από ένα κτίριο και διατήρησης της εσωτερικής θερμοκρασίας σε ανεκτά επίπεδα έχουν αναπτυχθεί με το πέρασμα των χρόνων από παλιότερες εποχές. Ενδεικτικά, η παθητική ψύξη συνίσταται σε κατάλληλο γεωγραφικό προσανατολισμό και οικολογική κατασκευή μιας οικίας, αερισμό και μεταφορά θερμότητας προς το εξωτερικό με ροές αέρα. Λύσεις μικρότερου ενεργειακού αποτυπώματος που υπάρχουν είναι οι ανεμιστήρες, τα κινούμενα μέτρα σκίασης και ο δροσισμός με νερό.

Σε μεγαλύτερα κτίρια και εργοστασιακές μονάδες όπου αναπόφευκτα γίνεται χρήση κλιματιστικών, εφαρμόζονται διάφορα συστήματα για αυτοματοποίηση και εξοικονόμηση ενέργειας όσον αφορά αυτό τον τομέα. Η λειτουργία τους ρυθμίζεται από κεντρικό σύστημα ανάλογα με τις διαφορές θερμοκρασίας εσωτερικού-εξωτερικού χώρου και υπάρχει μέριμνα αυτή η διαφορά να μην ξεπερνάει τους 10-15 βαθμούς κελσίου. Περιλαμβάνεται επίσης η χρήση έξυπνων συσκευών, προσφέροντας παρεμβάσεις που βελτιώνουν την ποιότητας ζωής στις πόλεις [ΚΑΠΕ].

4.4.3.1 Σύστημα ενεργειακής διαχείρισης κλιματισμού

Τα συστήματα διαχείρισης ενέργειας που αφορούν τον κλιματισμού έχουν αρχίσει να γίνονται ιδιαίτερα δημοφιλή τα τελευταία χρόνια. Η ευρύτερη κατηγορία στην οποία κατατάσσονται είναι τα συστήματα ελέγχου με ανίχνευση παρουσίας. Για παράδειγμα, όταν σε κάποιο δωμάτιο της κτηριακής εγκατάστασης ο αισθητήρας δεν εντοπίζει κινούμενα σώματα, τα κλιματιστικά σβήνουν και υπάρχει κέρδος ενέργειας.

Οι αισθητήρες συνδέονται και με άλλες συσκευές δροσισμού και κυκλοφορίας του αέρα, όπως fan-coils και split-units, ή θερμοστάτες που αναλύθηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο. Η επικοινωνία των υποσυστημάτων γίνεται πλέον και ασύρματα, οπότε παρέχεται μεγαλύτερη ευκολία εγκατάστασης.

Συνολικά, οι συσκευές ελέγχου που περιλαμβάνονται είναι οι εξής:

- Θερμοστάτες
- Αισθητήρες παρουσίας
- Key-cards
- Αισθητήρες κουφωμάτων
- Χειριστήρια συσκευών σκίασης

Τα χαρακτηριστικά των ανωτέρω συστημάτων που τα κάνουν να προτιμώνται είναι τα παρακάτω:

1. Δυνατότητα ελέγχου της λειτουργίας των κλιματιστικών σε κάθε ξεχωριστό χώρο από απόσταση
2. Καταγραφή της κατανάλωσης ενέργειας κάθε μονάδας
3. Ενεργοποίηση των κλιματιστικών αυτόματα μόλις κάποιος φτάσει στο σπίτι του, και αντίστοιχα σβήσιμο όταν φεύγει ή σε περίπτωση που είναι κάποιο παράθυρο ανοιχτό
4. Θέρμανση χώρων εντός προκαθορισμένων τιμών θερμοκρασίας, ώστε να μη γίνεται αλόγιστη χρήση των κλιματιστικών
5. Παραγωγή μοντέλων πρόβλεψης κατανάλωσης

4.4.3.2 Σύστημα κλιματισμού μεταβλητού όγκου ψυκτικού μέσου

Σύστημα κλιματισμού μεταβλητού όγκου (VRV) ή μεταβλητής ροής (VRF) είναι διαφορετική ονομασία για το ίδιο προϊόν, ανάλογα με την εταιρεία παρασκευής. Το συγκεκριμένο σύστημα μολύνει λιγότερο το περιβάλλον και παρέχει οικονομικά οφέλη, γι' αυτό χρησιμοποιείται κατά κόρον σε μεγάλα και μικρότερα κτήρια, όπως εγκαταστάσεις γραφείων και ξενοδοχειακές μονάδες.

Πάλι βασικό ρόλο παίζει η εφεύρεση του inverter. Αυτό που γίνεται είναι η μέτρηση της θερμοκρασίας στο χώρο που μας ενδιαφέρει, και στη συνέχεια ο μετατροπέας ρυθμίζει τη ροή του ψυκτικού μέσου στο συμπιεστή. Αυτό γίνεται με την κατάλληλη συχνότητα του διοχετευόμενου ρεύματος, που έχει σαν αποτέλεσμα ο όγκος του μέσου που εισέρχεται να μεγαλώνει, αυξάνοντας τη δροσιά του κλιματιστικού. Η μέτρηση της θερμοκρασίας επαναλαμβάνεται και η ροή αναπροσαρμόζεται, μέχρι να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα. Όσο μεγαλύτερη είναι η ανάγκη για ψύξη, τόσο περισσότερο δουλεύει και η μονάδα, με τον μετατροπέα να ρυθμίζει αντίστοιχα τις στροφές του ηλεκτρικού κινητήρα.

Το σύστημα μεταβλητού όγκου παρέχει ορισμένα πλεονεκτήματα σε σχέση με την απλή αντλία θερμότητας. Αρχικά, ο βαθμός απόδοσης είναι καλύτερος, και κυρίως δεν υπάρχει η αχρείαστη σπατάλη για το ρεύμα εκκίνησης του ασύγχρονου επαγωγικού κινητήρα. Επιπλέον, ο αέρας ζεσταίνεται πολύ πιο γρήγορα, φτάνοντας ακόμη και το μισό χρονικό διάστημα σε σχέση με ένα συνηθισμένο κλιματιστικό.

Στην αρχή ο αέρας είναι πολύ ψυχρός και η συχνότητα λειτουργίας είναι 50 Hz. Σταδιακά όμως, όλο και λιγότερη ενέργεια απαιτείται, έτσι, η συχνότητα μειώνεται. Στη λειτουργία διατήρησης της θερμοκρασίας ενός εσωτερικού χώρου, η συχνότητα που χρειάζεται είναι περίπου 30 Hz, δηλαδή η ισχύς του μετατροπέα είναι λίγο παραπάνω από τη μέση της ονομαστικής του. Αν συνυπολογίσουμε και το ότι για τη συνεχή εκκίνηση μιας μηχανής που ή λειτουργεί στο μέγιστο ή καθόλου θα χρειαζόταν ένα όχι αμελητέο ποσό ενέργειας, το οικονομικό και περιβαλλοντικό όφελος αυξάνεται.

Τα συστήματα μεταβλητής ροής μεγαλύτερης κλίμακας αναφέρονται σε ταυτόχρονη λειτουργία πολλών κλιματιστικών, συνδεδεμένα σε μια εξωτερική μονάδα. Ο μετατροπέας ρεύματος μεταβάλλει τη λειτουργία κάθε μονάδας ξεχωριστά, ενώ το δίκτυο εξαερισμού μπορεί να φτάσει αρκετά μέτρα σε μήκος. Η εξοικονόμηση ακόμη και σε μειωμένη λειτουργία στη μισή ισχύ, φτάνει στο επίπεδο του 40%, αρκετά μεγάλη.

Ένα σύστημα μεταβλητής ροής/όγκου περιλαμβάνει τα εξής:

1. Εσωτερικές μονάδες.
2. Αντλία θερμότητας με τεχνολογία inverter
3. Κλειστό κύκλωμα ροής του ψυκτικού υγρού (freon)
4. Δίκτυο αποβολής των συμπυκνωμάτων (υδρατμοί)
5. Εναλλάκτη θερμότητας για σωστό εξαερισμό

Τα συστήματα μεταβλητής ροής βρίσκουν εφαρμογή σε διάφορες περιπτώσεις, όπως για κλιματισμό, θέρμανση, ακόμα και για τη διαχείριση του θερμού νερού. Κάθε εγκατάσταση έχει τις δικές της ιδιαιτερότητες και δυνατότητες ανάκτησης θερμότητας από το δίκτυο για επαναχρησιμοποίηση. Διάφορες εταιρείες μπορεί να προσφέρουν τις δικές τους εναλλακτικές για την κεντρική διαχείριση του συστήματος (BMS). [Εμποροβιομηχανικό Επιμελητήριο Πειραιά] [ΚΑΠΕ].



Εικόνα 4.16 Εγκατάσταση συστήματος VRV-VRF σε κτίριο [ΚΑΠΕ]

4.4.3.3 Έξυπνα συστήματα εξαερισμού

Ο συνωστισμός σε πολυκαταστήματα, γραφεία, κέντρα διασκέδασης αλλά και το περιβάλλον εργασίας που επικρατεί σε επιχειρήσεις εστίασης ή εργοστάσια δημιουργούν την ανάγκη για διοχέτευση του βρόμικου και χαμηλού σε οξυγόνο αέρα στο περιβάλλον, ανάγκη για αποκατάσταση της εσωτερικής ατμόσφαιρας με καθαρό αέρα. Αυτό επιτυγχάνεται με τα συστήματα εξαερισμού.

Πιο προηγμένες μορφές είναι τα συστήματα επανάκτησης θερμότητας (MVHR). Τα συγκεκριμένα απορροφούν με ανεμιστήρες τον εγκλωβισμένο αέρα προς το εξωτερικό, παράλληλα όμως χρησιμοποιούν τη θερμότητα του για ζεστάνουν τον αέρα που εισέρχεται. Τα δύο αέρια ρεύματα δεν έχουν επαφή μεταξύ τους, η όλη μεταφορά θερμότητας πραγματοποιείται με εναλλάκτες. Η εξοικονόμηση ενέργειας η οποία θα απαιτούνταν για τη θέρμανση του αέρα από τρίτες πηγές είναι αρκετά μεγάλη, αφού ο βαθμός απόδοσης αυτής της τεχνικής αγγίζει το 94%. Περαιτέρω πλεονεκτήματα των ανωτέρω συστημάτων εξαερισμού είναι ότι μπορούν να εξυπηρετήσουν μεγάλους χώρους, να προγραμματιστούν με χρονικές καμπύλες, να ρυθμιστούν μέσω Wi-Fi και να καθαριστούν εύκολα.

Άλλη τεχνολογία είναι το σύστημα ελεγχόμενου εξαερισμού κατά απαίτηση (DCV). Η διαφορά έγκειται στους «έξυπνους» ανεμιστήρες, οι οποίοι μεταβάλλουν την ταχύτητά τους ανάλογα με την πληρότητα του χώρου και την ποιότητα του αέρα. Με αυτό τον τρόπο η δαπανώμενη ενέργεια είναι σε κάθε χρονική στιγμή ακριβώς όση χρειάζεται.

Οι αισθητήρες κίνησης και CO₂ προσφέρουν σημαντικό έργο, αφού δε χρειάζεται να ανησυχούμε για ανεπαρκή ή υπερβολικό κλιματισμό που προκύπτει από λάθος χρονοπρογραμματισμό ή τυχαίους παράγοντες σε συμβατικά συστήματα. Οι αισθητήρες δίνουν την έξτρα δυνατότητα κάθε χώρος ή δωμάτιο μιας κτηριακής εγκατάστασης να αντιμετωπίζεται διαφορετικά, ανάλογα με τα δεδομένα που μεταδίδει.

Όσο περισσότεροι άνθρωποι βρίσκονται σε ένα σημείο, τόσο αυξάνουν οι τιμές για το διοξείδιο του άνθρακα που εκπνέουν. Με βάση αυτές τις τιμές καθορίζεται και ο χρόνος για τον οποίο θα λειτουργεί κάθε φορά ο έξυπνος εξαερισμός. Τα συστήματα ελεγχόμενου εξαερισμού κατ' απαίτηση είναι συνδεδεμένα απευθείας με το Κεντρικό Σύστημα Διαχείρισης (BMS).

4.4.4 Εγκατάσταση Φωτισμού

Η δαπάνη ενέργειας για το φωτισμό δρόμων, χώρων και κτιρίων –εσωτερικά και εξωτερικά- αριθμεί ένα ποσοστό 20% σε παγκόσμια κλίμακα. Ο κατάλληλος και επαρκής φωτισμός είναι μια βασική παράμετρος για την ασφάλεια και τη λειτουργικότητα των ανθρώπων κατά τις νυχτερινές ώρες, ενώ σε κάποιες περιπτώσεις αποτελεί αισθητική αναβάθμιση των φωτιζόμενων τόπων-αντικειμένων.

Η μελέτη και η κατανομή φωτισμού γίνεται με ορισμένες προδιαγραφές, ώστε να εξασφαλίζονται:

- η ελάχιστη ένταση φωτισμού σε κάθε διαφορετική περίπτωση. Η φωτεινότητα, η τοποθέτηση και ο τύπος των λαμπτήρων στηρίζονται σε διεθνώς καθορισμένα εγχειρίδια.
- η ποιότητα φωτισμού. Το υπερβολικό ή λάθος κατευθυνόμενο φως θαμπώνει τον ένικο-επισκέπτη ή αφήνουν χώρους ακάλυπτους. Σημαντική είναι η αρμόζουσα επιλογή χρωματισμού, ισχύος και αντίθεσης.

4.4.4.1 Βασικές επεμβάσεις εξοικονόμησης

Πρακτικές λύσεις που βρίσκουν συχνά εφαρμογή στην τεχνολογία φωτισμού για λιγότερη κατανάλωση ενέργειας είναι:

- Αντικατάσταση λαμπτήρων: Οι πρώτες λάμπες πυρακτώσεως παρήγαγαν αναλογικό κύμα φωτός και είχαν πιο φυσικό αποτέλεσμα. Ωστόσο η μεγάλη κατανάλωση σε ρεύμα της ηλεκτρικής αντίστασης οδήγησε σε νέες λύσεις, όπως οι λάμπες φθορισμού. Η απόχρωση του φωτός είναι πιο ψυχρή, όμως έχουν μεγαλύτερη αντοχή στο χρόνο και καταναλώνουν λιγότερο ρεύμα. Την τελευταία δεκαετία υπάρχει στροφή προς την τεχνολογία LED, όπου η κατανάλωση είναι πολύ μικρή και η διάρκεια ζωής πολλαπλάσια. Επίσης διατίθενται σε διαφορετικές θερμότητες χρώματος, οπότε αλλάζει και η απόχρωση της φωτεινής δέσμης. Η ένταση της φωτεινότητας μπορεί εύκολα να ελεγχθεί με dimmer.
- Διόρθωση του συντελεστή ισχύος: Η διόρθωση μπορεί να λάβει χώρα είτε απευθείας στη λάμπα, είτε κεντρικά στον ηλεκτρικό πίνακα. Το οικονομικό όφελος είναι 10-20% στην καλύτερη περίπτωση.

- Χρήση ηλεκτρικών στραγγαλιστικών πηνίων (ballast): οι συσκευές αυτές βελτιστοποιούν την κυματομορφή του ρεύματος. Η προηγούμενη λύση ήταν ηλεκτρομαγνητικά, τα οποία παρεμβάλλονταν ανάμεσα στους λαμπτήρες και το δίκτυο. Η βελτίωση που επιτύγχαναν δεν ήταν τόσο σημαντική, παρουσίαζαν περισσότερες απώλειες και εν τέλει δεν εξοικονομούσαν μεγάλη ποσότητα ενέργειας. Τα ηλεκτρικά, αν συνδεθούν στο BMS, και ελέγχονται κεντρικά μέσω αισθητήρων, μπορούν να φέρουν όφελος ως και 25%
- Συντήρηση εγκατάστασης φωτισμού: Αν οι λαμπτήρες και το δίκτυο δεν συντηρούνται τακτικά παρουσιάζουν δυσλειτουργίες και βλάβες, που μπορεί να μειώσουν τη συνολική απόδοση μέχρι και 40%. Ακόμα και απλές ενέργειες, όπως η αντικατάσταση ενεργοβόρων λαμπτήρων με νέους δύναται να προσφέρει 15% μείωση στην ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας και το κόστος λειτουργίας. [Σύγχρονη Τεχνική Επιθεώρηση] [ΤΕΕ, 2011] [Τοπαλής, 2012].

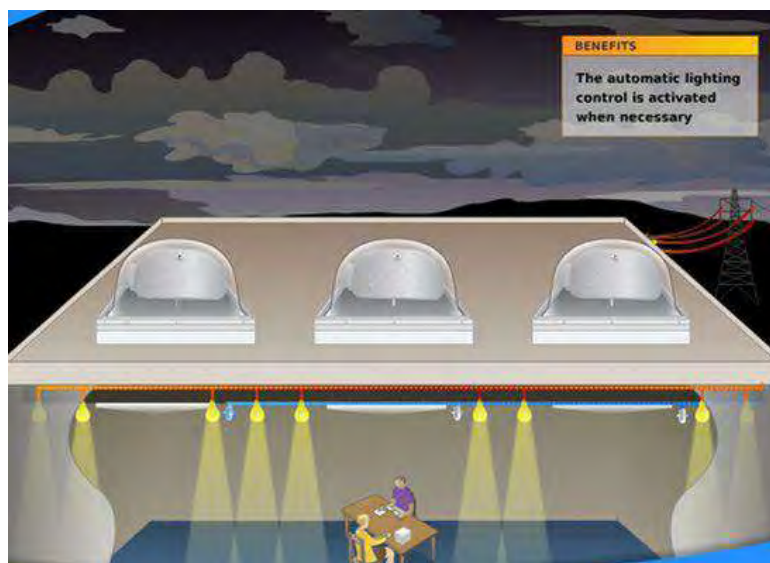
4.4.4.2 Βιοκλιματικός σχεδιασμός φωτισμού

Η επέμβαση στο βιοκλιματικό σχεδιασμό ενός κτιρίου συνίσταται στο φωτισμό των εσωτερικών χώρων από τις ακτίνες του ηλίου. Η τεχνική αυτή είναι διαδεδομένη από παλαιότερες εποχές που η ηλεκτρική ενέργεια δεν υπήρχε, αλλά βρίσκει εφαρμογή και σήμερα από πρωτοπόρους αρχιτέκτονες. Κλασσικό παράδειγμα είναι οι εκκλησίες αλλά και σύγχρονα κτίρια όπως η Βουλή των Ελλήνων, όπου η οροφή της αίθουσας του κοινοβουλίου είναι κατασκευασμένη από γυαλί ώστε να μπαίνει το φυσικό φως. Συναντάται επίσης σε σταθμούς τρένων, ουρανοξύστες και άλλες κατασκευές. Με ένα όνομα λέγονται Συστήματα Εκμετάλλευσης Φυσικού Φωτισμού.

