

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΤΕ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ (1625)

ΚΕΝΤΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ (BMS)

**Διαχείρισης Ηλεκτρομηχανολογικών
Εγκαταστάσεων Πολυκαταστήματος**

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ ΜΠΑΛΑΤΗΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ ΠΡΕΜΤΟΣ ΒΑΣΙΛΗΣ

ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΣΧΟΙΝΑΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΠΑΤΡΑ - 2017

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία γίνεται προσπάθεια ανάλυσης του Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) καθώς αποτελεί ζωτικό ρόλο στον έλεγχο και την παρακολούθηση των λειτουργιών ενός κτιρίου καθιστώντας το βιώσιμο.

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής είναι η εξερεύνηση της συνεισφοράς του Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) στην επίτευξη βιώσιμων κτιριακών περιβαλλόντων.

Στόχοι της παρούσας διπλωματικής είναι η αναγνώριση χαρακτηριστικών και λειτουργιών του Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) και η συνεισφορά τους στην κτιριακή βιωσιμότητα, καθώς και η ανάπτυξη ενός θεωρητικού πλαισίου για την συνεισφορά του Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) στην βιωσιμότητα ενός κτιριακού περιβάλλοντος.

Η δομή της παρούσας διπλωματικής αποτελείται από τα εξής κεφάλαια:

Στην *εισαγωγή* γίνεται μια προσπάθεια γενικής επισκόπησης του Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS).

Στο *δεύτερο* κεφάλαιο γίνεται αναφορά στην Κατανάλωση ενέργειας στην Ε.Ε και στην Ελλάδα, στον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.) και στις Επιθεωρήσεις Ενεργειακών Κτιρίων. Επίσης γίνεται αναφορά στην εξοικονόμηση ενέργειας κτιρίων βάσει του συστήματος LCN.

Στο *τρίτο κεφάλαιο* αναλύονται ο ορισμός, τα χαρακτηριστικά, τα μέρη που αποτελείται και τα πλεονεκτήματα του Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS). Επίσης γίνεται μια ιστορική αναδρομή και αναφορά στην ευρωπαϊκή και εγχώρια χρήση του όρου.

Στο *τέταρτο κεφάλαιο* γίνεται αναφορά στο σύγχρονο ορισμό του όρου που είναι Σύστημα Ενεργειακής Διαχείρισης Κτιρίου (Building Energy Management System - BEMS) και αναφέρονται ο ορισμός, η αρχιτεκτονική, οι κύριες λειτουργίες, τα τεχνικά χαρακτηριστικά, τα κριτήρια επιλογής, οι προδιαγραφές των μονάδων του συστήματος και τα πλεονεκτήματα.

Στο *πέμπτο κεφάλαιο* αναλύονται διάφορα λογισμικά ενεργειακής απόδοσης όπως το TEE-KENAK, το EPA-NR και το ISO 50001 καθώς και διάφορα πρωτόκολλα επικοινωνίας με πρότυπα όπως το EN 15232, το X10, το KNX, το KNX / EIB – istabus, το Lonworks, το BACnet και το LonTalk βάσει p-CSMA. Επίσης αναφέρονται ενδεικτικά παραδείγματα Συστημάτων Αυτοματισμού και Ελέγχου.

Στο *έκτο κεφάλαιο* γίνεται αναφορά στο σχεδιασμό του Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) μέσω του iBeacon στις συσκευές Android, του ασύρματου δικτύου αισθητήρων βάσει IP διευθύνσεων WSN-BMDS, του Windows Communication Foundation και του XAML, του Ajax και των υπηρεσιών ιστού, του ονοματισμένου δικτύου δεδομένων και της αλλαγής στα πρωτόκολλα κτιρίου και βάσει Διαχείρισης Πληροφοριών Κτιρίου (Building Information Management - BIM). Επίσης γίνεται αναφορά στο σχεδιασμό του Συστήματος Διαχείρισης Ενέργειας Κτιρίων (Building Energy Management System - BEMS) μέσω του συνόλου κανόνων, της κυβερνητικής ασφάλειας, βάσει του έξυπνου δικτύου και με βάση την οντολογία, τους κανόνες συμπερασμάτων και την προσομοίωση. Τέλος γίνεται αναφορά στη διαχείριση και μοντελοποίηση ενέργειας κτιρίου βάσει μικροσκοπικών ασύρματων κόμβων αισθητήρων.

Στο *έβδομο* κεφάλαιο αναφέρονται γενικά χαρακτηριστικά όπως η SWOT ανάλυση μεταξύ των Συστημάτων Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) και των εργαλείων ανίχνευσης και διάγνωσης ασφάλειας, οι διαδραστικοί έλεγχοι στο Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) βάσει του GridWiseTM, η εφαρμογή ελέγχου σε Σύστημα Διαχείρισης Ενέργειας Κτιρίου (Building Management Energy System - BMS) με το μετρητή ενέργειας Διαδικτυακών πραγμάτων (Internet of Things - IoT) και η προοπτική περίπλοκων Συστημάτων Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS).

Στο *όγδοο* κεφάλαιο γίνεται αναφορά σε μια μελέτη περίπτωσης όπου περιγράφονται τα κτιριακά ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα και οι εναλλακτικές λύσεις τους.

Τέλος ακολουθούν τα συμπεράσματα αυτής της εργασίας.

Summary

In this paper, is made an effort to analyze the Building Management System (BMS) as it plays a vital role in controlling and monitoring the functions of a building by making it sustainable.

The purpose of this paper is to explore the contribution of the Building Management System (BMS) to the achievement of sustainable building environments.

The objectives of this paper are to identify features and functions of the Building Management System (BMS) and their contribution to building sustainability, as well as to develop a theoretical framework for the contribution of the Building Management System (BMS) in the sustainability of a building environment.

The structure of this paper consists of the following chapters:

The introduction which introduces as to a general overview of the Building Management System (BMS).

In the second chapter reference is made to the Energy Consumption in the EU and Greece, to the Building Energy Efficiency Regulation (KENAK) and to the Energy Buildings Inspections. Reference is also made to the energy savings of buildings under the LCN system.

The third chapter analyzes the definition, characteristics, parts and benefits of the Building Management System (BMS). There is also a literature review and reference to the European and domestic use of the term.

In the fourth chapter, reference is made to the modern definition of Building Enhanced Management System (BEMS) and the definition, architecture, main functions, technical characteristics, selection criteria, system unit specifications and benefits.

In the fifth chapter we analyze various energy efficiency software such as TEE-KENAK, EPA-NR and ISO 50001 as well as various communication protocols such as EN 15232, X10, KNX, KNX / EIB – istabus, Lonworks, BACnet and LonTalk based on p-CSMA. Also illustrative examples of Automation and Control Systems are given.

In the sixth chapter reference is made to the Building Management System (BMS) design via iBeacon on Android devices, WSN-BMDS IP address sensor wireless network, Windows Communication Foundation and XAML, Ajax and web services, unnamed data network and the change in building protocols, Building Information Management (BIM). Reference is also made to the Building Energy Management System (BEMS) design through the set of rules, government security, intelligent networking and on the basis of ontology, conclusion rules and simulation. Finally, reference is made to the management and modeling of building energy based on microscopic sensor wireless nodes.

In the seventh chapter are referred general features such as the SWOT analysis between Building Management System (BMS) and security detection and security tools, interactive controls in the Building Management System (BMS) based on GridWise™, the control system implementation Building Management Energy System (BMS) with the Internet of Things (IoT) and the prospect of sophisticated Building Management System (BMS).

In the eighth chapter reference is made to a case study describing the building electromechanical systems and their alternatives.

Finally, the conclusions of this paper follows.

Ευχαριστίες

Πρώτα από όλα θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον καθηγητή Δρ. Σχοινά Νικόλαο για τις πολύτιμες συμβουλές και την καθοδήγηση του στην ολοκλήρωση της παρούσας πτυχιακής. Επίσης θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τις οικογένειες μας για την στήριξη τους καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μας. Τέλος ευχαριστούμε την Πρέμτου Κυριακή για τις πολύτιμες συμβουλές της.

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	vi
i	
Summary.....	v
ii	
Ευχαριστίες.....	vi
i	
Λίστα πινάκων.....	vii
Λίστα εικόνων.....	vii
Πίνακας συντομεύσεων ξένων όρων.....	vii
Πίνακας συντομεύσεων ελληνικών όρων.....	vii
1 Εισαγωγή.....	1
2 Νομοθεσία.....	2
2.1 Κατανάλωση ενέργειας στην Ε.Ε.....	2
2.2 Κατανάλωση ενέργειας στην Ελλάδα.....	5
2.3 Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.).....	10
2.4 Επιθεωρήσεις Ενεργειακών Κτιρίων.....	11
2.5 Εξοικονόμηση ενέργειας κτιρίων βάσει του συστήματος LCN.....	12
3 Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS).....	13
3.1 Ορισμός του Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS).....	13
3.2 Ιστορική αναδρομή του Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS).....	14
3.2.1 Βιωσιμότητα στο κτιριακό περιβάλλον.....	14
3.2.2 Εισαγωγή στο Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS).....	15
3.2.3 Συνεισφορά του Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) στο βιώσιμο περιβάλλον.....	16
3.3 Ευρωπαϊκή και εγχώρια χρήση του Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS).....	17
3.4 Χαρακτηριστικά του Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS).....	18
3.5 Μέρη ενός Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS).....	21

