



Πανεπιστήμιο Μακεδονίας
ΔΠΜΣ Πληροφοριακά Συστήματα
Μάθημα: Δίκτυα Υπολογιστών
Καθηγητής Α.Α. Οικονομίδης

University of Macedonia
Master in Information Systems
Course: Computer Networks
Professor A.A. Economides

Παρουσίαση Αισθητήρων και Δικτύων για Έξυπνα Σπίτια

Presentation of Sensors and Networks for Smart Homes

Παπάζογλου Χρήστος - Σκλήρης Κωνσταντίνος - Χαρίση Γεωργία

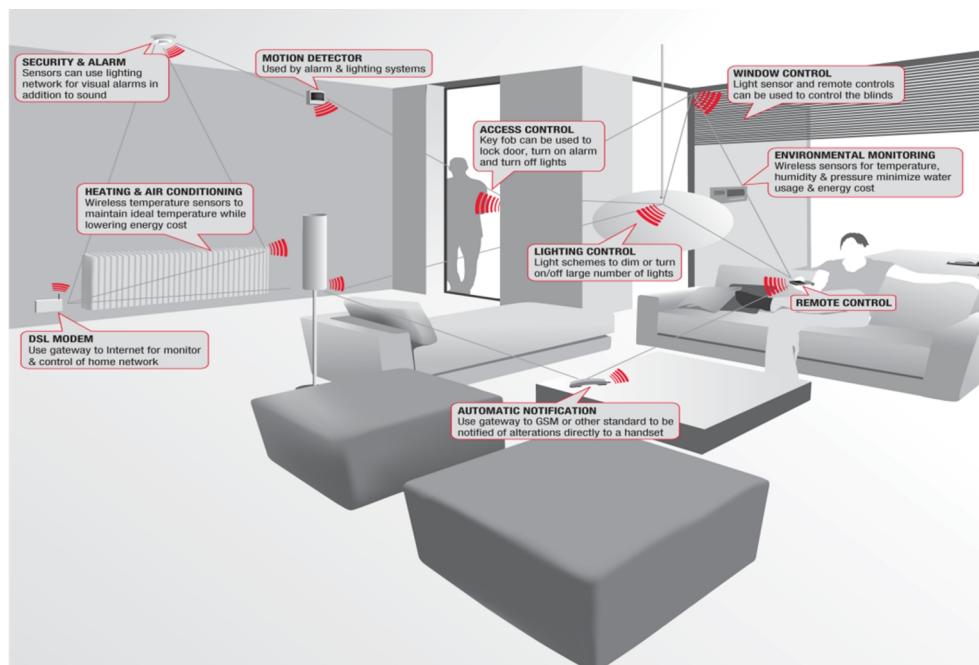
Θεσσαλονίκη 2016

Περίληψη

Η ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας και της μικροηλεκτρονικής τα τελευταία χρόνια, είχε ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη των ασύρματων δικτύων αισθητήρων. Ένας από τους τομείς, στον οποίο βρίσκουν ευρεία εφαρμογή αυτά τα δίκτυα είναι και το Έξυπνο Σπίτι (Smart Home). Τα έξυπνα σπίτια ενσωματώνουν διάφορες ηλεκτρονικές και τεχνολογικές καινοτομίες, οι οποίες έχουν σχεδιαστεί με στόχο τον έλεγχο και τον αυτοματισμό των διάφορων λειτουργιών ενός σπιτιού. Για την επίτευξη αυτού του στόχου είναι απαραίτητη η δημιουργία ενός δικτύου που θα περιλαμβάνει τις ηλεκτρικές συσκευές του σπιτιού καθώς και αισθητήρων που θα ελέγχουν τη λειτουργία των συσκευών. Υπάρχουν αρκετά ασύρματα πρωτόκολλα επικοινωνίας με τα οποία μπορεί να γίνει η δικτύωση του έξυπνου σπιτιού. Κάποια από τα πιο διαδεδομένα είναι τα Bluetooth, Wi-Fi και ZigBee.

Abstract

The rapid development of technology and microelectronics in the past years, led in the development of Wireless Sensor Networks. One of the areas, where these networks are being widely applied is the Smart Home. Smart homes integrate various electronic and technological innovations which are designed to control and automate the various functions of a home. In order to achieve this, it is necessary to create a network that includes the electrical home appliances and the sensors that control the operation of the appliances. There are several wireless protocols which can be used to create the network of a smart home. Some of the most common are Bluetooth, Wi-Fi and ZigBee.



Εικόνα 1. Τμήμα έξυπνου σπιτιού.

Παρουσίαση Θέματος

Το Internet of Thing (IoT) είναι το επόμενο βήμα στην εξέλιξη των ασύρματων δικτύων, των “Big Data” και των συνδεδεμένων συσκευών. Για παράδειγμα αισθητήρες που ολοένα και συρρικνώνονται σε μέγεθος και μετακινούνται από τα Smartphones σε άλλα αντικείμενα καθημερινής χρήσης. Οι αναλυτές προβλέπουν πως το «IoT» θα διπλασιαστεί σε μέγεθος με σχεδόν 50 δισεκατομμύρια αισθητήρες μέχρι το 2020.

Ένα αποτέλεσμα της ευρείας αυτής εξέλιξης των αισθητήρων και των δικτύων ήταν και η εμφάνιση του Έξυπνου Σπιτιού (Smart Home). Το Έξυπνο Σπίτι χρησιμοποιεί ένα ευρύ φάσμα τεχνολογικών εφαρμογών, όπως τις ασύρματες επικοινωνίες, τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές αλλά και την καλωδίωση του σπιτιού με στόχο να ενώσει όλες τις ηλεκτρικές συσκευές του σπιτιού σε ένα ενιαίο δίκτυο. Με αυτό τον τρόπο η διαχείριση του σπιτιού και των υπηρεσιών του γίνεται πιο εύκολα, ενώ παράλληλα υπάρχει και συνεχής ροή πληροφοριών διατηρώντας έτσι την επαφή του σπιτιού με τον έξω κόσμο.

Γίνεται πλέον πιο άνετη η καθημερινότητα των ανθρώπων καθώς μπορούν πολύ εύκολα να διαχειριστούν το καθημερινό τους πρόγραμμα, να εξασφαλίσουν υψηλής ποιότητας διαβίωση καθώς και να εξοικονομήσουν χρήματα με την χρήση συσκευών χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας που λειτουργούν μέσα στο έξυπνο σπίτι.

1. Πρωτόκολλα ασύρματης δικτύωσης για τα δίκτυα αισθητήρων έξυπνου σπιτιού

Κατά καιρούς έχουν αναπτυχθεί αρκετά πρωτόκολλα ασύρματης δικτύωσης για τα δίκτυα αισθητήρων και για την επικοινωνία των κόμβων – αισθητήρων μεταξύ τους. Τα σημαντικότερα πρωτόκολλα που έχουν αναπτυχθεί και έχουν βρει εφαρμογή στην δικτύωση ενός έξυπνου σπιτιού είναι τα *Bluetooth*, *Wi-Fi* και *ZigBee*. Στη συνέχεια κάνουμε μια σύντομη αναφορά στα χαρακτηριστικά κάθε πρωτοκόλλου και στο επόμενο κεφάλαιο θα συγκρίνουμε αυτά τα χαρακτηριστικά, αναφέροντας τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του κάθε πρωτοκόλλου.