Κάποιες περιπτώσεις όπου βρίσκουν εφαρμογή είναι:

- Ηλιακά ράφια: Βρίσκονται στα ανοίγματα των κτιρίων, όπως τα παράθυρα, για να κατευθύνουν καλύτερα το ηλιακό φως προς το εσωτερικό, και να ενισχύουν την ένταση του. Λειτουργούν ως ανακλαστήρες, συνήθως με μεταβαλλόμενη γωνία ανάλογα με την ώρα της ημέρας.

- Πρισματικά πάνελ: Όπως και τα παραπάνω, χρησιμοποιούνται για να κατευθύνουν καλύτερα τις δέσμες φωτός, όμως μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για σκίαση, ενώ διαφέρουν και στην κατασκευή. Βρίσκουν εφαρμογή σε περισσότερα σημεία του κτηρίου, όπως φεγγίτες, προσόψεις και οροφές. Για να αποφέρουν υπολογίσιμο όφελος πρέπει να γίνει καλή μελέτη σχεδιασμού.
- Κατευθυντικό γυαλί: Χρησιμοποιείται για να εστιάσει τις ακτίνες του φωτός σε συγκεκριμένα σημεία και τοποθετείται στην οροφή ή στα παράθυρα. Πρόκειται για μικρά, καμπυλωμένα κομμάτια γυαλιού που λειτουργούν ως κάτοπτρα και αποτελούν τις γυάλινες επιφάνειες ενός κτιρίου.
- Ανειδωλικά συστήματα: Λειτουργούν επίσης ως κάτοπτρα, και ανακατευθύνουν το φως που προσπίπτει στην οροφή ή άλλα ανοίγματα (πχ ακάλυπτος) προς το εσωτερικό του κτιρίου. Ομοιάζουν σε σχήμα έλλειψης ή παραβολής, που βοηθά καλύτερα στη συγκέντρωση των ηλιακών ακτίνων. Για τις πολύ φωτεινές μέρες απαραίτητος είναι ο συνδυασμός με συστήματα σκίασης ή αλλαγής κατευθυντικότητας. Η ομοιόμορφη διάχυση του φωτός είναι επίσης μια πρόκληση ώστε να μην υπάρχουν φωτεινά και σκοτεινά σημεία. Η εξοικονόμηση ενέργειας κατά τη διάρκεια της ημέρας είναι σημαντική στα παραπάνω και τα επόμενα συστήματα, αφού τις ηλιόλουστες μέρες η κατανάλωση ρεύματος για φωτισμό μπορεί να είναι μηδενική.



Εικόνα 4.17 Έξυπνοι φεγγίτες [ecofriend.com]

- Συστήματα Σκίασης: Υπάρχουν πολλά είδη σκίασης, όπως παντζούρια, τέντες, περσίδες, γείσα κλπ. Η χρησιμότητα τους είναι μεγαλύτερη το καλοκαίρι για τη μείωση της θερμοκρασίας, όμως απωθούν και το υπερβολικό φως. Αντίστοιχα μπορούν να μετακινηθούν όταν τα σύννεφα μπλοκάρουν τις ηλιακές ακτίνες, οπότε η αξιοποίησή τους γίνεται καθαρά για φωτισμό. Πολλά από αυτά τα συστήματα λειτουργούν και αυτόματα. Αντίστοιχα όταν βρέχει, αισθητήρες μπορούν να δίνουν εντολή για προστασία των χώρων με επαναφορά ηλεκτρικών στεγάστρων. Έτσι επιτυγχάνεται η αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού, αλλά και η παρεμπόδιση του νερού. Τα είδη των αισθητήρων ποικίλλουν από βροχής, φωτεινής έντασης, ηλιακής παρουσίας και ταχύτητας ανέμου. Εκτός απ' τις κατοικίες, μπορούν να εφαρμοστούν και σε αγροτικές δουλειές, όπως θερμοκήπια. Προσφέρουν εξοικονόμηση ενέργειας αλλά και άνεση.

- Φωτοσωλήνες: Όπως μαρτυρά και το όνομά τους, πρόκειται για κατασκευές σε σχήμα σωλήνα, δηλαδή με μακρόστενο σχήμα που ξεκινάει από έναν θόλο συγκέντρωσης του φωτός, που το προβάλλει σε εσωτερικούς χώρους, συνήθως υπόγειους. Είναι όμορφες κατασκευές, που λόγω του μεγέθους τους ξεχωρίζουν. Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι σταθμοί του Μετρό στο εξωτερικό (Βερολίνο κλπ).

Οι φωτοσωλήνες συγκεντρώνουν το φως του ήλιου υποβοηθούμενοι από ηλιοστάτες και το υλικό κατασκευής που είναι φωτοευαίσθητο. Τα καλύτερα αποτελέσματα δίνονται όταν η διαδρομή του φωτός μέσα από το σωλήνα είναι σύντομη και όταν το πλάτος του είναι μεγάλο. Γι' αυτό το λόγο προτιμάται σε ογκώδεις εγκαταστάσεις και δημόσιους χώρους, παρά σε σπίτια ή σε σοφίτες. Οι ακτίνες του φωτός πρέπει να είναι κάθετες, αλλιώς να διαθλώνται ώστε να γίνονται κάθετες προς το φωτιζόμενο χώρο. Η ανάκλαση στα τοιχώματα πάλι μεταφέρει το φως, όμως όχι με τόσο καλή απόδοση.

Σαν κατασκευές είναι μονόδρομος για υπόγεια παρκινγκ και αντίστοιχες περιπτώσεις. Εκτός από φωτισμό, εξυπηρετούν στην καταπολέμηση της υγρασίας, αλλά και στη θέρμανση από τον ήλιο. Επίσης δεν χρειάζονται συντήρηση και ιδιαίτερη μόνωση, ενώ λειτουργούν ανεξαρτήτως καιρικών συνθηκών και ηλεκτρικής τροφοδοσίας. Όσον αφορά στην εξοικονόμηση ενέργειας δεν έχουν αξιοσημείωτα αποτελέσματα, όμως αναβαθμίζουν αισθητικά τους φωτιζόμενους χώρους. Δεν είναι η πιο οικονομική λύση και για την κατασκευή τους θα πρέπει πρώτα να αντιπαραβάλλονται τα οφέλη και οι διαστάσεις του έργου.

Η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για φωτισμό προέρχεται τόσο από σύγχρονες τεχνολογίες και υλικά, όσο και από δοκιμασμένες μεθόδους. Νέες λύσεις εφευρίσκονται καθημερινά, και η χρησιμοποίηση διάφανων υλικών κερδίζει έδαφος ανάμεσα στους αρχιτέκτονες. Οι έξυπνες πόλεις προκρίνουν μια οικολογική οπτική και θεώρηση. Η βιοκλιματική σαν επιστήμη προχωρά και επηρεάζει θετικά χώρες με ηλιοφάνεια όπως η Ελλάδα. Αν τα παραπάνω συνδυαστούν με ευφυή συστήματα και αυτόματο έλεγχο, τότε μιλάμε για έξυπνα κελύφη.

4.4.4.3 Φωτισμός με φωτοβολταϊκά

Τα φωτοβολταϊκά ανήκουν στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που εμφανίζουν άνθηση εδώ και κάποια χρόνια. Η δωρεάν ηλιακή ενέργεια μετατρέπεται σε ηλεκτρισμό και χρησιμοποιείται παντού, όπως και στο φωτισμό. Ο φωτισμός από φωτοβολταϊκά μπορεί να γίνει είτε με σύνδεση στο δίκτυο είτε και με αυτόνομες λύσεις, όπως κολώνες φωτισμού με μικρά φωτοβολταϊκά πάνελ ενσωματωμένα στην κορυφή τους. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται στους νέους συλλέκτες αυξάνουν την (σχετικά χαμηλή) απόδοση ενός φωτοβολταϊκού, σε σημείο που η τοποθέτηση μεγάλων επιφανειών στις στέγες αρκούν για να καλυφθούν οι βασικές ανάγκες μιας κατοικίας σε ηλεκτρισμό.



Εικόνα 4.18 Φωτοβολταϊκό φωτιστικό [SundropSolar]

Άλλες εφευρέσεις συμβάλλουν επίσης σε αυτή την κατεύθυνση. Ο λόγος γίνεται για ηλεκτρικές συσκευές που χρειάζονται μικρή ηλεκτρική ισχύ για να λειτουργήσουν, όπως οι λάμπες LED που καταναλώνουν πολύ λίγο ρεύμα. Εκτός από σπίτια, χρησιμοποιούνται και σε

δημόσιους χώρους (πάρκα, δρόμους), αφού η φωτεινότητά τους είναι αρκετά μεγάλη. Για τις κολώνες φωτισμού που προαναφέρθηκαν, απαραίτητη είναι η αποθήκευση σε μπαταρίες ώστε να υπάρχει ηλεκτρική ενέργεια για το βράδυ. Ένας αισθητήρας ενεργοποιεί το σύστημα μόλις πέσει ο ήλιος. Αντίστοιχα μπορεί να υπάρχουν αισθητήρες κίνησης σε μέρη με χαμηλή επισκεψιμότητα, όπου η ένταση θα αυξάνεται με την παρουσία ανθρώπων αλλά θα υπάρχει και ένα ελάχιστο φως την υπόλοιπη ώρα. Τα αυτόνομα φωτιστικά χρειάζονται συντήρηση και έλεγχο ανά διαστήματα για εντοπισμό βλαβών και δυσλειτουργιών. Σε απομακρυσμένες ή δύσβατες περιοχές, όπου η σύνδεση στο ηλεκτρικό δίκτυο είναι δύσκολη ή ασύμφορη, τέτοιες λύσεις είναι σωτήριες.

Τα φωτοβολταϊκά στις στέγες των σπιτιών κατά τη διάρκεια της ημέρας χρησιμοποιούν απευθείας την παραγόμενη ενέργεια για να φωτίσουν εσωτερικούς χώρους ή να λειτουργήσουν οι υπόλοιπες ηλεκτρικές συσκευές. Η πλεονάζουσα ενέργεια αποθηκεύεται σε μεγαλύτερες μπαταρίες στο υπόγειο του κτιρίου και αν χρειαστεί παρεμβαίνουν μετατροπείς ρεύματος σε υψηλή τάση. Καθάρια για φωτισμό η παραγόμενη ενέργεια είναι υπεραρκετή, ειδικά αν υπάρχουν αισθητήρες κίνησης. Η φόρτιση των κινητών τηλεφώνων, των φορητών υπολογιστών και παρόμοιων συσκευών πάλι δεν απαιτεί μεγάλα ποσά ενέργειας. Το σύστημα ελέγχεται και ασύρματα αν προβλεφθεί κεντρική διαχείριση.

4.4.4.4 Αυτοματισμοί φωτισμού

Μέχρι τώρα αναλύθηκε η χρήση της ηλιακής ενέργειας για το φωτισμό των εσωτερικών χώρων, με τη χρήση βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής και καινοτομιών στην κατασκευή. Οι συσκευές που παρουσιάστηκαν κατευθύνουν με τον ένα ή τον άλλο τρόπο τις δέσμες του ηλίου, και αντικαθιστούν το τεχνητό φως, για αυτονομία από το ηλεκτρικό ρεύμα. Τώρα θα μιλήσουμε για τις εσωτερικές συσκευές.

Η πιο πρακτική και ευρέως εφαρμόσιμη λύση είναι αυτόματα συστήματα που ενεργοποιούνται με χρονικό προγραμματισμό ή αισθητήρες. Ακολουθούν μερικές συνήθεις συσκευές:

- ***Ρυθμιστές έντασης φωτισμού (dimmers)***

Σε πολλά δωμάτια ενός σπιτιού, η ισχύς των εγκατεστημένων λαμπτήρων είναι μεγαλύτερη από τις ανάγκες σε φωτισμό. Επίσης, άλλοτε χρειαζόμαστε πλήρη ισχύ, άλλοτε χαμηλότερο φως. Όλα αυτά μπορούν να λυθούν με τη χρήση ενός ρυθμιστή έντασης που αυξομειώνει το

διοχετευόμενο ρεύμα, με την περιστροφή ενός κυκλικού διακόπτη, όπως αυξομειώνουμε την ένταση του ήχου σε ένα στερεοφωνικό. Σε επιχειρήσεις και ξενοδοχειακές μονάδες, η ρύθμιση της φωτεινότητας γίνεται στους διαδρόμους, στα γραφεία, σε χώρους συνεδρίασης, ενώ επεκτείνεται και στα εργοστάσια.

Τα dimmers είναι στην ουσία μικροί μετασχηματιστές, με τη χρήση των οποίων είναι επιλέξιμες όλες οι ενδιάμεσες τιμές έντασης του ρεύματος εκτός από το on/off. Διατίθενται σε αναλογική και ψηφιακή εκδοχή, ακόμη και ασύρματοι. Το κόστος τους είναι χαμηλό και είναι το ίδιο εύχρηστοι με τους συνηθισμένους διακόπτες. Σε βιομηχανικές μονάδες κλπ μπορούν να συνδεθούν στο BMS.



Εικόνα 4.19 Έξυπνοι dimmers αφής [Google]

Η ενέργεια που εξοικονομείται σχετίζεται με το είδος των λαμπτήρων στους οποίους εφαρμόζεται και το χρονικό διάστημα για το οποίο συμβαίνει. Για παράδειγμα στις λάμπες φθορισμού η πτώση είναι γραμμική (30% μείωση φωτεινότητας σημαίνει 30% μείωση κατανάλωσης).

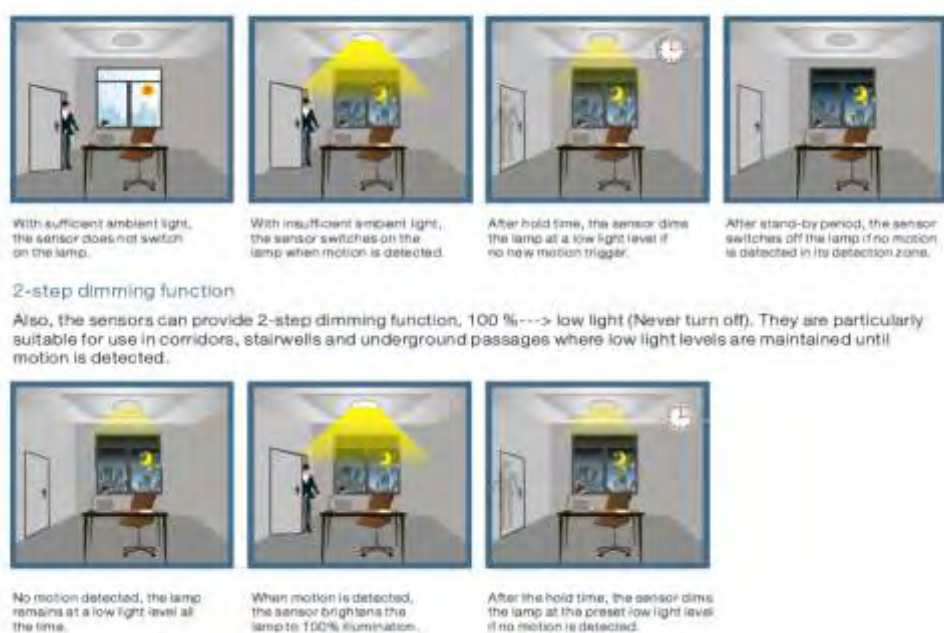
Η χρήση του κατάλληλου dimmer είναι επίσης σημαντική, καθώς το ίδιο δεν καλύπτει όλους τους τύπους λαμπτήρων. Αυτοί που χρησιμοποιούνταν για τις λάμπες πυρακτώσεως, σε ένα ανακαινισμένο σπίτι δεν είναι σίγουρο ότι θα έχουν συμβατότητα με φθορισμού και LED. Το ίδιο ισχύει και για μεγαλύτερες κτιριακές εγκαταστάσεις, όπως βιομηχανίες και καταστήματα. Ασυμβατότητα δε σημαίνει πάντα ότι δεν θα λειτουργεί καθόλου. Αυτό που μπορεί πολλές φορές να συμβεί είναι να δουλέψει, αλλά να μην εξοικονομεί την αναμενόμενη ενέργεια. Ο καταναλωτής θα νομίζει ότι το dimmer δεν φέρνει αποτελέσματα, όμως στην πράξη θα φταίει ότι δεν είναι συμβατό. Ο χρόνος ζωής της λάμπας επηρεάζεται επίσης. Το πρόβλημα που ενσκήπτει, έχει να κάνει κυρίως με την τεχνολογία SSL και τα πρωτόκολλα ασφαλείας ασύρματων δικτύων.

- **Χρονοδιακόπτες**

Οι χρονοδιακόπτες χρησιμεύουν για τον προγραμματισμό παύσης και έναρξης λειτουργίας οποιασδήποτε συσκευής με βάση ένα προκαθορισμένο χρονοδιάγραμμα. Ο χρήστης ρυθμίζει ποιές ώρες της ημέρας θέλει μια συσκευή να είναι ενεργή και τις περνάει στο χρονοδιακόπτη. Ποικίλουν από απλούς μηχανικούς χρονοδιακόπτες που μπαίνουν στην πρίζα και αφορούν ένα 24ωρο, μέχρι ψηφιακούς που αποθηκεύουν διαφορετικές ρυθμίσεις για κάθε μέρα της εβδομάδας, του μήνα ή του έτους. Είναι ιδιαίτερα χρήσιμοι για το φωτισμό, ειδικά σε περιόδους απουσίας. Όπως κάθε αυτόματη συσκευή, πρέπει να μπορούν να αποσυνδεθούν γρήγορα από το σύστημα και ο χρήστης να επανακτά τον έλεγχο χειροκίνητα ή να τους επαναπρογραμματίζει.