3.6 Πλεονεκτήματα του Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS).....	22
4 Σύστημα Ενεργειακής Διαχείρισης Κτιρίου (Building Energy Management System - BEMS).....	24
4.1 Ορισμός του Συστήματος Ενεργειακής Διαχείρισης Κτιρίου (Building Energy Management System - BEMS).....	24
4.2 Αρχιτεκτονική του Συστήματος Ενεργειακής Διαχείρισης Κτιρίου (Building Energy Management System - BEMS).....	25
4.3 Κύριες λειτουργίες του Συστήματος Ενεργειακής Διαχείρισης Κτιρίου (Building Energy Management System - BEMS).....	26
4.4 Τεχνικά χαρακτηριστικά του Συστήματος Ενεργειακής Διαχείρισης Κτιρίου (Building Energy Management System - BEMS).....	27
4.5 Κριτήρια επιλογής του Συστήματος Ενεργειακής Διαχείρισης Κτιρίου (Building Energy Management System - BEMS).....	28
4.6 Προδιαγραφές μονάδων αυτοματισμού του Συστήματος Ενεργειακής Διαχείρισης Κτιρίου (Building Energy Management System - BEMS).....	30
4.7 Πλεονεκτήματα του Συστήματος Ενεργειακής Διαχείρισης Κτιρίου (Building Energy Management System - BEMS).....	31
5 Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) και τεχνολογία.....	32
5.1 Λογισμικά ενεργειακής απόδοσης.....	32
5.1.1 Λογισμικό TEE-KENAK.....	32
5.1.2 Λογισμικό EPA-NR.....	33
5.1.3 ISO 50001.....	33
5.2 Πρωτόκολλα επικοινωνίας.....	33
5.2.1 Πρότυπο EN 15232.....	33
5.2.2 Πρότυπο X10.....	36
5.2.3 Πρότυπο KNX.....	36
5.2.4 Πρότυπο KNX / EIB – istabus.....	37
5.2.5 Πρότυπο Lonworks.....	38
5.2.6 Πρότυπο BACnet.....	39
5.2.7. Πρότυπο LonTalk βάσει p-CSMA.....	41
5.3 Ενδεικτικά παραδείγματα Συστημάτων Αυτοματισμού και Ελέγχου (Building	

and Control System - BACS).....	43
6 Σχεδιασμός Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) και Συστήματος Διαχείρισης Ενέργειας Κτιρίου (Building Energy Management System - BEMS).....	45
6.1 Σχεδιασμός Συστήματος Διαχείρισης Ενέργειας Κτιρίου (Building Energy Management System - BEMS).....	45
6.1.1 Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) μέσω του iBeacon στις συσκευές Android.....	45
6.1.2 Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) με το ασύρματο δίκτυο αισθητήρων βάσει IP διευθύνσεων WSN-BMDS.....	46
6.1.3 Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) με το Windows Communication Foundation και το XAML.....	48
6.1.4 Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) χρησιμοποιώντας το Ajax και τις υπηρεσίες ιστού.....	51
6.1.5 Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management Systems - BMS) χρησιμοποιώντας ονοματισμένο δίκτυο δεδομένων.....	54
6.1.6 Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) με ελάχιστη αλλαγή στα πρωτόκολλα κτιρίου.....	63
6.1.7 Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) βάσει Διαχείρισης Πληροφοριών Κτιρίου (Building Information Management - BIM).....	65
6.2 Σχεδιασμός Συστήματος Διαχείρισης Ενέργειας Κτιρίου (Building Energy Management System - BEMS).....	66
6.2.1 Σύστημα Διαχείρισης Ενέργειας Κτιρίου (Building Energy Management System - BEMS) με σύνολα κανόνων.....	66
6.2.2 Σύστημα Διαχείρισης Ενέργειας Κτιρίου (Building Energy Management System - BEMS) με κυβερνητική ασφάλεια.....	71
6.2.3 Σύστημα Διαχείρισης Ενέργειας Κτιρίου (Building Energy Management System - BEMS) βάσει του έξυπνου δικτύου.....	79
6.2.4 Σύστημα Διαχείρισης Ενέργειας Κτιρίου (Building Energy Management System - BEMS) με βάση την οντολογία, τους κανόνες συμπερασμάτων και την προσομοίωση.....	81
6.2.5 Διαχείριση και μοντελοποίηση ενέργειας κτιρίου βάσει μικροσκοπικών	

ασύρματων κόμβων αισθητήρων.....	83
7 Γενικά χαρακτηριστικά.....	87
7.1 SWOT ανάλυση μεταξύ των Συστημάτων Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) και των εργαλείων ανίχνευσης και διάγνωσης ασφάλειας.....	87
7.2 Διαδραστικοί έλεγχοι στο Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) βάσει του GridWiseTM.....	93
7.3 Εφαρμογή ελέγχου σε Σύστημα Διαχείρισης Ενέργειας Κτιρίου (Building Management Energy System - BMS) με το μετρητή ενέργειας Διαδικτυακών πραγμάτων (Internet of Things - IoT).....	96
7.4 Προοπτική περίπλοκων Συστημάτων Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS).....	101
8 Μελέτη περίπτωσης.....	104
8.1 Περιγραφή των κτιριακών ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων.....	106
8.2 Περιγραφή εναλλακτικών λύσεων των κτιριακών ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων.....	110
9 Συμπεράσματα.....	111
Βιβλιογραφία.....	112

Λίστα πινάκων

Πίνακας 5.1 Αυτοματισμοί που θα πρέπει να εγκατασταθούν ανάλογα με την κατηγορία ενεργειακής αποδοτικότητας.....	34
Πίνακας 7.1.1 Δυνάμεις και αδυναμίες του Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) και η εξέλιξη τους.....	89
Πίνακας 7.1.2 Ερωτήσεις υποστήριξης προσδιορισμού Ευκαιριών και Απειλών.....	92
Πίνακας 7.1.3 Ερωτήσεις προσδιορισμού Ευκαιριών και Απειλών.....	92

Λίστα εικόνων

Εικόνα 2.1 Κατανομή της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στην Ε.Ε.(27) το 2009.....	3
Εικόνα 2.2 Κατανομή της κατανάλωσης ενέργειας στον εμπορικό τομέα στην Ε.Ε.(25).....	3
Εικόνα 2.3 Κατανομή της κατανάλωσης ενέργειας στον οικιακό τομέα στην Ε.Ε.(25).....	4
Εικόνα 2.4 Κατανάλωση ενέργειας στις κατοικίες ανά τύπο καυσίμου στην Ε.Ε.(27) το 2009.....	4
Εικόνα 2.5 Κατανομή της κατανάλωσης ενέργειας στην Ελλάδα το 2009.....	6
Εικόνα 2.6 Κατανομή της κατανάλωσης ενέργειας στον τριτογενή τομέα στην Ελλάδα το 2009.....	6
Εικόνα 2.7 Κατανάλωση ενέργειας (κατανομή ρύπων) ανά τομέα στην Ελλάδα το 1980.....	7
Εικόνα 2.8 Κατανάλωση ενέργειας (κατανομή ρύπων) ανά τομέα στην Ελλάδα το 2010.....	7
Εικόνα 2.9 Ελληνικό κτιριακό απόθεμα πριν το 2001.....	8
Εικόνα 2.10 Ελληνικό κτιριακό απόθεμα το 2001.....	8
Εικόνα 2.11 Κατανομή της κατανάλωσης ενέργειας στον οικιακό τομέα στην Ελλάδα.....	9
Εικόνα 2.12 Κατανάλωση ενέργειας στις κατοικίες ανά τύπο καυσίμου στην	

Πίνακας συντομεύσεων ξένων όρων

Συντόμευση	Περιγραφή
ACL	Access Control List
ADC	Analog-to-digital Converters
AHU	Air Handling Unit
AI	Analogic Input
AO	Analogic Output
API	Application Interfaces
APL	Access Privilege List
ASCs	Application Specific Controllers
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
B2G	Building to Grid
BACnet	Building Automation and Control network
BACS	Building and Control System
BAS	Building Automation Systems
BCU	Bus Coupling Unit
BEM	Building Energy Management
BEMS	Building Energy Management System
BIM	Building Information Management
BLE	Bluetooth Low Energy
BMS	Building Management System
BPI	Building Programming Interface
BPM	Building Performance Monitoring
BREEAM	Building Research Establishment Environmental Assessment Method
BRM	Building Runtime Manager
BSC	Building Control System
BSM	Building Simulation Environment
CASBEE	Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency
CBAS	Component Based Automation Systems

CHP	Combined Heat and Power
CLIPS	C Language Integrated Production System
CoAP	Constrained Application Protocol
COM	Component Object Model
CORBA	Common Object Request Broker
CPs	Configuration Properties
CRC	Cyclic Redundancy Check
CSMA	Carrier Sense Multiple Access
CSS	Cascading Style Sheets
DCOM	Distributed Component Object Model
DDC	Direct Digital Control
DDoS	Distributed Denial of Service
DI	Digital Input
DO	Digital Output
DOE	Department of Energy
EIBA	European Intallation Bus Association
EMCS	Energy Management and Control Systems
EMP	EmNets Management Protocol
EMS	Energy Management System
EOM	End of Message
ERI	Environmental Research Institute
ESBi2C	Energy Savings in Buildings via Intelligent Control and Communications
FMS	Facility Management System
GHG	GreenHouse Gas
GPIO	General Purpose Input/Output
GSN	Global Sensor Network
GSRT	General Secretariat for Research and Technology
HAL	Hardware Abstraction Layer
HVAC	Heating, ventilation and air conditioning
I/O	Input / Output
IC	Integrated Circuit
ICSs	Industrial Control Systems
IFC	Industry Foundation Class
IoT	Internet of Things

ISO	International Organization for Standardization
JSON	JavaScript Object Notification
KDS	Key Distribution Service
LAN	Local Area Network
LBMS	Local Building Management System
LEED	Leadership in Energy and Environment Design
MAC	Medium Access Control
MASC	Modeling, Analysis, Simulation & Computation
ML	Machine Learning
MRL	Modeling Readiness Level
MS-TP	Master-Slave / Token-Passing
NCUs	Network Control Units
NDN	Named Data Networking
NEUs	Network Expansion Units
NIST	National Institute of Standards and Technology
NPDU	Network Protocol Data Unit
NVs	Network Variables
OC-SVM	One-Class Support Vector Machine
OLE	OLE for Process control
OS AIS	Organization for the Advancement of Structured Information Standards
OWS	Operator WorkStation
PFT	Performance Framework Tool
PI	Proportional Integral
PNNL	Pacific Northwest National Laboratory
RH	Relative Humidity
RMI	Remote Method Invocation
QCIF	Quarter of Common Intermediate Format
RBMS	Remote Building Management System
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition
SG-BEMS	Smart Grid-Building Energy Management System
SGDI	Smart Grid Digital Interface
SHM	Structural Health Monitoring
SIA	Security Information Analytics
SNVT	Standard Network Variable Types

SOA	Service Oriented Architecture
VAV	Variable Air Volume
VPP	Virtual Power Plant
VS	Visional Sensor
WAN	Wide Area Network
WCED	World Commission on Environment and Development
WPF	Windows Presentation Framework
WS	Web Service
XHTML	Extensible Hypertext Markup Language
XSLT	Extensible Style sheet Language Transformation

