



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ**

**UNIVERSITY OF MACEDONIA**

**ΔΠΜΣ Πληροφοριακά Συστήματα  
Δίκτυα Υπολογιστών**

**Master Information Systems  
Computer Networks**

**Καθηγητής: Α.Α. Οικονομίδης**

**Professor: A.A. Economides**

## **Real cases of sensor networks for smart buildings**

**Αληθινές περιπτώσεις δικτύων αισθητήρων για «έξυπνα» κτίρια**



**Φοιτητές/Students:**

**Γερασίμου Αντώνιος (MIS16012)**

**Γιαλαμάς Γεώργιος (MIS16033)**

**Δημόπουλος Πέτρος (MIS16002)**

**ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ / THESSALONIKI**

**Μάιος 2016**

## Περίληψη

Τι είναι τα έξυπνα κτίρια; Θα μπορούσαμε να τα παρομοιάσουμε με έναν σύνθετο ζωντανό οργανισμό, το νευρικό σύστημα του οποίου αποτελείται διάφορα δίκτυα ανταλλαγής πληροφοριών που επεκτείνονται σε όλα τα τμήματά του, χρησιμοποιώντας πληροφορική τεχνολογία τελευταίας γενιάς. Το σύνολο λοιπόν των υποσυστημάτων που βοηθούν την πιο αποτελεσματική και παραγωγική λειτουργία ενός κτιρίου. Ο όρος ξεπερνά το φράγμα των στοιχειωδών λειτουργιών, όπως διαχείριση φωτισμού, διατήρηση εσωτερικής θερμοκρασίας και επεκτείνεται σε πλήρως αυτοματοποιημένες διαδικασίες για όλες τις εκφάνσεις της δραστηριότητας του κτιρίου, οι οποίες στις περισσότερες περιπτώσεις μπορούν να χειρίζονται εξ αποστάσεως. Κτίρια τα οποία μπορεί να μειονεκτούν κάποιες φορές σε θέματα μοντέρνου αρχιτεκτονικού σχεδιασμού, αναπληρώνουν όμως με την άμεση ανταπόκριση και προσαρμογή τους σε οποιοσδήποτε εσωτερικές η εξωτερικές συνθήκες και τη φιλικότητά τους προς το περιβάλλον.

Το κλειδί για την απρόσκοπτη λειτουργία ενός έξυπνου κτιρίου είναι η ενσωμάτωση των επιμέρους συστημάτων – δικτύων (διαχείρισης φωτισμού, ενέργειας, θέρμανσης, ψύξης, νερού, πυρασφάλειας) σε ένα ενιαίο σύστημα διαχείρισης όλων αυτών των δικτύων αισθητήρων που λειτουργεί προληπτικά (proactively) και αντιδραστικά (reactively) στις εκάστοτε συνθήκες και ερεθίσματα.

## Abstract

What is the definition of a smart building? We can describe it as a complex living organism whose neural system is associated with many different networks (sub-systems) that exchange information expanding in all its departments, using state of the art information technology. As a whole, all these sub-systems help in managing and providing the most efficient and cost reduced operation of the unit (building). The term smart building in nowadays goes far beyond the basic operating functions, such as lighting management, air conditioning, and expands to a fully automated system, capable of managing the sum of operations in the building and even being able to be controlled remotely. Buildings that may lack in modern architectural design, however make up for it by being highly responsive and adaptive to internal and external conditions and by being eco friendly at the same time.

The key to the seamless operation of a smart building as a unit, is the integration of its numerous sub and sensor network systems under a unified operations management platform that acts both proactively and reactively to any condition and stimulation.

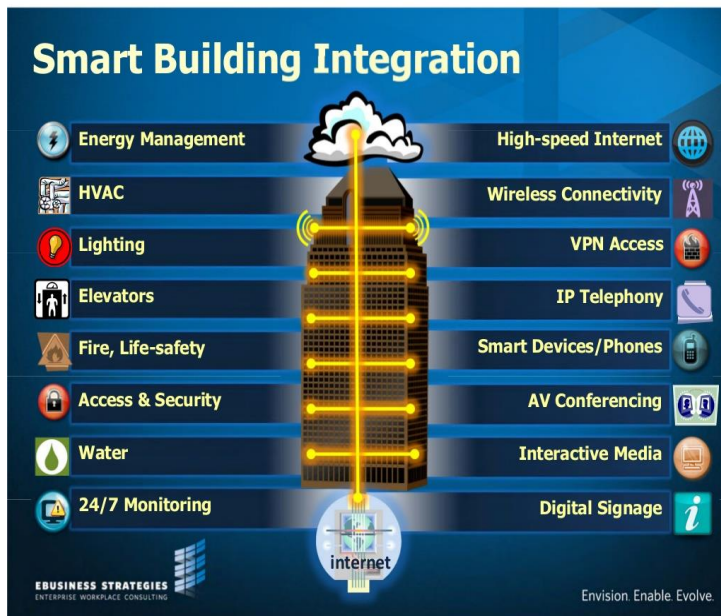
## Παρουσίαση θέματος – Ορισμός smart building

Ένα έξυπνο κτίριο είναι ένας χώρος που βελτιστοποιεί την απόδοση, την άνεση, την ασφάλεια, την ενεργειακή διαχείριση και πολλούς ακόμη τομείς, μέσω της συλλογής και ανάλυσης δεδομένων. Σε ένα έξυπνο κτίριο η τεχνολογία, οι τηλεπικοινωνίες, η ενέργεια και άλλα συστήματα είναι συνδεδεμένα κατά τέτοιο τρόπο, που καθιστά δυνατή την ενδοεπικοινωνία και τον έλεγχο αυτών μέσω του λεγόμενου συστήματος διαχείρισης του κτιρίου (Building Management System, εφεξής BMS) (Jim Sinoroli, 2013). Όπως ανέφερε χαρακτηριστικά ο καθηγητής Jeremy Watson (2013) σε μια συνάντηση της Royal Academy of Engineering: «*Smart is about the building beginning to anticipate your needs – it is about living in a machine that cares about you*».

Μέσω των BMS επιτυγχάνεται η οπτικοποίηση και ο έλεγχος των διαφόρων συστημάτων του κτιρίου, όπως το σύστημα θέρμανσης, εξαερισμού και ψύξης (HVAC), το σύστημα φωτισμού καθώς και του συνόλου των συστημάτων ασφαλείας (πυρασφάλεια (fire), ανελκυστήρες (elevators), ασφάλεια κτιρίου (security – safety)). Διαθέτουν ειδικά διαμορφωμένα Interfaces μέσω των οποίων πραγματοποιείται ο προγραμματισμός όλων των προαναφερθέντων συστημάτων, η συντήρησή τους (μέσω της καταχώρισης maintain set-points), η δημιουργία προειδοποιήσεων (alerts) που προκαλούνται από έκτακτες - μη φυσιολογικές καταστάσεις (π.χ. περιπτώσεις πυρκαγιάς) καθώς και η αυτοματοποιημένη εκτέλεση διαφόρων λειτουργιών σύμφωνα με έναν προγραμματιζόμενο – «λογικό» ελεγκτή (Programmable logic controller – PLC). Το σύνολο των παραπάνω εργασιών επιτυγχάνεται μέσω της συγκέντρωσης, επεξεργασίας και αποθήκευσης των δεδομένων που προκύπτουν από τα διάφορα real-time data points (Gidon Ben-Zvi, 2016). Αξίζει να σημειωθεί σε αυτό το σημείο ότι ένα πλήρες λειτουργικό «έξυπνο» κτίριο προϋποθέτει τον απόλυτο συνδυασμό της τεχνολογίας του Internet of Things με αυτή των Big Data, όπου το πρώτο μέσω των αισθητήρων και του Internet δημιουργεί και συγκεντρώνει τα δεδομένα, τα μεταβιβάζει στον σωστό παραλήπτη (μονάδα επεξεργασίας – Processing Unit) όπου εκεί πραγματοποιείται η μοντελοποίηση και επεξεργασία τους προκειμένου να παρθεί η σωστή απόφαση. Ενδεικτικό του μεγέθους των Big Data και του Cloud Based Software αναφορικά με τα «έξυπνα» κτίρια είναι η εκτίμηση της Memoori Smart Buildings Research όπου προβλέπει την αύξηση της εν λόγω αγοράς στα 30 δισεκατομμύρια μέχρι το 2020, οπότε και υπολογίζεται ότι θα συνδέονται μέσω internet περίπου 50 δισεκατομμύρια συσκευές (Nikhita Reddy Gade, Nishanth Reddy Gade & G. J. Ugander Reddy, 2016).