1.1 Πρωτόκολλο Bluetooth

Το Bluetooth, είναι ένα βιομηχανικό πρότυπο για ασύρματα προσωπικά δίκτυα υπολογιστών (WPAN, Wireless Personal Area Networks) που βασίζεται στο πρωτόκολλο IEEE 802.15. Πρόκειται για ασύρματη τηλεπικοινωνιακή τεχνολογία μικρών αποστάσεων, που μπορεί να μεταδώσει σήματα σε ψηφιακές διατάξεις, παρέχοντας προ-τυποποιημένη ασύρματη επικοινωνία ανάμεσα σε PDAs, κινητά τηλέφωνα, φορητούς υπολογιστές, προσωπικούς υπολογιστές, καθώς και ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές και κάμερες. Αποτελεί μια ασφαλή, μικρής εμβέλειας, οικονομική και παγκοσμίως διαθέσιμη τεχνολογία (*Chatschik Bisdikian, 2001*).

Το Bluetooth αποτελεί παγκόσμιο πρότυπο που (*Wayne Staab, Steve Armstrong, 2013*):

- αντικαθιστά τα καλώδια μεταξύ των στάσιμων και κινητών συσκευών
- διευκολύνει τη μετάδοση δεδομένων και φωνής
- προσφέρει τη δυνατότητα χρήσης των ομότιμων δικτύων (ad-hoc networks) και επιδίδει συγχρονισμό (synchronicity) μεταξύ όλων των προσωπικών συσκευών

1.1.1 Οι προδιαγραφές του Bluetooth

Οι προδιαγραφές του Bluetooth καθορίζουν μίας βραχείας εμβέλειας (περίπου 10m) ή προαιρετικά μίας μεσαίας εμβέλειας (περίπου 100 m) ασύρματη ζεύξη, ικανή για μετάδοση φωνής και δεδομένων με μέγιστη ταχύτητα τα 720 kbps ανά κανάλι (*Bluetooth SIG, Inc, 2005, Specification of the Bluetooth system: Core & Profiles*).

Το Bluetooth λειτουργεί στη μη αδειοδοτημένη φασματική ζώνη (ISM ζώνη) των 2.4 GHz ώστε οι συσκευές που το έχουν ενσωματωμένο να μπορούν να λειτουργούν απρόσκοπτα σε οποιοδήποτε σημείο του πλανήτη.

Για να περιοριστούν στο ελάχιστο οι παρεμβολές από παρεμφερείς συσκευές, το Bluetooth υλοποιεί αμφίδρομη επικοινωνία χρησιμοποιώντας τη μέθοδο μετάδοσης με διασπορά φάσματος Frequency Hopping (έως και 1600 εναλλαγές συχνότητας ανά δευτερόλεπτο). Για τη μετάδοση δεδομένων, το Bluetooth διαμοιράζει τα δεδομένα σε πακέτα και μεταδίδει κάθε πακέτο μέσα από ένα από τα 79 διακριτά κανάλια του, εύρους 1 MHz έκαστο.

Το Bluetooth επιτρέπει τις απευθείας συνδέσεις από συσκευή προς συσκευή (point-to-point) καθώς και την ταυτόχρονη σύνδεση έως και 7 συσκευών με τη χρήση μιας μοναδικής συχνότητας (*James Kardach, 1999*).

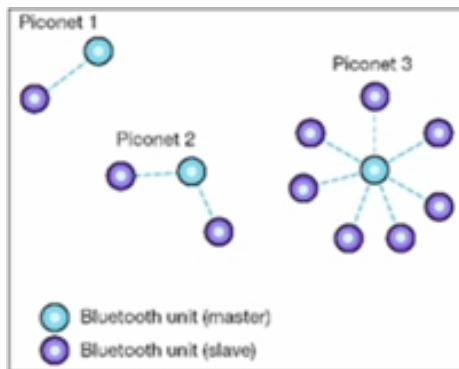
Η έξοδος της ραδιοσυχνότητας RF, λαμβάνει τις τιμές :

Power Class	Max Output Power	Range
Class 1	100 mW	100 meters+
Class 2	2.5 mW	10 meters
Class 3	1 mW	1 meter

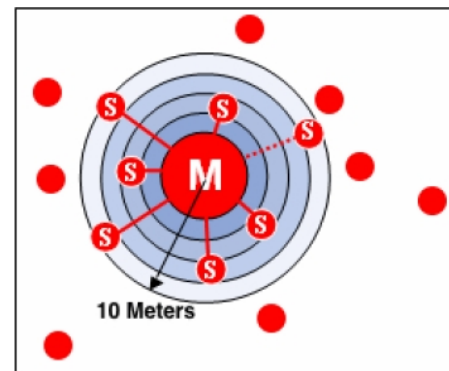
1.1.2 Βασική Δομή δικτύου Bluetooth

Όταν οποιαδήποτε συσκευή Bluetooth βρεθεί εντός της εμβέλειας μίας άλλης συσκευής, δημιουργείται το ομότιμο δίκτυο ad-hoc με συνδεσμολογία από σημείο σε σημείο (point-to-point) ή/και σημείου με πολλαπλά σημεία (point-to-multipoint). Οι συσκευές μπορούν να συνδέονται ή να αποσυνδέονται από το δίκτυο δυναμικά (*Wayne Staab, Steve Armstrong, 2013*).

Η βασική δομική μονάδα ενός δικτύου Bluetooth είναι το piconet (**Εικόνα 2**). Κάθε δίκτυο Piconet έχει μία συσκευή Master και μπορεί να μοιράζεται κανάλια ασύγχρονης επικοινωνίας με περισσότερες από 7 ταυτόχρονα ενεργές συσκευές Slave. Επίσης, μπορεί να υποστηρίξει μέχρι 255 συσκευές slaves σε κατάσταση αναμονής (**Εικόνα 3**).



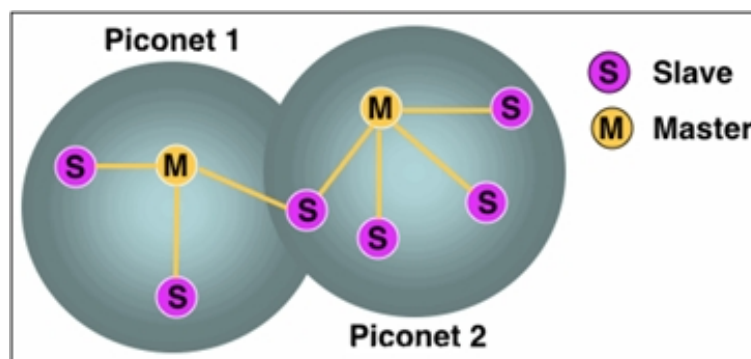
Εικόνα 2. Βασική μονάδα δικτύου Bluetooth.