Πίνακας συντομεύσεων ελληνικών όρων

Συντόμευση	Περιγραφή
ΑΚΕ	Απομακρυσμένα Κέντρα Ελέγχου
ΓΓΕΤ	Γενική Γραμματεία Έρευνας και Τεχνολογίας
ΕΑΑ	Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών
Ε.Ε.	Ευρωπαϊκής Ένωσης
Ε.Υ.Επ.Εν.	Ειδική Υπηρεσία Επιθεωρητών Ενέργειας
ZNX	Ζεστό Νερό Χρήσης
ΙΕΠΒΑ	Ινστιτούτου Ερευνών Περιβάλλοντος και Βιώσιμης Ανάπτυξης
Κ.Εν.Α.Κ.	Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων
ΚΣΕ	Κεντρικό Σταθμό Ελέγχου
ΠΕΑ	Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης
ΤΕΕ	Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος
ΤΟ	Τεχνικές Οδηγίες
ΤΟΤΕΕ	Τεχνικές Οδηγίες του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος
Υ.Π.Ε.Κ.Α.	Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Εισαγωγή

Η μεγαλύτερη πρόκληση στη σημερινή κοινωνία είναι ο έλεγχος και η παρακολούθηση της απόδοσης μιας κτιριακής εγκατάστασης βάσει κοινωνικών και οικονομικών διαδικασιών στοχεύοντας στην βιώσιμη ανάπτυξη με αποτέλεσμα την επίτευξη ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος και την εδραίωση. Το Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) ή το Αυτοματοποιημένο Σύστημα (Building Automation Systems - BAS) αποτελεί μια νέα και καινοτόμα τεχνολογία και κάνει πιθανή την επίτευξη περισσότερο βιώσιμων σχεδίων μέσω υψηλότερης αποτελεσματικής ενέργειας, χαμηλότερων λειτουργικών κοστών και κοστών διατήρησης, καλύτερης ποιότητας εσωτερική ατμόσφαιρας, άνετη απασχόληση και παραγωγικότητα. Επιπλέον η ανάπτυξη και η χρήση των βοηθητικών μεθόδων κτιριακής απόδοσης είναι γνωστά και ως δείκτες "πράσινων" κτιριακών συστημάτων όπως είναι η LEED (Leadership in Energy and Environment Design) στις ΗΠΑ, η BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) στην Αγγλία, η CASBEE (Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency) στην Ιαπωνία, και η Green Starin Australia στην Αυστραλία συνεισφέροντας στην ενσωμάτωση των μεθόδων και πρακτικών στην επίτευξη βιώσιμων κτιριακών εγκαταστάσεων [3].

Η βιωσιμότητα κτιριακών εγκαταστάσεων επηρεάζεται από περιβαλλοντικούς παράγοντες, την επιθυμία "πράσινων" κτιριακών πιστοποιήσεων ή οικονομικών υποσχέσεων για χαμηλότερα λειτουργικά κόστη. Η ενσωμάτωση βιώσιμων και "πράσινων" κτιριακών προσεγγίσεων θα έχει ως αποτέλεσμα την ωφέλεια μέσω μεγαλύτερων οικονομικών επιστροφών, αυξανόμενη στάση προς την κοινωνία, βελτιωμένη παραγωγικότητα και μειωμένη αρνητική περιβαλλοντική επιρροή. Επίσης τα "πράσινα" κτίρια παρέχουν πολλά πλεονεκτήματα στους οργανισμούς για τους εργαζομένους και σε όλη την κοινωνία πάνω από το κόστος τους. Γι αυτό η επιλογή της κατάλληλης βιώσιμης προσέγγισης αποτελεί κρίσιμη στρατηγική στο σχεδιασμό και στην κατασκευή ενός κτιρίου. Η λογική χρήση των φυσικών πηγών και η κατάλληλη διαχείριση των κτιριακών πόρων συνεισφέρει στην αποθήκευση σπάνιων πηγών, στη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης και στην βελτίωση της περιβαλλοντικής ποιότητας. [3]

Στην παρούσα εργασία στα κεφάλαια που ακολουθούν θα γίνει μια προσπάθεια ανάλυσης της νομοθεσίας περί ενεργειακής διαχείρισης κτιρίου εγχώρια και διεθνώς, του Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) και του Συστήματος Ενεργειακής Διαχείρισης Κτιρίου (Building Energy Management System - BEMS) σχετικά με ορισμούς, χαρακτηριστικά, μέρη, λειτουργίες, πλεονεκτήματα, κριτήρια και προδιαγραφές, στην τεχνολογία όπου γίνεται αναφορά σε διάφορα λογισμικά ενεργειακής απόδοσης και πρωτόκολλα επικοινωνίας, στον σχεδιασμό των δυο παραπάνω συστημάτων βάσει λογισμικών καθώς και κάποια γενικά χαρακτηριστικά που τα διέπουν όπως SWOT ανάλυση, έλεγχος και προοπτική. Θα ακολουθήσει μια ενδεικτική μελέτη περίπτωσης και τέλος θα παρατεθούν τα συμπεράσματα της παρούσας εργασίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

Στον παρόν κεφάλαιο θα γίνει αναφορά στην κατανάλωση ενέργειας στην Ε.Ε και στην Ελλάδα καθώς και στο Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.) και στις Επιθεωρήσεις Ενεργειακών Κτιρίων. Επίσης γίνεται αναφορά στην εξοικονόμηση ενέργειας των κτιρίων βάσει του συστήματος LCN.

2.1 Κατανάλωση ενέργειας στην Ε.Ε

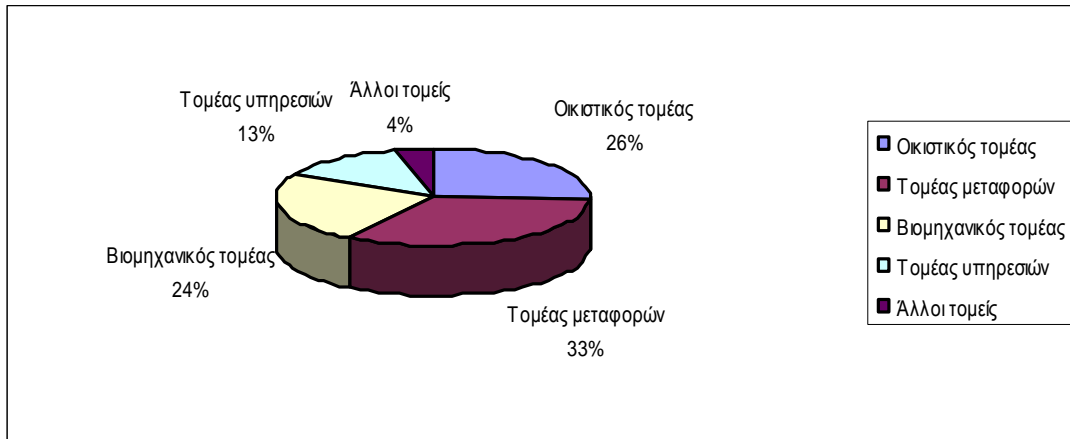
Οι κύριοι άξονες της Ευρωπαϊκής Ενεργειακής Στρατηγικής επικεντρώνονται σε θέματα ενεργειακής ασφάλειας, κλιματικής αλλαγής, τιμών ενέργειας, επενδύσεων σε υποδομές, διεθνών και οικονομικών εξελίξεων. Η προσπάθεια της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Ε.Ε.) αντικατοπτρίζεται στο πρόγραμμα «Ενέργεια 2020» στοχεύοντας στην εξοικονόμηση ενέργειας. Στο πλαίσιο αυτό έχουν εκδοθεί οδηγίες από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή για την «Προώθηση της Χρήσης Ενέργειας από ΑΠΕ» βάσει του νόμου 2009/28/ΕΚ, την «Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων» βάσει του νόμου 2002/91/ΕΕ με αναδιατύπωση 2010/31/ΕΕ, την «Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας» βάσει του νόμου 2004/8/ΕΚ, την «Ενεργειακή Αποδοτικότητα στην τελική χρήση και τις Ενεργειακές Υπηρεσίες» βάσει του νόμου 2006/32/ΕΚ, την «Ενεργειακή Σήμανση Συσκευών» βάσει του νόμου 2010/30/ΕΕ και την «Προώθηση Καθαρών και Ενεργειακά Αποδοτικών Οχημάτων για τις Οδικές Μεταφορές» βάσει του νόμου 2009/33/ΕΚ [17].

Στην Ευρώπη η ενεργειακή κατανάλωση είναι χαμηλότερη της παραγόμενης με ετήσιο ρυθμό αύξησης της ενεργειακής ζήτησης από τα μέσα του '80 περίπου 2%. Στην προσπάθεια ενίσχυσης της ενεργειακής αυτάρκειας και ασφάλειας με αποτέλεσμα τη μείωση του οικολογικού κόστους η Ευρωπαϊκή Επιτροπή εξέδωσε κάποιες ενεργειακές πολιτικές. Επίσης ισχυρίστηκε ότι στα αστικά κέντρα συγκεντρώνεται το 80% του πληθυσμού και καταναλώνεται το 75% της ενέργειας. Η παραγωγή και η κατανάλωση ενέργειας έχει ως αποτέλεσμα την εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα με ποσοστό 94% όπου το 45% προέρχεται από τον τομέα των κτιρίων. Στον ευρωπαϊκό κτιριακό τομέα η κατανάλωση ενέργειας για κλιματισμό, φωτισμό κλπ. αντιπροσωπεύει το 40% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης με μέση ετήσια κατανάλωση 150-230kWh/m² αποτελώντας το μεγαλύτερο καταναλωτή τελικής ενέργειας [13]. Το 2009 το μέσο ποσοστό των ευρωπαϊκών κτιρίων στο ενεργειακό ισοζύγιο ήταν 39%. Παρακάτω παρατίθενται κάποια διαγράμματα σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας γενικά, στον εμπορικό τομέα, στον οικιακό τομέα και στις κατοικίες ανά τύπο καυσίμου της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Ε.Ε.) [14].

Από την Εικόνα 2.1 Κατανομή της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στην Ε.Ε. των 27 χωρών το 2009 παρατηρούμε ότι η μεγαλύτερη κατανάλωση υπάρχει στον τομέα των μεταφορών με ποσοστό 33%, ακολουθεί ο οικιστικός τομέας με ποσοστό 26%, ο

βιομηχανικός τομέας με ποσοστό 24%, ο τομέας των υπηρεσιών με ποσοστό 13% και τέλος άλλοι τομείς με ποσοστό 4%.