Τα τελευταία 25 χρόνια, η βιομηχανία των συστημάτων αυτοματισμού κτιρίου (Building Automation Systems, εφεξής BAS), έχει επικεντρωθεί στη επίτευξη της πλήρους συνδεσιμότητας των διαφορετικών κτιριακών υπηρεσιών. Αυτό επιτεύχθηκε με τη βοήθεια του Internet Of things [εφεξής: IoT], το οποίο στοχεύει στην ψηφιοποίηση (digitization) της κοινωνίας και της οικονομίας. Με το IoT δημιουργείται ένα ενιαίο δίκτυο αντικειμένων (sensors, actuators, computer devices, digital machines etc) καθένα από τα οποία αποκτά μια μοναδική διεύθυνση IP (Memoori, 2015). Δίνεται έτσι η δυνατότητα ενοποίησης των συστημάτων και συσκευών ενός κτιρίου καθώς και της απομακρυσμένης πρόσβασης, ελέγχου και διαχείρισης αυτών μέσω διαφόρων εφαρμογών (applications). Με τη συλλογή δεδομένων από το παραπάνω ενιαίο δίκτυο, την αποθήκευσή τους μέσω διαφόρων συστημάτων (όπως π.χ. Cloud) αλλά και την ανάλογη επεξεργασία τους,

βελτιστοποιείται και αυτοματοποιείται πλήρως η απόδοση των κτιρίων, ενώ επωφελείται η οικονομία και η εργασία, καθώς, σύμφωνα με πρόσφατη έρευνα της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, η εμπορική αξία του IoT στην Ευρωπαϊκή Ένωση αναμένεται να ξεπεράσει το ένα τρις ευρώ το 2020 (European Commission, IoT, 2016).



Τα συνήθη συστήματα αυτοματισμού των έξυπνων κτιρίων είναι: HVAC [=heating, ventilation, air condition], φωτισμού, ανεκυστήρων, πυρασφάλειας, ασφάλειας ζωής, πρόσβασης, ελέγχου κατανάλωσης νερού και 24ωρης παρακολούθησης (εικόνα από [http://www.slideshare.net/\\_bob\\_sawhill/smart-bldgs-intelligentsolutionsv11b](http://www.slideshare.net/_bob_sawhill/smart-bldgs-intelligentsolutionsv11b)).

*Τα επιμέρους συστήματα διαχείρισης ενός έξυπνου κτιρίου*

Τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων (Wireless Sensor Network, εφεξής WSN) χρησιμοποιούνται στα συστήματα αυτοματισμού των smart buildings. Ένα WSN αποτελείται βασικά από τρία στοιχεία: α) από μία μονάδα αισθητήρα που κάνει τις μετρήσεις, β) μια μονάδα υπολογιστή που επεξεργάζεται τα δεδομένα και γ) μια μονάδα επικοινωνίας που χρησιμεύει για την επικοινωνία μεταξύ των ασύρματων κόμβων. Σε πολλές περιπτώσεις τα WSN ενσωματώνουν και διάφορους ενεργοποιητές (actuators) ειδικά προορισμένους στο σκοπό του συστήματος, σχηματίζοντας έτσι τα Wireless Sensor and Actuator Networks (εφεξής WSAN) (Stojkoska, Avramova, Chatzimisios, 2014). Τα συστήματα BAS συνδέονται συνήθως μεταξύ τους με τα λεγόμενα ιδιόκτητα πρωτόκολλα επικοινωνίας, όπως LonWorks, Building Automation and Control Network (BACnet) ή KNX. Τα πρωτόκολλα αυτά έχουν χρησιμοποιηθεί για να καλύψουν όλα τα συστήματα αυτοματισμού των κτιρίων, συμπεριλαμβανομένων των HVAC, φωτισμού και συναγερμού (Han, Lee, Crespi, IEEE Vol.10, 2014).



Wireless Technologies				
	ZigBee	Bluetooth	Wi-Fi	Proprietary
<b>Standard</b>	IEEE 802.15.4	IEEE 802.15.1	IEEE 802.11	Proprietary
<b>Organization</b>	ZigBee Alliance	Bluetooth SIG	Wi-Fi Alliance	N/A
<b>Topology</b>	Mesh, Star, Tree	Star	Star	P2P, Star, Mesh
<b>RF Frequency</b>	868/915 MHz 2.4 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz, 5.8GHz	433/868/900 MHz
<b>Data Rate</b>	250 kbits/s	723 kbits/s	11-105 Mbits/s	10- 250 kbits/s
<b>Range</b>	10-300 m	10 m	10-100 m	10-70 m
<b>Power</b>	Very Low	Low	High	Very Low
<b>Battery Life</b>	Months - Years	Days - Weeks	Hours	Months - Years
<b>Application Focus</b>	Monitoring & Control	Cable Replacement	Web, Email, Video	Niche Mission Critical
<b>Key Verticals</b>	Building Automation, Commercial & Industrial	Health & Fitness	Residential & Commercial	Oil & Gas

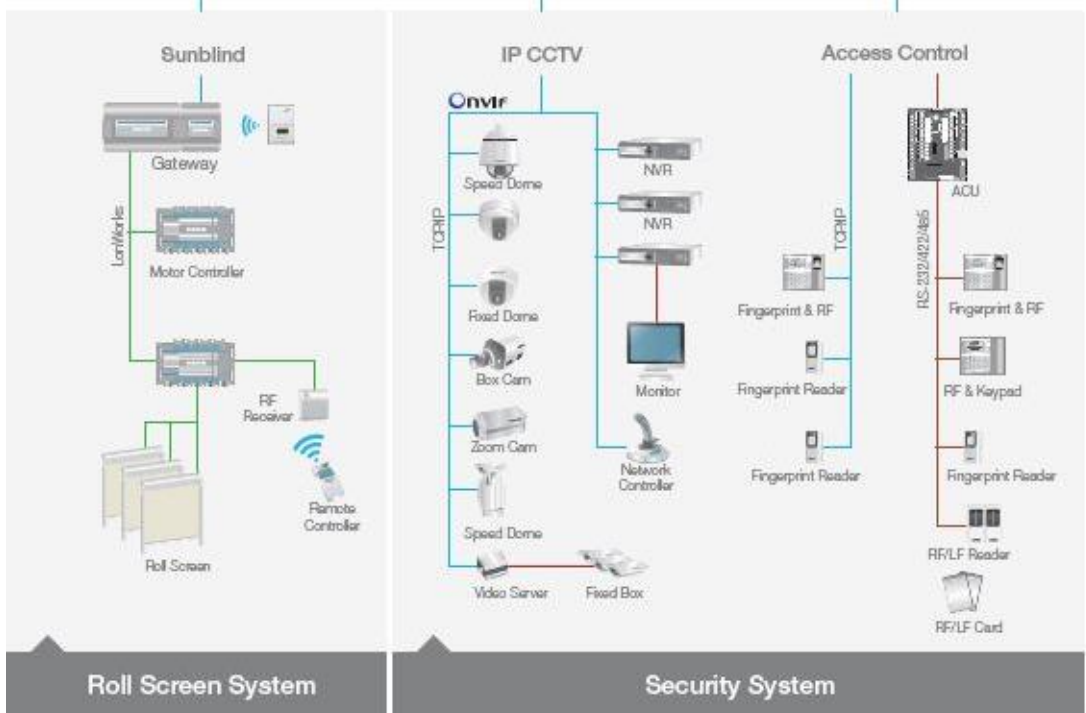
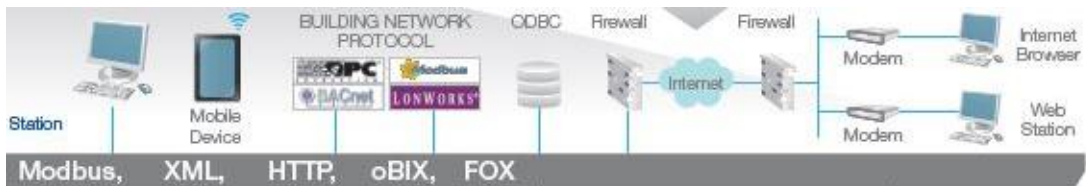
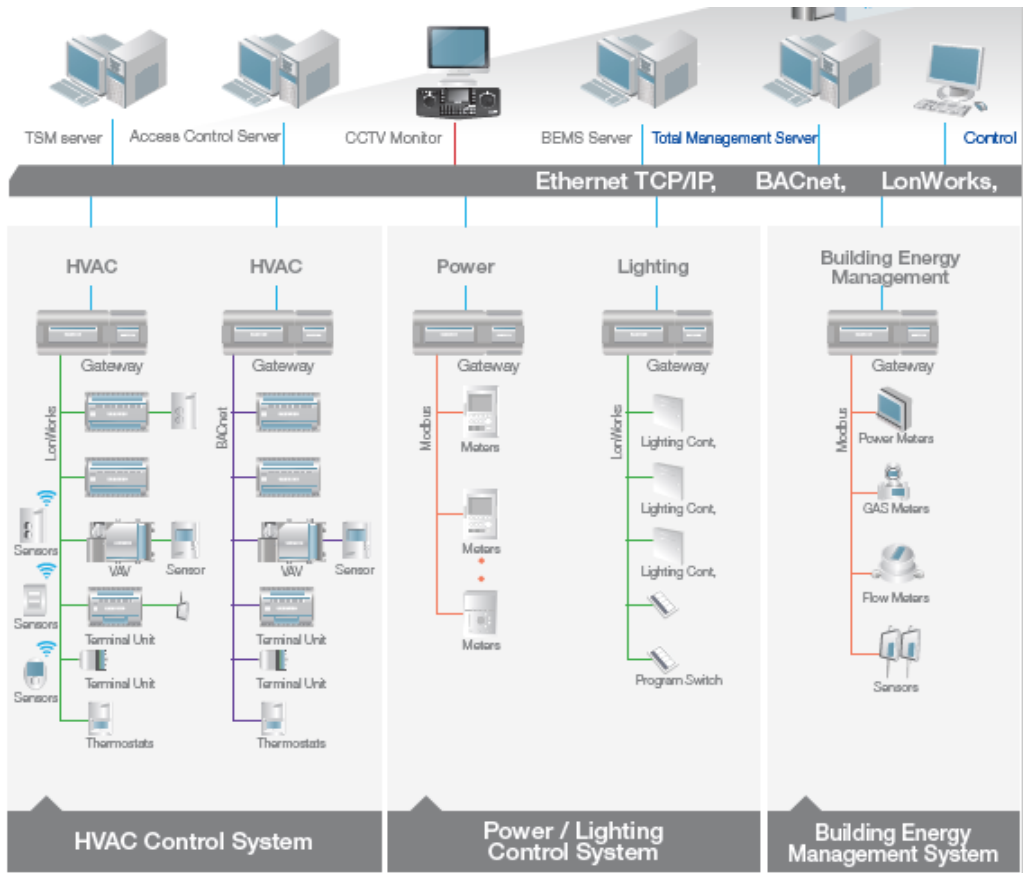
Περαιτέρω, οι πρωταρχικές ασύρματες τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται στα συστήματα ελέγχου των κτιρίων περιλαμβάνουν: Bluetooth, Wi-Fi, ZigBee and Ιδιόκτητες Τεχνολογίες (Proprietary technologies) και απεικονίζονται στο διπλανό πίνακα (Sachin Anhare, Daintree blog, 2015).