Εικόνα 3. Δίκτυο Piconet.

Όλες οι συσκευές slave ακολουθούν τη συχνότητα μεταπήδησης των συσκευών master (*Piconets, Retrieved from <http://www.cyprus-technology.net>*).

Οι συσκευές slaves είναι δυνατόν να συμμετέχουν σε διαφορετικά Piconets και μία συσκευή master ενός Piconet μπορεί να γίνει slave σε μία άλλη, καταλήγοντας σε κάτι γνωστό που είναι γνωστό ως Scatternet (**Εικόνα 4**).



Εικόνα 4. Scatternet.

Η σύνδεση των κόμβων μπορεί να γίνει με δυο τύπους συνδέσεων (*Chatschik Bisdikian, 2001*):

1. **Σύγχρονες συνδέσεις** (SCO, Synchronous Connection Oriented links): Τα πακέτα σχεδιάζονται για τη μετάδοση σε υποδοχές συγκεκριμένου χρόνου με ρυθμό μετάδοσης δεδομένων 64kb/s και δεν αναμεταδίδονται .
2. **Ασύγχρονες συνδέσεις** (ACL, Asynchronous Connectionless links): Τα πακέτα πληροφοριών έχουν ρυθμό μετάδοσης 724 kb/s και αναμεταδίδονται έως ότου παραληφθούν σωστά.

1.2 Πρωτόκολλο Wi-Fi

Η τεχνολογία Wi-Fi (*Andrew S. Tanenbaum, David J. Wetherall, 2012*) βασίζεται στο πρωτόκολλο IEEE 802.11, που αφορά WLANs (wireless local area network) και έχει στόχο να επεκτείνει το 802.3 (Ethernet, το συνηθέστερο πρωτόκολλο ενσύρματης δικτύωσης υπολογιστών) στην ασύρματη περιοχή. Τα πρότυπα 802.11 b/g/n εκπέμπουν σε συχνότητες 2.4 GHz. Συνήθεις εφαρμογές του είναι η ασύρματη σύνδεση στο Διαδίκτυο και η ασύρματη μετάδοση δεδομένων. Με την εξάπλωση του Wi-Fi παρουσιάστηκε μια νέα μέθοδος πρόσβασης στο Διαδίκτυο, στην οποία μια συσκευή με εξοπλισμό ασύρματης δικτύωσης έχει τη δυνατότητα να συνδεθεί στο Διαδίκτυο εφόσον βρίσκεται εντός της κάλυψης ασύρματου δικτύου, το οποίο είναι ήδη συνδεδεμένο στο Διαδίκτυο.

Η τεχνολογία Wi-Fi επιτρέπει τη σύνδεση συσκευών μεταξύ τους, τη σύνδεση μιας συσκευής με ένα τοπικό δίκτυο και άλλες συσκευές και στη συνέχεια, μέσω αυτών, στο Διαδίκτυο. Οι ασύρματοι σταθμοί και το σημείο πρόσβασης, προκειμένου να επικοινωνήσουν χρησιμοποιούν το ίδιο κανάλι , μια κοινή ραδιοσυχνότητα. Έτσι για να είναι δυνατή η ασύρματη επικοινωνία χρειάζεται ένα πρωτόκολλο που να καθορίζει τον τρόπο χρησιμοποίησης του μοναδικού καναλιού, από πολλούς χρήστες. Χωρίς την παρουσία παρόμοιου μηχανισμού αξιόπιστη ασύρματη μετάδοση δεν θα ήταν δυνατή, αφού η εκπομπή του ενός θα έπεφτε πάνω στην εκπομπή των άλλων.

Το Wi-Fi υποστηρίζει δύο τρόπους λειτουργίας:

- 1) **Τον ισότιμο τρόπο**, όπου όλες οι συσκευές (κόμβοι) είναι ισότιμες και η πρόσβαση στο κοινό μέσο ρυθμίζεται από ένα πρωτόκολλο που είναι καταναμημένο (πχ το CSMA, Carrier sense multiple access), έτσι λειτουργούν τα ad hoc WLAN.
- 2) **Με κεντρικό σημείο πρόσβασης** κάποιον κεντρικό κόμβο του τοπικού δικτύου ο οποίος αναλαμβάνει τον έλεγχο της πρόσβασης στο κοινό μέσο και δρα ως αμφίδρομος επαναλήπτης. Αυτού του είδους τα δίκτυα ονομάζονται δομημένα.

1.2.1 Ασφάλεια Wi-Fi

Η ασφάλεια αποτελεί τον πρώτο λόγο για τον οποίο πολλοί αποφεύγουν τη χρήση ασύρματων τοπικών δικτύων. Με τον όρο ασφάλεια αναφερόμαστε σε τέσσερις θεμελιώδεις διαδικασίες (*Finneran Michael, 2008*):

- **Αυθεντικοποίηση (Authentication):** η διαδικασία κατά την οποία η πρόσβαση σε ένα δίκτυο επιτρέπεται μόνο στους προβλεπόμενους χρήστες του.
- **Ιδιωτικότητα (Privacy):** η διαδικασία κατά την οποία βεβαιωνόμαστε πως κάθε πληροφορία που κυκλοφορεί στο δίκτυο, μπορεί να ανταλλάσσεται μόνο μεταξύ των προβλεπόμενων αποστολέων και παραληπτών.
- **Μη απάρνηση (Non-repudiation):** η σιγουριά ότι οποιοδήποτε μήνυμα που λαμβάνουμε, αποστάλθηκε από την προβλεπόμενη πηγή, χωρίς να έχει υποστεί τροποποίηση.
- **Διαθεσιμότητα (Availability):** παρέχει προστασία από επιθέσεις, ιούς, worms και γενικά οτιδήποτε θα μπορούσε να θέσει το δίκτυο εκτός χρήσης ή να διαταράξει την κανονική λειτουργία του.

Τύποι ασφάλειας:

	Περιγραφή	Κρυπτογράφηση	Αυθεντικοποίηση
Wired Equivalent Privacy (WEP)	WEP	40 ή 104 bit RC4	Προμοιρασμένο κλειδί
	Dynamic WEP	40 ή 104 bit RC4	802.1x με διαμοιρασμό των κλειδιών συνόδου
	VPN/VLAN	168 bit 3DES	802.1x
WiFi Protected Access (WPA)	Ενδιάμεση λύση από την WiFi Alliance	128 bit RC4 με TKIP	Personal: προμοιρασμένο κλειδί που καθορίστηκε από τον χρήστη
			Enterprise: 802.1x με διαμοιρασμό κλειδιού
802.11i/WPA2	Πρότυπο της IEEE	AES	Personal: προμοιρασμένο κλειδί που καθορίστηκε από τον χρήστη
			Enterprise: 802.1x με διαμοιρασμό κλειδιού