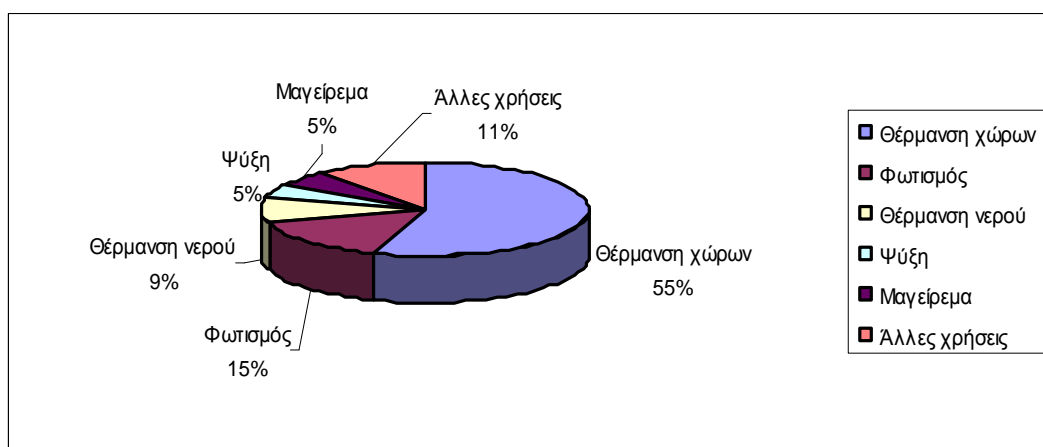
Εικόνα 2.1 Κατανομή της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στην Ε.Ε.(27) το 2009



Πηγή [14]

Από την Εικόνα 2.2 Κατανομή της κατανάλωσης ενέργειας στον εμπορικό τομέα στην Ε.Ε. των 25 χωρών παρατηρούμε ότι το μεγαλύτερο ποσοστό της καταναλώμενης ενέργειας στον εμπορικό τομέα με ποσοστό 55% χρησιμοποιείται στη θέρμανση των χώρων, το 15% στο φωτισμό, για άλλες χρήσεις 11%, στη θέρμανση νερού το 9%, στο μαγείρεμα και στην ψύξη από 5%.

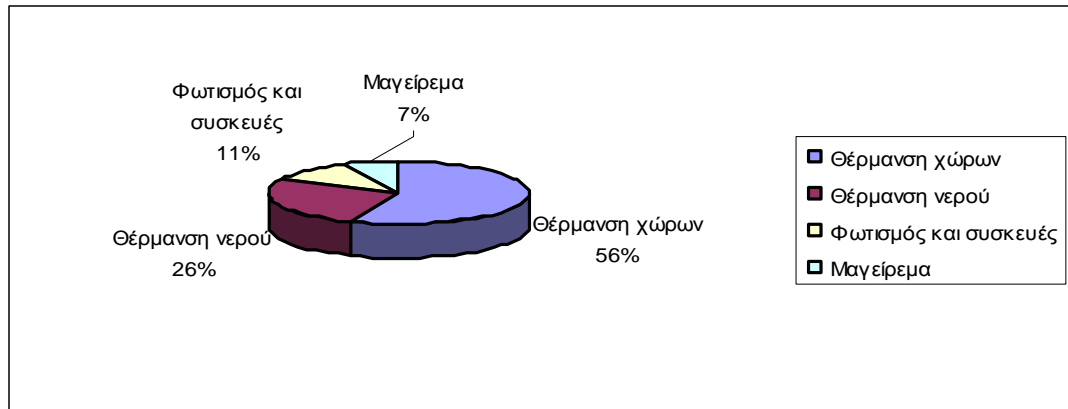
Εικόνα 2.2 Κατανομή της κατανάλωσης ενέργειας στον εμπορικό τομέα στην Ε.Ε.(25)



Πηγή [13]

Από την Εικόνα 2.3 Κατανομή της κατανάλωσης ενέργειας στον οικιακό τομέα στην Ε.Ε. των 25 χωρών παρατηρούμε ότι το μεγαλύτερο ποσοστό της καταναλώμενης ενέργειας στον οικιακό τομέα με ποσοστό 56% χρησιμοποιείται στη θέρμανση των χώρων, το 26% στη θέρμανση του νερού, το 11% στο φωτισμό και στις συσκευές, το 7% στο μαγείρεμα.

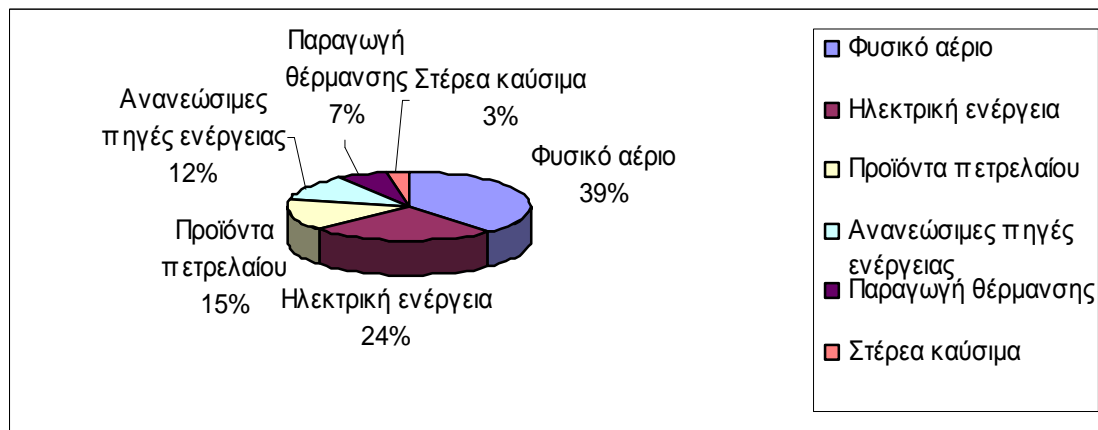
Εικόνα 2.3 Κατανομή της κατανάλωσης ενέργειας στον οικιακό τομέα στην Ε.Ε.(25)



Πηγή [13]

Από την Εικόνα 2.4 Κατανάλωση ενέργειας στις κατοικίες ανά τύπο καυσίμου στην Ε.Ε των 27 χωρών το 2009 παρατηρούμε ότι το μεγαλύτερο ποσοστό της καταναλώμενης ενέργειας στις κατοικίες ανά τύπο καυσίμου προέρχεται από φυσικό αέριο με ποσοστό 39%, την ηλεκτρική ενέργεια με ποσοστό 24%, τα προϊόντα πετρελαίου με 15%, τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας με 12%, την παραγωγή θέρμανσης με 7% και τα στερεά καύσιμα με 3%.

Εικόνα 2.4 Κατανάλωση ενέργειας στις κατοικίες ανά τύπο καυσίμου στην Ε.Ε.(27) το 2009



Πηγή [14]

2.2 Κατανάλωση ενέργειας στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα η κτιριακή ενεργειακή κατανάλωση απαιτεί 30% περισσότερη ενέργεια προκειμένου να καλύψει τις ανάγκες για θέρμανση, κλιματισμό, φωτισμό, κλπ. ιδιαίτερα σε κτίρια που κατασκευάστηκαν πριν τη δεκαετία του '80 όπου ξεκίνησε η ισχύς του Κανονισμού Θερμομόνωσης. Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Στατιστική Υπηρεσία η συνολική ετήσια κατανάλωση στον ελληνικό κτιριακό τομέα είναι περίπου 17000kWh όπου σε σύγκριση με άλλες μεσογειακές χώρες όπως η Ισπανία η Ελλάδα έχει 30% περισσότερη ενεργειακή κατανάλωση ενώ σε σύγκριση με την Πορτογαλία έχει 50%. Επίσης η Ελλάδα έχει μεγαλύτερη ενεργειακή κατανάλωση από χώρες του βορρά όπως η Βρετανία, η Γερμανία και η Δανία. Στον ελληνικό κτιριακό τομέα η ενέργεια καταναλώνεται κυρίως για θέρμανση με ποσοστό περίπου 60% οδηγώντας σε περιβαλλοντική επιβάρυνση με εκπομπή ρύπων διοξειδίου του άνθρακα της τάξεως των 13 τόνων περίπου ετησίως, τιμή υψηλότερη από πολλές μεσογειακές και χώρες του βορρά σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Περιβάλλοντος. Οι κατοικίες που δεν χρησιμοποιούνται ως κτίρια αποτελούν το 5% του κτιριακού συνόλου αντιπροσωπεύοντας το 26% της συνολικής κτιριακής επιφάνειας. Από τα κτίρια αυτά το 57% αντιπροσωπεύεται από γραφεία και χώρους εμπορικής χρήσης, το 19% αντιπροσωπεύεται από εκπαιδευτικά κτίρια, το 16% αντιπροσωπεύεται από ξενοδοχεία και περίπου το 8% αντιπροσωπεύεται από νοσοκομεία και κλινικές. Ένα τυπικό κτίριο κλιματιζόμενων γραφείων θεωρείται ότι καταναλώνει περίπου 138kWh/m² ανά έτος από τις οποίες τα 85kWh/m² πάει για θέρμανση και το 35kWh/m² πάει για κλιματισμό. Ενώ η μέση ενεργειακή κατανάλωση των μη κλιματιζόμενων κτιρίων γραφείων φτάνει τα 75kWh/m² από τα οποία τα 57kWh/m² πάνε στη θέρμανση και τα υπόλοιπα 18kWh/m² πάνε για κλιματισμό [13].

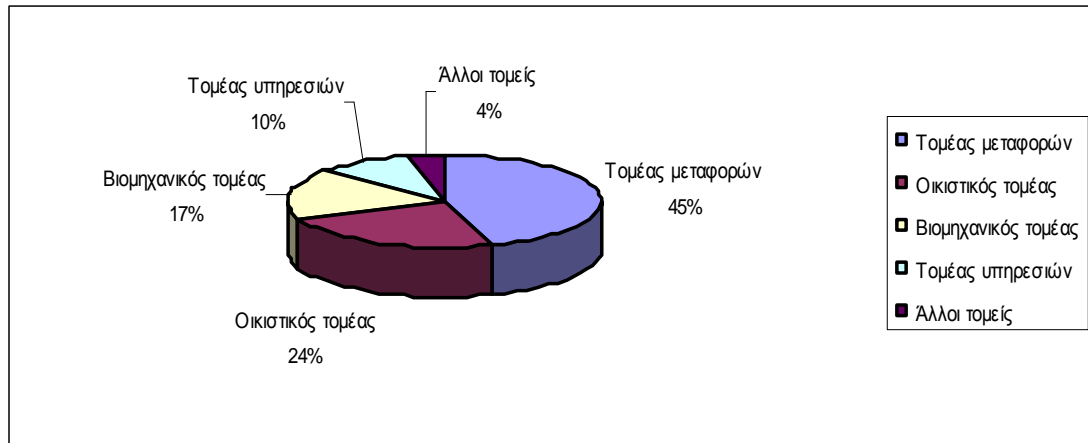
Σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν παραπάνω για τον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.), ο οποίος ναι μεν εφαρμόζεται σε όλες τις κτιριακές περιπτώσεις κατανάλωσης ενέργειας με αρκετές εξαιρέσεις, τέθηκε η υποχρεωτική κάλυψη μέρους των αναγκών σε ζεστό νερό από συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και η ενσωμάτωση τουλάχιστον ενός παθητικού ηλιακού συστήματος. Για την επίτευξη κτιρίων μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας στον ιδιωτικό τομέα θα πρέπει μέχρι το τέλος του 2019 όλα τα κτίρια να καλύψουν την συνολική πρωτογενή ενεργειακή κατανάλωση με συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ενώ στο δημόσιο τομέα αυτό έπρεπε να επιτευχθεί μέχρι το τέλος του 2004 [13].