Η πλειοψηφία των δικτύων BAS αποτελούνται από κύριους και δευτερεύοντες αγωγούς δεδομένων, που συνδέουν τους ελεγκτές υψηλού και χαμηλού επιπέδου μεταξύ τους, τις συσκευές εισόδου/εξόδου και τις interfaces. Πχ τα ανοιχτά πρωτόκολλα επικοινωνίας BACnet και LonTalk χρησιμεύουν για την αλληλεπίδραση αυτών των συσκευών. Το KNX είναι ένα τυποποιημένο OSI-based πρωτόκολλο επικοινωνίας του δικτύου των αυτοματοποιημένων συστημάτων. Τα ανοιχτά πρωτόκολλα επικοινωνίας X-10, X-AP και X-PL βρίσκουν εφαρμογή κυρίως σε οικιακά συστήματα αυτοματισμού. Στη συνέχεια παρατίθεται πίνακας με τα κυριότερα πρωτόκολλα/πρότυπα και τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται στα επιμέρους BAS (Wikipedia, Building Automation τελευταία τροποποίηση 29/4/2016).

	Πρωτόκολλα/Πρότυπα	Τεχνολογίες
Energy management	KNX	TCP/IP, WiFi
HVAC	BACnet, KNX, LonTalk	ZigBee
Lighting	BACnet, C-Bus, Digital Addressable Lighting Interface (DALI), Digital Serial Interface (DSI), KNX, LonTalk	IEEE 1621
Elevators	KNX	IEEE 1621
Fire safety	KNX	Wi-Fi,
Access & security	KNX	TCP/IP
Water	KNX	
24/7 monitoring	KNX	TCP/IP
Wireless connectivity		Wi-Fi, BT, ZigBee
IP telephony		IEEE 1621, TCP/IP
Smart devices/phones		BT, Wifi
Interactive media		Wi-Fi, BT, ZigBee
Digital signage		TCP/IP, BT, Modbus

Χαρακτηριστικό παράδειγμα της αρχιτεκτονικής, συνδεσιμότητας αλλά και του τρόπου επικοινωνίας μεταξύ των ολοκληρωμένων συστημάτων - συσκευών ενός έξυπνου κτιρίου μας παρουσιάζει η εταιρεία Samsung στους 2 ακόλουθους πίνακες (no date):





## Αληθινές περιπτώσεις «έξυπνων κτιρίων» ανά τον κόσμο

### 1. Microsoft smart campus



*Microsoft Smart Campus in Redmond, Seattle*

Η Microsoft χρησιμοποιούσε μέχρι πρόσφατα ανομοιομορφο BMS για μπορέσει να διαχειριστεί περίπου 30.000 συσκευές που διέθεταν μεν αισθητήρες αλλά δεν ήταν συνδεδεμένες σε ένα ενιαίο δίκτυο, με αποτέλεσμα να υπάρχει δυσαρμονία στη μετάδοση και λήψη των δεδομένων. Για το λόγο αυτό, άρχισε να αναζητά τρόπους έξυπνης διαχείρισης των κτιριακών της εγκαταστάσεων, έχοντας ως κύριο στόχο τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης και την συγκέντρωση των οικονομικών της πόρων. Το εγχείρημα παρουσίαζε αρκετές **δυσκολίες** διότι: α) τα κτίρια είχαν χτιστεί προοδευτικά σε διάφορες χρονικές περιόδους, β) δεν υπήρχαν συστήματα ούτε εξοπλισμός που να ανταποκρίνονται στα σύγχρονα πρότυπα, γ) η πλήρης αποξήλωση και αντικατάσταση του υφιστάμενου εξοπλισμού ήταν πρακτικά αδύνατη λόγω υψηλότερου κόστους (είχε εκτιμηθεί ότι θα χρειαζόταν περί τα 60 εκατ. δολάρια για να μπορέσουν να συγχρονιστούν οι υπάρχοντες αισθητήρες) και δ) η ριζική ανακαίνιση θα οδηγούσε σε μετακίνηση των εργαζομένων, συνεπαγόμενη την απώλεια εργατωρών.

Η προσέγγιση που αποφασίστηκε περιλάμβανε: α) ένα λογισμικό με γνώμονα τα συλλεγόμενα δεδομένα, β) χρήση αναλυτών προς εξακρίβωση των οικονομικών συνεπειών του εγχειρήματος, γ) εμφάνιση των πληροφοριών με εύχρηστο και πρακτικό τρόπο, δ) λειτουργίες κεντρικής παρακολούθησης. Η ομάδα που ανέλαβε το project ανέπτυξε ένα **λογισμικό – «κουβέρτα»** που θα επικάλυπτε τα ποικίλα συστήματα και θα παρείχε μαζικά δεδομένα στους διαχειριστές των κτιρίων. Το πρόγραμμα από τα 13 κτίρια επεκτάθηκε στο σύνολο των 125 κτιρίων, σε 30.000 αισθητήρες, σε 2.000.000 σημεία δεδομένων και η ανταλλαγή δεδομένων ανέρχεται σε 500 εκατομμύρια ανά ημέρα. Επιπλέον, με το παραπάνω λογισμικό γίνεται ανίχνευση και διάγνωση σφαλμάτων (το 48% των σφαλμάτων διορθώνεται εντός 60 δευτερολέπτων), διαχείριση συναγερμών και ενέργειας.

Τα οφέλη της επιλογής της Microsoft να επενδύσει στον εκσυγχρονισμό των κτιριακών της εγκαταστάσεων συνοψίζονται σε: α) εξοικονόμηση ενέργειας (περίπου 6-10% ανά έτος), β) αναγνώριση από τη βιομηχανία και γ) πιθανή αύξηση στα προϊόντα και τα έσοδα της εταιρίας (Microsoft.com, n.d).

## **2. Τα κεντρικά γραφεία της Environmental Systems Inc (ESI) στο Brookfield, Wisconsin**



*ESI HQ in Brookfield, Wisconsin*

Χαρακτηρίζεται ως ένα από τα εξυπνότερα κτίρια στον κόσμο. Είναι αυτοματοποιημένο σε τέτοιο βαθμό, ώστε ακόμη και οι πυροσβεστήρες του κτιρίου ελέγχονται μέσω του διαδικτύου. Είναι πραγματικό υπόδειγμα εφαρμοσμένης τεχνολογίας, διαθέτοντας συστήματα που μειώνουν δραστικά τα λειτουργικά έξοδα της επιχείρησης. Παρότι τα καινούρια γραφεία είναι κατά 10.000 m<sup>2</sup> μεγαλύτερα από τα προηγούμενα, τα κόστη χρήσης μειώθηκαν κατά 33%. Ο προθάλαμος του κτιρίου διαθέτει επίπεδες οθόνες που εμφανίζουν πληροφορίες για την απόδοση του κτιρίου σε πραγματικό χρόνο, υπολογίζοντας παραμέτρους σχετικούς με την ενέργεια, το σύστημα HVAC, το σύστημα φωτισμού και τα ηλεκτρικά φορτία στις πρίζες. Το σύστημα συναγερμού είναι συνδεδεμένο με το BAS, ενώ το σύστημα ασφαλείας παρακολουθεί τους πυροσβεστήρες και διασφαλίζει ότι έχουν τη σωστή πίεση, είναι στη θέση τους και δεν παρεμποδίζονται (Architizer Editors, 2014).