- **Αισθητήρες φυσικού φωτισμού**

Ορισμένοι χώροι προβλέπεται να φωτίζονται φυσικά κατά τη διάρκεια της ημέρας, όπως για παράδειγμα ένα εμπορικό κέντρο με οροφή από γυαλί. Κατάλληλοι αισθητήρες υπολογίζουν την ποσότητα του εισερχόμενου φωτός και ανάλογα αυξομειώνουν την ένταση του βοηθητικού φωτισμού. Μια συστοιχία από φωτοκύτταρα που επικοινωνούν με μια ηλεκτρονική πλακέτα δίνουν τις αντίστοιχες εντολές, ή μπορεί να γίνει και με ανθρώπινη παρέμβαση.



Εικόνα 4.20 Σενάρια αισθητήρων εκμετάλλευσης φυσικού φωτισμού [Lighting and ceiling fans]

Οι καιρικές συνθήκες και η ώρα της ημέρας σχετίζονται άμεσα με το ποσοστό της ενέργειας που εξοικονομείται. Σε μια ηλιόλουστη μέρα που δεν χρειάζεται επιπλέον φως, η εξοικονόμηση είναι 100%, όταν ο καιρός είναι συννεφιασμένος και το απόγευμα μικρότερη, ενώ το βράδυ καθόλου. Τα dimmers αναλαμβάνουν να καθορίσουν το ρεύμα που θα τροφοδοτεί τους λαμπτήρες, ώστε κάθε στιγμή οι άνθρωποι να βλέπουν και να κινούνται άνετα.

- ***Αισθητήρες παρουσίας και κίνησης***

Οι αισθητήρες κίνησης ενεργοποιούν το φωτισμό για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα όταν ανιχνεύσουν ένα κινούμενο άτομο στο χώρο, και οι αισθητήρες παρουσίας διακόπτουν τη λειτουργία για όσο χρόνο παρατηρούν απουσία ανθρώπων. Με αυτό τον τρόπο γίνεται εξοικονόμηση ενέργειας και χρημάτων.

Σημαντικό είναι και για τους δύο τύπους αισθητήρων να εγκατασταθούν σωστά, γιατί είναι συνηθισμένο φαινόμενο να μην εντοπίζουν όλα τα κινούμενα αντικείμενα ή να καθυστερούν να ανταποκριθούν. Αυτό επιδεινώνεται αν κοντά στο οπτικό πεδίο βρίσκονται εμπόδια, επίσης η τοποθέτησή τους σε ακατάλληλο ύψος ή με αποκλίνων προσανατολισμό. Η ευαισθησία στην κίνηση και η χρονοκαθυστέρηση των περισσότερων μπορούν να ρυθμιστούν για καλύτερα αποτελέσματα.

Οι ρυθμίσεις περιλαμβάνουν τρία πράγματα:

- α) αυτόματη/χειροκίνητη εκκίνηση
- β) αντίστοιχη απενεργοποίηση
- γ) χρόνο αναμονής

Η καταναλισκόμενη ενέργεια γίνεται βέλτιστη με ακριβή συνδυασμό της χειροκίνητης έναρξης και της αυτόματης απενεργοποίησης.

Σε ορισμένες περιπτώσεις εξυπηρετεί η εγκατάσταση αισθητήρων κίνησης, σε άλλες μόνο παρουσίας, ή και των δύο. Σε εξωτερικούς χώρους (αυλή, πάρκινγκ, είσοδος πολυκατοικίας) πιο κατάλληλοι είναι οι αισθητήρες κίνησης, ενώ στο εσωτερικό των κτιρίων οι αισθητήρες παρουσίας, λόγω του ότι είναι πιο ευαίσθητοι. Έχουν κυκλοφορήσει και παραλλαγές των δύο (υβριδικοί), οι οποίοι είναι καλύτεροι αλλά και πιο ακριβοί.

4.4.4.5 Έξυπνοι λαμπτήρες

Με τη διάδοση των έξυπνων τηλεφώνων (smartphones), έγινε μια έκρηξη στις διαδικτυακά ή ασύρματα ελεγχόμενες συσκευές. Μια τέτοια κατηγορία είναι και οι έξυπνοι λαμπτήρες. Η ιδέα του ελέγχου ενός φωτιστικού από απόσταση δεν είναι καινούρια, καθώς το σβήσιμο ή το άναμμα χωρίς να χρειάζεται να μετακινηθεί κανείς είναι μεγάλη ευκολία. Ωστόσο τώρα μας δίνεται η δυνατότητα να το κάνουμε με μια απλή εφαρμογή στο κινητό. Η σύνδεση γίνεται μέσω bluetooth ή wifi με διάφορα πρωτόκολλα.

Εκτός από τη δική μας παρέμβαση για αυξομείωση της έντασης ή ακόμη και αλλαγή του χρώματος, οι έξυπνοι λαμπτήρες μπορούν να εκτελούν κάποιες λειτουργίες και αυτόματα. Αρχικά μπορούν να προσαρμόζουν τη φωτεινότητά τους ανάλογα με τα επίπεδα φωτισμού στο χώρο (μέρα-νύχτα) και να λειτουργούν σαν dimmer.



Εικόνα 4.21 Λειτουργία ενός έξυπνου λαμπτήρα [Google]

Η διαφορά τους με άλλα συστήματα έξυπνου φωτισμού έγκειται στο ότι οι ίδιες οι λάμπες περιέχουν τους αισθητήρες και τους επεξεργαστές, σε μια μεγάλη ποικιλία. Από αισθητήρες κίνησης και παρουσίας, dimmer, επιλογείς χρώματος και πομποδέκτες. Λειτουργούν μάλιστα με λογισμικό, το οποίο μπορεί να αναπροσαρμόζεται και να «μαθαίνει» τις συνήθειες των χρηστών τροποποιώντας τον αλγόριθμο και τις διαδικασίες.

Τα πλεονεκτήματα είναι πολλά, στον αντίποδα έρχεται το κόστος. Εκτός από τα προαναφερθέντα, υπόσχονται 50.000 ώρες λειτουργίας (χρησιμοποιούν LED) και μειωμένη κατανάλωση κατά 60-80%. Το ευχάριστο είναι ότι η έρευνα πάνω στον τομέα του έξυπνου φωτισμού βρίσκεται ακόμα σε μεσαίο στάδιο εξέλιξης.

4.4.4.6 Έξυπνα συστήματα φωτισμού

Τα ευφυή συστήματα διαχείρισης φωτισμού ενσωματώνουν κάποιες ή όλες τις παραπάνω τεχνολογίες, με κεντρικό έλεγχο σε μεγαλύτερη κλίμακα κτηριακών εγκαταστάσεων. Οι πολλοί και διαφορετικοί χώροι εποπτεύονται από υπολογιστές και ρυθμίζονται ανεξάρτητα, με βάση τους παράγοντες που έχουν αναφερθεί εκτενώς. Η αρμονική συνεργασία των υποσυστημάτων στηρίζεται σε πολύπλοκους αλγόριθμους για τη μέγιστη εξοικονόμηση ενέργειας.

Η διαφορά με άλλα κεντρικά ελεγχόμενα συστήματα είναι η τεχνητή νοημοσύνη που χρησιμοποιούν, αντί για μηχανικούς-ηλεκτρικούς αυτοματισμούς και η δυνατότητα κατακερματισμού των πεδίων εφαρμογής. Αισθητήρες και κεραίες ολοκληρώνουν τα περιφερειακά συστήματα ανίχνευσης-επικοινωνίας.

Συνοπτικά, προγραμματίζουν και συντονίζουν τις παρακάτω λειτουργίες που συναντώνται στα συμβατικά συστήματα:

- Επιλεκτική έναυση συγκεκριμένων φωτιστικών, ανάλογα με την κινητικότητα στο χώρο
- Επιλεκτικό σβήσιμο συγκεκριμένων φωτιστικών, ανάλογα με την παρουσία στο χώρο
- Αυτόματη ρύθμιση της φωτεινότητας κάθε λαμπτήρα, ανάλογα με το φυσικό φως που ανιχνεύεται
- Άναμμα και σβήσιμο των λαμπτήρων με δεδομένα που λαμβάνονται καθημερινά από το διαδίκτυο για την ανατολή και τη δύση του ηλίου σε κάθε γεωγραφική περιοχή

Μεταξύ των άλλων οφελών, οι ίδιοι οι λαμπτήρες αποδίδουν καλύτερα και η διάρκεια ζωής τους αυξάνεται. Η ασύρματη επικοινωνία απαλλάσσει το χώρο από περιττούς διακόπτες, που με τη σειρά του μειώνει το κόστος της εγκατάστασης συνολικά. Ο εντοπισμός των βλαβών είναι γρηγορότερος και υποδεικνύονται στον κεντρικό πίνακα του BMS ενός εργοστασίου ή μεγάλου συγκροτήματος κτιρίων.

Η εξοικονόμηση ενέργειας γίνεται μεγαλύτερη όταν αντικατασταθούν τα φωτιστικά με νέα υψηλής απόδοσης. Ο τακτικός έλεγχος της αποδοτικότητας των ρυθμίσεων που εισάγουμε και η βιοκλιματική αρχιτεκτονική των κτηρίων παίζουν επίσης σημαντικό ρόλο.

4.4.5 Συστήματα κίνησης

Τα συστήματα κίνησης είναι υπεύθυνα για μεγάλο ποσοστό της κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος στις επιχειρήσεις. Ασανσέρ, κυλιόμενες σκάλες, ταινίες μεταφοράς υλικών, ρομποτικά μηχανήματα, αυτόματες πόρτες, συσκευαστήρια είναι μόνο μερικές από αυτές τις κατηγορίες. Μαζί με τις ανάγκες σε ηλεκτροκίνηση οχημάτων και μεταποίηση, μπορούν να φτάσουν το 40%. Οι ηλεκτρικοί κινητήρες γενικότερα είναι η δεύτερη πηγή κατανάλωσης σε σειρά σπουδαιότητας μετά το φωτισμό. [ΚΑΠΕ]

Για τις ηλεκτρικές μηχανές, ο τρόπος που εξοικονομείται ενέργεια είναι η χρήση ηλεκτρονικών ισχύος και ο έλεγχος λειτουργίας με ηλεκτρονικό υπολογιστή. Τα νέα υλικά προσφέρουν καλύτερη απόδοση και δυναμική συμπεριφορά με χαμηλότερο κόστος. Η μετατροπή του ηλεκτρικού ρεύματος σε καθαρή ισχύ φτάνει το 97%. [Σαφάκας, Τσοτουλίδης, 2010]

Η τοποθέτηση αισθητήρων στα συστήματα κίνησης βοηθά σημαντικά στη μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας. Η παραγόμενη ισχύς της ηλεκτρικής μηχανής προσαρμόζεται ανάλογα με τη ζήτηση του φορτίου, έτσι δεν λειτουργεί παραπάνω από όσο χρειάζεται σπαταλώντας ενέργεια.

4.4.5.1 Κυλιόμενες σκάλες και διάδρομοι

Οι κυλιόμενες σκάλες χωρίς αισθητήρες λειτουργούν συνέχεια, ακόμα και χωρίς να εξυπηρετούν κάποιον επιβάτη. Εκτός από την κατανάλωση ρεύματος, φθείρονται και πιο γρήγορα. Οι σκάλες ή οριζόντιοι διάδρομοι με αισθητήρα κίνησης ενεργοποιούνται μόνο όταν κάποιος θέλει να τους χρησιμοποιήσει και το υπόλοιπο διάστημα βρίσκονται σε κατάσταση αναμονής ή μειωμένης ταχύτητας. Το κόστος λειτουργίας μπορεί να μειωθεί με αυτό τον τρόπο μέχρι 40%.

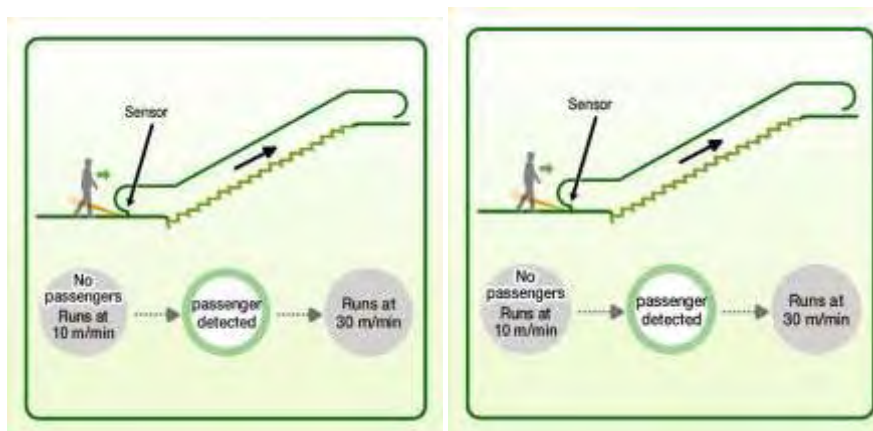
Κάθε εταιρεία κατασκευής προσαρμόζει τη λειτουργία ώστε να ανταποκρίνεται στον εξυπηρετούμενο πληθυσμό και τις προτιμήσεις των εντολέων τους. Εφαρμόζεται η λογική των 2 καταστάσεων, με τους αισθητήρες να είναι εγκατεστημένοι στην είσοδο του κυλιόμενου διαδρόμου, συνήθως στο πλάι.

- Κατάσταση Αναμονής 1: Όταν δεν εντοπίζονται άνθρωποι για σύντομο χρονικό διάστημα, η κυλιόμενη σκάλα κινείται με μειωμένη ταχύτητα (10 μέτρα/λεπτό). Μόλις κάποιος

προσεγγίσει, η ταχύτητα επανέρχεται στο μέγιστο (30 μέτρα/λεπτό). Σε σύντομο χρονικό διάστημα απουσίας, πάλι ελαττώνει την ταχύτητα στο ελάχιστο. Τέτοια συστήματα έχουν αρχίσει να εφαρμόζονται σε μεγάλα εμπορικά κέντρα και κυρίως το Μετρό.

- Κατάσταση Αναμονής 2: Αν το διάστημα μη χρήσης είναι μεγάλο, η κυλιόμενη σκάλα ή διάδρομος σταματά να κινείται. Με ανίχνευση παρουσίας αναπτύσσει την πλήρη ταχύτητα κατευθείαν. Σημαντικό σε αυτές τις περιπτώσεις είναι να υπάρχει ένδειξη εισόδου και κατεύθυνσης, για να μη μπει κάποιος ανάποδα στη ροή και τραυματιστεί, αφού δε θα ξέρει προς τα που κινείται η σκάλα. Όταν δε λειτουργεί, δεν χάνεται καθόλου ενέργεια.
- Ταχύτητα ανάλογα με το βάρος: Μια κυλιόμενη σκάλα αυτού του τύπου κινείται πιο αργά όταν οι επιβάτες είναι λίγοι και σε μέγιστη ταχύτητα όταν υπάρχει συνωστισμός. Σε μικρό φορτίο, η απορροή δεν χρειάζεται να είναι τόσο μεγάλη, όμως οι μεταφερόμενοι μπορεί να δυσανασχετούν αν η ταχύτητα είναι υπερβολικά χαμηλή. Σε πλήρες φορτίο, η μέγιστη ταχύτητα είναι επιβεβλημένη για να αποφορτίζεται γρήγορα ο χώρος. Μια συνηθισμένη ταχύτητα στη χαμηλή κινητικότητα είναι 20 μέτρα/λεπτό. Είναι μια μέση λύση για εξυπηρέτηση των ανθρώπων αλλά και εξοικονόμηση ενέργειας, καθώς η ταχύτητα αυτή παραμένει και όταν δεν υπάρχουν επιβάτες.

Ο συνδυασμός των παραπάνω λειτουργιών σε ένα μηχάνημα, ή η προσθήκη τρίτης επιλογής ταχύτητας είναι ακόμη υπό μελέτη και οι υλοποιήσεις ακριβές. Στις περισσότερες περιπτώσεις δεν χρειάζεται, αλλά εταιρείες όπως η Hitachi έχουν παρουσιάσει κάποια μοντέλα.



Εικόνα 4.22 Κυλιόμενες σκάλες με αισθητήρες για εξοικονόμηση ενέργειας [Hitachi]

4.4.5.2 Έξυπνοι ανελκυστήρες

Οι ανελκυστήρες δεν περιλαμβάνουν μόνο τη μεταφορά ανθρώπων, αλλά και κάθε ανυψωτικό σύστημα που χρησιμοποιείται για μετακίνηση αντικειμένων μεταξύ ορόφων. Μπορεί να είναι μικρότεροι αν πρόκειται για τρόφιμα σε ένα εστιατόριο, μεγαλύτερο για εμπορεύματα σε ένα σουπερ-μάρκετ ή πολύ μεγαλύτερο σε ένα εργοστάσιο που μετακινεί αυτοκίνητα και κοντέινερ. Υπάρχουν δύο παραλλαγές, οι υδραυλικοί ανελκυστήρες και οι μηχανικοί.

Αυτοί που εφευρέθηκαν πρώτοι είναι οι μηχανικοί ανελκυστήρες. Ένας ηλεκτρικός κινητήρας με ελεγχόμενη ταχύτητα περιστροφής κινεί μια τροχαλία ενσωματωμένη σε κοινή βάση, και αυτή με τη σειρά της το συρματόσχοινο στο άκρο του οποίου βρίσκονται τα αντίβαρα. Στη άλλη πλευρά ενώνεται ο θάλαμος μεταφοράς, ο οποίος κινείται παράλληλα, αλλά σε αντίθετη κατεύθυνση. Οι συγκεκριμένοι ανελκυστήρες είναι διαδεδομένοι γιατί μπορούν να εξυπηρετήσουν μεγάλα φορτία, σε μεγάλη απόσταση (ύψος), με γρήγορη ταχύτητα. Έτσι συνηθίζονται σε ψηλά κτίρια και πολυσύχναστα μέρη.