1.3 Πρωτόκολλο Zigbee

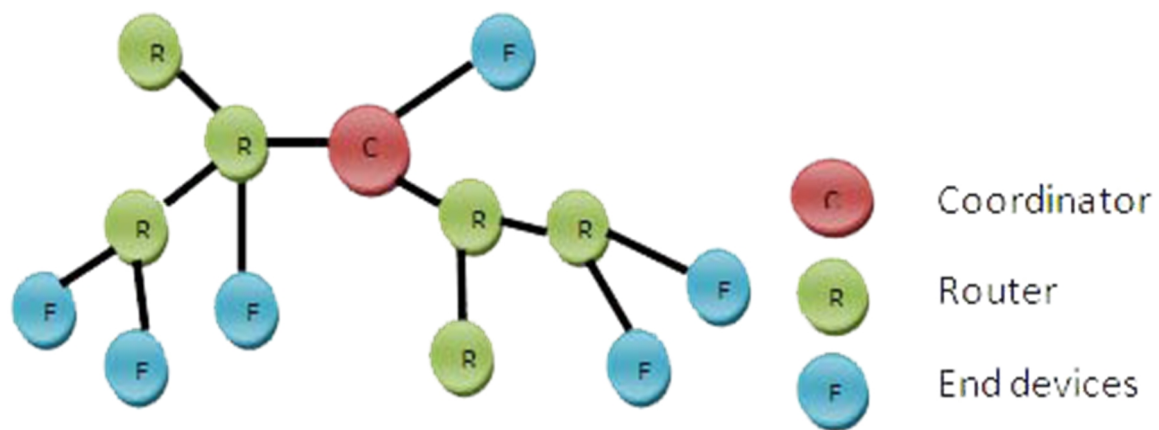
Το ZigBee είναι ένα πρωτόκολλο ασύρματης επικοινωνίας για δίκτυα χαμηλού ρυθμού μετάδοσης δεδομένων και μικρής εμβέλειας (retrieved from <http://www.ARM.com>). Τα δίκτυα που βασίζονται στο ZigBee εκπέμπουν σε 3 συχνότητες. Στα 868MHz, 915 MHz και 2,4GHz. Ο μέγιστος ρυθμός μετάδοσης δεδομένων είναι 250 Kbits/sec. Το ZigBee βρίσκει εφαρμογή κυρίως σε συσκευές που λειτουργούν με μπαταρίες όπου ο χαμηλός ρυθμός μετάδοσης, το χαμηλό κόστος και η μεγάλη διάρκεια ζωής της μπαταρίας είναι βασικές απαιτήσεις (Shahin Farahani, 2008).

Μερικά από τα χαρακτηριστικά του ZigBee είναι (Jin Cheng and Thomas Kunz, 2009):

- Χαμηλή κατανάλωση ενέργειας με στόχο τη μεγαλύτερη διάρκεια ζωής της μπαταρίας της συσκευής.
- Χαμηλός ρυθμός μεταφοράς δεδομένων (250 Kbits/sec)
- Μικρή εμβέλεια, αρκετή για να καλύψει τις ανάγκες ενός σπιτιού.
- Χαμηλό κόστος, σαν αποτέλεσμα του χαμηλού ρυθμού μετάδοσης και της απλότητας του πρωτοκόλλου.
- Υποστηρίζει μέχρι 65535 συσκευές ανά δίκτυο.
- Αυτό-διαμορφώσιμο δίκτυο με αξιόπιστη μεταφορά δεδομένων.
- Υποστηρίζει πολλαπλές τοπολογίες δικτύου.

1.3.1 Τύποι συσκευών σε δίκτυο ZigBee

Υπάρχουν 3 κατηγορίες συσκευών σε ένα δίκτυο Zigbee (Nisha Ashok Somani and Yask Patel, 2012). Ο Συντονιστής (Coordinator), ο Δρομολογητής (Router) και οι Τελικοί Κόμβοι (End Devices).



Εικόνα 5. Μορφή Δικτύου ZigBee.

1. **Συντονιστής:** Είναι υπεύθυνος για τη δημιουργία της διακλάδωσης του δικτύου καθώς και για πιθανή σύνδεση με άλλα δίκτυα. Υπάρχει μόνο ένας σε κάθε δίκτυο. Επιπλέον επιλέγει τη συχνότητα εκπομπής του δικτύου και αποθηκεύει πληροφορίες σχετικά με το δίκτυο όπως τα κλειδιά ασφαλείας.

2. **Δρομολογητής:** Οι δρομολογητές λειτουργούν σαν ενδιάμεσοι κόμβοι του δικτύου αναμεταδίδοντας δεδομένα από άλλες συσκευές. Μπορούν να συνδεθούν σε ήδη υπάρχοντα δίκτυα αλλά και να δεχτούν νέες συνδέσεις βοηθώντας έτσι στην εξάπλωση του δικτύου.

3. **Τελικοί Κόμβοι:** Είναι είτε συσκευές χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας είτε συσκευές που λειτουργούν με μπαταρία. Συγκεντρώνουν πληροφορίες από τους αισθητήρες και μπορούν να επικοινωνούν με τους συντονιστές και τους δρομολογητές αλλά όχι και να αναμεταδίδουν δεδομένα από άλλες συσκευές. Δεν είναι απαραίτητο να είναι συνέχεια σε λειτουργία, σε αντίθεση με τις άλλες δύο κατηγορίες. Κάθε κόμβος μπορεί να υποστηρίξει μέχρι 240 συνδέσεις στην ίδια συχνότητα.

2. Σύγκριση Bluetooth, Wi-Fi, ZigBee

Comparison of Wireless Standards			
Wireless Parameter	Bluetooth	Wi-Fi	ZigBee
Frequency band	2.4 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz
Physical/MAC layers	IEEE 802.15.1	IEEE 802.11b	IEEE 802.15.4
Range	9 m	75 to 90 m	Indoors: up to 30 m Outdoors (line of sight): up to 100 m
Current consumption	60 mA (Tx mode)	400 mA (Tx mode) 20 mA (Standby mode)	25-35 mA (Tx mode) 3 μ A (Standby mode)
Raw data rate	1 Mbps	11 Mbps	250 Kbps
Protocol stack size	250 KB	1 MB	32 KB 4 KB (for limited function end devices)
Typical network join time	>3 sec	variable, 1 sec typically	30 ms typically
Interference avoidance method	FHSS (frequency-hopping spread spectrum)	DSSS (direct-sequence spread spectrum)	DSSS (direct-sequence spread spectrum)
Minimum quiet bandwidth required	15 MHz (dynamic)	22 MHz (static)	3 MHz (static)
Maximum number of nodes per network	7	32 per access point	64 K
Number of channels	19	13	16

Εικόνα 6: Σύγκριση Bluetooth, Wi-Fi, ZigBee

Παρακάτω αναφέρουμε τους λόγους για τους οποίους το πρότυπο ZigBee αποτελεί την πρώτη επιλογή σε εφαρμογές IoT και ειδικά σε εφαρμογές έξυπνων σπιτιών (*Ankur Tomar, 2011*).

Σχετικά με το κόστος, οι αισθητήρες ZigBee είναι πολύ πιο οικονομικοί σε σχέση με αισθητήρες αντίστοιχων προτύπων (Wi-Fi, Bluetooth). Συγκεκριμένα το κόστος μπορεί να είναι έως και 400% μικρότερο.