## **3. Τα κεντρικά γραφεία της εταιρίας Pacific Controls στο Ντουμπάι.**

Η εταιρία Pacific Controls είναι ανάμεσα στις 10 ταχύτερα αναπτυσσόμενες εταιρίες παροχής υπηρεσιών IoT στον κόσμο για το 2015, σύμφωνα με το περιοδικό «The Silicon Review». Είναι ηγέτης στη Μέση Ανατολή και συνεργάζεται με εταιρίες



*Pacific Controls HQ in Dubai, UAE*

όπως η Cisco (στα κεντρικά γραφεία της οποίας εγκατέστησε πρόσφατα BMS) και η Microsoft. Το αρχηγείο της Pacific Controls είναι το πρώτο κτίριο στη Μέση Ανατολή



που έλαβε την ανώτερη πιστοποίηση (platinum) από το LEED project (Leadership in Energy and Environmental Design). Έχει ένα ολοκληρωμένο BAS που χρησιμοποιεί ενσύρματους και ασύρματους αισθητήρες, ελέγχους και επικοινωνία machine-to-machine (δηλαδή απευθείας επικοινωνία μεταξύ των αισθητήρων και των συσκευών). Επιπλέον, χρησιμοποιεί την ηλιακή ενέργεια για τον φωτισμό του κτιρίου και φρέσκο αέρα για την ψύξη του. Το συγκεκριμένο έξυπνο κτίριο έχει ένα κεντρικό δίκτυο ελέγχου της πρόσβασης, με κάμερες ήχου και εικόνες, ανελκυστήρες και συναγερμούς πυρκαγιάς. Μπορεί επίσης να παρακολουθεί συστήματα εγκαταστάσεων του δημόσιου και ιδιωτικού τομέα (ασφαλείας, κλιματισμού, διανομής και χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας, φωτισμού, πυρανίχνευσης, ανελκυστήρες, αντλίες, τα επίπεδα δεξαμενής νερού κτλ.) απομακρυσμένα μέσω των εντολών τους και του κεντρικού συστήματος ελέγχου.

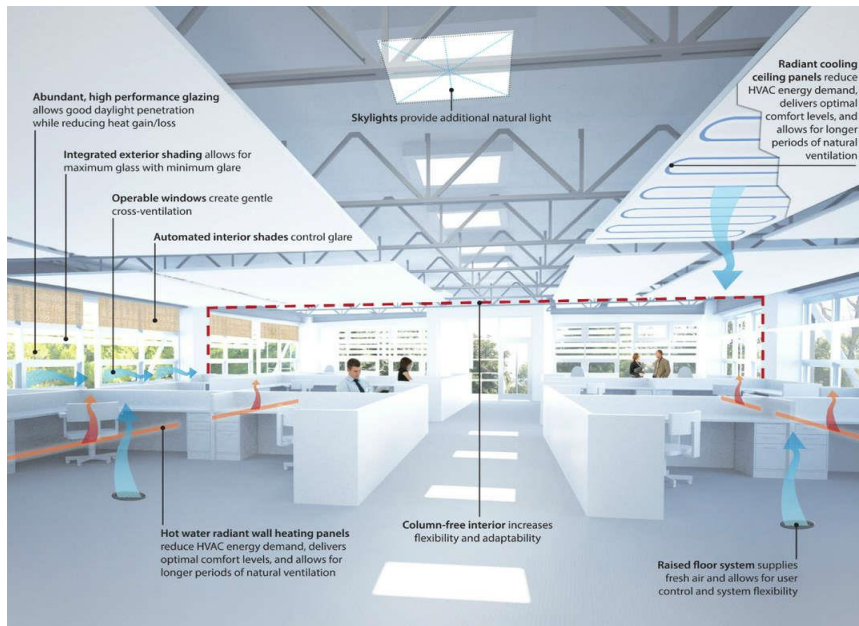
#### **4. NASA Sustainability Base στο Moffett Field, California**



*NASA Sustainability base in CA*

Οι νέες εγκαταστάσεις της NASA στην Καλιφόρνια απέχουν πολύ από τα συνηθισμένα κυβερνητικά κτίρια. Διαθέτουν έξυπνη τεχνολογία ελέγχου, εμπνευσμένη από το Πρόγραμμα Ασφαλείας της Αεροπορίας της NASA και άλλες καινοτομίες της υπηρεσίας που σχεδιάστηκαν κυρίως για διαστημικά ταξίδια και

εξερευνήσεις. Η συγκεκριμένη τεχνολογία ελέγχει διαφορετικές ζώνες εντός του κτιρίου και παρέχει δεδομένα σε πραγματικό χρόνο σχετικά με τη ροή του αέρα σε ολόκληρη την κατασκευή. Το προηγμένο σύστημα ελέγχου του φωτισμού χαμηλώνει αυτόματα τα φώτα, προσαρμοζόμενο στις συνθήκες του περιβάλλοντος και την ώρα της ημέρας. Αυτή η αειφόρος βάση έκτασης 15.000 τετραγωνικών μέτρων με το σεληνιακό σχήμα είναι ταυτόχρονα ένας εργασιακός χώρος, ένα υπόδειγμα της τεχνολογίας της NASA και ένα πρότυπο για το μέλλον των κτιρίων (Nasa.gov, 2016).



HVAC διαχείριση της NASA

## 5. The Edge



The Edge exterior in Amsterdam, Netherlands

επικοινωνίας κλπ.), β) με την είσοδο στο γκαράζ, μια κάμερα αναλύει την πινακίδα κυκλοφορίας και επιτρέπει την είσοδο μόνο σε εξουσιοδοτημένα πρόσωπα, ενώ μία



The Edge interior

επιθεωρούν τους χώρους και εάν τυχόν χτυπήσει συναγερμός, η κάμερα του ρομπότ

Το Edge είναι ένα κτίριο γραφείων 40.000m<sup>2</sup> στο Άμστερνταμ, με περίπου 28.000 αισθητήρες. Μερικά από τα έξυπνα χαρακτηριστικά του είναι: α) μια εφαρμογή στο smartphone συμβουλευεται το ημερήσιο πρόγραμμα και υπολογίζει τον τύπο του εργασιακού χώρου που χρειάζεται ο κάθε εργαζόμενος χωρίς να έχει προκαθορισμένη θέση (πχ γραφείο, αίθουσα συσκέψεων, δωμάτιο εφαρμογή σε καθοδηγεί σε διαθέσιμη θέση παρκαρίσματος, γ) με την άφιξη στον εργασιακό χώρο, μια εφαρμογή προσαρμόζει το φωτισμό και τη θερμοκρασία σύμφωνα με τις προτιμήσεις του καθενός, τις οποίες έχει αποθηκεύσει, δ) η ειδικά σχεδιασμένη οροφή του κτιρίου απομονώνει τον εξωτερικό θόρυβο, ε) υπάρχουν μηχανές καφέ, οι οποίες θυμούνται τις επιλογές του κάθε εργαζομένου, στ) αργά το βράδυ υπάρχουν μικρά ρομπότ που

είναι σε θέση να αναγνωρίσει τον εισβολέα ή το λανθασμένο της ειδοποίησης. Πέρα από έξυπνο, το Edge είναι ένα από τα πιο πράσινα κτίρια παγκοσμίως, έχοντας βαθμολογηθεί με 98,4% από τον Βρετανικό οργανισμό BREEAM, που είναι το μεγαλύτερο σκορ βιωσιμότητας που έχει δοθεί σε κτίριο μέχρι σήμερα (Tom Randall, Bloomberg Business Week, 2015).

## 6. The Warsaw Spire

Ένα συγκρότημα γραφείων στη Βαρσοβία της Πολωνίας, αποτελούμενο από ένα κεντρικό πύργο ύψους 220 μέτρων και δύο βοηθητικούς πύργους ύψους 55 μέτρων



*Warsaw Spire in Poland*

ο καθένας. Η ανοικοδόμησή του ολοκληρώθηκε τον Απρίλιο του 2016. Εφαρμόστηκαν λύσεις IoT της Samsung σε ένα εγχείρημα που ήταν το πρώτο στο είδος του στην Ευρώπη και φιλοδοξεί να ενώσει τις συσκευές IoT με την τεχνολογία αυτοματισμών του κτιρίου. Το κτίριο ενσωματώνει τις ασύρματες και ενσύρματες συσκευές ελέγχου πχ συστημάτων HVAC και φωτισμού στο server του κτιρίου μέσω ενός open data IoT sensor. Με τον τρόπο αυτό το κτίριο ενημερώνεται για την τοποθεσία και την πυκνότητα των ενοίκων, για να προσφέρει τη μέγιστη δυνατή άνεση και εξοικονόμηση ενέργειας. Τα ανωτέρω είναι μέρος μιας προσπάθειας διεύρυνσης του ενιαίου BMS που θα επιτρέπει στους ενοίκους να κάνουν sign-in πριν την άφιξή τους. Με την ένωση των συστημάτων θέρμανσης, ψύξης, air conditioning και ελέγχου τοποθεσίας, η ενεργειακή κατανάλωση βελτιώνεται θεαματικά πχ θέτοντας ένα χώρο σε κατάσταση αναμονής μόλις οι αισθητήρες διαπιστώσουν απουσία ενοίκων και αντίστοιχα ενεργοποιώντας τον χώρο (από άποψη φωτισμού, συνθηκών κλπ) μόλις γίνει αισθητή η παρουσία αυτών (The Economist/Samsung, 2016).