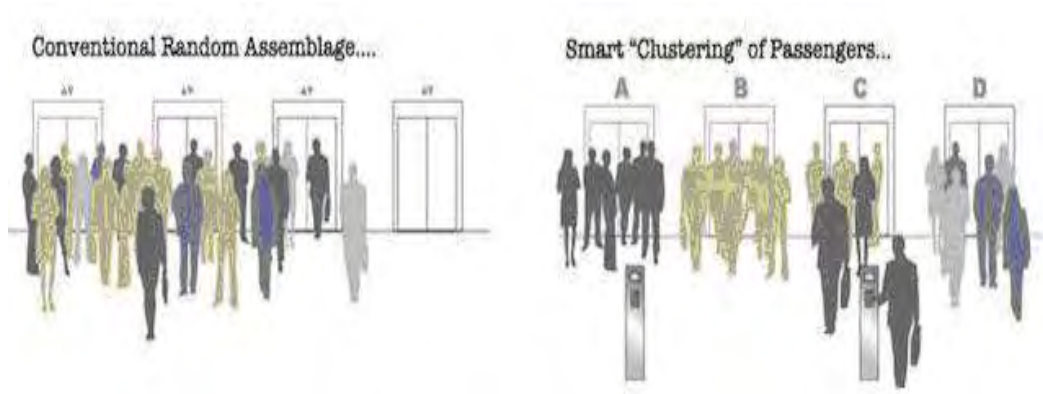
Οι υδραυλικοί ανελκυστήρες εμφανίστηκαν μαζικά μετά το 1980. Ο κινητήρας αντικαταστάθηκε από μια ηλεκτρική αντλία, η οποία αντισταθμίζει το βάρος των επιβατών με υδραυλικό σύστημα, και στη συνέχεια πραγματοποιείται η ανύψωση του θαλάμου.

Οι έξυπνοι ανελκυστήρες εμφανίζουν διαφορετικές καινοτομίες με σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας. Το πιο κοινό πρόβλημα που παρατηρείται είναι ο κακός συγχρονισμός μεταξύ των ορόφων και το άσκοπο πέρα-δώθε επειδή εσωτερικά πατήθηκε ένα κουμπί κατά λάθος ή αυτός που περίμενε εξωτερικά εν τω μεταξύ έχει φύγει λόγω της μεγάλης αναμονής. Το αποτέλεσμα είναι το ασανσέρ να σταματά συνέχεια καθυστερώντας τους υπολοίπους ή να πηγαινοέρχεται άδαιο. Όλα αυτά λύνονται με σωστό προγραμματισμό και αισθητήρες παρουσίας.

Σε περίπτωση μεγάλων κτιρίων με πολλαπλούς ανελκυστήρες, άλλος τρόπος εξοικονόμησης χρόνου και ενέργειας είναι η ομαδοποίηση των επιβατών. Ανάλογα με τον όροφο στον οποίο ο καθένας θέλει να μεταβεί, ένα έξυπνο σύστημα τον καθοδηγεί στον ανελκυστήρα με τον καταλληλότερο προγραμματισμό στάσεων. Αυτή η επιλογή γίνεται με επεξεργαστές δεδομένων τα οποία αλλάζουν συνεχώς. Η συνολική διαδρομή μπορεί να μειωθεί για τον κάθε επιβάτη μέχρι και κατά 50%.

Οι επεξεργαστές έχουν μια ποικιλία παραμέτρων να λάβουν υπ' όψη. Από τον αριθμό των επιβατών, τους άδειους ορόφους -που μπορούν να προσπεραστούν, τα σημεία στα οποία πραγματοποιείται συχνότερα στάση, τη θέση του κάθε ανελκυστήρα ανά πάσα στιγμή και

πολλά άλλα. Τελικά οι επιβάτες δε στριμώνονται όλοι μαζί στο πρώτο ασανσέρ που θα έρθει με τα υπόλοιπα να μετακινούνται άδεια, ο χρόνος αναμονής μειώνεται, και όλοι φτάνουν στον προορισμό τους γρηγορότερα. Η εμπειρία από ουρανοξύστες του εξωτερικού με μεγάλο επιβατικό κοινό είναι χρήσιμο να μεταφερθεί και σε μικρότερα κτίρια.



Εικόνα 4.23 Ταξινόμηση επιβατών με βάση τον προορισμό τους [Schindler Elevator Company]

4.4.6 Εναλλακτικές δράσεις

4.4.6.1 Έξυπνοι μετρητές

Ο έξυπνος μετρητής αποθηκεύει στοιχεία για το ρεύμα που καταναλώνεται ανά τακτά χρονικά διαστήματα και στη συνέχεια τα μεταδίδει στο δίκτυο για επεξεργασία. Παράλληλα μπορεί να δέχεται εντολές και δεδομένα.

Ένας έξυπνος μετρητής παρέχει τις παρακάτω δυνατότητες:

- Βοηθά τον καταναλωτή να ελέγξει καλύτερα τη διασπορά ενέργειας και τις ηλεκτροβόρες συσκευές
- Επιτρέπει την έκδοση διαφορετικών λογαριασμών για πελάτες που χρησιμοποιούν την ίδια γραμμή ηλεκτρικού ρεύματος
- Εμφανίζει την κατανάλωση ρεύματος πριν και μετά τις παρεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε ένα έξυπνο σπίτι, για σύγκριση – επαναπροσδιορισμό
- Δίνει πληροφορίες στην ηλεκτρική εταιρεία για σφάλματα και διαρροή ρεύματος στο δίκτυο διανομής

4.4.6.2 Έξυπνες βρύσες

Σε τουαλέτες καταστημάτων, ντουζιέρες στην παραλία και κάθε λογής κοινόχρηστη βρύση, πολλοί χρήστες ξεχνάνε να κλείσουν την ροή του νερού φεύγοντας ή το αφήνουν ανοιχτό αφού κάνουν τη δουλειά τους μέχρι να έρθει ο επόμενος, σπαταλώντας αυτό το πολύτιμο αγαθό. Οι έξυπνες βρύσες ανοίγουν αυτόματα με φωτοκύτταρο ή αισθητήρες εγγύτητας/κίνησης και σταματάνε μετά από ορισμένο χρόνο. Το κόστος και οι απώλειες μπορούν να μειωθούν μέχρι και 70%.



Εικόνα 4.24 Αυτόματη βρύση με φωτοκύτταρο [Google]

Άλλη εφαρμογή είναι το αυτόματο πότισμα, με αισθητήρες που ελέγχουν την υγρασία του χώματος στα φυτά, ή λειτουργούν με χρονοδιάγραμμα. Αποδεικνύεται χρήσιμο σύστημα, ειδικά σε περιόδους διακοπών.

4.4.6.3 Αισθητήρες διαρροής

Ο αισθητήρας πλημμύρας χρησιμεύει για προειδοποίηση διαρροής υγρών σε χώρους ενδιαφέροντος, που μπορεί να είναι μια ημιυπόγεια κατοικία με κίνδυνο πνιγμού σε έντονη βροχή, μια αποθήκη τροφίμων που θα καταστραφούν, μια πετρελαιοβιομηχανία κλπ. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί επίσης για εντοπισμό βλαβών ή να ενεργοποιήσει το συναγερμό. Επιλέγεται τόσο για προστασία, όσο και για εξοικονόμηση ενέργειας σε σπίτια και εργοστάσια. Εφαρμογή βρίσκει και στον εντοπισμό διαρροών των δικτύων ύδρευσης

Στις σωλήνες του δικτύου πόσιμου νερού, η ανίχνευση διαρροών γίνεται από μόνιμα εγκατεστημένους αισθητήρες. Είναι πολλοί σε αριθμό και πιο ακριβείς στις μετρήσεις, ενώ όλοι συνδέονται σε κεντρικό σύστημα παρακολούθησης ροής. Ο επεξεργαστής-επιτηρητής αναλύει τα εισερχόμενα δεδομένα και ειδοποιεί για αποκλίσεις.

Οι αισθητήρες διαρροής τοποθετούνται σε διάφορα σημεία που απεικονίζονται με κωδικό αριθμό σε ψηφιακό χάρτη, με βάση το σήμα GPS που εκπέμπουν. Όταν υπάρχει πρόβλημα, ο τεχνικός της εταιρείας το βλέπει στην οθόνη του, έτσι αντιμετωπίζονται εύκολα και γρήγορα ζημιές που θα κόστιζαν πολλά χρήματα.



Εικόνα 4.25 Αισθητήρας πλημμύρας {Google}

Με τη χρήση αισθητήρων διαρροής/πλημμύρας εξασφαλίζουμε:

- Καθαρό και χωρίς παθογόνους παράγοντες πόσιμο νερό, που θα είχε επιμολυνθεί με εισροή υλικών και μικροοργανισμούς από τρύπες στις σωληνώσεις
- Εξοικονόμηση νερού που θα χανόταν στο υπέδαφος, σε ποσότητες ικανές να ποτίσουν μεγάλες αγροτικές καλλιέργειες
- Μικρότερη ανάγκη σε ηλεκτρικό ρεύμα για άρδευση με αντλιοστάσια
- Αποφυγή εκτεταμένης μόλυνσης του υδροφόρου ορίζοντα και του περιβάλλοντος από βιομηχανικά λύματα και υγρά καύσιμα.

Οι αγωγοί υπό πίεση είναι πιθανότερο να εμφανίσουν αστοχία στις μονώσεις, οπότε τα εργοστάσια είναι επίφοβα. Έτσι κι αλλιώς η διαχείριση των αποβλήτων τους είναι σημαντικό ζήτημα, και θα πρέπει να υπάρχει αυστηρός έλεγχος. [Γιακουμάκης, 2008]

4.4.6.4 Έξυπνο σύστημα άρδευσης

Το σύστημα αυτόματου ποτίσματος που χρησιμοποιούμε στο μπαλκόνι του σπιτιού μας για τα λουλούδια στις γλάστρες, σε μεγαλύτερη κλίμακα και σε πιο εξελιγμένη μορφή εφαρμόζεται από τους αγρότες στα χωράφια. Το Waterbee είναι ένα ευρωπαϊκό ερευνητικό πρόγραμμα που αναπτύχθηκε στα πλαίσια της έξυπνης άρδευσης για να μειωθεί η αλόγιστη χρήση νερού και να συγκρατηθεί ο υπόγειος υδροφόρος ορίζοντας.

Σε διάσπαρτα σημεία ενός αγροτεμαχίου ή θερμοκηπίου βυθίζονται αισθητήρες υγρασίας, που μεταδίδουν μετρήσεις κατά ομάδες. Μεταξύ τους συνδέονται με καλώδια ή ασύρματες κεραίες, και τα δεδομένα συλλέγονται στον server. Εκεί, το λογισμικό κάνει υπολογισμούς, συγκρίνει με τις μετεωρολογικές προβλέψεις και προτείνει στον αγρότη χρονοδιαγράμματα ποτίσματος που ταιριάζουν στην καλλιέργειά του. Κάθε φυτό έχει διαφορετική ανάγκη σε νερό και εποχικά στάδια ανάπτυξης. Όλα αυτά τα στοιχεία αναλύονται από τον αλγόριθμο και αποφασίζει αν το χωράφι θέλει πότισμα, πόσο και πότε, ενημερώνοντας τον υπεύθυνο. Ακολουθώντας τις συμβουλές, σε χώρες που δοκιμάστηκε μέχρι σήμερα το σύστημα, η εξοικονόμηση νερού φτάνει το 40% και η παραγωγή αυξάνεται.

Με βάση τις πληροφορίες που έχει διαθέσιμες ο γεωργός κάθε μέρα, μπορεί να ενεργοποιεί το αυτόματο πότισμα μέσω υπολογιστή ή έξυπνου κινητού τηλεφώνου. Μια φορά την εβδομάδα συνίσταται να κάνει και επιτόπιο έλεγχο για να βλέπει την πορεία της καλλιέργειάς του και τη λειτουργία του ποτίσματος. Το ημερολόγιο της κάθε σοδειάς αποθηκεύεται σε αρχείο για μελλοντική χρήση.

Εκτός από την ύπαιθρο και τα γεωργικά προϊόντα, το σύστημα μπορεί να αξιοποιηθεί σε μητροπολιτικά πάρκα ή γήπεδα. Ο εξοπλισμός δεν είναι ιδιαίτερα ακριβός για τα οφέλη που προσφέρει, και αρχίζει να διαδίδεται στην αγορά. Τα οφέλη είναι πρακτικά, πέρα από την οικονομία και το περιβάλλον. Όπως είπαμε η παραγωγή αυξάνεται, η ποιότητα το ίδιο, τα λιπάσματα δεν διαρρέουν στο υπέδαφος ανεκμετάλλευτα από το υπερβολικό πότισμα, τα φυτά δεν ξεραίνονται, ούτε όμως και σαπίζουν. Εξ' άλλου όταν το χώμα βαλτώνει αναπτύσσονται έντομα που χαλάνε τη σοδειά και τα φυτά γίνονται ευάλωτα σε ασθένειες.



Εικόνα 4.26 Λειτουργία του έξυπνου συστήματος άρδευσης Waterbee [Google]

Η κυκλοφορία του συστήματος έξυπνου ποτίσματος στο εμπόριο έρχεται σε μια εποχή όπου γίνεται όλο και πιο αισθητή η επιβάρυνση που ασκεί ο αγροτικός τομέας στους υδάτινους πόρους του πλανήτη. Σύμφωνα με τη WWF, οι απώλειες στη γεωργία φτάνουν το 60%. Κάτι που σημαίνει ότι, από τα 2500 τρισεκ. λίτρα φρέσκου νερού που χρησιμοποιούνται σε ετήσια βάση, τα 1500 τρισεκ. δαπανώνται άσκοπα – ένα νούμερο που αντιστοιχεί στο 70% του πόσιμου νερού που διατίθεται παγκοσμίως. Γι’ αυτές τις απώλειες, μια από τις πιο βασικές αιτίες θεωρείται η μη αποτελεσματική τεχνική ποτίσματος που εφαρμόζεται παγκοσμίως στον τομέα της γεωργίας. [Δεληγιάννη, 2013]

Κεφάλαιο 5^ο : Εφαρμογές IoT και κόστος έξυπνου κτιρίου

5.1 Εφαρμογές IoT- το αύριο

Όπως αναφέρθηκε και στο Κεφάλαιο 3, οι δυνατότητες που προσφέρονται από το Ιντερνέτ των πραγμάτων κάνουν δυνατή την ανάπτυξη ενός τεράστιου αριθμού εφαρμογών, εκ των οποίων μόνο ένα πολύ μικρό μέρος είναι σήμερα διαθέσιμο προς το ευρύ κοινό. Πολλοί είναι οι τομείς και τα περιβάλλοντα στα οποία νέες εφαρμογές πιθανότατα θα βελτιώσουν την ποιότητα της ζωής μας: στο σπίτι, ενώ ταξιδεύουμε, όταν είμαστε άρρωστοι, στη δουλειά, όταν κάνουμε τζόκινγκ στο γυμναστήριο, απλά να αναφέρουμε μόνο μερικά. Δίνοντας σε αυτά τα αντικείμενα την ικανότητα να επικοινωνούν με άλλα και να επεξεργαστούν τις πληροφορίες που γίνονται αντιληπτές από το περιβάλλον συνεπάγεται ότι έχουν διαφορετικά περιβάλλοντα όπου μπορεί να αναπτυχθεί ένα πολύ ευρύ φάσμα εφαρμογών. Οι πιθανές εφαρμογές, μπορούν να διακριθούν μεταξύ εκείνων που είτε εφαρμόζονται άμεσα ή κοντά σε τρέχουσες συνήθειες διαβίωσης μας και σε εκείνες τις φουτουριστικές, τις οποίες μπορούμε μόνο να τις φανταστούμε αυτήν την στιγμή, δεδομένου ότι οι τεχνολογίες ή και οι κοινωνίες μας δεν είναι έτοιμοι για την ανάπτυξή τους.

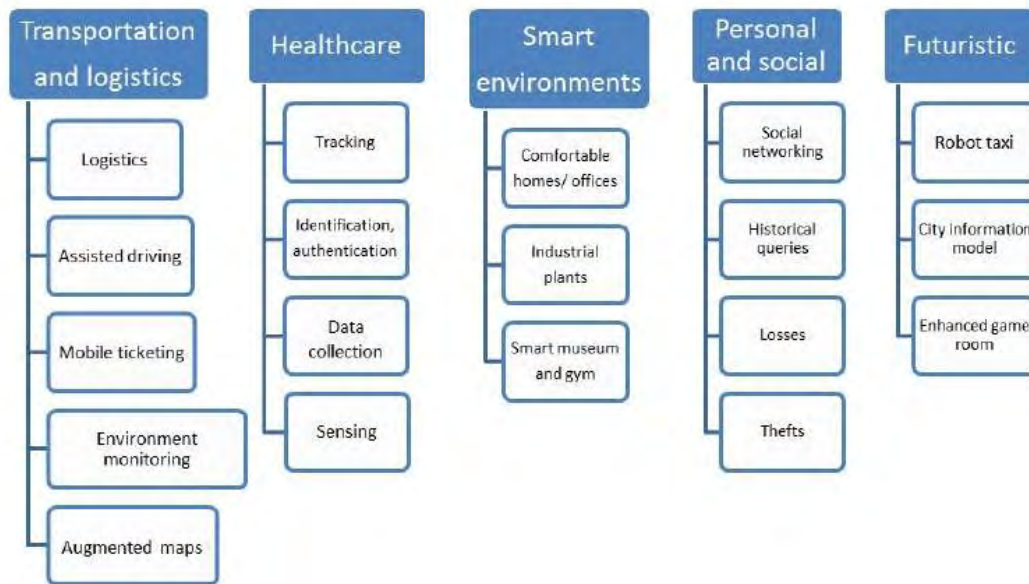
Στις παρακάτω υποενότητες παρέχουμε μια αναθεώρηση των βραχυπρόθεσμων-μεσοπρόθεσμων εφαρμογών για κάθε μία από αυτές οι κατηγορίες και μια σειρά φουτουριστικών εφαρμογών.