Ως μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας μπορούν να θεωρηθούν η θερμομόνωση εξωτερικών τοίχων και οροφής, τα διπλά υαλοστάσια, η συντήρηση κεντρικών θερμάνσεων, η αντικατάσταση παλιών λεβήτων με λέβητες πετρελαίου και φυσικού αερίου, οι θερμοστάτες αντιστάθμισης και χώρων, ο εξωτερικός σχεδιασμός σκίασης, οι ανεμιστήρες οροφής, οι ηλιακοί συλλέκτες για ΖΝΧ (Ζεστού Νερού Χρήσης), οι ενεργειακοί λαμπτήρες, η αεροστεγάνωση ανοιγμάτων, η αντικατάσταση παλιών κλιματιστικών και το σύστημα διαχείρισης κτιρίων. Επίσης στην Ελλάδα ο μέσος ετήσιος ρυθμός αύξησης κατανάλωσης ενέργειας για την περίοδο 1990-2010 εκτιμήθηκε στο 1,7% ενώ για τον κτιριακό τομέα ήταν 4,5%. Το 2007-2010 καταγράφηκε σχεδόν 10% μείωση της κατανάλωσης. Επιπλέον το 2009 το μέσο ποσοστό των ελληνικών κτιρίων στο ενεργειακό ισοζύγιο ήταν 34%. Επιπρόσθετα το 68% της ενέργειας καταναλώνεται από το κτιριακό τομέα. Τέλος παρακάτω παρατίθενται κάποια διαγράμματα σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας γενικά, στον εμπορικό τομέα, στον οικιακό τομέα και στις κατοικίες ανά τύπο καυσίμου της Ελλάδας [14].

Από την Εικόνα 2.5 Κατανομή της κατανάλωσης ενέργειας στην Ελλάδα το 2009 παρατηρούμε ότι ο τομέας των μεταφορών χρησιμοποιεί το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας

με ποσοστό 45%, ακολουθεί ο οικιστικός τομέας με ποσοστό 24%, ο βιομηχανικός με ποσοστό 17%, ο τομέας των υπηρεσιών με ποσοστό 10% και οι άλλοι τομείς με ποσοστό 4%.

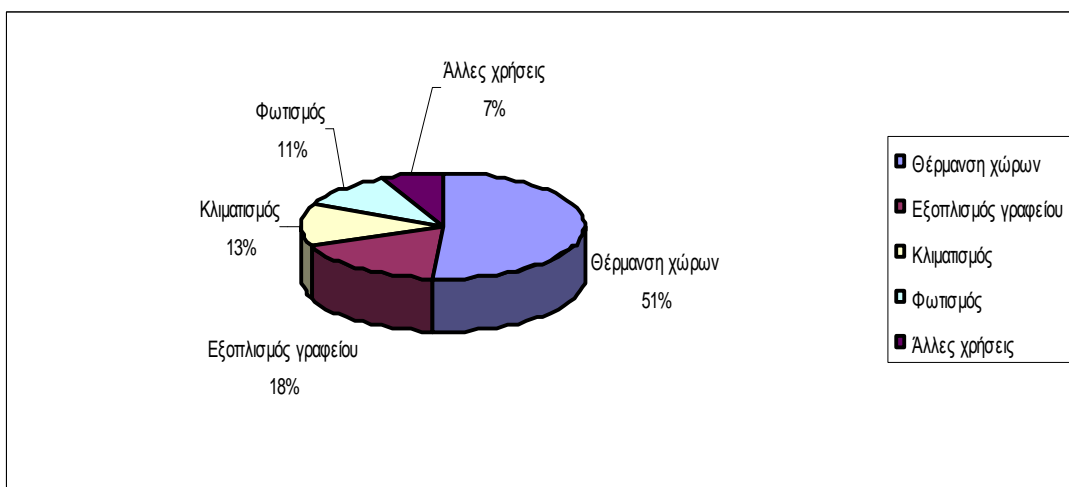
Εικόνα 2.5 Κατανομή της κατανάλωσης ενέργειας στην Ελλάδα το 2009



Πηγή [14]

Από την Εικόνα 2.6 Κατανομή της κατανάλωσης ενέργειας στον τριτογενή τομέα (εμπόριο και υπηρεσίες) στην Ελλάδα το 2009 παρατηρούμε ότι το μεγαλύτερο ποσοστό της ενέργειας χρησιμοποιείται στη θέρμανση χώρων με ποσοστό 51%, στον εξοπλισμό γραφείου με ποσοστό 18%, στο κλιματισμό με 13%, στο φωτισμό με 11% και σε άλλες χρήσεις με ποσοστό 7%.

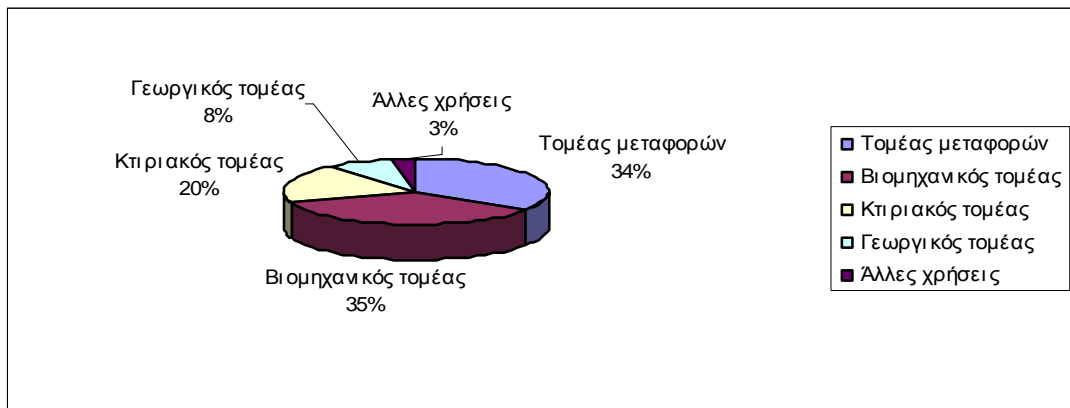
Εικόνα 2.6 Κατανομή της κατανάλωσης ενέργειας στον τριτογενή τομέα στην Ελλάδα το 2009



Πηγή [13]

Από την Εικόνα 2.7 Κατανάλωση ενέργειας (κατανομή ρύπων) ανά τομέα στην Ελλάδα το 1980 πριν την εφαρμογή του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.) παρατηρούμε ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των ρύπων προερχόταν από το βιομηχανικό τομέα με ποσοστό 35%, ακολουθεί ο τομέας μεταφορών με ποσοστό 34%, ο κτιριακός τομέας με ποσοστό 20%, ο γεωργικός τομέας με 8% και από άλλες χρήσεις με ποσοστό 3%.

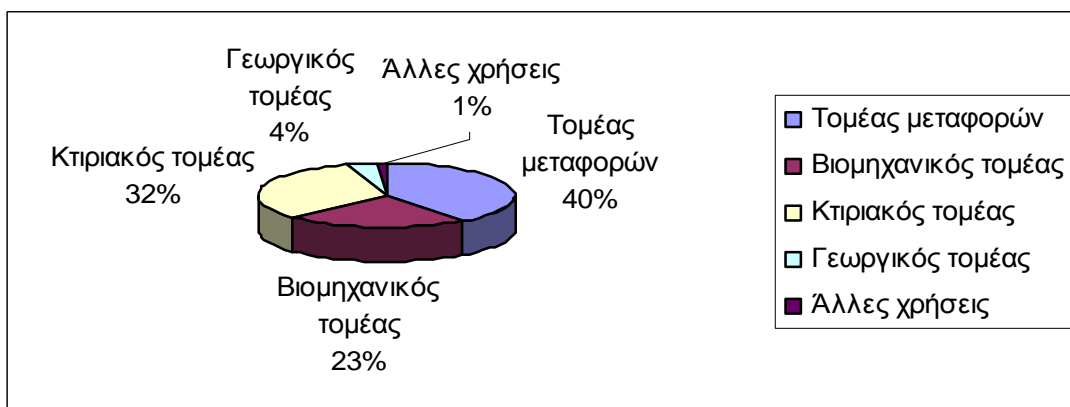
Εικόνα 2.7 Κατανάλωση ενέργειας (κατανομή ρύπων) ανά τομέα στην Ελλάδα το 1980



Πηγή [14]

Από την Εικόνα 2.8 Κατανάλωση ενέργειας (κατανομή ρύπων) ανά τομέα στην Ελλάδα το 2010 μετά την εφαρμογή του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.) παρατηρούμε ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των ρύπων προερχόταν από το τομέα των μεταφορών με ποσοστό 40%, από τον κτιριακό τομέα με ποσοστό 32%, το βιομηχανικό τομέα το 23%, το γεωργικό τομέα 4% και από άλλες χρήσεις το 1%.