## 7. Το πανεπιστήμιο Ave Maria στη Φλόριντα των ΗΠΑ



*Ave Maria university in Florida, CA*

Ενάντια στο «παραδοσιακό» πρότυπο της κατασκευής με πολλούς υπεργολάβους, καθένας από τους οποίους θα εγκαθιστούσε ξεχωριστά ιδιόκτητα συστήματα, η ομάδα που ανέλαβε την υλοποίηση του project είχε το όραμα

της συγκέντρωσης όλων των λειτουργιών και της διαχείρισης όλων των συστημάτων μέσω ενός και μόνο ενιαίου δικτύου. Το έργο ανατέθηκε στην εταιρία Smart Buildings, η οποία ανέθεσε περαιτέρω: α) στην εταιρία Johnson Controls Inc. την επίβλεψη, το σχεδιασμό και την εγκατάσταση μιας IP υποδομής και της τεχνολογίας του ενιαίου δικτύου, β) στην εταιρία Cisco Systems Inc. την ανάπτυξη ενός εξελιγμένου οπτικού δικτύου πληροφοριών με την εγκατάσταση διεπαφών (interfaces) και αισθητήρων σε όλα τα κτιριακά συστήματα και τη δημιουργία ενός 24ωρου κέντρου λειτουργιών που παρακολουθεί και ελέγχει όλο το πανεπιστήμιο από μία μόνο τοποθεσία. Ο εξοπλισμός που χρησιμοποίησε η Cisco αποτελούνταν, μεταξύ άλλων, από δίκτυο οπτικών ινών και IP telephony και γ) στην εταιρία Microsoft την παροχή του software.

Όλες οι εταιρίες συνεργάστηκαν με στόχο τη διαχείριση όλων των συστημάτων του πανεπιστημίου μέσω ενός κεντρικού δικτύου λειτουργιών. Αντί καλωδιώσεων κάθε ιδιόκτητου συστήματος, εγκαταστάθηκε σε όλα τα συστήματα, συσκευές και αισθητήρες ένα και μοναδικό IP network που τρέχει σε ένα Ethernet network. Το δίκτυο αυτό ελέγχει περίπου 23 συστήματα εγκαταστάσεων και IP μεταξύ των οποίων συστήματα hvac, φωτισμού, διαχείρισης ενέργειας, δίκτυα πληροφοριών, οπτικοακουστικά συστήματα, βίντεο παρακολούθησης, πρόσβασης, RFID συστήματα, συστήματα διαχείρισης εγκαταστάσεων (Facility Management Systems), υπολογιστικό σύστημα διαχείρισης συντήρησης (Computerized maintenance management system – CMMS) κλπ. Όλα τα συστήματα είναι συνδεδεμένα στο internet, επιτρέποντας στους διαχειριστές να έχουν απομακρυσμένη πρόσβαση και έλεγχο μέσω smartphones. Τυχόν αλλαγές στις ρυθμίσεις HVAC λόγω αυξομείωσης θερμοκρασίας είναι δυνατή με το πάτημα ενός κουμπιού. Οι ενσωματωμένοι αισθητήρες πληρότητας ενεργοποιούν το φωτισμό σε αίθουσες μαθημάτων και προσαρμόζουν τη ροή του αέρα. Εάν ο συναγερμός πυρκαγιάς αρχίσει να χτυπάει, το δίκτυο μεταδίδει σήμα στο HVAC να σταματήσει την παροχή αέρα στον συγκεκριμένο χώρο και να καθαρίσει τον καπνό από τις εξόδους, το σύστημα πρόσβασης ξεκλειδώνει τις πόρτες της διαδρομής και οι κάμερες παρέχουν διαρκή ενημέρωση σε πυροσβέστες, πρώτες βοήθειες κλπ. σε πραγματικό χρόνο. Φοιτητές, καθηγητές και προσωπικό εισέρχονται στις εγκαταστάσεις με σάρωση ασύρματων καρτών, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ως χρεωστικές κάρτες για το δανεισμό βιβλίων, αγορά φαγητού κλπ. Και φυσικά, υπάρχουν οπτικές ίνες που συνδέουν όλα τα κτίρια του πανεπιστημίου με wifi. Με την υλοποίηση του project το πανεπιστήμιο εξοικονόμησε: α) πάνω από 1 εκατ. δολάρια σε κόστος κατασκευής λόγω της



εξάλειψης των περιττών καλωδιώσεων των μεμονωμένων κτιριακών συστημάτων, β) περίπου 350.000 δολάρια σε κόστος προσωπικού μέσω της παροχής δυνατότητας συντήρησης των κτιρίων στο IT και γ) περί τις 600.000 δολάρια ανά έτος σε κόστος ηλεκτρικής ενέργειας (Frost And Sullivan, n.d and James Sinopoli, 2010, Smart Building Systems for Architects, Owners and Builders).

### 8. Το κτίριο διαχείρισης των επιχειρήσεων κοινής ωφέλειας στο San Francisco

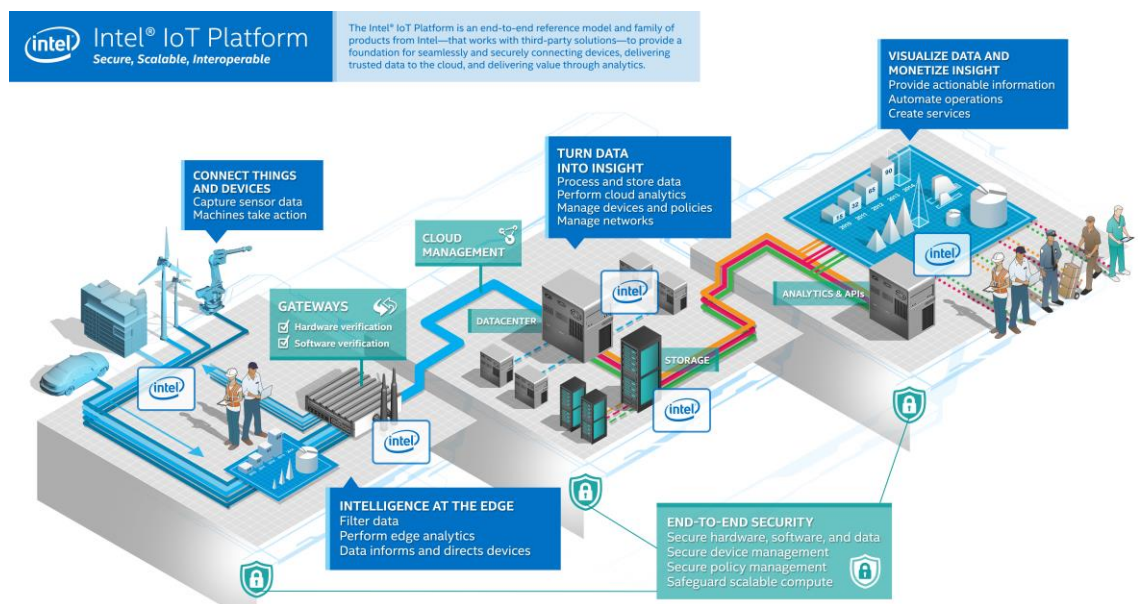


Utility operations building in San Francisco, CA

Το κτίριο ολοκληρώθηκε τον Ιούνιο του 2012. Η εταιρία Sunbelt Controls, παρείχε το σχεδιασμό και την εγκατάσταση των συστημάτων. Στο BAS του κτιρίου ενσωματώθηκε το πρωτόκολλο BACnet, το οποίο επιλέχθηκε κατόπιν επιθυμίας του εργοδότη για ανοιχτά πρωτόκολλα επικοινωνίας και τήρησης βάσης δεδομένων. Το παραπάνω πρωτόκολλο επιτρέπει την εύκολη πρόσβαση όλων των πληροφοριών των συστημάτων HVAC, υδραυλικών, πρόσβασης κλπ από το ολοκληρωμένο BMS του κτιρίου, το οποίο διαχειρίζεται περίπου 13.500 σημεία δεδομένων που συλλέγονται από κάθε κτιριακό σύστημα. Το BMS παρέχει πρόσβαση σε όλα τα συστήματα και τις αλληλεπιδράσεις τους και έτσι οι διαχειριστές από ένα και μόνο ενιαίο δίκτυο λειτουργούν το πολύπλοκο αυτό κτίριο. Τα οφέλη

αυτού του εγχειρήματος: α) 50% μείωση των εκπομπών άνθρακα, β) 32% μείωση στην ετήσια κατανάλωση ενέργειας και γ) 60% μείωση στην κατανάλωση νερού (The American Institute of Architects, Top Ten Projects, n.d).