Το πεδίο εφαρμογής μπορεί να χωριστεί κυρίως σε τρεις κατηγορίες με βάση στην εστίασή τους [Atzoria etc. 2010],[Sundmaecker etc. 2010] :

- στη βιομηχανία,
- το περιβάλλον,
- και την κοινωνία.

Για παράδειγμα η διαχείριση της αλυσίδας εφοδιασμού, οι μεταφορές και logistics, η αεροναυπηγική (aerospace), η αεροπορία (aviation) και η αυτοκινητοβιομηχανία είναι μερικά από τις εφαρμογές της βιομηχανίας του IoT. Οι τηλεπικοινωνίες, η ιατρική τεχνολογία, η υγειονομική περίθαλψη, το έξυπνο κτίριο, η έξυπνη πόλη, το σπίτι, το γραφείο, τα μέσα

μαζικής ενημέρωσης, η ψυχαγωγία, η έκδοση εισιτηρίων είναι μερικές εφαρμογές στο κοινωνικό σύνολο του IoT.



Εικόνα 5.1 Τομείς εφαρμογών του IoT [Google]

Η γεωργία και η αναπαραγωγή η ανακύκλωση, η καταστροφή συναγερμού, οι περιβαντολογικές παρακολουθήσεις είναι μερικές από τις εφαρμογές περιβάλλοντος. Οι Asin και Gascon απαριθμούν 54 τομείς εφαρμογής σύμφωνα με δώδεκα κατηγορίες:

1. τις έξυπνες πόλεις,
2. το έξυπνο περιβάλλον,
3. το έξυπνο νερό,
4. τα ευφυή συστήματα μέτρησης,
5. την ασφάλεια,
6. τις καταστάσεις έκτακτης ανάγκης,
7. το λιανικό εμπόριο,
8. logistics,
9. τον βιομηχανικός έλεγχο,
10. την έξυπνη γεωργία και κτηνοτροφία,
11. του εγχώριου και οικιακού αυτοματισμού
12. και την ηλεκτρονική-υγεία (eHealth).

Ειδικότερα αυτές μπορούν να ομαδοποιηθούν στις ακόλουθες περιοχές:

- Τομέας μεταφορών και Logistics
- Τομέας της υγείας
- Τομέας Έξυπνου περιβάλλοντος (σπίτι, γραφείο, εργοστάσιο)
- Προσωπικός και κοινωνικός τομέας

Παρακάτω παρατίθενται μερικές εφαρμογές του IoT σε διάφορους τομείς της καθημερινότητας [Ibelium].

5.1.1 Έξυπνα σπίτια και κτίρια

Αισθητήρες και ενεργοποιητές που διανέμονται στα σπίτια και τα γραφεία μπορούν να κάνουν τη ζωή μας πιο καλύτερη σε πολλές πτυχές: η θέρμανση χώρων μπορεί να προσαρμοστεί στις προτιμήσεις μας και στον καιρό, ο φωτισμός του δωματίου μπορεί να αλλάξει ανάλογα με την ώρα της ημέρας, μπορούν να αποφευχθούν ενδοοικογενειακά περιστατικά με κατάλληλα συστήματα παρακολούθησης και συναγερμού και η ενέργεια μπορεί να εξοικονομηθεί αυτόματα σβήνοντας τις ηλεκτρικές συσκευές όταν δεν χρειάζονται. Για παράδειγμα, μπορούμε να σκεφτούμε τους παρόχους ενέργειας που χρησιμοποιούν δυναμικά μεταβαλλόμενες τιμές της ενέργειας για να επηρεάσουν τη συνολική κατανάλωση ενέργειας με τρόπο που εξομαλύνει τις κορυφές φορτίου.

Μια λογική αυτοματισμού μπορεί να βελτιστοποιήσει το κόστος κατανάλωσης ενέργειας όλη την μέρα παρατηρώντας όταν οι τιμές, οι οποίες παρέχονται από μια εξωτερική υπηρεσία web και καθορίζονται σύμφωνα με την ισχύουσα παραγωγή και κατανάλωση ενέργειας, είναι φθηνά και λαμβάνοντας υπόψη τις ειδικές απαιτήσεις της κάθε συσκευής στο σπίτι π.χ φορτιστή μπαταρίας, ψυγείο, φούρνοι κλπ [Buckl etc. 2009].

5.1.2 Βιομηχανικές εγκαταστάσεις

Τα Έξυπνα περιβάλλοντα βοηθούν επίσης στη βελτίωση της αυτοματοποίησης σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις με μαζική εγκατάσταση RFID Ετικετών που συνδέονται με τα τμήματα παραγωγής. Σε ένα γενικό σενάριο, καθώς τμήματα παραγωγής φτάνουν στο σημείο επεξεργασίας, η ετικέτα διαβάζεται από τη συσκευή ανάγνωσης RFID. Ένα γεγονός

παράγεται από τον αναγνώστη με όλα τα απαραίτητα δεδομένα, όπως ο RFID αριθμός, και αποθηκεύεται στο δίκτυο. Η μηχανή/ρομπότ κοινοποιείται από αυτό το γεγονός, καθώς θα έχει εγγραφεί στην υπηρεσία και παίρνει μέρος στην παραγωγή.

Με την αντιστοίχιση των δεδομένων από το σύστημα των επιχειρήσεων και την ετικέτα RFID, γνωρίζει πώς να επεξεργαστεί περαιτέρω το μέρος. Παράλληλα, ένας ασύρματος αισθητήρας τοποθετημένο στο μηχάνημα παρακολουθεί τη δόνηση και αν υπερβαίνει ένα συγκεκριμένο κατώφλι ένα συμβάν ανυψώνεται αμέσως για να σταματήσει τη διαδικασία (έλεγχος ποιότητας). Όταν μια τέτοια περίπτωση έκτακτης ανάγκης διαδίδεται, συσκευές που καταναλώνουν αντιδρούν αναλόγως. Το ρομπότ δέχεται τη διακοπή του γεγονότος έκτακτης ανάγκης και αμέσως σταματά τη λειτουργία του.

Ο διαχειριστής εργοστάσιου, επίσης, βλέπει αμέσως το καθεστώς των λεγόμενων Enterprise Resource Planning (ERP) παραγγελιών, της προόδου παραγωγής, της κατάστασης της συσκευής, καθώς και μια σφαιρική άποψη για όλα τα στοιχεία και τις πιθανές παρενέργειες καθυστέρησης της γραμμής παραγωγής λόγω δυσλειτουργιών της συσκευής [Guinard, 2010].

5.1.3 Ανάπτυξη Μοντέλου Πληροφοριών μιας πόλης

Η ιδέα ενός Μοντέλου Πληροφοριών Πόλης (City Information Model, CIM) βασίζεται στην αντίληψη ότι η κατάσταση και η απόδοση του κάθε κτιρίου και των αστικών fabrics όπως πεζοδρομήσεις, κύκλοι μονοπατιών και βαρύτερες υποδομές, όπως υπόνομοι, σιδηροδρομικές γραμμές, και διάδρομοι λεωφορείων, παρακολουθούνται συνεχώς από την κυβέρνηση της πόλης, λειτουργεί και διατίθενται σε τρίτους μέσω μιας σειράς των API, ακόμη και αν ορισμένες πληροφορίες είναι εμπιστευτικές. Κατά συνέπεια, τίποτα δεν μπορεί να κατασκευαστεί νόμιμα, εκτός αν είναι συμβατή με CIM.

Οι υπηρεσίες διαχείρισης εγκαταστάσεων επικοινωνούν μεταξύ τους και το CIM, ανταλλάσσοντας ενέργεια με το πιο αποδοτικό κόστος και με τρόπο πιο αποδοτικής χρήσης των πόρων.

Αυτοί αυτόματα το συναλλάσσονται το πλεόνασμα της ενέργειας του ενός με του άλλου και οι τιμές έχουν υπολογιστεί για εξισορρόπηση της προσφοράς και της ζήτησης. Υπό την έννοια αυτή, ο προγραμματισμός και ο σχεδιασμός είναι μια συνεχής κοινωνική διαδικασία, κατά την οποία η απόδοση του κάθε στοιχείου αναφέρεται σε πραγματικό χρόνο και συγκρίνεται με άλλους. Οι μεταβολές του πληθυσμού μπορούν να προκύπτουν, όπως μπορούν

τα πρότυπα να μετακινούνται, οι περιβαλλοντικές επιδόσεις, καθώς και η συνολική απόδοση των προϊόντων και των κτιρίων.

5.2 Εφαρμογή του IoT σε αστικό περιβάλλον

Για το συγκεκριμένο σενάριο το οποίο φαντάζει αρκετά πολύπλοκο, η εφαρμογή του IoT σε περιβάλλον αστικής ζώνης παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον, καθώς ανταποκρίνεται στην προσπάθεια από τις πολλές εθνικές κυβερνήσεις να υιοθετήσουν λύσεις τύπου ICT στη διαχείριση των δημοσίων υποθέσεων, υλοποιώντας έτσι το σενάριο μιας «Smart City». Αν και δεν υπάρχει ακόμη επίσημος και ευρέως αποδεκτός ορισμός της «έξυπνης πόλης», ο τελικός στόχος είναι να γίνει μια καλύτερη χρήση των δημοσίων πόρων, αυξάνοντας την ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών προς τους πολίτες, παράλληλα μειώνοντας τις λειτουργικές δαπάνες της δημόσιας διοίκησης. Ο στόχος αυτός μπορεί να επιδιωχθεί με την ανάπτυξη ενός αστικού IoT, δηλαδή, μια επικοινωνιακή υποδομή που παρέχει ενιαία, απλή και οικονομικότερη πρόσβαση σε μια πληθώρα δημοσίων υπηρεσιών, ξεκινώντας έτσι πιθανές συνεργασίες και αυξάνοντας τη διαφάνεια για τους πολίτες [Schaffers, 2011].

Ένα αστικό IoT, πράγματι, μπορεί να φέρει μια σειρά από οφέλη στην αναβάθμιση και διαχείριση των μέχρι σήμερα συμβατικών δημόσιων υπηρεσιών, όπως π.χ. οι μεταφορές και ο χώρος στάθμευσης, ο φωτισμός, η παρακολούθηση και συντήρηση των δημόσιων χώρων, η διατήρηση της πολιτιστικής κληρονομιάς, η συγκομιδή των απορριμμάτων, υγιεινή των νοσοκομειακών μονάδων και των σχολικών υποδομών.

Επιπλέον, η διαθεσιμότητα των δεδομένων που συλλέγονται από ένα αστικό σύστημα IoT, μπορεί να αξιοποιηθεί για την αύξηση της διαφάνειας και την προώθηση των δράσεων της τοπικής αυτοδιοίκησης προς τους πολίτες, να ενισχύσει την ευαισθητοποίηση των πολιτών σε σχέση με την κατάσταση της πόλης που διαμένουν, να τονώσει την ενεργή συμμετοχή των πολιτών στη διαχείριση της δημόσιας διοίκησης, καθώς ακόμη και την τόνωση της δημιουργίας αφυών υπηρεσιών όπως προβλέπονται από το IoT.

Συνεπώς, η εφαρμογή του προτύπου IoT στην ιδέα «Smart City» είναι ιδιαίτερα ελκυστική για τις τοπικές αλλά και τις περιφερειακές διοικήσεις όπου μπορούν να γίνουν οι πρώτες εφαρμογές των τεχνολογιών αυτών [Cuff, 2008].

5.2.1 Έξυπνη Πόλη: Σχέδιο και Σχεδίαση

Σύμφωνα με την Pike Research για Έξυπνες Πόλεις, η αγορά Smart City εκτιμάται σε εκατοντάδες έως και δισεκατομμύρια δολάρια από το 2020 και μετά, με ετήσια δαπάνη που υπολογίζεται στα σχεδόν 16 δισεκατομμύρια δολάρια. Αυτή η αγορά πηγάζει από την συνεργατική διασύνδεση των βασικών βιομηχανιών και τομείς υπηρεσιών, όπως Smart διακυβέρνηση, Smart κινητικότητα, Smart Παροχές, Smart Κτίρια, και Smart Περιβάλλον. Αυτοί οι τομείς έχουν επίσης ληφθεί υπόψη στο Ευρωπαϊκό project Έξυπνες πόλεις για να καθοριστεί ένα κριτήριο αξιολόγησης που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αξιολογήσει το επίπεδο "smartness" των Ευρωπαϊκών πόλεων. Παρ'όλα αυτά, η αγορά Smart City δεν έχει πραγματικά απογειωθεί ακόμη, λόγω πολιτικών, τεχνικών και οικονομικών δυσκολιών [European smart cities].

Όσον αφορά την πολιτική διάσταση, το βασικό εμπόδιο είναι η κατανομή της εξουσίας λήψης αποφάσεων για τα διάφορα ενδιαφερόμενα μέρη. Ένας πιθανός τρόπος για να εξαλειφτεί αυτό το εμπόδιο είναι να θεσμοθετηθεί ολόκληρη διαδικασία λήψης αποφάσεων και εκτέλεσης, συγκεντρώνοντας τον στρατηγικό σχεδιασμό και τη διαχείριση των έξυπνων πτυχών της πόλης σε ένα ενιαίο, διοικητικό τμήμα, πλήρως αφοσιωμένο στην πόλη [I.Vilajosana,2013].

Από τεχνικής πλευράς, το πιο σχετικό θέμα συνίσταται στη μη-διαλειτουργικότητα ετερογενών τεχνολογιών που σήμερα χρησιμοποιούνται στην πόλη και την αστική ανάπτυξη. Σε αυτό το πλαίσιο, το όραμα IoT μπορεί να γίνει το δομικό στοιχείο για την υλοποίηση μιας ενοποιημένης Πλατφόρμας ICT στα πλαίσια μιας πόλης απελευθερώνοντας έτσι τις δυνατότητες μιας έξυπνης πόλης.

Τέλος, όσον αφορά στην οικονομική διάσταση, ένα σαφές επιχειρηματικό μοντέλο εξακολουθεί να λείπει.



Εικόνα 5.2 Αναπαράσταση του IoT σε μια Έξυπνη Πόλη [Chatziefthymiou, 2015]

5.2.2 Υγεία των υφιστάμενων κτιρίων

Η σωστή συντήρηση των ιστορικών κτιρίων μιας πόλης απαιτεί τη συνεχή παρακολούθηση των πραγματικών συνθηκών του κάθε κτιρίου και την αναγνώριση των περιοχών που είναι πιο επιρρεπείς στην επίδραση των εξωτερικών παραγόντων.

Το αστικό IoT μπορεί να παρέχει μια βάση δεδομένων όσον αφορά μετρήσεις για τη δομική ακεραιότητα των κτιρίων, που συλλέγονται από κατάλληλους αισθητήρες που βρίσκονται στα κτήρια, όπως αισθητήρες για κραδασμούς και παραμόρφωση και αισθητήρες για την παρακολούθηση του κτιριακού «στρες», αισθητήρες στις γύρω περιοχές για να παρακολουθούν τα επίπεδα ρύπανσης, και αισθητήρες θερμοκρασίας και αισθητήρες υγρασίας για να έχουν μια πλήρη εικόνα για τις συνθήκες του περιβάλλοντος [Lynch, & Kenneth, 2006].

Αυτή η βάση δεδομένων θα μειώσει την ανάγκη για δαπανηρούς περιοδικούς διαρθρωτικούς ελέγχους από ανθρώπινους φορείς και θα επιτρέψει στοχευμένη και προληπτική συντήρηση και τις δράσεις αποκατάστασης. Τέλος, θα είναι δυνατόν να συνδυάζουν τις παλμικές και σεισμικές μετρήσεις με σκοπό την καλύτερη μελέτη και κατανόηση της επίδραση ανεπαίσθητων σεισμών σε κτίρια της πόλης.

Αυτή η βάση δεδομένων μπορεί να γίνει προσιτή στο κοινό, προκειμένου οι πολίτες να γνωρίζουν τη φροντίδα που λαμβάνεται για τη διατήρηση ιστορικής κληρονομιάς της πόλης. Η πρακτική υλοποίηση αυτής της υπηρεσίας, ωστόσο, απαιτεί την εγκατάσταση των αισθητήρων στα κτίρια και στις γύρω περιοχές και η σύνδεσή τους σε ένα σύστημα ελέγχου,

το οποίο μπορεί να απαιτεί μια αρχική επένδυση με σκοπό τη δημιουργία της απαραίτητης υποδομής.

5.2.3 Διαχείριση απορριμμάτων

Η τρόπος διαχείρισης των απορριμμάτων είναι το μείζων θέμα για τις σύγχρονες πόλεις, τόσο για οικονομικούς λόγους και του κόστους της υπηρεσίας όσο και το πρόβλημα της αποθήκευσης των σκουπιδιών στις χωματερές. Μια βαθύτερη διεξοδική των λύσεων ICT στον τομέα αυτό, ωστόσο, μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική εξοικονόμηση δαπανών και οικονομικά και οικολογικά πλεονεκτήματα.

Για παράδειγμα, η χρήση ευφυών δοχείων απορριμμάτων, τα οποία ανιχνεύουν το επίπεδο του φορτίου και επιτρέπουν τη βελτιστοποίηση της διαδρομής των απορριμματοφόρων, μπορεί να μειώσει το κόστος της συλλογής των απορριμμάτων και τη βελτίωση της ποιότητας της ανακύκλωσης.

Για την υλοποίηση μιας τέτοιας «έξυπνης» υπηρεσίας διαχείρισης απορριμμάτων, το Ίντερνετ των πραγμάτων πρέπει να συνδεθεί με τις συσκευές τελευταίας τεχνολογίας, δηλαδή, ευφυής κάδους απορριμμάτων, σε ένα κέντρο ελέγχου, όπου το βελτιστοποιημένο λογισμικό επεξεργάζεται τα δεδομένα και να καθορίζει τη καλύτερη διαχείριση του στόλου των απορριμματοφόρων [Nuortio, 2006],[Kastner, 2005].

5.2.4 Κυκλοφοριακή Συμφόρηση

Στο ίδιο πνεύμα με την ποιότητα του αέρα και την παρακολούθηση θορύβου, μια πιθανή υπηρεσία της Smart πόλης που μπορεί να ενεργοποιηθεί από το αστικό IoT συνίσταται στην παρακολούθηση της κυκλοφοριακής συμφόρησης στην πόλη.