Εικόνα 2.8 Κατανάλωση ενέργειας (κατανομή ρύπων) ανά τομέα στην Ελλάδα το 2010

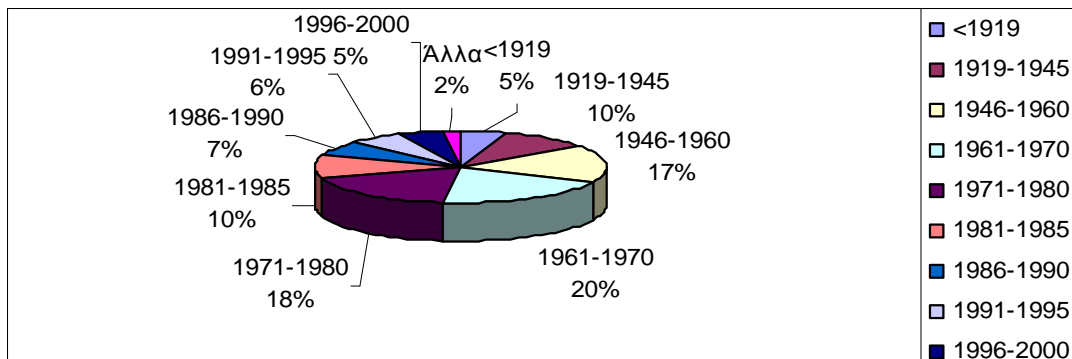


Πηγή [14]

Το 2001 καταγράφηκαν περίπου 4εκ. κτίρια από τα οποία σύμφωνα με το δείκτη ενεργειακής κατάταξης κατά των προτύπων EN-15217 και EN-15603 το 19% βρισκόταν στη ζώνη Α, το 45% στη ζώνη Β, το 32% στη ζώνη Γ και το 4% στη ζώνη Δ σύμφωνα με το ΚΥΑ 21475/4707 19-08-98. Επίσης το 10% των κτιρίων διέθεταν πλήρη θερμομόνωση, το 20% ελλιπή θερμομόνωση ενώ το 70% δεν διέθετε θερμομόνωση [14].

Από την Εικόνα 2.9 Ελληνικό κτιριακό απόθεμα πριν το 2001 παρατηρούμε ότι πριν το 1919 ήταν σε ποσοστό 5% και σταδιακά παρατηρούμε μια αύξηση μεταξύ 1919-1945, 1946-1960, 1961-1970 με ποσοστό 10%, 17% και 20% αντίστοιχα όπου ακολουθεί μια σταδιακή μείωση μεταξύ 1971-1980, 1981-1985, 1986-1990, 1991-1995, 1996-2000 με ποσοστό 18%, 10%, 7%, 6% και 5% αντίστοιχα.

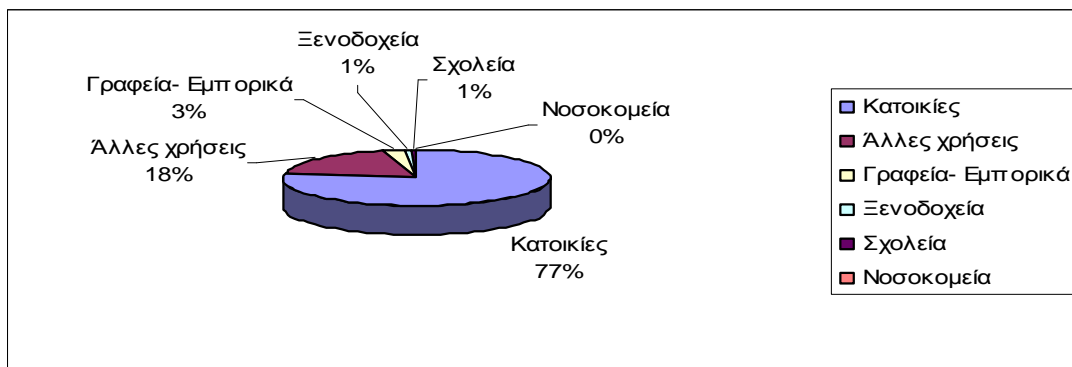
Εικόνα 2.9 Ελληνικό κτιριακό απόθεμα πριν το 2001



Πηγή [14]

Από την Εικόνα 2.10 Ελληνικό κτιριακό απόθεμα το 2001 παρατηρούμε ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των κτιρίων χρησιμοποιούνταν ως κατοικίες με ποσοστό 77%, ακολουθεί η χρήση κτιρίων για άλλες χρήσεις με ποσοστό 18%, για γραφεία και εμπορικά με ποσοστό 3%, για ξενοδοχεία και σχολεία με ποσοστό 1% αντίστοιχα ενώ για νοσοκομεία σχεδόν 0%.

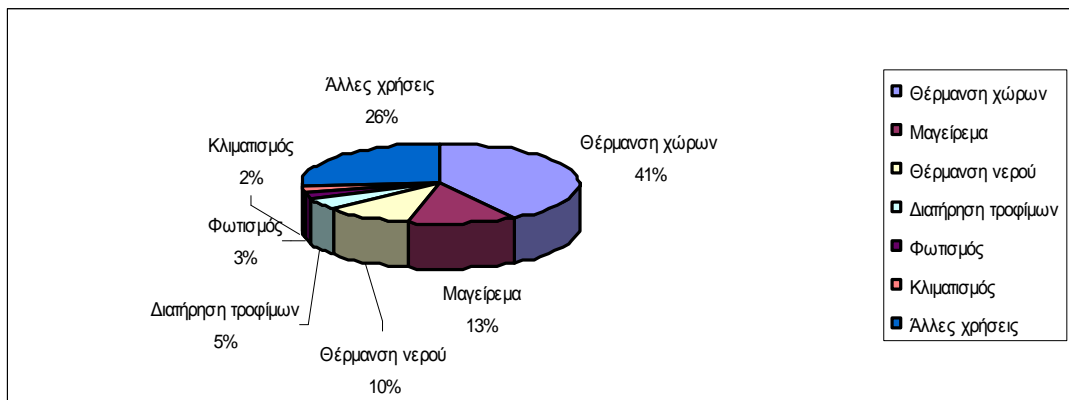
Εικόνα 2.10 Ελληνικό κτιριακό απόθεμα το 2001



Πηγή [14]

Από την Εικόνα 2.11 Κατανομή της κατανάλωσης ενέργειας στον οικιακό τομέα στην Ελλάδα παρατηρούμε ότι το μεγαλύτερο ποσοστό της ενέργειας χρησιμοποιούνταν για τη θέρμανση χώρων με ποσοστό 41%, ακολουθεί για άλλες χρήσεις με ποσοστό 25%, για μαγείρεμα το 13%, για θέρμανση νερού 10%, για διατήρηση τροφίμων 5%, για φωτισμό 3% και για κλιματισμό 2%.

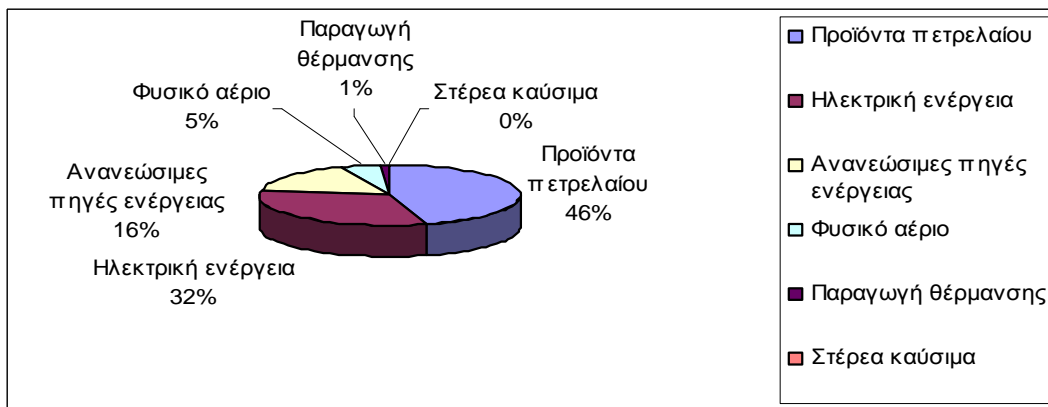
Εικόνα 2.11 Κατανομή της κατανάλωσης ενέργειας στον οικιακό τομέα στην Ελλάδα



Πηγή [13]

Από την Εικόνα 2.12 Κατανάλωση ενέργειας στις κατοικίες ανά τύπο καυσίμου στην Ελλάδα το 2009 παρατηρούμε ότι με ποσοστό 46% χρησιμοποιούνταν προϊόντα πετρελαίου, ακολουθούσε η ηλεκτρική ενέργεια με ποσοστό 32%, οι ανανεώσιμες πηγές με ποσοστό 16%, το φυσικό αέριο με ποσοστό 5%, η παραγωγή θέρμανσης με ποσοστό 1% και τα στερεά καύσιμα με ποσοστό σχεδόν 0%.

Εικόνα 2.12 Κατανάλωση ενέργειας στις κατοικίες ανά τύπο καυσίμου στην Ελλάδα το 2009



Πηγή [14]

2.3 Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.)

Η Ελλάδα βάσει της Κοινοτικής Οδηγίας 91/2002/ΕΚ για την «Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων» έπρεπε να συμμορφωθεί μέχρι τον Ιανουάριο του 2006 με την έκδοση και την εφαρμογή παρόμοιων νομοθετικών διατάξεων [12]. Η Κοινοτική Οδηγία 91/2002/ΕΚ για την «Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων» περιλάμβανε γενικές αρχές σχετικά με την μεθοδολογία υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων, τα ελάχιστα κτιριακά πρότυπα ενεργειακής απόδοσης, τα συστήματα πιστοποίησης και την επιθεώρηση συστημάτων θέρμανσης και κλιματισμού. Ταυτόχρονα η Ευρωπαϊκή Ένωση σε συνεργασία με την Ευρωπαϊκή Επιτροπή Τυποποίησης (CEN) δημιούργησε 31 τεχνικά πρότυπα για τις κτιριακές ενεργειακές επιδόσεις με σκοπό την υποστήριξη της Κοινοτικής Οδηγίας 91/2002/ΕΚ για την «Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων» [13].

Το πρώτο βήμα για τη συμμόρφωση της με το πλαίσιο της Κοινοτικής Οδηγίας ήταν η έκδοση του νόμου ν.3661/2008 (ΦΕΚ Α' 89) «Μέτρα για τη μείωση της Ενεργειακής Κατανάλωσης των Κτιρίων και άλλες διατάξεις» όπου τέθηκε η υποχρέωση έκδοσης «Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων – Κ.Εν.Α.Κ.» στον οποίο καθορίζονταν οι ελάχιστες απαιτήσεις και η μέθοδος υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης, καθώς και οι τεχνικές προδιαγραφές νέων και ανακαινιζόμενων κτιρίων σύμφωνα με το ευρωπαϊκό πρότυπο ΕΛΟΤ EN ISO 13790 και των υπόλοιπων σχετικών προτύπων. Η Κοινοτική Οδηγία 91/2002/ΕΚ για την «Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων» τροποποιήθηκε από την 31/2010/ΕΚ και την έκδοση του νόμου ν.4122/2013 (ΦΕΚ Α' 42) «Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων – Εναρμόνιση με την οδηγία 2010/31/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου και λοιπές διατάξεις» ο οποίος έχει ισχύ μέχρι την έκδοση νέας απόφασης για την αναθεώρηση του νόμου [12].