### 9. Η πλατφόρμα IoT της Intel Corporation



Intel IoT platform overview

Τα τελευταία χρόνια η Intel και οι συνεργάτες της παρουσιάζουν σημαντικές καινοτομίες για την αναβάθμιση των χώρων εργασίας και τη βελτίωση της ασφάλειας, δημιουργώντας πρακτικές πληροφορίες για τα συστήματα δόμησης, και πολλά άλλα. Χρησιμοποιώντας την πλατφόρμα IoT της Intel, μια εφαρμογή στο smartphone σου υποδεικνύει διαθέσιμη θέση παρκαρίσματος με το που φτάσεις στα γραφεία. Ελέγχει τα επίπεδα υγρασίας και συμβουλεύει εάν χρειάζεται ομπρέλα. Με την είσοδο στο κτίριο υπάρχει κάμερα που κάνει αναγνώριση προσώπου που επιτρέπει ή απαγορεύει την πρόσβαση. Ο χάρτης του κτιρίου υπάρχει αποθηκευμένος σε μια εφαρμογή, η οποία σου υποδεικνύει τη συντομότερη διαδρομή για να φτάσεις είτε σε δωμάτιο συσκέψεων είτε στο γραφείο ανάλογα με το ημερήσιο πρόγραμμα, το οποίο επίσης έχει απομνημονεύει. Υπάρχουν ασύρματοι φορτιστές πάνω στα γραφεία για τη φόρτιση κινητών, tablet κλπ. Στις αίθουσες υπάρχουν ασύρματες οθόνες για τις τηλεδιασκέψεις. Το HVAC υπάρχει σε μία εφαρμογή, η οποία ζητάει πληροφορίες για την αίσθηση των συνθηκών από τον ένοικο και κάνει τις ανάλογες προσαρμογές/βελτιώσεις. Η πλατφόρμα της Intel χρησιμοποιεί αισθητήρες και συναφής συσκευές αλλά και τις πληροφορίες που εισάγουν οι ένοικοι προκειμένου να ανταποκριθεί, να προσαρμοστεί και να βελτιώσει το χώρο εργασίας (Intel.com, n.d).

## **10. The Duke Energy Center, Βόρεια Καρολίνα ΗΠΑ**



*Duke Energy Center, N. Carolina,  
Virginia*

Η κατασκευή του κτιρίου ολοκληρώθηκε το 2010. Διαθέτει BAS της εταιρίας Siemens, το οποίο ενσωματώνει πολλές πλατφόρμες και πρωτόκολλα, διευθύνοντας 16 ανεξάρτητα μεταξύ τους κτιριακά συστήματα από ένα IP network. Η απόφαση να υιοθετηθεί ένα ενιαίο δίκτυο λήφθηκε κατόπιν παρατηρήσεων της ομάδας που ανέλαβε το project, που έδειχναν ότι τα συστήματα HVAC, φωτισμού, μετρήσεων, ανελκυστήρων κλπ χρησιμοποιούσαν πλέον σχεδόν ταυτόσημη IP δικτύωση για την εκτέλεση των βασικών τους λειτουργιών. Η εταιρία Cisco Systems κλήθηκε να σχεδιάσει και να εγκαταστήσει τον βασικό κορμό του δικτύου των κτιριακών συστημάτων με την χρήση οπτικών ινών και εφαρμόζοντας πρωτόκολλα ανοιχτής επικοινωνίας και το προϊόν Tridium Middleware, στοχεύοντας στη μείωση του κόστους συντήρησης και στην διαλειτουργικότητα. Οι ένοικοι του κτιρίου μπορούν να λάβουν πληροφορίες για κάθε όροφο σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας, το HVAC, τα επίπεδα φωτισμού κλπ. Τα κτιριακά συστήματα εντοπίζουν τα τυχόν προβλήματα και ειδοποιούν τους μηχανικούς. Το εξωτερικό του

κτιρίου φωτίζεται με λάμπες εξοικονόμησης ενέργειας LED. Στο υπόγειο του κτιρίου υπάρχουν δύο τεράστιες δεξαμενές για τα ύδατα και την αποθήκευση του βρόχινου νερού, ενώ το σύστημα άρδευσης παρακολουθεί τα ποσοστά των όμβριων υδάτων και εξάτμισης, με στόχο να ελαχιστοποιήσει την κατανάλωση νερού στο roof garden και στο παρακείμενο πάρκο. Η απόφαση να ανοικοδομηθεί αυτό το κτίριο με έξυπνη τεχνολογία όχι μόνο δεν αύξησε αλλά αντίθετα μείωσε το κόστος κατασκευής κατά 700.000 δολάρια, λόγω της εξάλειψης των 16 χωριστών δικτύων και της εγκατάστασης ενός αξιόπιστου, ισχυρού και ασφαλούς κορμού. Ακόμη, μειώθηκε και το κόστος των μελλοντικών προσθηκών και βελτιώσεων, καθώς τα νέα αυτά συστήματα χρειάζεται απλά να συνδεθούν στο υπάρχον δίκτυο και να αποκτήσουν πλήρη συνδεσιμότητα και πρόσβαση στο κτίριο (Intelligent Buildings LLC, 2013).

### 11. Dayabumi Complex



*Dayabumi Complex in Malaysia*

Το Dayabumi Complex είναι ένα «έξυπνο κτίριο» τριανταπέντε ορόφων, το οποίο βρίσκεται στη Κουάλα Λουμπόρ της Μαλαισίας. Επίσης γνωστό ως Menara Dayabumi, ο 157 μέτρων ύψους ουρανοξύστης χτίστηκε για να μοιάζει με ένα τζαμί.

Το σύστημα αυτοματισμού (Building Automation) του Dayabumi Complex αποτελείται από τρεις κλάδους αυτοματισμού. Το BAS (Building Automation System), το FAS (Fire Automation System) και το SAS (Security Automation System).

Το BAS παρέχει τον έλεγχο και την παρακολούθηση του κτιρίου, χρησιμοποιώντας το Honeywell Home Software. Ο έλεγχος του συστήματος BAS γίνεται μέσα στα ειδικά δωμάτια, τα BAS Rooms. Το BAS συμπεριλαμβάνει τα ακόλουθα συστήματα αυτοματισμού: 1) Chiller System, σύστημα ψύξης, 2) Air Handling System (AHU), μονάδα διαχείρισης αέρα στο χώρο, 3) Lighting Control, για τον έλεγχο του φωτισμού, 4) Electrical System, για τον έλεγχο της ηλεκτροδότησης του συγκροτήματος, 5) Lift and Escalator Control, έλεγχος ανελκυστήρων και κυλιόμενων σκάλων, 6) Wet Fire System, σύστημα πυρόσβεσης, 7) Drainage System, αποχετευτικό σύστημα, 8) System Architecture, γενικότερο ενιαίο αρχιτεκτονικό σύστημα εγκαταστάσεων του συγκροτήματος. Επιπλέον συστήματα

που ελέγχονται από το BAS είναι τα ακόλουθα : Fan Coil Unit (FCU), Ventilation Fan Security System, Watch Tour, Fire Alarm Interface και το Hot and Cold Water Service.

Το FAS (Fire Automation System), συμπεριλαμβάνει τα Fire Safety Systems και Lift Safety Systems, συστήματα πυρασφάλειας και ασφάλειας ανελκυστήρων και χρησιμοποιεί μηχανογραφικό σύστημα παρακολούθησης, το οποίο υποστηρίζεται από ανεξάρτητη καλωδίωση του δικτύου για συνεχή λειτουργία. Το FAS, τοποθετείται στο BAS Control Room, δωμάτιο ελέγχου του BAS .

Τέλος το SAS (Security Automation System) το οποίο είναι επίσης ενσωματωμένο στο BAS περιλαμβάνει το Petronas System Operation Room (PSOR) το οποίο είναι το δωμάτιο για τον έλεγχο όλων των συστημάτων πρόσβασης στο κτίριο αλλά και το CCTV, το οποίο είναι αντικλεπτικό σύστημα ασφάλειας και σύστημα καρτών πρόσβασης.

Τα συστήματα ακολουθούν δομή προηγμένων επικοινωνιακών συστημάτων. Αναλυτικότερα υπάρχει επικοινωνία του Private Automatic Branch Exchange (PABX) System, του Intranet και Internet Network και του Wireless System Connection (Wifi). Για να επιτευχθεί αυτό χρησιμοποιείται ο κεντρικός Server, Network Server for Internet and Intranet Connection καθώς και ένας πομπός κινητών τηλεφώνων στο υπόγειο - Cellular phone transmitter ( Zakaria Ridhwan, 2013).

### Τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των smart buildings.

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ
<ul style="list-style-type: none"> <li>→Μείωση του λειτουργικού κόστους με τη διαρκή παρακολούθηση, έλεγχο και προσαρμογή ενεργοβόρων συστημάτων (HVAC, φωτισμός).</li> <li>→Ενεργειακή επάρκεια κτιρίων που επιτυγχάνεται τόσο λόγω της εξοικονόμησης στην κατανάλωση όσο και λόγω της εκμετάλλευσης των φυσικών πόρων (φως ημέρας, αέρας κλπ).</li> <li>→Επέκταση της διάρκειας ζωής ενός κτιρίου.</li> <li>→Μείωση εξόδων συντήρησης, ασφάλειας, εργατικού κόστους.</li> <li>→Αύξηση της εμπορικής αξίας των συγκεκριμένων ακινήτων λόγω των εξελιγμένων χαρακτηριστικών τους.</li> <li>→Βελτίωση της άνεσης και της ποιότητας συνθηκών (αέρας, θερμοκρασία, κατά</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Υψηλό κόστος εγκατάστασης των εξελιγμένων συστημάτων, αισθητήρων και λογισμικού.</li> <li>→ Υψηλό κόστος ανταλλακτικών και παροχής εξειδικευμένων IT υπηρεσιών.</li> <li>→ Πολυπλοκότητα συστημάτων και δυσκολία εκμάθησης των τεχνολογικών καινοτομιών.</li> <li>→ Τα «συνηθισμένα» κτίρια έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής.</li> <li>→ Τα νέα συστήματα πρέπει να συντονιστούν με την υπάρχουσα υποδομή και συστήματα.</li> <li>→ Κίνδυνος παραβίασης της ιδιωτικής ζωής σε περίπτωση που πχ ένα βίντεο από το σύστημα παρακολούθησης καταλήξει σε «λάθος χέρια» (Royal Academy of Engineering, n.d) (Lazarova-Molnar,</li> </ul>



παραγγελία φωτισμός κλπ).