Ακόμα κι αν τα συστήματα κάμερας που βασίζονται στην παρακολούθηση της κυκλοφορίας είναι ήδη διαθέσιμα και αναπτύσσονται σε πολλές πόλεις, η χαμηλής ισχύος διαδεδομένη επικοινωνία μπορεί να παρέχει μια πυκνότερη πηγή πληροφοριών.

Η Παρακολούθηση της κυκλοφορίας μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη χρήση των δυνατοτήτων ανίχνευσης GPS σε σύγχρονα οχήματα καθώς επίσης και την υιοθέτηση ενός συνδυασμού αισθητήρων ποιότητας του αέρα και θορύβου κατά μήκος ενός συγκεκριμένου δρόμου.

Αυτές οι πληροφορίες έχουν μεγάλη σημασία για την αρχές των πόλεων και τους πολίτες: η διοίκηση θα επιβάλει πειθαρχία στην κυκλοφορία και θα αποστείλει αξιωματικούς όπου χρειάζεται και οι πολίτες θα προγραμματίζουν εκ των προτέρων τη διαδρομή για να φτάσουν στο γραφείο ή θα προγραμματίζουν καλύτερα μια βόλτα για ψώνια στο κέντρο της πόλης.

5.2.5 Έξυπνος Φωτισμός

Για να στηρίξει την οδηγία 20-20-20, η βελτιστοποίηση της απόδοσης του φωτισμού δρόμων είναι ένα σημαντικό χαρακτηριστικό που θα πρέπει να υλοποιηθεί. Ειδικότερα, η υπηρεσία αυτή μπορεί να βελτιστοποιήσει την ένταση στις λάμπες του δρόμου ανάλογα με την ώρα της ημέρας, τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν, και την παρουσία των ανθρώπων. Για να λειτουργήσει σωστά, όπως μια υπηρεσία πρέπει να περιληφθούν τα φώτα του δρόμου στις υποδομές Smart City υποδομές. Είναι επίσης δυνατόν να εκμεταλλεύεται την αύξηση του αριθμού των σημείων που να παρέχουν σύνδεση Wi-Fi για τους πολίτες.

Επιπλέον, ένα σύστημα ανίχνευσης βλάβης, μπορεί να υλοποιηθεί εύκολα στην κορυφή των ελεγκτών φωτισμού δρόμου.

5.2.6 Αυτοματοποίηση και υγιεινή Δημοσίων Κτιρίων

Άλλη μία σημαντική εφαρμογή των τεχνολογιών IoT είναι η παρακολούθηση της κατανάλωσης ενέργειας και η υγιεινή του περιβάλλοντος σε δημόσια κτίρια (σχολεία, γραφεία διοίκησης, και τα μουσεία) με τη βοήθεια των διαφόρων τύπων αισθητήρων και ενεργοποιητών που ελέγχουν φώτα, τη θερμοκρασία και την υγρασία.

Με τον έλεγχο αυτών των παραμέτρων, πράγματι, είναι δυνατόν να ενισχυθεί το επίπεδο άνεσης των ατόμων που ζουν σε αυτά τα περιβάλλοντα, τα οποία μπορεί επίσης να έχουν μια θετική απόδοση όσον αφορά την παραγωγικότητα, με παράλληλη μείωση του κόστους για θέρμανση/κλιματισμό [Kastner 2005].

5.3 Κόστος έξυπνου κτιρίου

Στο 4^ο Κεφάλαιο της εργασίας αυτής έγινε μια ευρεία αναφορά στις εξελεγχόμενες συσκευές και λύσεις αυτοματισμού που βρίσκουν εφαρμογή σε κτηριακές υποδομές. Ακόμη, αναφορά έγινε στα υλικά τα οποία χρησιμοποιούνται με τις αντίστοιχες ιδιότητες μόνωσης.

Τα προαναφερθέντα, δημιουργούν την ιδέα ύπαρξης υψηλού κόστους εφαρμογής κατά την κατασκευή μιας έξυπνης κατοικίας, όμως η επιλογή αποδοτικών συστημάτων αυτοματισμού και υλικών σε πολλές των περιπτώσεων μπορεί να οδηγήσει και σε μεγάλη μείωση αυτού.

Εάν ληφθεί υπόψη το κέρδος από την εξοικονόμηση ενέργειας, από μόνη της αρκεί ώστε μακροπρόθεσμα να ξεπεραστεί το αρχικό κόστος μελέτης και εγκατάστασης.

Με δεδομένο την τεχνολογική εξέλιξη, ο ένοικος μια κατοικίας επιζητά άνεση και αποδοτική εξοικονόμηση ενέργειας κάτι που σε βάθος χρόνου θα του επιφέρει άμεση εξοικονόμηση οικονομικών πόρων.

Σε περιπτώσεις όπως ο βιομηχανικός τομέας, η μελέτη και η εγκατάσταση έξυπνων συστημάτων αυτοματισμού είναι δεδομένο ότι θα οδηγήσει σε μακροπρόθεσμη εξοικονόμηση πόρων και αντίστοιχη αύξηση της παραγωγικότητας.

Για τη δημιουργία και την περεταίρω ανέλιξη της αγοράς των λεγόμενων έξυπνων αυτοματισμών θα πρέπει να έχουν ως βασικούς στόχους :

- Τη λειτουργικότητα της εγκαταστάσεις,
- Την ασφάλεια του χρήστη,
- Την εύκολη εγκατάσταση και την άνεση του χρήστη.

Με βάση τα παραπάνω, το κόστος μιας «έξυπνης» κατοικίας, δεν απαιτεί απαραίτητα υψηλό κόστος σε σχέση με τη κατασκευή ενός συμβατικού σπιτιού. Με λίγα λόγια το κόστος ενός έξυπνου σπιτιού μπορεί να συγκριθεί με το αντίστοιχο κόστος ενός συμβατικού σπιτιού σήμερα, και τις εγκαταστάσεις που περιλαμβάνει και ποιες από αυτές απαιτούμε να ελέγχουμε «έξυπνα» όπως π.χ.:

- Τον φωτισμό,
- Τα ρολά,
- Το σύστημα ασφαλείας,
- Το σύστημα ψύξης και θέρμανσης,
- Το σύστημα άρδευσης

Στις περισσότερες εγκαταστάσεις νέων κατασκευών που προορίζονται στον καταναλωτή ως έξυπνα λειτουργικά σπίτια τοποθετούνται αρκετές από τις παραπάνω κατηγορίες τις οποίες κανείς συναντά και σε εφαρμογές μιας συμβατικής κατοικίας. Για την αναβάθμιση μιας απλής κατοικίας η κύρια εγκατάσταση που επιβάλλεται να γίνει ώστε να ενσωματώσει νέες τεχνολογίες είναι μια καλωδιακή αναβάθμιση στο μεγαλύτερο μέρος αυτής. Η κατασκευή ενός έξυπνου σπιτιού δεν διαφοροποιείται πάνω σε αυτό για το λόγο ότι λογική του είναι να καταφέρει να ομαδοποιήσει όλες τις παραπάνω εγκαταστάσεις και να δώσει στον ένοικο την δυνατότητα να μπορεί να ελέγχει μέσα από ένα Κεντρικό Σύστημα Ελέγχου κτιρίου (Building Management System BMS).

Η έννοια του «έξυπνου σπιτιού» δεν έχει ως κύρια προδιαγραφή κάποια ακριβή λύση, αλλά την οργάνωση πλήθος ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων με αρχή την καλύτερη διαχείριση. Το επιπλέον κόστος σε αυτή την ιδέα είναι:

1. Προγραμματισμός των συνθηκών αυτών,
2. Η οπτικοποίησης,
3. και η δημιουργία κατάλληλων σεναρίων που μας ενδιαφέρουν.

Με απλά λόγια, το κόστος ενός έξυπνου κτιρίου, είναι αναλογικό ως προς τι επιθυμεί ο ένοικος να έχει στην οικία του από την λίστα των παραπάνω υποσυστημάτων. Η κατάλληλη χρήση των διαθέσιμων αυτοματισμών οδηγεί τους ιδιοκτήτες των έξυπνων σπιτιών να μπορούν να εξασφαλίσουν εξοικονόμηση ενέργειας κατά 35% μέσο όρο. Για την εισαγωγή των απαιτούμενων αυτοματισμών σε μια ήδη υπάρχουσα κατοικία, η επιβάρυνση στο τελικό κόστος κατασκευής εκτιμάται ότι ξεπερνά το 10%. Βέβαια, ο ιδιοκτήτης μπορεί να κάνει την επιλογή ενός αυτοματισμού που ενδέχεται να κοστίζει εκατοντάδες ευρώ ή να επιλέξει να κάνει εγκατάσταση εξειδικευμένων αλλά ολοκληρωμένων τεχνολογιών που μπορεί να ενισχύσουν το κόστος [Smart-houses.blogspot].

5.3.1 Παραδείγματα εφαρμογών και κόστος κατασκευής

Το κόστος ενός έξυπνου σπιτιού είναι δεδομένο ότι ποικίλει. Εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, ενδεικτικά: το μέγεθος του σπιτιού, το επίπεδο της αυτοματοποίησης, τα πεδία εφαρμογής της τεχνολογίας. Επίσης, πιο πρακτικά θέματα όπως το ποσοστό χρήσης ασύρματης τεχνολογίας ή η υφιστάμενη καλωδιακή υποδομή. Γενικότερα όσο διαδίδεται η

«έξυπνη τεχνολογία» ο υπολογισμός του κόστους γίνεται ευκολότερος. Στις παρακάτω παραγράφους θα παρουσιαστούν παραδείγματα στα οποία γίνεται ιδιαίτερη αναφορά στο κόστος εφαρμογής «έξυπνων» τεχνολογιών σε διάφορες κτηριακές υποδομές [Youngman,2012]

Στα γραφεία της επιχείρησης Webcor Concrete στην Καλιφόρνια των ΗΠΑ εγκαταστάθηκε ασύρματη τεχνολογία για τον έλεγχο του φωτισμού. Στην εγκατάσταση τοποθετήθηκαν ασύρματα ρελέ τηλεχειρισμού και μέσω χειριστηρίου ο κάθε εργαζόμενος έχει τη δυνατότητα να ελέγχει την ένταση του φωτισμού πάνω από τη θέση εργασίας του και το γραφείο του. Η συγκεκριμένη εφαρμογή κατάφερε να μειώσει την καθημερινή κατανάλωση ενέργειας από τα 50 kWh σε 17 kWh, δηλαδή παραπάνω από 30% μείωση κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας σε καθημερινή βάση. Εάν συνυπολογιστεί ότι το κόστος αγοράς της ενέργειας στην πολιτεία της Καλιφόρνια κυμαίνεται στα \$0,15/kWh, σε ετήσια βάση, το αποτέλεσμα εξοικονόμησης αγγίζει το ποσοστό του 65% «προς τα κάτω» στην κατανάλωση ενέργειας για φωτισμό και συνολικό κέρδος κατά \$1.300. Το έργο κόστισε \$5.500 και ο χρόνος απόσβεσης ήταν τα 4,2 χρόνια.

Σε μια άλλη περίπτωση και στο χώρο στάθμευσης του Πανεπιστημίου της Καλιφόρνια στην Σάντα Μπάρμπαρα των ΗΠΑ ο σκοπός ήταν η μείωση της 24ωρης λειτουργίας των λαμπτήρων. Έτσι, αντικαταστάθηκαν 10 περιμετρικοί λαμπτήρες νατρίου υψηλής πίεσης (NaHP) με φωτιστικά τύπου led σε δυο επίπεδα τα οποία διέθεταν σύστημα το οποίο που ανιχνεύει το φως της ημέρας και ανάλογα την ποσότητα φωτισμού από το ηλιακό φως ισοστάμιζε την ένταση των εγκατεστημένων φωτιστικών. Η αλλαγή αυτή μείωσε την κατανάλωση ενέργειας κατά 7884 kWh σε ετήσια βάση κάτι που από πλευράς εξοικονόμησης χρημάτων αναλογεί στα \$1.009.

Από την άλλη πλευρά, η εταιρεία BSC Computer GmbH αυτοματοποίησε τα κεντρικά της γραφεία στην Γερμανία. Χρησιμοποιήθηκαν ειδικοί χειριστές παραθύρων (window handlers) τα οποία βασιζόταν στο σύστημα EnOcean wireless. Οι ενδείξεις των αισθητήρων εμφανίζονται σε μια διαδραστική οθόνη χρήστη-ταμπλετ την οποία μπορεί να διαχειριστεί ο κάθε εργαζόμενος. Αυτή η λειτουργία επιτεύχθηκε με την χρήση λογισμικού BSC Bose. Μέσω του λογισμικού BSC Bose μπορούν να διαχειριστούν τον φωτισμό, τον κλιματισμό, τα συστήματα ασφαλείας, τα φωτοτυπικά μηχανήματα, τις καφετιέρες κ.α. Αυτή η εφαρμογή σε συνδυασμό με την εγκατάσταση μιας αντλίας θερμότητας μείωσε το ενεργειακό κόστος κατά 80%. Το κόστος της εγκατάστασης κυμάνθηκε στα 35.000 € και η απόσβεση αναμένεται να γίνει σε διάρκεια 4 ετών.

Στη περίπτωση του Ολυμπιακού Χωρίου στο Whistler στο Καναδά έγινε η χρήση ασύρματης τεχνολογίας η οποία ήταν ξανά βασισμένη στο σύστημα EnOcean για εφαρμογή στον φωτισμό. Εγκαταστάθηκαν 75 αυτόματοι διακόπτες και ισάριθμοι διακόπτες ρελέ. Η συγκεκριμένη εφαρμογή, μείωσε το κόστος κατά 70% σε σχέση με το αρχικό εκτιμώμενο κόστος που αφορούσε την απλή καλωδιακή εγκατάσταση.

Σε μια ιδιαίτερη εφαρμογή στην φυλακή Changi στην Σιγκαπούρη για τις ανάγκες του φωτισμού εγκατέστησαν έναν ηλεκτρονικό μετασχηματιστή Metrolight 250W SmartHID, ένα πάνελ για τον έλεγχο του φωτισμού και ένα αυτόματο σύστημα παρακολούθησης. Αυτό το σύστημα φωτισμού έκανε χρήση φωτοκύτταρων, καμερών, αισθητήρων και ανιχνευτών κίνησης τα οποία ελέγχονται από ένα κεντρικό σύστημα το οποίο επικοινωνεί με τους λαμπτήρες μέσω Ethernet. Οι λάμπες λειτουργούν στο 40% του επιπέδου φωτισμού και με βάση αυτό υπολογίστηκε ότι ενεργειακά οι δαπάνες μειώθηκαν κατά 44% και 50% στα έξοδα συντήρησης. Ο χρόνος απόσβεσης της επένδυσης είναι αρκετά μικρός και υπολογίζεται στα 2,8 χρόνια.

Η εταιρεία Baumax AG εφάρμοσε το Metrolight σύστημα στα καταστήματα της. Έτσι, μειώθηκε η ισχύς των λαμπτήρων από 400W σε 280 W σε συνδυασμό με εφαρμογές για έλεγχο και ρύθμιση της έντασης του φωτισμού. Τα αποτελέσματα ήταν 40% μείωση στο ενεργειακό κόστος και 50% στο κόστος συντήρησης. Στα 2,5 χρόνια ήταν ο χρόνος απόσβεσης. Σε ετήσιο επίπεδο μειώθηκαν κατά 1,6 εκατομμύρια ευρώ, το οποίο θεωρείται και ποσό ρεκόρ.

Στο παράδειγμα του προάστιου Tower Hamlets στο Λονδίνο και συγκεκριμένα στον δρόμο WestFerry Circus υπάρχει ένας υπόγειος κυκλικός κόμβος για τον οποίο απαιτείται 24ωρος φωτισμός. Το τοπικό συμβούλιο ζήτησε από την εταιρεία Metrolight να εγκαταστήσει συστήματα που θα μειώσουν την ενέργεια που δαπανάται. Έτσι, τοποθετήθηκαν 186 νέες λάμπες των 400 W HPI-T ρυθμιζόμενες να λειτουργούν στο 80% της μέγιστης ισχύς τους. Το αποτέλεσμα ήταν φανταστικό και κατάφερε να μειώσει το ενεργειακό κόστος κατά 72.000 λίρες το έτος. Ουσιαστικά υπήρξε μείωση της ενεργειακής δαπάνης κατά 63% και του κόστους συντήρησης σε επίπεδο του 50% με τον χρόνο απόσβεσης να είναι στα 2,5 χρόνια.

Στο χυτήριο AB&I έγιναν επίσης αλλαγές στον φωτισμό με σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας. Χρησιμοποιήθηκε η τεχνολογία Electronic HID της Metrolight. Μέσω των αλλαγών σε λαμπτήρες, μετασχηματιστές, εξωτερικούς χρονομετρητές και τις αλλαγές της έντασης των φωτιστικών υπήρξε αξιοσημείωτο αποτέλεσμα. Το ετήσιο κόστος σε δαπάνες μειώθηκε κατά \$102.486 ενώ η ενεργειακή κατανάλωση μειώθηκε κατά 732.000 kWh.

Ένα από τα μεγαλύτερα εγχειρήματα έγινε πραγματικότητα από την Wells Fargo & Co., όταν το 2010 εφάρμοσε την έξυπνη τεχνολογία στο Duke Energy Center, ένα κτίριο 48 ορόφων το οποίο στεγάζει γραφεία [Cisco Systems, Inc. 2012].