Ο Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.) αποτελεί υποχρέωση της Ελλάδας ως προς τις απαιτήσεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης ως προς την Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων αλλά αποτελεί υποχρέωση κυρίως ως προς τους πολίτες της. Σύμφωνα με τις σύγχρονες απαιτήσεις διαβίωσης ο κατασκευαστικός τομέας πρέπει να αποκτήσει καλύτερη ενεργειακή συμπεριφορά μέσω της εξοικονόμησης ενέργειας και της σωστής διαχείρισης επιτυγχάνοντας καλύτερες συνθήκες διαβίωσης. Στους παράγοντες ασφάλειας και αισθητικής προστέθηκε και η χαμηλή κατανάλωση ενέργειας εξασφαλίζοντας καλύτερες συνθήκες διαβίωσης. Η αποτελεσματική διαχείριση της ενέργειας έχει ως αποτέλεσμα την προστασία του περιβάλλοντος εξοικονομώντας ενεργειακούς πόρους και συμβάλλοντας στην οικονομία των χρηστών και της χώρας [12].

Το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος (ΤΕΕ) συμβάλλει στην επίτευξη αυτού του σκοπού καταρτίζοντας εξειδικευμένο προσωπικό παρέχοντας Τεχνικές Οδηγίες (ΤΟ) που έχουν εγκριθεί από το Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής αποσκοπώντας στην εξειδίκευση των προτύπων των μελετών και των επιθεωρήσεων ενεργειακής απόδοσης κτιρίων. Ενδεικτικά αναφέρονται οι Τεχνικές Οδηγίες του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος (ΤΟΤΕΕ) 20701, η 1/2010 αναφέρεται στις «Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και την έκδοση πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης», η 2/2010 αναφέρεται στις «Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτιρίων», η 3/2010 αναφέρεται στα «Κλιματικά δεδομένα ελληνικών περιοχών», η 4/2010 αναφέρεται στις «Οδηγίες και έντυπα ενεργειακών επιθεωρήσεων κτιρίων, λεβητών και εγκαταστάσεων θέρμανσης και εγκαταστάσεων κλιματισμού». Στην προσπάθεια βελτίωσης του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.) το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος (ΤΕΕ) μετά από διετή εφαρμογή κατέγραψε ερωτήματα και παρατηρήσεις σχετικά με τη διαδικασία

ενεργειακών επιθεωρήσεων κτιρίων και την εκπόνηση / υποβολή μελετών ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και υπέβαλε κείμενα με διευκρινίσεις, προσθήκες και τροποποιήσεις σε κάθε τεχνική οδηγία και στις διευκρινιστικές εγκυκλίους του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (Υ.Π.Ε.Κ.Α.) για την διευκόλυνση, καθοδήγηση και αντιμετώπιση ζητημάτων στην Ειδική Υπηρεσία Επιθεωρητών Ενέργειας (Ε.Υ.Επ.Εν.). Ως απόρροια της δράσης αυτής προέκυψε το υπ' Αριθμ.οικ.1192/ΦΕΚ 1413-2012 όπου οι διευκρινήσεις και οι προσθήκες ενσωματώθηκαν στην δεύτερη έκδοση των υπαρχουσών νόμων και εγκρίθηκε και η 5/2012 που αναφέρεται στην «Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού, Θερμότητας και Ψύξης: Εγκαταστάσεις σε Κτίρια» [12].

Εν συνέχεια το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (Υ.Π.Ε.Κ.Α.) κοινοποίησε στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή το 2013 το σχέδιο υπουργικής απόφασης «Έγκριση και Εφαρμογή των Τεχνικών Οδηγιών ΤΕΕ για την Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων» όπου διατυπώθηκαν σχετικές παρατηρήσεις οι οποίες έγιναν δεκτές και ενσωματώθηκαν στις νέες Τεχνικές Οδηγίες του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (Υ.Π.Ε.Κ.Α.) εκδίδοντας νέα υπουργική απόφαση οικ 2618/23.10.2014 (ΦΕΚ Β' 2945) με τίτλο «Έγκριση και Εφαρμογή των Τεχνικών Οδηγιών ΤΕΕ για την Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων» καταργώντας τις προηγούμενες. Οι νέες εκδόσεις των Τεχνικών Οδηγιών του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος (ΤΕΕ) διατίθενται δωρεάν. Παράλληλα το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος (ΤΕΕ) ανέπτυξε ειδικό λογισμικό, το ΤΕΕ ΚΕΝΑΚ, για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης και την κατάταξη των κτιρίων στην διαδικασία ενεργειακών επιθεωρήσεων και στην εκπόνηση μελέτης ενεργειακής απόδοσης, το οποίο ανανεώνεται και εμπλουτίζεται συνεχώς βάσει των αλλαγών στο νομοθετικό πλαίσιο και στις τεχνικές οδηγίες του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.) [12].

2.4 Επιθεωρήσεις Ενεργειακών Κτιρίων

Κάθε νεόδμητο κτίριο ή ανακαινισμένο θα πρέπει να πληροί τις ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.) όπως είτε μικρότερη ή ίση συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας από αυτή του κτιρίου αναφοράς είτε το κτίριο να έχει τα ίδια τεχνικά χαρακτηριστικά ως προς την κτιριακή δομή και τις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις του κτιρίου αναφοράς [13].

Τα κτίρια βάσει της ενεργειακής του απόδοσης με ένα ιδεατό κτίριο αναφοράς κατά του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.) κατατάσσονται σε 9 δεικτοδοτημένες κατηγορίες με την A^+ να αποτελεί την καλύτερη, ακολουθούμενη από τις A , B^+ , B , Γ , Δ , E , Z και την H που αποτελεί την χειρότερη. Βάσει ορισμού η ετήσια συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του ιδεατού αυτού κτιρίου αντιστοιχεί στο άνω όριο της ενεργειακής απόδοσης της κατηγορίας B . Σύμφωνα με τον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.) με την ολοκλήρωση του νεόδμητου ή την ανακαίνιση του κτιρίου ως προς την κατασκευή, την τοποθέτηση των υδραυλικών και ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων και τη ρευματοδότηση ο ιδιοκτήτης πρέπει να ζητήσει την έκδοση Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ) το οποίο απεικονίζει την ενεργειακή κατάταξη του κτιρίου σύμφωνα με τους ενεργειακούς επιθεωρητές με ισχύ το ανώτερο 10 χρόνια και διατίθεται από τον ιδιοκτήτη στον αγοραστή ή τον εκμισθωτή. Στο Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ) αναφέρονται τα γενικά στοιχεία του κτιρίου, η υπολογιζόμενη ετήσια συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του ιδεατού κτιρίου και του εξεταζόμενου, η ετήσια κατανάλωση ενέργειας ανά πηγή και τελική χρήση, η πραγματική

ετήσια ολική κατανάλωση ενέργειας, οι υπολογιζόμενες και πραγματικές ετήσιες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, τέλος οι συστάσεις για τη βελτίωση της κτιριακής ενεργειακής απόδοσης. Όταν υπάρχουν κτίρια με μικτή χρήση τότε το Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ) εκδίδεται ξεχωριστά αναφορικά με την κάθε βασική κατηγορία χρήσης του κάθε κτιριακού τμήματος σύμφωνα με το Κτιριοδομικό Κανονισμό [13].

Ο συμβολαιογράφος μαζί με την κατάρτιση πράξεως αγοραπωλησίας ή μίσθωσης του ακινήτου είναι υποχρεωμένος να αναφέρει στο συμβόλαιο τον αριθμό πρωτοκόλλου του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ) και να επισυνάψει το επίσημο αντίγραφο του. Επίσης η εφορεία δε θεωρεί αγορασθέντα ή μισθωτήρια έγγραφα αν δεν προσκομιστεί ισχύον Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ). Σε περίπτωση που γίνει κάποια αλλαγή στο κτίριο που επηρεάζει την ενεργειακή απόδοση η ισχύς του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ) λήγει αυτομάτως. Στα κτίρια που στεγάζονται δημόσιες υπηρεσίες και φορείς του ευρύτερου δημόσιου τομέα το Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ) τοποθετείται σε ευδιάκριτη θέση. Επίσης μπορεί να αναρτηθεί πίνακας με τις συνιστώμενες και επικρατούσες εσωτερικές θερμοκρασίες όπως και κάθε κλιματικός παράγοντας που επηρεάζει τις θερμοκρασίες αυτές [13].

2.5 Εξοικονόμηση ενέργειας κτιρίων βάσει του συστήματος LCN

Το σύστημα LCN είναι ένα δίκτυο διανομής που σημαίνει ότι δεν έχει μια μόνο κεντρική μονάδα και αποτελείται από προγραμματισμένους αισθητήρες στοχεύοντας στη λήψη, επεξεργασία και αποστολή εντολών συνεργατικά όπου σε περίπτωση προβλήματος να μην υπάρχει διακοπή των διαδικασιών. Το αποτελεσματικό σύστημα ελέγχου LCN αποτελεί πρόσθετο παράγοντα μείωσης της χρησιμοποιούμενης ενέργειας και παράτασης ανθεκτικότητας των πηγών φωτός καθώς και η λιγότερη συχνή αλλαγή πηγών. Μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν μέθοδοι ελέγχου φωτισμού όπως τοπικός χειροκίνητος έλεγχος, αυτόματος χρονικός διακόπτης, αισθητήρες παρουσίας, μέτρηση έντασης φωτισμού και ρύθμιση του λαμβάνοντας υπόψιν κατά το σχεδιασμό τις ιδιότητες εξασθένισης και συχνής απενεργοποίησης του [23].