→Βελτίωση της αποδοτικότητας του προσωπικού. Σύμφωνα με έρευνα του Πανεπιστημίου Μπέρκλεϊ όσοι εργάζονται σε άνετα γραφεία κάνουν λιγότερα λάθη και έχουν καλύτερες επιδόσεις κατά 6-12%.

→Έλεγχος του ανθρωπίνου δυναμικού μέσω μιας interface που περιλαμβάνει τηλέφωνο, τηλεφωνητή, παροχή πρόσβασης στο κτίριο / παρκινγκ, σύνδεση στο internet κλπ.

→Οι ένοικοι και διαχειριστές του κτιρίου έχουν πλήρη έλεγχο της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας.

→Οι διαχειριστές των συστημάτων έχουν απομακρυσμένη πρόσβαση και βλέπουν τις συνθήκες σε πραγματικό χρόνο, ανιχνεύουν τυχόν προβλήματα και τα επιδιορθώνουν αμέσως.

→Αναβάθμιση της ασφάλειας ζωής πχ σε περίπτωση πυρκαγιάς οι πυροσβεστήρες τίθενται σε λειτουργία, οι ένοικοι ειδοποιούνται μέσω ενδοεπικοινωνίας και παρέχονται οδηγίες εκκένωσης, το σύστημα πρόσβασης ξεκλειδώνει τις πόρτες προς την έξοδο, το σύστημα φωτισμού ενεργοποιείται και το σύστημα παρακολούθησης παρέχει πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο σε προσωπικό έκτακτης ανάγκης και διασώστες.

→Πρόσθετη ροή εσόδων από την εξελιγμένη τεχνολογία, κίνητρα διαρκούς έρευνας και βελτίωσης συστημάτων, δικτύων κλπ.

→Οικολογικά οφέλη: i) μείωση κατανάλωσης ενέργειας (με στόχο την μείωση κατανάλωσης και του νερού), ii) μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και greenhouse gas [= «αέριο του θερμοκηπίου» που υπάρχει στην ατμόσφαιρα, απορροφάει και εκπέμπει ακτινοβολία μέσα στο θερμικό υπέρυθρο φάσμα. Αυτή η διαδικασία είναι η βασική αιτία του φαινομένου του θερμοκηπίου].

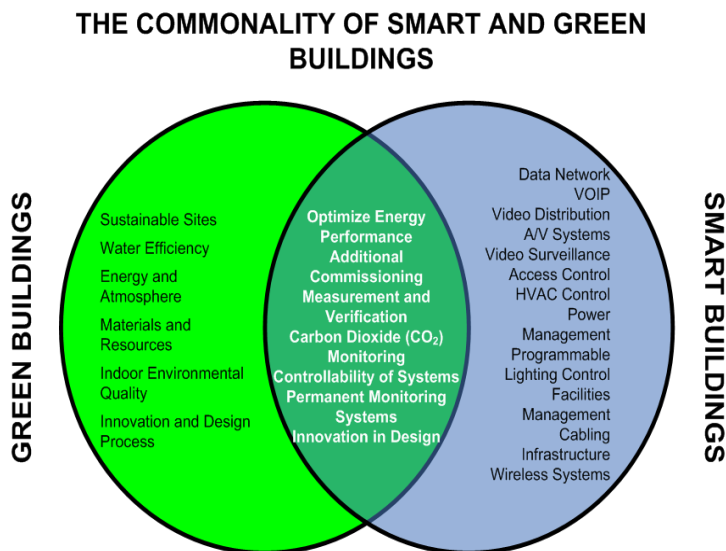
(FlexITy solutions, 2013), (Dan Levine, SytexOne, 2015)

(Caba.org, 2015)

Nader, 2016).

→ Κίνδυνος για την ασφάλεια επιχειρήσεων και εργαζομένων (security hacking). Μια ομάδα ερευνητών της IBM διαπίστωσε ότι το λογισμικό των BAS ενέχει πληθώρα κινδύνων, όπως αδυναμία ταυτοποίησης και εξουσιοδότησης πρόσβασης. Και τα interfaces που χρησιμοποιούνται για την απομακρυσμένη πρόσβαση είναι ευάλωτα σε cyber επιθέσεις και στερούνται βασικών ελέγχων ασφαλείας. Οι ερευνητές έκαναν μια άσκηση σε μια μεγάλη εταιρία διαχείρισης κτιρίων στη Νότια Αμερική και διαπίστωσαν μια σειρά από προβλέψιμα κενά ασφαλείας, τα οποία έκανα το σύστημα έκθετο σε απομακρυσμένες hacks. Συγκεκριμένα, η ομάδα απέκτησε πρόσβαση σε ρυθμίσεις του router και σε κρυπτογραφημένους κωδικούς, τους αποκρυπτογράφησε και ανακάλυψε τον κωδικό πρόσβασης στον κεντρικό server εντολών της εταιρίας, ο οποίος ελέγχει τους σταθμούς διαφόρων κτιρίων σε όλη τη Νότια Αμερική. Στην συνέχεια, οι ερευνητές πήγαν σε κτίρια όπου το λογισμικό είχε υποστεί hack και απέκτησαν πρόσβαση μέσω του δικτύου wi-fi. Απέδειξαν έτσι ότι τόσο τα 206,2 εκατομμύρια συνδεδεμένες συσκευές που χρησιμοποιούνται σε εμπορικά smart buildings όσο και τα BAS, τα οποία κατά 84% είναι συνδεδεμένα στο internet, είναι εκτεθειμένα σε cyber attacks και συνεπώς πρέπει να ληφθούν μέτρα όπως πχ απομόνωση του λογισμικού των BAS από τα υπόλοιπα δίκτυο, παρακολούθηση της λειτουργίας των BAS για ασυνήθιστη δραστηριότητα κλπ. Σήμερα, μόλις το 29% των διαχειριστών BAS βελτιώνει την cybersecurity των συστημάτων του (Security Ledger, 2016, at <https://securityledger.com/2016/02/ibm-research-calls-out-smart-building-risks>).

## Η σύγκριση μεταξύ smart buildings και green buildings



Κάθε έξυπνο κτίριο δεν είναι απαραίτητα και πράσινο, παρόλο που και τα δύο έχουν ευνοϊκές οικολογικές επιπτώσεις. Τα SB χρησιμοποιούν κυρίως την τεχνολογία ενώ τα GB τις φυσικές πηγές / συνθήκες. Ωστόσο, έχουν αρκετές ομοιότητες, δεδομένου ότι και οι δύο κατηγορίες κτιρίων βελτιώνουν την ενεργειακή απόδοση, μειώνουν σημαντικά τις εκπομπές διοξειδίου του

άνθρακα, παρέχουν τη δυνατότητα διαρκούς παρακολούθησης και πλήρους ελέγχου των συστημάτων και φυσικά έχουν πρωτοποριακό σχεδιασμό για μέγιστη εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας, του αέρα και του νερού.

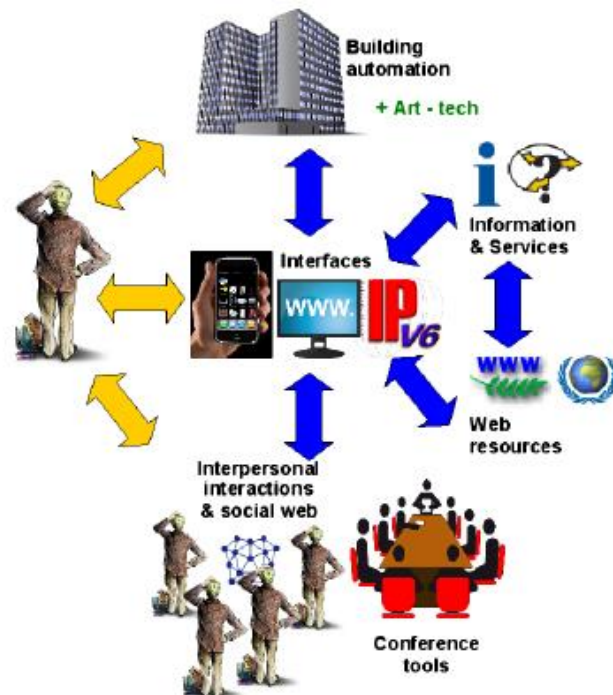
### Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

#### Smart IPv6 Building

Οι τεχνολογίες πληροφοριών και επικοινωνίας (ICT), έχουν διαμορφώσει τον κόσμο μας. Η εμφάνιση του νέου πρωτοκόλλου IPv6 θα μετατρέψει περαιτέρω το περιβάλλον μας. Θα επιτρέψει δεσεκατομμύρια συσκευές να έχουν τη δική τους διεύθυνση IP, να διασυνδεθούν και να εργαστούν από κοινού. Αυτό ανοίγει το δρόμο για το μέλλον του Διαδικτύου των πραγμάτων (IoT), στην οποία οι αισθητήρες, ενεργοποιητές και οι συσκευές θα συνδέονται απευθείας μεταξύ τους, με μια σχεδόν απεριόριστη επεκτασιμότητα. Το Smart IPv6 Building προτίθεται να διερευνήσει τη δυνατότητα αυτή του IPv6 στο δομημένο περιβάλλον. Θα δοκιμάσει καινοτόμες μορφές αλληλεπιδράσεων, με τη μετατροπή κτιρίων σε έξυπνα-διαδραστικά περιβάλλοντα, με διάχυτη και κατανεμημένη ευφυΐα. Θα αναπτύξει επίσης τη δυνατότητα του IPv6 για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων και για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, μέσω μιας πιο έξυπνης διαχείρισης κτιρίου. Το Smart IPv6 Building παρέχει μια διεθνή πλατφόρμα για την έρευνα, ακαδημαϊκών και βιομηχανικών ενδιαφερομένων εταιριών. Ενώ ήδη φιλοξενείται από την Mandat International και υποστηρίζεται από το IPv6 Forum, καθώς και από διάφορα διεθνή ερευνητικά προγράμματα, όπως το Hobnet και IoT6.