Αρχικά χρησιμοποιήθηκε ένα συγκεκριμένο δίκτυο (converged network) στο οποίο συγκεντρώνονταν όλες οι εφαρμογές. Χρησιμοποιήθηκε έξυπνη τεχνολογία για την μέτρηση της κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος, για τον φωτισμό, την μέτρηση του νερού, την αυτόματη σκίαση, την άρδευση, το σύστημα ασφαλείας, τον κλιματισμό, τους ανελκυστήρες. Για την μείωση της ενέργειας χρησιμοποιήθηκαν αυτόματες περσίδες που επέτρεπαν τον φυσικό φωτισμό, ειδικός φωτισμός ο οποίος ρυθμιζόταν ανάλογα με το φυσικό φως, μεγάλης απόδοσης σύστημα κλιματισμού και θέρμανσης. Επίσης μέσω της έξυπνης τεχνολογίας μειώθηκαν οι δαπάνες για νερό συνδυάζοντάς την συλλογή βρόχινου νερού και αλλαγές στα συστήματα εντός του κτιρίου. Συνολικά η ενεργειακή δαπάνη σε σχέση με αντίστοιχα κτίρια μειώθηκε κατά 22%. Εκτιμάται ότι συνολικά μειώθηκαν κατά 5 εκατομμύρια kWh οι ενεργειακές δαπάνες ετησίως μέγεθος που αντιστοιχεί σε 450 σπίτια ! Το χρηματικό κόστος που διασώθηκε υπολογίζεται στα 400.000 δολάρια. Στην παρακάτω Εικόνα 5.3 παρουσιάζεται αναλυτικά ο προϋπολογισμός του έργου.

Network Costs	MasterFormat 2012 Construction Codes	S&E Approach	Converged Approach	Savings	Savings
Access Control Network	25 05 13 Conductors and Cables for Integrated Automation 25 05 28 29 Hangers and Supports for Integrated Automation 25 05 28 33 Conduits and Backboxes for Integrated Automation 25 11 13 Integrated Automation Network Servers 25 11 16 Integrated Automation Network Routers and Switches 28 13 19 Access Control Systems Infrastructure	\$118,637	N/A	\$118,637	Networking for access control card readers and security.
Audio & Video Conferencing Network	25 05 13 Conductors and Cables for Integrated Automation 25 05 28 33 Conduits and Backboxes for Integrated Automation 25 11 13 Integrated Automation Network Servers 25 11 16 Integrated Automation Network Routers and Switches	* \$57,890	N/A	\$57,890	*Estimated amount Networking for conference rooms.
Building Management System (BMS) Network	25 05 13 Conductors and Cables for Integrated Automation 25 11 13 Integrated Automation Network Servers 25 11 16 Integrated Automation Network Routers and Switches	\$30,186	N/A	\$30,186	
Daylighting Blind Controls Network	25 05 13 Conductors and Cables for Integrated Automation 25 05 28 29 Hangers and Supports for Integrated Automation 25 11 13 Integrated Automation Network Servers 25 11 16 Integrated Automation Network Routers and Switches	\$275,271	N/A	\$275,271	
Elevator Network	25 05 13 Conductors and Cables for Integrated Automation 25 11 16 Integrated Automation Network Routers and Switches	\$28,963	N/A	\$28,963	
Exterior Lighting Controls Network	25 05 13 Conductors and Cables for Integrated Automation 25 05 28 29 Hangers and Supports for Integrated Automation	\$16,646	N/A	\$16,646	*Estimated amount
Metering Network (electrical, gas, power and electrical submetering)	25 05 13 Conductors and Cables for Integrated Automation 25 05 28 33 Conduits and Backboxes for Integrated Automation 25 11 13 Integrated Automation Network Servers 25 11 16 Integrated Automation Network Routers and Switches	* \$40,733	N/A	\$40,733	Networking for electrical sub-metering = \$15,849 * Networking for electrical, gas and water metering estimated at \$24,884
Parking Machines/Barrier Gates/Intercoms Network	25 05 13 Conductors and Cables for Integrated Automation 25 05 28 29 Hangers and Supports for Integrated Automation 25 05 28 33 Conduits and Backboxes for Integrated Automation 25 11 13 Integrated Automation Network Servers 25 11 16 Integrated Automation Network Routers and Switches 27 05 13 23 DSL Services	* \$38,339	N/A	\$38,339	Networking for parking machines = \$19,715 Networking for parking intercoms = \$1,443 * Networking for parking barrier gates estimated at \$17,181
Video Surveillance Network	25 05 13 Conductors and Cables for Integrated Automation 27 25 23 Graphics/Multimedia Software 28 23 19 Digital Video Recorders and Analog Recording Devices 28 23 29 Video Surveillance Systems Infrastructure	\$857,500	\$84,435	\$773,065	Eliminate DVRs and cabling by using the network, software and servers to store video.

Soft Costs					
Contingency	(1) (1) 16 Contingency Allowances	\$117,192	N/A	\$117,192	The converged approach did not have any change orders.
Planning/Consultants	Division 1 General Conditions	\$153,360	144,935	\$8,365	Intelligent Buildings consultants and cabling design.
Converged Network					
Data Center Design & Construction		\$12,901	\$340,898	(\$327,967)	
Network Equipment	27 11 16 Communications Cabinets, Racks, Frames and Enclosures; 27 11 26 Communications Rack Mounted Power Protection and Power Strips; 27 21 16 Data Communications Routers; 27 21 29 Data Communications Switches and Hubs; 27 22 19 Data Communications Servers; 27 25 29 Operating System Software	N/A	\$496,918	(\$496,918)	Includes switches, routers, servers, racks, UPS, enclosures and operating systems.
Fiber / Low Voltage Cabling / Conduit	27 05 33 Conduits and Backbones for Communications Systems; 27 13 23 Communications Optical Fiber Backbone Cabling; 27 15 13 Communications Copper Horizontal Cabling	N/A	\$647,998	(\$647,998)	Air blown fiber vertical backbone cabling. Low voltage horizontal cabling for blinds, 774 controllers, 4 daylight sensors, 311 cameras and 255 building network drops.
TOTAL		\$2,151,818	\$1,750,379	\$400,639	18.6% Savings

Εικόνα 5.3 Προϋπολογισμός εγκατάστασης στο έργο της Wells Fargo & Co το 2010 [Cisco Systems, 2012

Συγκεντρωτικά στον παρακάτω Πίνακα 5.1 φαίνονται συγκεντρωτικά τα στοιχεία εξοικονόμησης και κόστους από τα παραπάνω παραδείγματα τα οποία αναλύθηκαν.

Πίνακας 5.1 Στοιχεία εξοικονόμησης και κόστους Case studies που αναλύθηκαν

Case studies	Εφαρμογές	Μειωμένες ενεργειακές δαπάνες	Μειωμένο κόστος
Webcor Concrete Καλιφόρνια	Φωτισμός	65% / έτος	1.300 δολάρια /έτος
Πανεπιστήμιο της Καλιφόρνια	Φωτισμός	7884kWh/έτος	1.009 δολάρια / έτος
BSC Computer GmbH	Φωτισμός, Κλιματισμός, Συστήματα ασφάλειας	80%/έτος	
Ολυμπιακό χωριό Whistler, Καναδάς	Φωτισμός		70% σε σχέση με αρχικό προβλεπόμενο κόστος
Φυλακή Changi	Φωτισμός	44%/έτος	50% σε σχέση με αρχικό προβλεπόμενο κόστος
Baumax AG	Φωτισμός	1,6εκ ευρώ/έτος	15.891.200 kW/έτος
Tower Hamlets	Φωτισμός	63%/έτος	72.000 λίρες /έτος

Λονδίνο	(δρόμος)		
Χυτήριο AB&I	Φωτισμός	732.000 kWh/έτος	102.486 δολάρια /έτος
Wells Fargo & Co	Φωτισμός, κλιματισμός, άρδευση, σύστημα ασφάλειας	5 εκατομμύρια kWh/έτος	400.000 δολάρια/έτος

5.4 Λόγοι που το έξυπνο σπίτι δεν έχει διαδοθεί ακόμη στο μέσο καταναλωτή

Ανεξάρτητα από τις μεγάλες τεχνολογικές εξελίξεις σε σχέση με το «προϊόν» του έξυπνου σπιτιού οι καταναλωτές μέχρι σήμερα δείχνουν να μη αξιοποιούν τις λύσεις που προσφέρει ένα τέτοιο κτίριο με παραμέτρους όπως το κόστος, η αναγκαιότητα και η προσωπική ιδιωτικότητα να είναι τα βασικά κριτήρια επιλογής μιας οικιακής τεχνολογικής αναβάθμισης.

Ξεκινώντας από το κόστος, εάν ένας χρήστης επιλέξει να υλοποιήσει μια έξυπνη κατοικία με προϊόντα τα οποία συγκαταλέγονται στις πρόσφατες τεχνολογικές εξελίξεις θα χρειαστεί να δαπανήσει ένα μεγάλο αρχικό χρηματικό ποσό το οποίο μπορεί να θεωρηθεί και υπέρογκο. Το αρχικό κεφάλαιο όπως σε κάθε επένδυση έτσι και στην περίπτωση του έξυπνου σπιτιού μπορεί να καταστεί κατασταλτικός παράγοντας για την μη υλοποίηση του από κάποιον υποψήφιο επενδύτη-χρήστη.

Από την άλλη πλευρά οι κατασκευαστικές δυσκολίες που μπορούν να προκύψουν κατά την εγκατάσταση και τη συντήρηση του εξοπλισμού, αλλά και θέματα ασυμβατότητας που μπορεί να υπάρξουν μεταξύ του διασυνδεδεμένου εξοπλισμού είναι ένας επιπλέον λόγος ο οποίος οδηγεί σε αμφισβήτηση την υλοποίηση του έξυπνου σπιτιού. Είναι σημαντικό ακόμη και σήμερα, από πλευράς τεχνολογικών λύσεων να δοθεί έμφαση στη χρηστικότητα και τη λειτουργικότητα του έξυπνου σπιτιού αλλά στο πόσο φιλικά μπορεί να είναι προς το χρήστη και ένοικο.

Ακόμη, αρνητικό παράγοντα αποτελεί η έλλειψη διαφήμισης του προϊόντος όσον αφορά τη διάδοση του έξυπνου σπιτιού, καθώς επίσης και οι διάφορες προκαταλήψεις μερίδας χρηστών που προβάλλονται και έχουν ως αποτέλεσμα τη δυσφήμιση του προϊόντος του έξυπνου σπιτιού.

Τέλος, το θέμα της ιδιωτικότητας επηρεάζει σε αρνητικό βαθμό τους καταναλωτές. Εξοπλισμός όπως αισθητήρες, κάμερες, και άλλοι μηχανισμοί που βρίσκονται μέσα στο έξυπνο κτίριο ή σπίτι αναγκαστικά συγκεντρώνουν προσωπικά δεδομένα για το χρήστη, κάτι που δημιουργεί σε αυτόν ανησυχία η οποία προκύπτει από το γεγονός ότι μεγάλο μέρος του εξοπλισμού του έξυπνου σπιτιού είναι διασυνδεδεμένο με το τοπικό δίκτυο Internet και ανά πάσα στιγμή σε πιθανά κενά ασφάλειας του δικτύου μπορούν να βρεθούν εκτιθέμενοι σε κακόβουλους τρίτους χρήστες.

5.5 Μελλοντικές κατευθύνσεις

Μιλώντας για τεχνολογικές παρεμβάσεις οι οποίες χαρακτηρίζονται ως καινοτόμες πάντα εμφανίζεται ιδιαίτερη σύγχυση ως προς τη βιωσιμότητα αυτών. Η βιωσιμότητα των νέων τεχνολογικών παρεμβάσεων στο επίπεδο κτηριακής υποδομής είναι άμεσα συνδεδεμένες με το κόστος αλλά και την πηγή αρχικού κεφαλαίου της επένδυσης που θα πρέπει να βρει κάποιος για την υλοποίηση τους. Είναι αλήθεια ότι από πλευράς ιδιοκτήτη, ενοίκου ή γενικά χρήστη μιας κτηριακής υποδομής είτε αυτή είναι χώρος κατοικίας είτε χώρος διαμονής κλπ, υπάρχει εντονότερα τα τελευταία χρόνια αυξημένη ζήτηση ως προς την «έξυπνη» αναβάθμιση αυτών αλλά έγκειται ο προβληματισμός στο πόσο έτοιμη είναι η αγορά να υποστηρίξει στο έπακρο τα «θέλω» του κάθε καταναλωτή.

Είναι φανερό ότι στις μέρες μας η δημιουργία ενός «έξυπνου» κτηρίου θα προσφέρει στον/στους χρήστη/στες λειτουργίες με εντυπωσιακά χαρακτηριστικά τα οποία θα τους βοηθήσουν στην καθημερινότητα τους. Ακόμη, η αναβάθμιση η ακόμα η δημιουργία ενός «έξυπνου» κτηρίου μπορεί να έχει ευρύτερο ρόλο στην καθημερινότητα του «χρήστη» με κοινωνικές προεκτάσεις σε τομείς όπως η υγεία και η παιδεία. Αν λάβουμε υπόψη ότι μεγάλο μέρος του πληθυσμού αποτελείται από ανθρώπους της τρίτης ηλικίας οι οποίοι λαμβάνουν περίθαλψη στο σπίτι τους τότε είναι κατανοητή η ανάγκη μια τεχνολογικής παρέμβασης στην περίπτωση αυτή. Η δημιουργία μιας «έξυπνης» υποδομής-οικίας που θα προσφέρει μέσα υποστήριξης προς τους ανθρώπους της τρίτης ηλικίας θα έχει με μεγάλη σιγουριά ζήτηση. Σημαντικό βέβαια στην υλοποίηση μιας τέτοιας προσπάθειας θα μπορούσε να είναι η πιθανή συνεργασία με κοινωνικούς φορείς π.χ Υπουργείο Υγείας αλλά και κοινωνικά ασφαλιστικά ταμεία τα οποία κάθε έτος δαπανούν μεγάλο ποσό χρημάτων για την περίθαλψη ηλικιωμένων ατόμων. Μερίδα των χρημάτων από αυτά τα ταμεία θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ως ένα αρχικό κεφάλαιο για την υλοποίηση «έξυπνων» κατοικιών μόνον για ενοίκους που θα

είναι άτομα τρίτης ηλικίας και δεν θα έχουν την πρόσβαση σε απομακρυσμένες βαθμίδες υγειονομικής περίθαλψης. Στο κομμάτι της εκπαίδευσης μια τεχνολογική «έξυπνη» αναβάθμιση ενός κτηρίου στέγασης μαθητών ανεξαρτήτου βαθμίδας μπορεί να προσφέρει μόνον ωφέλει. Αν πάρουμε ως παράδειγμα μια απλή τάξη μαθητών η οποία είναι εξοπλισμένη με «έξυπνα» οπτικό ακουστικά μέσα τα οποία θα βοηθήσουν την αλληλεπίδραση μαθητή και εκπαιδευτή. Ακόμη, φανταστείτε πόσο εύκολο μπορεί να γίνει η λεγόμενη ψηφιοποίηση του μαθήματος και η δημιουργία αρχείου μαθημάτων τα οποία μέσω προσωπικού password ο κάθε μαθητής θα μπορεί να έχει εύκολη και ασφαλή πρόσβαση και να ανατρέξει σε παλιότερες διδασκαλίες απευθείας στον προσωπικό του υπολογιστή ή και κινητό τηλέφωνο νέας γενιάς smartphone.

Τέλος αποδοτικό θα ήταν και η δημιουργία Τήλε-τμημάτων σχολικών τάξεων. Με λίγα λόγια μέσω οπτικοακουστικής κλήσης ο μαθητής θα μπορεί να επικοινωνεί με αντίστοιχο μαθητή άλλου σχολείου και να συζητήσει τις απορίες του μαζί του. Ακόμη θα μπορούσε να μοιραστεί τον τρόπο λύσης ενός μαθηματικού προβλήματος την ίδια στιγμή με έναν μαθητή ο οποίος δυσκολεύεται.



Εικόνα 5.4 Σενάριο λειτουργίας μιας έξυπνης τάξης από την Huawei [Huawei, 2018]

Αν βασιστούμε στις προβλέψεις για το κτήριο του «αύριο» θα δούμε ότι δημιουργείται η προσδοκία μιας υψηλά ευέλικτης και αυτόματης κτηριακής δομής στην υπηρεσία του χρήστη. Από την άλλη πλευρά για να μπορεί εν μέρη αυτές οι προσδοκίες να υλοποιηθούν στη πράξη θα πρέπει να ξεπεραστούν διάφορα οικονομικά, κοινωνικά αλλά και ηθικά ζητήματα τα οποία αποτελούν εμπόδιο για την ευρεία διάδοση του «έξυπνου κτηρίου». Ως ένα βασικό εμπόδιο που θα πρέπει να ξεπεραστεί είναι η σύγκρουση συμφερόντων μεταξύ τεχνολογικών «Κολοσσών» οι οποίοι σίγουρα έχουν και την κεφαλαιακή αλλά και τεχνολογική ικανότητα ανάπτυξης «έξυπνων» κτηρίων ή και ακόμη και μικρών έξυπνων πόλεων (smart cities). Στα σημερινά παραδείγματα εφαρμογών η υλοποίηση έξυπνων κατοικιών γίνεται από εταιρίες που δεν έχουν σύνδεση με τον κατασκευαστικό κλάδο, αλλά με τον κλάδο των τηλεπικοινωνιών, της ηλεκτρονικής και του διαδικτύου όπως π.χ. η Google. Όλα τα παραπάνω δείχνουν ότι στην υλοποίηση ενός έξυπνου κτηρίου ή σπιτιού εμπλέκονται πολλαπλά συμφέροντα που συχνά συγκρούονται με στόχο το κέρδος φέρνοντας το χρήστη της αγοράς σε μια 2^η μοίρα.

Ένα εξίσου σημαντικό εμπόδιο είναι η προσαρμογή του ιδιόκτητη ή του ενοίκου ενός σπιτιού απέναντι σε αναβαθμισμένες αυτόματες λειτουργίες όντος του χώρου που κατοικεί. Οι καινοτόμες τεχνολογικές ενέργειες θα πρέπει να ενταθούν σταδιακά προς την διάθεση του καταναλωτή και όχι βεβιασμένα. Εάν αναλογιστούμε ότι η τυποποιημένη παραγωγή τεχνολογίας σήμερα παρέχει έτοιμες προς χρήση συσκευές εγκατάστασης οι οποίες πολλές φορές θεωρούνται δύσχρηστες και δυσνόητες προς την ορθή χρήση τους από τους χρήστες κάτι που έχει ως τελικό αποτέλεσμα και την μη σωστή εφαρμογή τους. Έτσι συμπεραίνουμε ότι θα πρέπει να υπάρξει ένα στάδιο προσαρμογής και εκπαίδευσης του ενοίκου ενός κτηρίου. Η εκπαίδευση αυτή θα πρέπει να περιέχει αναλυτικά τα χαρακτηριστικά λειτουργίας ενός έξυπνου σπιτιού ξεκινώντας από το απλό πάτημα ενός κουμπιού και γιατί όχι να φτάνει στον επαναπρογραμματισμό των σεναρίων λειτουργίας π.χ. στο φωτισμό ή στο ζεστό νερό χρήσης από τον ίδιο το χρήστη χωρίς παρέμβαση τρίτων. Κάτι τέτοιο μπορεί να παρέχεται από τις κατασκευαστικές εταιρίες προς τους αγοραστές πριν την αγορά του ακινήτου έτσι ώστε να γίνουν και πιθανές προσαρμογές στα θέλω του μελλοντικού χρήστη.