Όσο αφορά τη ταχύτητα μετάδοσης το ZigBee είναι το πιο αργό με 250kbps τη στιγμή που το Wi-Fi αγγίζει τα 11Mbps. Παρόλα αυτά οι διαφορές στις ταχύτητες δεν είναι εμφανείς καθώς δεν μιλάμε για μετάδοση αρχείων (πχ εικόνες – βίντεο) αλλά για μετάδοση σημάτων.

Επίσης η επιλογή ZigBee έχει μικρότερη κατανάλωση ρεύματος στην λειτουργία. Ένας αισθητήρας ZigBee καταναλώνει 30 μ A, ένας Bluetooth 170 μ A και ένας Wi-Fi έως και 350 μ A. Έτσι μπορούμε να πετύχουμε μακροβιότερες μπαταρίες χωρίς να χρειάζεται η συχνή αντικατάσταση τους και κατά συνέπεια απρόσκοπτη λειτουργία του αισθητήρα.

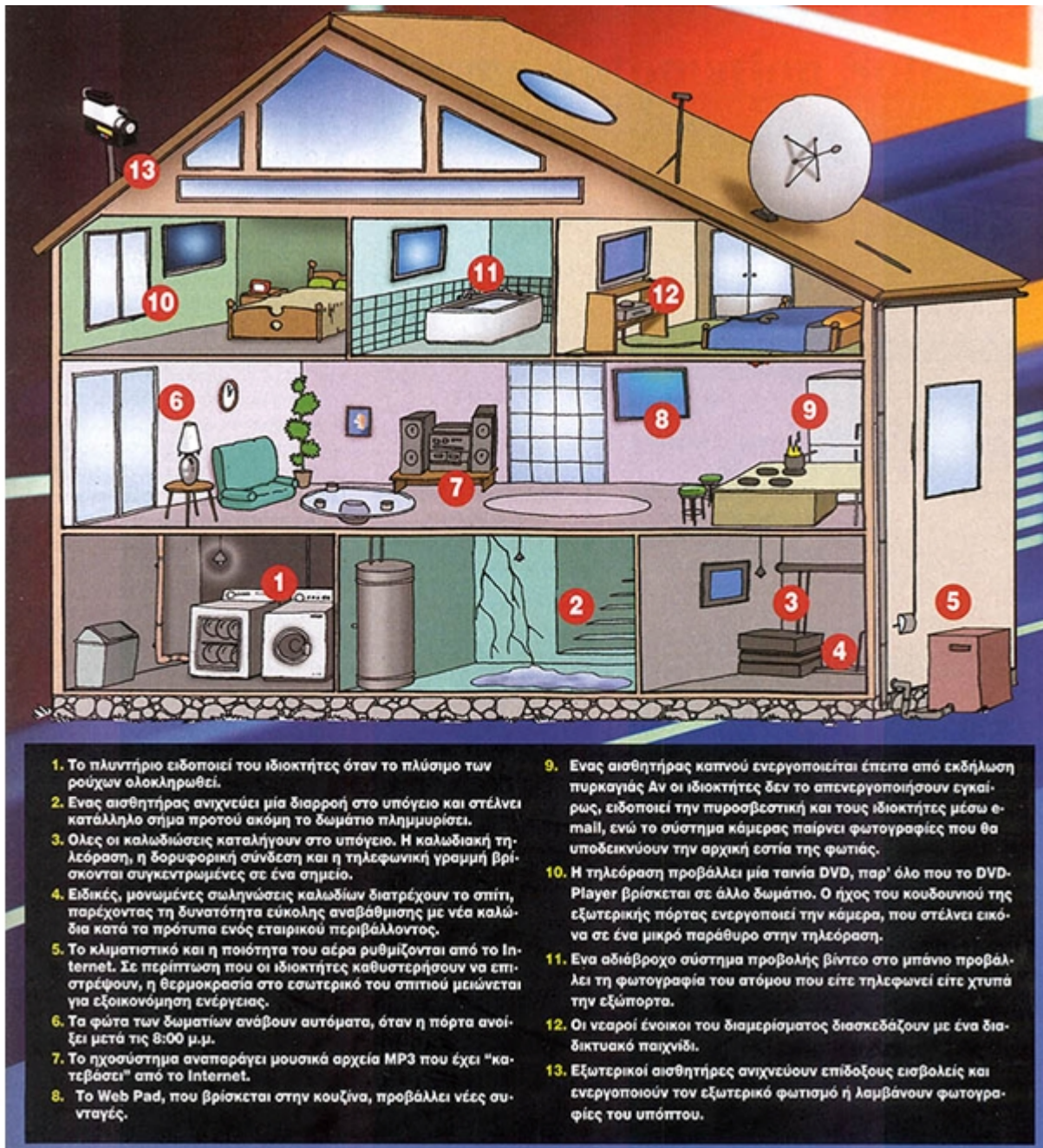
Τέλος τα δίκτυα ZigBee μπορούν να διαχειριστούν περισσότερους κόμβους. Με το μέγιστο αριθμό να φτάνει τους 254 κόμβους.

3. Αισθητήρες και εφαρμογές σε «Έξυπνα Σπίτια»

3.1 Ενδεικτικά παραδείγματα συσκευών αισθητήρων και τερματικών σταθμών:

Συσκευή Δικτύωσης	Τεχνολογία			Ρόλος	
	BlueTooth	Wi-Fi	ZigBee	Router	Sensor
Sunny Beam	✓			✓	
Flux Bluetooth LED light bulbs	✓				✓
Best Smart Speaker	✓				✓
Nordic-powered Bluetooth Smart controllers	✓			✓	
Dexatek SA-7113 Qube	✓			✓	
D-Link Water Sensor		✓			✓
D-Link Motion Sensor		✓			✓
D-Link Smart Plug		✓			✓
D-Link Audio Extender		✓		✓	
E – Dreams Z41 Lite		✓		✓	
WeMo Switch + Motion Kit		✓			✓
RemoteLock 6000i WiFi Door Lock		✓			✓
Ecobee Smart Wi-Fi Thermostat		✓			✓
Proteus DX Wi-Fi door sensor		✓			✓
Proteus AMBIO temperature and humidity		✓			✓
Smoke & Carbon Monoxide Alarm		✓			✓
The Luminode		✓			✓
Automated Craft Beer Home Brewery		✓			✓
The Pearl Thermostat			✓		✓
PIR Motion Detector			✓		✓
WS-15ZBS ZigBee water sensor			✓		✓
Carbon Monoxide Detector			✓		✓
Room Sensor			✓		✓
Load Control power measurement			✓	✓	
Window Sensor			✓		✓
Water Leak Sensor			✓		✓
Area Controller			✓	✓	
Jasmine 993			✓	✓	
LG Smart Bulb			✓		✓
Kwikset SmartCode			✓		✓
ZigBee HA Wireless Switch			✓		✓
Z-Stack Home			✓	✓	
Firefighter Smoke Listener			✓		✓
ZLL Remote			✓	✓	
CEIVA Share IHD			✓	✓	

Στην παρακάτω εικόνα μπορούμε να δούμε πως με τη χρήση ορισμένων από τους παραπάνω αισθητήρες μπορούμε να έχουμε μία ολοκληρωμένη δικτύωση από αισθητήρες σε μία κατοικία.