Μερικοί από τους στόχους της χρησιμοποίησης του συγκεκριμένου πρωτοκόλλου στα έξυπνα κτίρια είναι οι εξής: α) Κτιριακοί αυτοματισμοί για τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας κατά τουλάχιστον 25%, β) Διευκόλυνση στην ανάπτυξη και την ολοκλήρωση της κατασκευής συστημάτων αυτοματισμού, γ) Διαχείριση του ελέγχου πρόσβασης και βελτίωση της ασφάλειας, δ) Παροχή

καινοτόμων εργαλείων για συσκέψεις και συνέδρια, ε) Ανάπτυξη καινοτόμων διασυνδέσεων στο εσωτερικό του κτιρίου (virtual assistant, κλπ), στ) Δημιουργία ατομικού περιβάλλοντος και παραμετροποίηση από τους χρήστες (θερμοκρασία, φως, μουσική, κλπ), ζ) Εμφάνιση πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο σχετικά με την κατάσταση του κόσμου: τα βασικά μεγέθη (πληθυσμός, επιφάνεια του δάσους, κλπ), δορυφορικές εικόνες, παγκόσμια θερμοκρασία, κλπ για την παροχή καινοτόμων υπηρεσιών, η) Διευκόλυνση στην αναγνώριση των πόρων και τον προσανατολισμό των αντιπροσώπων που παρίστανται σε διεθνή συνέδρια, θ) δοκιμή σε καινοτόμες σημασιολογικές και πολυγλωσσικές υπηρεσίες. Τέλος οι στόχοι του project σε σχέση με το άτομο ως «ανθρώπινο ον» είναι να δώσει λύσεις τηλεπαρουσίας (ιδίως για τους ανθρώπους που ζουν σε αναπτυσσόμενες χώρες), να διευκολύνει τη δικτύωση μεταξύ των συνέδρων. Ακόμα να αναπτύξει ένα παγκόσμιο δίκτυο αντιπροσώπων και εμπειρογνομώνων, με νέες μορφές αποκεντρωμένης συνεργασίας και συλλογικής νοημοσύνης, για να ελέγχονται on-line εργαλεία συνεργασίας. Καθώς και για την οργάνωση κοινωνικών δραστηριοτήτων κατά τη διάρκεια των συνεδρίων (Ziegler, Kirstein, Ladid, Skarmeta, Jara 2015).



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ – ΠΗΓΕΣ

1. The American Institute of Architects, no date, *San Francisco Public Utilities Commission Headquarters*, retrieved from <http://www.aiaopten.org/node/265>
2. Architizer Editors, 2014, *7 intelligent buildings that prove digitally driven design works*, retrieved from <http://architizer.com/blog/7-intelligent-buildings-that-prove-digitally-driven-design-works>
3. Gidon Ben-Zvi , 2016, *Big Data*, retrieved from <http://sqream.com/big-data-and-internet-of-things-combine-to-produce-smart-buildings/>
4. Continental Automated Buildings Association (CABA org), 2015, *High Performance Buildings Workshop, Intelligent Buildings: The Past and the Future*, retrieved from <https://www.caba.org/documents/Presentations/2015-04.pdf>
5. Daintree, 2015, *Which wireless technology will win the battle for smart building control*, retrieved from <http://www.daintree.net/blog/which-wireless-technology-will-win-the-battle-for-smart-building-control/>
6. The Economist, no date, *Smart Buildings' early success open new opportunities from construction to software*, retrieved from <http://samsungbusiness.economist.com/smart-buildings-early-successes-open-new-opportunities-from-construction-to-software>
7. European Commission, no date, *The Internet of Things*, retrieved from <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/internet-things>
8. FlexIT Solutions Inc, 2013, *The rise and benefits of smart buildings* (brochure), retrieved from [http://www.flexity.com/wpcontent/uploads/Literature/flexityWhitePaperSmartBuilding\\_WEB.pdf](http://www.flexity.com/wpcontent/uploads/Literature/flexityWhitePaperSmartBuilding_WEB.pdf)
9. Frost and Sullivan, no date, Ave Maria University, An independent Case Study (brochure).
10. Nikhita Reddy Gade, Nishanth Reddy Gade & G. J. Ugander Reddy, 2016, *Internet of Things (IOT) for Smart Cities- The Future Technology Revolution*, Global Journal of Computer Science and Technology: E Network, Web & Security, Volume 16 Issue 1 Version 1.0 Year 2016.
11. Son N. Han, Gyu Myoung Lee and Noel Crespi, 2014, *Semantic Context-Aware Service Composition for Building Automation System*, IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL INFORMATICS, VOL. 10, NO. 1, FEBRUARY 2014.
12. Intel, no date, *Smart Buildings with Internet of Things Technologies*, retrieved from <http://www.intel.com/content/www/us/en/internet-of-things/smart-buildings>
13. Intelligent Buildings LLC, 2013, *The making of a smart building* (brochure), retrieved from <http://visorpoint.com/wp-content/uploads/2013/01/Duke-Energy-Center-Connected-Building-Case-Study.pdf>
14. Sanja Lazarova-Molnar, Nader Mohamed, 2016, *Challenges in the Data Collection for Diagnostics of Smart Buildings*.
15. Dan Levine, 2015, *Clean and Green, IoT's impact on Commercial Buildings*, Cytexone in Things Expo 2015.
16. Memmori, 2015, *The transformation of BAS into the Building Internet of Things 2015 to 2020*, retrieved from <http://www.memmori.com/portfolio/transformation-BAS-to-BIoT-2015-2020>



17. Microsoft, no date, *88 Acres, How Microsoft Quietly Built the City of the Future*, retrieved from <https://www.microsoft.com/en-us/stories/88acres/88-acres-how-microsoft-quietly-built-the-city-of-the-future-chapter-2.aspx>
18. Nasa.org, no date, *Sustainability Base*, retrieved from <http://www.nasa.gov/ames/facilities/sustainabilitybase>
19. Tom Randall, 2015, *The world's greenest building*, Bloomberg Business Week, retrieved from <http://www.bloomberg.com/features/2015-the-edge-the-worlds-greenest-building>
20. Zakaria Ridhwan, 2013, *Intelligent Building (Dayabumi Complex)*, retrieved from <http://www.slideshare.net/mdhwanz/intelligent-building-dayabumi-complex>
21. Royal Academy of Engineering, no date, *Smart buildings, People and Performance* (brochure).
22. Samsung, no date, *Samsung Smart Building Solution* (brochure), retrieved from <http://www.hanwhatechwin.com/img/menu1/bas.pdf>
23. Security Ledger, 2016, *IBM Research calls out smart building risks*, retrieved from <https://securityledger.com/2016/02/ibm-research-calls-out-smart-building-risks/>
24. James Sinopoli, 2010, *Smart Building Systems for Architects, Owners and Builders*, Elsevier Inc. doi: 10.1016/B978-1-85617-653-8.00002-8
25. Jim Sinopoli, 2013, *Defining a Smart Building: Part Five 2013*, retrieved from <http://www.smart-buildings.com/uploads/1/1/4/3/11439474/2013decdefining.pdf>
26. Biljana Risteska Stojkoska, Andrijana Popovska Avramova, Periklis Chatzimisios, 2014, *Application of Wireless Sensor Networks for Indoor Temperature Regulation*, International Journal of Distributed Sensor Networks, vol. 2014, Article ID 502419, 10 pages, 2014. doi:10.1155/2014/502419
27. Wikipedia, 2016, *Building Automation*, retrieved from [https://en.wikipedia.org/wiki/Building\\_automation](https://en.wikipedia.org/wiki/Building_automation)
28. Sébastien Ziegler, Peter Kirstein, Latif Ladid, Antonio Skarmeta, Antonio Jara (2015), *Understanding IPv6's Potential for IoT: The IoT6 Research Project*, retrieved from <http://iot.ieee.org/newsletter/september-2015/understanding-ipv6-s-potential-for-iot-the-iot6-research-project.html>