Ακόμη, ένα υψηλής σημασίας πρόβλημα είναι το πόσο προσαρμόσιμο είναι η τεχνολογική αναβάθμιση στα υφιστάμενα παλιά κτίρια και πια η κλίμακα υλοποίηση τους σε επίπεδο εγκατάστασης. Θα πρέπει στα επόμενα χρόνια να δοθούν κίνητρα αλλά και πόροι στους κατοίκους αστικών κέντρων ώστε να αναβαθμίσουν «έξυπνα» τα σπίτια τους με όφελος την εξοικονόμηση ενέργειας αλλά και την μείωση των ρύπων.

Συμπερασματικά, για να ικανοποιήσει η αγορά του έξυπνου κτηρίου τον χρήστη στο προσεχές μέλλον, θα πρέπει να του παρέχει κάποια από τα παρακάτω :

- α) κοινωνικά και οικονομικά οφέλη,
- β) εύκολη στην μελλοντική αναβάθμιση και επέκταση,
- γ) εύκολη χρήση, εγκατάσταση αλλά και συντήρηση.

Συμπεράσματα

Κατά τη διάρκεια της βιβλιογραφικής ανασκόπησης και της γενικότερης εκπόνησης της παρούσας εργασίας καταλήξαμε σε μερικά σημαντικά συμπεράσματα όσον αφορά την έννοια, τη δομή και την λειτουργία του έξυπνο κτιρίου.

Οι συνεχώς αυξανόμενες απαιτήσεις και οι γρήγοροι ρυθμοί της ζωής, έχουν οδηγήσει τον σύγχρονο άνθρωπο σε έναν καταγισμό εργασιών προς διεκπεραίωση καθημερινώς. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την ανθρώπινη τάση προς συνεχή βελτίωση του βιοτικού επιπέδου, έχουν καταστήσει την έλλειψη χρόνου ως ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά και προβλήματα του σύγχρονου ανεπτυγμένου κόσμου. Κατά συνέπεια, είναι εμφανής η προσπάθεια που γίνεται προς αυτοματοποίηση πληθώρας εργασιών και δραστηριοτήτων με σκοπό την απαλλαγή του ανθρώπου από χρονοβόρες, επαναλαμβανόμενες και κουραστικές διαδικασίες. Σε αυτό έχει συντελέσει και η ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας που έχει καταστήσει πλέον εφαρμόσιμα τα υποθετικά σενάρια αυτοματισμού που ο άνθρωπος μπορούσε μόνο να φανταστεί στο παρελθόν.

Αποτέλεσμα όλων των παραπάνω ήταν και η εκ νέου ανάδυση του οράματος του έξυπνου κτιρίου ως μια γενική προσέγγιση που επιτρέπει την χρήση τεχνολογιών σε κτιριακό επίπεδο με στόχο την διευκόλυνση της διαβίωσης των ατόμων μέσα σε αυτά. Ο σκοπός ενός έξυπνου σπιτιού είναι διττός καθώς οι εφαρμοζόμενες τεχνολογίες αποσκοπούν αφενός στην βελτίωση της ποιότητας της ζωής των ενοίκων κι αφετέρου στην ενεργειακή εξοικονόμηση κι ορθολογική διαχείριση των πόρων. Με τη συγκεκριμένη λογική αναπτύχθηκαν πριν λίγες δεκαετίες τα πρώτα project τα οποία παρουσίαζαν σπίτια εξοπλισμένα με αισθητήρες, συσκευές, ενεργοποιητές και σχεδιάζονταν ανάλογα με τις εκάστοτε λειτουργίες που έπρεπε να πραγματοποιούνται.

Ένα τεράστιο κεφάλαιο συζήτησης είναι το γιατί το έξυπνο σπίτι δεν γνώριζε ανάπτυξη κι ευρεία διάδοση μέχρι πρόσφατα, από τη στιγμή που οι προσπάθειες υλοποίησής του είχαν ξεκινήσει αρκετά χρόνια πριν. Η απάντηση σε αυτό το ερώτημα έγκειται στην ίδια την τεχνολογία που εφαρμοζόταν για την κατασκευή ενός έξυπνου κτιρίου. Μέχρι πριν μια περίπου δεκαετία, ο όρος «έξυπνο σπίτι» χρησιμοποιούνταν για να περιγράψει ιδιόκτητα συστήματα οικιακού ελέγχου που αποτελούνταν από ιδιαίτερα ακριβή, εξειδικευμένο εξοπλισμό κι έκαναν χρήση κλειστών προτύπων. Το υπέρογκο κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας τους καθώς κι η αδυναμία κάλυψης των νέων απαιτήσεων που εμφανίζονταν από

τα ιδιόκτητα αυτά πρότυπα αποτελούσαν μερικούς από τους κύριους ανασταλτικούς παράγοντες στην ανάπτυξη της αγοράς του έξυπνου σπιτιού.

Με την έλευση του Διαδικτύου και της τεράστιας επιρροής του σχεδόν σε κάθε πτυχή της καθημερινότητας ήταν επόμενη η προσαρμογή της τεχνολογίας του έξυπνου σπιτιού σε αυτό κι η εκμετάλλευση των δυνατοτήτων που προσφέρει.

Μέσω της εναρμόνισης του έξυπνου σπιτιού με το Διαδίκτυο των Πραγμάτων, δηλαδή μέσω της διασύνδεσης καθημερινών αντικειμένων από το περιβάλλον στο διαδίκτυο, επιτεύχθηκε η αναγκαία ελάττωση του κόστους αλλά και η αποδοτικότερη λειτουργία και κάλυψη των αναγκών των χρηστών που θα ήταν αδύνατη δίχως την αξιοποίηση της ψηφιακής γενιάς. Επιπρόσθετα, η διασύνδεση των ψηφιακών συσκευών και γενικότερα των αντικειμένων στο Διαδίκτυο των Πραγμάτων έχει καταστήσει την ιδέα του έξυπνου σπιτιού πιο ελκυστική και δημοφιλή από ποτέ λόγω της δυνατότητας που προσφέρεται στον χρήστη να χειρίζεται το σύστημα εξ αποστάσεως μέσω του tablet ή του smartphone του.

Για την συλλογή, την επικοινωνία και την ανάλυση των δεδομένων που αφορούν το περιβάλλον, τους κατοίκους και τα γεγονότα εντός του έξυπνου κτηρίου έχει αναπτυχθεί πληθώρα τεχνολογιών που αναφέρεται σε δίκτυα αισθητήρων, φορητά συστήματα κι έξυπνες συσκευές. Αντίστοιχα σε επίπεδο επικοινωνίας, έχουν αναπτυχθεί ανοιχτά πρότυπα και πρωτόκολλα για την αντιμετώπιση ζητημάτων συμβατότητας κι ανταλλαγής δεδομένων ανάμεσα σε διαφορετικά είδη συσκευών κι υπηρεσιών.

Ωστόσο, μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι πολλές από τις τρέχουσες τεχνολογίες και συστήματα κτιριακού αυτοματισμού αποτελούν λύσεις ad hoc, εξαρτώνται δηλαδή άμεσα από το συγκεκριμένο περιβάλλον και σενάριο κι είναι πολύ δύσκολο ή και αδύνατο να εφαρμοστούν σε μια παρόμοια κατάσταση χωρίς να απαιτείται ανα-προγραμματισμός του συστήματος.

Αντίστοιχα, η ανάπτυξη της τεχνολογίας αισθητήρων που οι ίδιοι αποτελούν ένα βασικό μηχανισμό του ολικού συστήματος αυτοματοποίησης του έξυπνου κτηρίου, άνοιξε το δρόμο για τη δημιουργία καινοτόμων τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας. Το βασικό γνώρισμα αυτών των τεχνολογιών είναι ο γρήγορος ρυθμός προσαρμοστικότητας στις απαιτήσεις του φυσικού περιβάλλοντος, αλλά και η αποδέσμευση σε μεγάλο κομμάτι της λειτουργίας τους απ' την επέμβαση του ανθρώπου. Με κριτήριο το βαθμό εξέλιξής τους, οι τεχνολογίες αυτές μπορούν να βελτιώσουν σημαντικά την ενεργειακή αποδοτικότητα των κτιρίων, διαθέτοντας στη φιλοσοφία λειτουργίας τους την ικανότητα προσαρμογής στις διακυμάνσεις του φορτίου που εξυπηρετούν, πιθανή δυνατότητα πρόβλεψης των αναγκών του χρήστη,

καθώς επίσης και την ενσωμάτωση συστημάτων αυξημένης λειτουργικότητας και αυτοματοποίησης.

Βιβλιογραφία

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

A. Albreshne, P. Fuhrer and J. Pasquier, «*Web Services Technologies: State of the Art: Definitions, Standards, Case Study*» Working paper, Sep. 2009.

A. Essameldin & K. Harras, «Device-to-Device Communication in the Internet of Things QSIURP Report», 2011.

Amazon Sale of DEWALT DCT414S1

Atlas , «*The beginner's guide to rfid systems*», 2018.

C. Buckl, S. Sommer , A. Scholz, A.Knoll, A. Kemper, J.Heuer, A.Schmitt, Services to the field: an approach for resource constrained sensor/actor networks, in: Proceedings of WAINA 2009, Bradford.

Ch. R.Scherger « *The internet of things*», 2002.

Cisco Systems,Inc 2012 The Making of a Smart Building Case Study how wells Fargo's corporate properties group raised the bar

D. Cuff, M. Hansen, J. Kang, Urban Sensing: Out of the Woods, Communications of the ACM, March 2008, Vol. 51 No. 3, Pages 24-33

D. Guinard, V. Trifa, S. Karnouskos, P. Spiess, D.Savio, *Interacting with the SOA-Based Internet of Things: Discovery, Query, Selection, and On-Demand Provisioning of Web Services*, IEEE transactions on services computing, Vol. 3, No. 3, July-September 2010

Ecofriend.com

European smart cities web site

Fibaro, « *Αισθητήρες διαρροής νερού και θερμοκρασίας*», 2019.

G.Lawton « *Machine-to-machine technology gears up for growth*», 2004.

Gilpress « *A very short history of internet of things*», 2014.

GlobalSign, «*What is an IoT Gateway and How Do I Keep It Secure?*», 2016.

GreenAgenta, «*Το πρώτο έξυπνο ενεργειακό σπίτι στην Ελλάδα είναι στη Θεσσαλονίκη*», Αθήνα, 27 Απρίλιου 2018.

Greenplumbingheating.com

GSM Association « *Understanding the Internet of Things* », 2014.

H. Schaffers, N. Komninos, M. Pallot, B. Trousse, M. Nilsson, A. Oliveira, *Smart Cities and the Future Internet: Towards Cooperation Frameworks for Open Innovation*, FIA 2011: The Future Internet pp 431-446

H. Tschofenig, « *Architectural Considerations in Smart Object Networking* », Tech.no RFC 7452 Internet Architecture Board, Mar 2015.

H. Sundmaeker, P. Guillemin, P. Friess, S. Woelfflé, *Vision and Challenges for Realising the Internet of Things*, Cluster of European Research Projects on the Internet of Things, 2010

Hitachi.com

Home Controls, « *Applied Digital Ocelot Home Automation Controller* », 2019.

<http://www.oaa.on.ca/>

Huawei Technologies Co Ltd, *Smart Education Scenarios White Paper*, China, 2018

Skypelab.org/

I. Vilajosana, J. Llosa, B. Martinez, M. Domingo-Prieto, A. Angles, X. Vilajosana, *Bootstrapping smart cities through a self-sustainable model based on big data flows*, IEEE Commun. Mag., vol. 51, no. 6, pp. 128–134, Jun. 2013.

Ibelium, *50 Sensor Applications for a Smarter World*

IEEE, « *Symposium for Wearable Computers* », 2015.

Isecurion, « *IOT Communication Protocols* », 2017.

ITU Internet Reports « *The internet of things* », 2005.

J. Lynch, J. Kenneth, *A summary review of wireless sensors and sensor networks for structural health monitoring*, *Shock and Vibration Digest*, vol. 38, no. 2, pp. 91–130, 2006

J. Waldo « *Virtual Organizations, Pervasive Computing, and an Infrastructure for Networking at the Edge* », 2002.

K. Ashton « *That 'Internet of Things' Thing* », 2009.

K. Velikov, G. Thun, *Responsive Building Envelopes: Characteristics and Evolving Paradigms/Design and Construction of High-Performance Homes-Building Envelopes, Renewable Energies and Integrated Practice*, Routledge, 2013

L. Atzoria, A. Ierab, G. Morabitoc, *The Internet of Things: A survey*, Volume 54, Issue 15, 28 October 2010, Pages 2787-2805

L. D. X. Z. Shancang Li, «*The internet of things: a survey*» *Information Systems Frontiers*, p. 243–259, April 2015.

L. Kainulainen, M. Sc. Thesis «*Making Existing Homes Smart*». Technical University of Denmark - Department of Informatics and Mathematical Modelling, Lyngby, 2007.

Lighting and ceiling fans

M. Weyrich & Ch. Ebert «*Reference Architectures for the Internet of Things*», 2016

N. Gershendfeld «*When things start to think*», 2016.

N. Gershenfeld «*The internet of things*», 2004.

Nest.com

Portal Εμποροβιομηχανικό Επιμελητήριο Πειραιά

S. Chatziefthymiou, S. K. Goudos, *A survey of IoT: Architecture, Applications and Future Vision*, 4th International Conference on Modern Circuits and System Technologies, 2015

Schindler Elevator Company

Site of Abrar Communications Co. Ltd

Smart-houses.blogspot

Statista.com

T. Nuortio, J. Kytöjoki, H. Niska, O. Bräysy, *Improved route planning and scheduling of waste collection and transport*, *Expert Syst. Appl.*, vol. 30, no. 2, pp. 223–232, Feb. 2006.

W. Kastner, G. Neugschwandtner, S. Soucek, H. Newmann, *Communication systems for building automation and control*, in *Proc. IEEE*, Jun. 2005, vol. 93, no. 6, pp. 1178–1203

Youngman R., 2012. "*ICT Solutions for Energy Efficiency*," World Bank Other Operational Studies 12685, The World Bank.

Zillerplus «*Visualising the aesthetics of the energy revolution and integrating new technologies and materials*», 2013.

Ελληνική Βιβλιογραφία

Α. Σαφάκας, Σ. Τσοτουλίδης, *Εξοικονόμηση Ενέργειας από τη χρήση ηλεκτρικών κινητηρίων συστημάτων μέσω ελεγχόμενων ηλεκτρονικών μετατροπών ισχύος– Εφαρμογές στη βιομηχανία και τα μέσα μεταφοράς*. Ενέργεια: σημερινή εικόνα – Σχεδιασμός – Προοπτικές, ΤΕΕ, 8-10/03/2010: Αθήνα

Α. Τριτσώνης, Πτυχιακή εργασία, «*Αισθητήρες κίνησης και μετατόπισης*», Αθήνα, 2012

Άρθρο στην Ηλεκτρονική Εφημερίδα Σύγχρονη Τεχνική Επιθεώρηση

Ενέργεια, Περιβάλλον & Κτίριο, Κατάρτιση Ενεργειακών Επιθεωρητών – Εκπαιδευτικό Υλικό, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, Αθήνα, Ιούνιος 2011

Επιστημονικές επιχειρήσεις ΕΠΕ

Ι. Ψαρράς, Κ. Δ. Πατλιτζιάνας, *Σημειώσεις «Διαχείρισης Ενέργειας και Περιβαλλοντικής Πολιτικής»*, Εκδόσεις ΕΜΠ, Αθήνα 2006

Inhabitat.com INTERACTIVE “LIVING GLASS” Regulates Air Quality

Κ. Hanly, « *Costs, advantages and disadvantages of smart homes* », 2017.

ΚΕΝΤΡΟ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΚΑΙ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ, ΚΑΠΕ

Π. Μαριόλας, Πανεπιστήμιο Πειραιώς «*Συστήματα έξυπνων σπιτιών ψηφιακός έλεγχος, διαχείριση και υποστηρικτικές τεχνολογίες οικημάτων και κτηρίων*», 2016.

Σ. Γιακουμάκης, *Μέθοδοι Ελέγχου των Διαρροών στα Δίκτυα Ύδρευσης*. Τομέας Εγγειοβελτιωτικών Έργων και Διαχείρισης Υδατικών Πόρων, ΣΑΤΜ, ΕΜΠ, 2008

Σ. Δ. Περδίο, *Ενεργειακή Επιθεώρηση Κτιρίων Και Βιομηχανιών*, ΤεΚΔΟΤΙΚΗ, Αθήνα, 2006

Σύστημα Έξυπνης Άρδευσης, άρθρο του Κ. Δεληγιάννη στην εφημερίδα Καθημερινή, 02-03-2013. Περιλαμβάνεται συνέντευξη του Χ. Παναγιώτου, καθηγητή στο ερευνητικό κέντρο «Κοίος», ο οποίος συμμετείχε στο πρόγραμμα Waterbee.

Φ. Β. Τοπαλής, Λάμπρος Οικονόμου, Σταυρούλα Κουρτέση, *Φωτοτεχνία*, Εκδόσεις Τζιόλας, 2012

Χ. Σ. Τζανετοπούλου, Διπλωματική εργασία «*Έξυπνο Σπίτι με χρήση του Προτύπου Konnex και Εξοικονόμηση Ενέργειας*», Αθήνα, Ιούλιος 2010.