Εικόνα 7. Ολοκληρωμένο Έξυπνο Σπίτι.

Μπορούμε εύκολα να ομαδοποιήσουμε τους παραπάνω αισθητήρες σε 4 ομάδες:

- 1) Ασφάλειας (κάμερες, αισθητήρες κίνησης, διαρροές, πυρασφάλεια κλπ)
- 2) Δουλειές του σπιτιού (πλυντήριο, μαγείρεμα κλπ)
- 3) Ψυχαγωγίας
- 4) Άνεσης (θερμοκρασία, φωτισμός κλπ)

3.2 Συσκευές και αισθητήρες για Smart Home

3.2.1 E – Dreams Z41 Lite.



Εικόνα 8. E – Dreams Z41 Lite.

Έγχρωμη οθόνη αφής χωρητικής τεχνολογίας 4,1" που επιτρέπει κεντρικό έλεγχο στο δίκτυο.

(<http://www.e-dreams.gr/catalogue/smarthome-beginners/>)

Η οθόνη μπορεί να συνδεθεί με τις παρακάτω συσκευές:

- Θερμοστάτη για έλεγχο θέρμανσης ή ψύξης με εξοικονόμηση ενέργειας έως 30%.
- Ενεργειακό μετρητή ρεύματος με γραφήματα και ιστορικό ημέρας, εβδομάδας, μήνα.
- Ανιχνευτή κίνησης και φωτισμού.
- Αισθητήρα θερμοκρασίας περιβάλλοντος ή ζεστού νερού χρήσης.
- Χρονοδιακόπτες/εντολές φωτισμού, ηλεκτρικής αντίστασης θερμοσίφωνα/boiler, διαχείριση ενεργοβόρων φορτίων.
- Χρονοδιακόπτη ποτίσματος.
- Αυτόματη αλλαγή ρυθμίσεων θερμοστατών (εβδομαδιαίος προγραμματισμός).
- Σύνδεση με οποιονδήποτε συναγερμό.

Τέτοιου είδους οθόνες λειτουργούν σαν τερματικοί σταθμοί. Έχουν ενσωματωμένους αισθητήρες ενώ μπορούν να επεκταθούν και με εξωτερικούς είτε για να καλύψουν περισσότερους χώρους είτε γιατί δεν υπάρχουν προ-εγκατεστημένοι. Επίσης υπάρχει η δυνατότητα για διαφορετικού είδους σύνδεση (ασύρματη – ενσύρματη) με τους απομακρυσμένους αισθητήρες,

Επίσης μπορεί να αποτελέσει μία ολοκληρωμένη λύση για τον έλεγχο όλων των αισθητήρων σε ένα σπίτι και να δημιουργήσει πύλη επικοινωνίας μέσω Internet για απομακρυσμένο έλεγχο μέσω Smart Phone και υπολογιστή.

3.2.2 WeMo Switch + Motion Kit



Το πακέτο περιλαμβάνει:

- WeMo Switch
- WeMo Motion
- Quick Install Guide

Εικόνα 9. WeMo Switch + Motion Kit.

Το WeMo Switch and WeMo Motion Kit της Belkin (<http://www.belkin.com/au/p/P-F5Z0340-APL/>) μας δίνει τη δυνατότητα ασύρματου ελέγχου των ηλεκτρικών συσκευών του σπιτιού, ενεργοποιώντας και απενεργοποιώντας τες όταν εντοπίζει κάποια κίνηση. Ο αισθητήρας (Motion Kit) τοποθετείται σε κάποια πρίζα και μπορεί να εντοπίσει κίνηση μέχρι και σε 3 μέτρα απόσταση. Μόλις συμβεί αυτό θα στείλει σήμα (μέσω δικτύου Wi-Fi) στο διακόπτη (Switch) και αυτός θα ενεργοποιήσει ή απενεργοποιήσει την ελεγχόμενη συσκευή. Με τη βοήθεια της αντίστοιχης εφαρμογής στο smartphone μπορούμε να προγραμματίσουμε τα φώτα να ανάβουν όταν μπαίνουμε σπίτι και να σβήνουν όταν φεύγουμε ή μια καφετιέρα να ετοιμάσει καφέ μόλις σηκωθούμε απ' το κρεβάτι, και πολλές άλλες λειτουργίες.



Εικόνα 10. Εφαρμογή WeMo Switch.

Το WeMo kit είναι επεκτάσιμο, επιτρέποντάς μας να ελέγχουμε όσο μεγάλο ή μικρό μέρος του σπιτιού επιθυμούμε, απλά προσθέτοντας διακόπτες στις συσκευές που θέλουμε να ελέγξουμε.

Επιπλέον, πολλοί διακόπτες μπορούν να συνδεθούν σε έναν αισθητήρα ελέγχοντας ταυτόχρονα πολλές συσκευές. Με αυτό τον τρόπο έχουμε τη δυνατότητα να αξιοποιήσουμε υπάρχουσες ηλεκτρικές συσκευές και να τις κάνουμε “έξυπνες”.

Επί της ουσίας οι συσκευές επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω Wi-Fi και παράλληλα δημιουργούν μια επιπλέον σύνδεση Wi-Fi με το Modem/Router του σπιτιού ώστε να επιτευχθεί η επικοινωνία με τον υπολογιστή ή και το κινητό όταν βρισκόμαστε εκτός σπιτιού.

3.2.3 RemoteLock 6000i WiFi Door Lock



Εικόνα 11. RemoteLock 6000i WiFi Door Lock.

Το RemoteLock ACS (<http://remotelock.com/products/remotelockacs/>) είναι ένα σύστημα ελέγχου βασισμένο σε cloud-computing εφαρμογή που περιέχει κλειδαριές με ενσωματωμένο Wi-Fi προσφέροντας μια ολοκληρωμένη λύση προστασίας. Χρησιμοποιώντας το αντίστοιχο περιβάλλον και εκμεταλλευόμενοι το Wi-Fi της κάθε κλειδαριάς μπορούμε να ελέγξουμε όλες της πόρτες ενός «Έξυπνου Σπιτιού», τόσο τις εξωτερικές όσο και τις εσωτερικές, μέσω της online εφαρμογής.



Εικόνα 12. Interface του RemoteLock ACS.

Κάθε κλειδαριά μπορεί να ανοίξει με τρεις τρόπους (http://demo.lockstate.com/_product/remotelock-6000i-wifi-door-lock/). Με τη χρήση της online εφαρμογής, την χρήση κωδικού (υποστηρίζει μέχρι 200 μόνιμους κωδικούς) και με κλειδί. Υπάρχει η δυνατότητα δημιουργίας προσωρινών κωδικών (μέχρι 10) για επισκέπτες, με συγκεκριμένη ημερομηνία λήξης, μέσω υπολογιστή ή κινητού. Επιπλέον, υπάρχει η δυνατότητα αποστολής ειδοποιήσεων κάθε φορά που ανοίγει η πόρτα ενημερώνοντας τον ιδιοκτήτη ποιος και πότε την χρησιμοποίησε, ενώ κρατάει και ιστορικό προσβάσεων.

Λειτουργεί με μπαταρία γεγονός που κάνει πιο εύκολη την εγκατάστασή της αφού δεν χρειάζεται επιπλέον καλωδίωση. Γίνεται απλά αντικατάσταση της προϋπάρχουσας παραδοσιακής κλειδαριάς.

3.2.4 Ecobee Smart Wi-Fi Thermostat

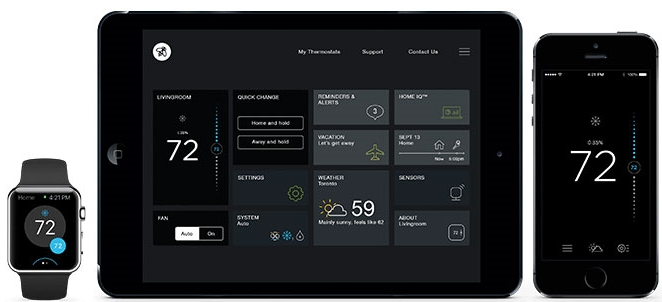


Εικόνα 13. Ecobee Smart Wi-Fi Thermostat.

Όλοι οι παραδοσιακοί θερμοστάτες ρυθμίζουν την θερμοκρασία του σπιτιού ανάλογα με την θερμοκρασία του δωματίου στο οποίο είναι τοποθετημένοι. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα το μόνο δωμάτιο που πραγματικά έχει την θερμοκρασία που επιθυμούμε να είναι αυτό με το θερμοστάτη ενώ όλα τα υπόλοιπα έχουν διαφορετική.

Το πρόβλημα αυτό λύνεται με τη χρήση των έξυπνων θερμοστατών όπως ο Ecobee Smart Wi-Fi Thermostat (<https://www.ecobee.com/ecobee3-wireless-remote-sensors/>). Οι ασύρματοι αισθητήρες (ecobee Remote Sensors) μετράνε τη θερμοκρασία σε κάθε δωμάτιο, ενώ παράλληλα ελέγχουν και την παρουσία ανθρώπων σε αυτό, και επικοινωνώντας μέσω Wi-Fi με το θερμοστάτη ρυθμίζουν ανάλογα κάθε φορά τη θερμοκρασία.

Ο έλεγχος του θερμοστάτη μπορεί επίσης να γίνει, με την αντίστοιχη εφαρμογή, από το κινητό, το tablet ή και τον υπολογιστή. Κάθε θερμοστάτης υποστηρίζει μέχρι και 32 ασύρματους αισθητήρες.



Εικόνα 14. Έλεγχος θερμοστάτη από διαφορετικές συσκευές.

Μέσω της εφαρμογής δίνεται επίσης η δυνατότητα προβολής πληροφοριών από τον κάθε αισθητήρα ξεχωριστά, όπως τρέχουσα και επιθυμητή θερμοκρασία δωματίου, καθώς επίσης και προβολή της πρόβλεψης του καιρού για τις επόμενες 4 μέρες.

(www.smarthome.com/ecobee-eb-state3-01ecobee3-smart-wi-fi-thermostat.html).

4. Συμπεράσματα

Η ραγδαία εξέλιξη των M2M (Machine-to-Machine) επικοινωνιών και του IoT (Internet of Things) δίνει νέες διαστάσεις στην αλληλεπίδραση του ανθρώπου με την κατοικία του καθώς παρέχεται η δυνατότητα απομακρυσμένου ελέγχου των έξυπνων οικιακών συσκευών του και της συνολικής κατάστασης της κατοικίας. Αποτελεί γεγονός πως τα σύγχρονα συστήματα που εφαρμόζονται στις έξυπνες κατοικίες, εξασφαλίζουν για τους ενοίκους πάρα πολλές διευκολύνσεις και δημιουργούν προοπτικές που σχετίζονται με την ασφάλεια, την αξιοπιστία και τη βελτίωση κάθε τομέα της ζωής του ανθρώπου.

Ας αναλογιστούμε τα οφέλη που αποκομίζουμε για το βιοτικό μας επίπεδο από την κατοχή ενός έξυπνου σπιτιού:

- 1) Αισθητήρες που ανάλογα με την εξωτερική θερμοκρασία, την βραχυπρόθεσμη πρόγνωση καιρού, το πλήθος των ενοίκων μια δεδομένη στιγμή, να ρυθμίζει αυτόματα την θερμοκρασία, την υγρασία αλλά και την πίεση ιδανικά σε όλη την κατοικία με βάση τη χρήση του κάθε δωματίου.
- 2) Αισθητήρες που ρυθμίζουν το φωτισμό σε όλη την κατοικία ανάλογα το χώρο, την ώρα αλλά και τη διάθεση μια δεδομένη στιγμή των ενοίκων, στοιχεία που μπορούν να βρεθούν από άλλους αισθητήρες όπως ποιες ηλεκτρικές συσκευές είναι ανοιχτές (πχ ηλεκτρική κουζίνα, τηλεόραση κ.α.) αλλά και παραγόμενου θορύβου.
- 3) Αισθητήρες στο οικιακό δίκτυο του ρεύματος, νερού, φυσικού αερίου και πετρελαίου που θα μας ενημερώνουν σε πρώτο στάδιο για τις καταναλώσεις αλλά επιπλέον παρέχουν και τη δυνατότητα για αυτοματοποιημένες διαδικασίες με στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας.
- 4) Αισθητήρες που θα ασφαλίζουν το σπίτι είτε ενισχύοντας το κύκλωμα συναγερμού με αισθητήρες σε πόρτες παράθυρα ακόμα και με κάμερες και αισθητήρες κίνησης, παρέχοντας τη δυνατότητα για απομακρυσμένο έλεγχο, είτε ασφαλίζοντας συγκεκριμένους χώρους εντός του σπιτιού (πχ ένα ντουλάπι) .
- 5) Αισθητήρες που προστατεύουν το σπίτι από καταστροφές. Για παράδειγμα στο μπάνιο από διαρροή νερού, στην κουζίνα ανιχνευτής φωτιάς, ακόμα και αισθητήρα ανέμου ώστε να κλείνουν αυτόματα τα παντζούρια και να μαζεύει η τέντα για να προφυλαχθούν.
- 6) Αισθητήρες που θα μας ενημερώνουν για την έλλειψη τροφίμων από τα ντουλάπια και το ψυγείο, παρέχοντας και τη δυνατότητα της αυτόματης παραγγελίας και αναπλήρωσης τους. Ακόμα και την παρασκευή φαγητού από μία ηλεκτρική κουζίνα που την έχουμε ενεργοποιήσει από τη δουλειά και ελέγχουμε από το Smartphone τη διαδικασία.

Προφανώς τα παραδείγματα είναι αμέτρητα και ο καθένας μας μπορεί να σκεφτεί άπειρους τρόπους με τους οποίους το δικό του έξυπνο σπίτι μπορεί να βελτιώσει σημαντικά το βιοτικό του επίπεδο.

Σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν, το πλέον κατάλληλο πρωτόκολλο για υπηρεσίες ελέγχου και διαχείρισης οικιακών συσκευών είναι το ZigBee (IEEE 802.15.4) λόγω της

εξοικονόμησης ενέργειας που προσφέρει παρά το χαμηλό ρυθμό μετάδοσης, ο οποίος ωστόσο επαρκεί για τις μικρές απαιτήσεις των υπηρεσιών που προαναφέρθηκαν.

Η ευκολία, η απομακρυσμένη πρόσβαση, η άνεση και ο προσωπικός έλεγχος επί του οικιακού περιβάλλοντος αποτελούν τους κυριότερους τομείς όπου θα πρέπει να αναζητηθούν τα πλεονεκτήματα της συγκεκριμένης τεχνολογίας. Η συντήρηση, η εξυπηρέτηση των τηλεπικοινωνιών, η κεντρική διαχείριση όλων των οικιακών συσκευών και η ασφάλεια είναι ορισμένοι επιπρόσθετοι λόγοι, για τους οποίους οι καταναλωτές θα προθυμοποιούνταν να ξοδέψουν ένα σημαντικό χρηματικό ποσό για τη μετατροπή ή εξαρχής κατασκευή του ιδανικού έξυπνου σπιτιού τους. Όμως, για τη δημιουργία της ανάλογης αγοράς και την καθολική αποδοχή της τεχνολογίας από τους τελικούς αγοραστές, σημαντικό ρόλο διαδραματίζουν τόσο η ανάγκη για τα οφέλη που προσφέρει όσο και τα οικονομικά δεδομένα αλλά και οι εκάστοτε κοινωνικές επιρροές.

5. Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Παρά το πολύ μικρό κόστος των αισθητήρων, οι υλοποιήσεις τους έχουν ακόμα υψηλή τιμή. Έτσι μπορεί η δαπάνη για τη μετατροπή ενός συμβατικού σπιτιού σε ένα έξυπνο σπίτι να κοστίζει από μερικές χιλιάδες ευρώ μέχρι και εκατομμύρια.

Οι προσδοκίες και οι προβλέψεις γύρω από την πλήρη καθιέρωση του έξυπνου σπιτιού στην αγορά είναι αισιόδοξες καθώς τα τελευταία χρόνια έχει υπάρξει τεράστια τεχνολογική πρόοδος στο χώρο. Ωστόσο, υπάρχει ακόμα δρόμος μέχρι τη μέρα που θα μπορεί ο καθένας από μας να καθίσει και να απολαύσει το δικό του έξυπνο σπίτι. Μέσα από τη μαζική παραγωγή του απαραίτητου εξοπλισμού αλλά και τη συνεχή τεχνολογική πρόοδο μπορεί το συνολικό κόστος να περιοριστεί.

Υπάρχει ανάγκη για ασφάλεια και υψηλό εύρος ζώνης (απομακρυσμένη παρακολούθηση). Το πρωτόκολλο που ικανοποιεί καλύτερα και τις δύο αυτές απαιτήσεις είναι το Wi-Fi (IEEE 802.11 b/g/n), ενώ το Bluetooth φαίνεται να χάνει συνεχώς έδαφος λόγω του χαμηλού ρυθμού μετάδοσης δεδομένων που προσφέρει και της μικρότερης περιοχής κάλυψης που επιτυγχάνει.

Ακόμα υπάρχουν πολλά κενά ασφαλείας που μπορούν να έχουν καταστροφικά αποτελέσματα. Ας σκεφτούμε τις συνέπειες που θα έχουμε αν μέσω ενός κακόβουλου λογισμικού το καλοκαίρι που είμαστε διακοπές ανοίξει η θέρμανση και όλες οι βρύσες. Να σκεφτούμε τι μπορεί να γίνει αν κάποιος παρακολουθεί τις προσωπικές μας στιγμές από τις κάμερες που εμείς οι ίδιοι βάλαμε για την “ασφάλεια” μας.

Από όλα τα παραπάνω γεννιέται ένα ερώτημα. “Το έξυπνο σπίτι καλύπτει εντέλει τις ανάγκες μας για μία καλύτερη ζωή ή μήπως καλλιεργεί τις συνθήκες για την δημιουργία νέων αναγκών;”

Βιβλιογραφία

Chatschik Bisdikian (2001). An Overview of the Bluetooth Wireless Technology. *IBM Research Division*.

Wayne Staab, Steve Armstrong (2013). Bluetooth 101 - Part I. Retrieved from <http://hearinghealthmatters.org/waynesworld/2013/bluetooth-101-part/>

Wayne Staab, Steve Armstrong (2013). Bluetooth 101 - Part III. Retrieved from <http://hearinghealthmatters.org/waynesworld/2013/bluetooth-101-part-iii/>

Specification of the Bluetooth system: Core & Profiles (2005). *Errata Service Release to Bluetooth Specification*.

James Kardach (1998). Bluetooth Architecture Overview. *Intel Corporation*

Piconets (2014) Retrieved from <http://www.cyprus-technology.net/2014/08/piconets.html>

Andrew S. Tanenbaum, David J. Wetherall (2012). Δίκτυα υπολογιστών, *Εκδόσεις Κλειδάριθμος*.

Denis Bakin (2007). Evolution of 802.11 physical layer. Retrieved from <https://www.okob.net/texts/mydocuments/80211physlayer/>

IEEE 802.11 Retrieved May 4, 2016 from https://el.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11

Finneran Michael (2008). Voice Over WLANs the complete guide. *Newnes*.

ZigBee Protocol Retrieved May 3, 2016 from <http://www.ARM.com>

Shahin Farahani (2008). ZigBee Wireless Networks and Transceivers. *Elsevier Ltd*.

Nisha Ashok Somani and Yask Patel (2012). Zigbee: A low power wireless Technology for industrial applications, *International Journal of Control Theory and Computer Modelling (IJCTCM) Vol.2, No.3*.

Jin Cheng and Thomas Kunz (2009). Technical Report SCE-09-10. *Carleton University, Systems and Computer Engineering*.

Ankur Tomar (2011). Introduction to Zigbee technology. *Global Technology Centre Volume 1*.

E – Dreams Z41 Lite Specifications Retrieved May 14, 2016 from <http://www.e-dreams.gr/catalogue/smarthome-beginners/>

WeMo Switch + Motion Kit Specifications Retrieved May 14, 2016 from <http://www.belkin.com/au/p/P-F5Z0340-APL/>

RemoteLock ACS Specifications Retrieved May 14, 2016 from <http://remotelock.com/products/remotelockacs/>

RemoteLock 6000i WiFi Door Lock Specifications Retrieved May 14, 2016 from
http://demo.lockstate.com/_product/remotelock-6000i-wifi-door-lock/

Ecobee Smart Wi-Fi Thermostat Specifications Retrieved May 14, 2016 from
<https://www.ecobee.com/ecobee3-wireless-remote-sensors/>