Η ενεργειακή απόδοση του συστήματος μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση αυτοματοποιημένου ελέγχου θέρμανσης και φωτισμού χρησιμοποιώντας αισθητήρες LSH (φυσικός φωτισμός), αισθητήρες κίνησης PIR, ρολοί ελέγχου και απόμακρου ελέγχου μέσω i-phone με το πρόγραμμα DOMIQ/Remote². Κατά την επιλογή πηγών φωτισμού, οικονομικοί, οικολογικοί και τεχνικοί παράγοντες θα πρέπει να ληφθούν υπόψιν. Η εξοικονόμηση ενέργειας φωτισμού επιτυγχάνεται χάρη στη μείωση ισχύς μέσω επιλογής φωτιστικών και πηγών φωτός υψηλής απόδοσης, χαμηλών απωλειών και αποδοτικότερων τροφοδοτικών, την κατάλληλη διάταξη και τα πηνία EVG, στη μερική χρήση της εγκατεστημένης δυναμικότητας παραγωγής, προσαρμόζοντας το φωτισμό ανάλογα με τις ανάγκες, μειώνοντας τις φωτεινές πηγές και την εφαρμόζοντας αισθητήρες παρουσίας, στη μείωση του χρόνου και του εύρους του τεχνικού ελέγχου φωτισμού που ρυθμίζει αυτόματα την ένταση του φυσικού φωτός. Με τη βοήθεια των κανόνων φωτισμού και της χαμηλής ισχύος των διαφόρων πηγών φωτισμού μπορεί να επιτευχθεί μέχρι 90% εξοικονόμηση σε σχέση με τα παραδοσιακά μέσα. Επίσης λόγω της υψηλής απόδοσης, της άνεσης λειτουργίας και της οικολογικής συνείδησης μπορεί να χρησιμοποιηθεί το φυσικό αέριο για τη θέρμανση του κτιρίου με τη βοήθεια του συστήματος LCN που είναι λίγο πιο ακριβό από τα παραδοσιακά συστήματα ηλεκτρικής εγκατάστασης [23].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS)

Στον παρόν κεφάλαιο δίνεται ο ορισμός του Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS), γίνεται μια ιστορική αναδρομή πως από τη βιωσιμότητα στο κτιριακό περιβάλλον έγινε η εισαγωγή στο Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) και ποια η συνεισφορά του στο βιώσιμο περιβάλλον.

Επίσης γίνεται αναφορά στην ευρωπαϊκή και εγχώρια χρήση του Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS), τα χαρακτηριστικά και τα μέρη που αποτελείται. Τέλος αναφέρονται τα πλεονεκτήματα του.

3.1 Ορισμός του Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS)

Η συντομογραφία BMS προέρχεται από τις λέξεις Building Management System ενώ στα ελληνικά αποδίδεται ως Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου. Η σύγχρονη ονομασία του είναι BEMS (Building Energy Management System) ή Σύστημα Ενεργειακής Διαχείρισης Κτιρίου. [1] Το Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) είναι γνωστό και ως Σύστημα Αυτοματισμού Κτιρίων (Building Automation Systems - BAS) και αποτελεί ένα σύστημα ελέγχου που εγκαθίσταται σε κτίρια και βάσει υπολογιστή ελέγχει και παρακολουθεί το μηχανικό και ηλεκτρικό εξοπλισμό του κτιρίου όπως συστήματα ψύξης, θέρμανσης, εξαερισμού, φωτισμού και ασφάλειας [2]. Οι επιδιωκόμενοι στόχοι με την τοποθέτηση ενός Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) είναι η βέλτιστη λειτουργία των εγκαταστάσεων, η δημιουργία ιδανικών συνθηκών διαβίωσης, οι ευεργετικές συνέπειες στο περιβάλλον, η μείωση της σπατάλης ενέργειας και του κόστους λειτουργίας του κτιρίου [8].

Ένα Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) διαθέτει μια κεντρική μονάδα ελέγχου όπου διασυνδέονται όλα τα αισθητήρια που έχουν τοποθετηθεί στο κτίριο. Βάσει των αισθητηρίων, του προγράμματος που χρησιμοποιείται και των παραμέτρων παρέχονται πληροφορίες για το σύστημα, δίνονται εντολές και οδηγούμαστε στο επιθυμητό αποτέλεσμα. Τα δεδομένα και τα αποτελέσματα από τον έλεγχο και τη διαχείριση του συστήματος εμφανίζονται σε έναν κεντρικό υπολογιστή με εξειδικευμένα προγράμματα οπτικοποίησης. Γενικά ένα Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) περιλαμβάνει συστήματα ελέγχου βασισμένα στην τεχνολογία των μικροεπεξεργαστών για τον έλεγχο και τη διαχείριση των κτιριακών εγκαταστάσεων [8].

Το Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) διαθέτει λογισμικό και υλικό. Το λογισμικό μπορεί να είναι ιδιόκτητο χρησιμοποιώντας πρωτόκολλα όπως C-Bus, Profibus κλπ. Επίσης οι προμηθευτές μπορούν να παράγουν ένα Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) ενσωματώνοντας πρωτόκολλα ίντερνετ και ανοικτά πρότυπα όπως BACnet, DeviceNet, LonWorks, SOAP, XML, και Modbus [2]. Όσον αφορά το υλικό ένα Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) αποτελείται από ένα σύνολο εξαρτημάτων και καλωδίων. Ειδικότερα αποτελείται από τους ψηφιακούς ελεγκτές όπως οι κεντρικές μονάδες που υλοποιούν και εκτελούν σενάρια και εντολές λειτουργίας, από τις εισόδους (αισθητήρια, μετρητές) όπως θερμομέτρα νερού ή αέρα, μετρητές κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας κλπ., τις εξόδους όπως ενεργοποίηση ρελέ, τριόδες βάνες κλπ., και το ειδικό λογισμικό που είναι εγκατεστημένο στον υπολογιστή όπου μέσω αυτού επιτυγχάνεται η εποπτεία του συστήματος και της εγκατάστασης ρυθμίζοντας όλες τις παραμέτρους επηρεασμού [1].

Το Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου αποτελεί ένα κτιριακό σύστημα ελέγχου και παρακολούθησης των μηχανικών και ηλεκτρικών εξαρτημάτων, των περιβαλλοντικών και τεχνικών μεταβλητών και τη βελτιστοποίηση της λειτουργίας των εγκαταστάσεων βάσει υπολογιστή στοχεύοντας στη δημιουργία συνθηκών άνεσης, ασφάλειας και αποτελεσματικότητας με τη βοήθεια των συστημάτων θέρμανσης, εξαερισμού και κλιματισμού, φωτισμού, ασφάλειας και πυροπροστασίας. Κατά την Ευρωπαϊκή Επιτροπή Τυποποιήσεων το δίκτυο επικοινωνιών του Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου χρησιμοποιεί πρωτόκολλα επικοινωνίας όπως BACnet, ModBus, Lontalk (LonWorks), KNX, Ethernet και Internet για την ανταλλαγή δεδομένων μέσω ασύρματων δικτύων ή μέσω των καλωδίων συνεστραμμένου ζεύγους RS485 ή Ethernet CAT5 και αποτελείται από το επίπεδο 1 (πεδίου) που περιλαμβάνει αισθητήρες και ενεργοποιητές, συστήματα φωτισμού, το επίπεδο 2 (αυτοματισμού) που περιλαμβάνει ελεγκτές και το επίπεδο 3 (διοίκηση). Τα πρωτόκολλα του Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου χαρακτηρίζονται ως ανοικτού κώδικα με αποτέλεσμα την ελεύθερη διαθεσιμότητα ή ιδιόκτητο με αποκλειστική χρήση, ως πρότυπο αντιπροσωπεύοντας ένα τυποποιημένο πρωτόκολλο γενικής χρήσης ή ένα βιομηχανικό όπως το BACnet ή το Modbus, ως διαλειτουργικό αντικαθιστώντας έναν ελεγκτή από ένα προμηθευτή και αντίστροφα [24].

3.2 Ιστορική αναδρομή του Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS)

Η ιστορική αναδρομή χωρίζεται σε τρία μέρη: τη βιωσιμότητα στο κτιριακό περιβάλλον, την εισαγωγή στο Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) στο βιώσιμο περιβάλλον και τη συνεισφορά του Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) τα οποία αναλύονται παρακάτω.

3.2.1 Βιωσιμότητα στο κτιριακό περιβάλλον

Η βιωσιμότητα ως έννοια προήλθε από την Παγκόσμια Επιτροπή Περιβάλλοντος και Ανάπτυξης (World Commission on Environment and Development – WCED) στις ΗΠΑ το 1983 και αποτελείται από την περιβαλλοντική, κοινωνική και οικονομική βιωσιμότητα. Η επιτροπή του Μπρούντλαντ το 1987 όρισε τη βιώσιμη ανάπτυξη ως την "ανάπτυξη που συναντά τις τωρινές ανάγκες χωρίς συμβιβασμούς στην ικανότητα των μελλοντικών γενεών

να συναντήσει τις δικές τους ανάγκες” που αποτελεί και τον πιο κοινό και δημοφιλή ορισμό για την περιγραφή της βιώσιμης ανάπτυξης [3].

Η βιομηχανία των κτιρίων θεωρείται ζωτικής σημασίας για κάθε οικονομία καθώς επηρεάζει το περιβάλλον με αποτέλεσμα να συνεισφέρει στην βιώσιμη ανάπτυξη. Για να θεωρείται ένα κτίριο βιώσιμο θα πρέπει να χαρακτηρίζεται από αποτελεσματικότητα πόρων και ενέργειας συμπεριλαμβανομένου μείωση εκπομπών, αποτροπή μόλυνσης συμπεριλαμβανομένου της ποιότητας της ατμόσφαιρας και του μειωμένου θορύβου, αρμονία με το περιβάλλον, ενσωμάτωση και συστημική προσέγγιση [3].

Οι τρεις διαστάσεις της βιωσιμότητας που θεωρούνται βασικές είναι το περιβάλλον, η οικονομία και η κοινωνία. Η οικολογική βιωσιμότητα μπορεί να αναλυθεί ποσοτικά βάσει ενέργειας και μαζικής ροής σε χρόνο και χώρο σε ένα κύκλο ζωής σε όρους πηγής και οικοσυστήματος. Επίσης η οικονομική βιωσιμότητα μπορεί να διαχωριστεί σε κόστη επένδυσης και χρήσης. Συνεπώς αντί για μείωση του επενδυτικού κόστους μέσω χαμηλού κόστους των διαδικασιών κτιρίου και των προϊόντων είναι προτιμητέο για μια δεδομένη επένδυση η εύρεση λύσεων που έχει μεγαλύτερη διάρκεια και επαναχρησιμότητα οδηγώντας στην κοινωνική και πολιτιστική πλευρά της βιωσιμότητας συμπεριλαμβάνοντας άνεση, προστασία τη υγείας και διατήρηση αξιών αποτελώντας κίνητρα πίσω από τη διατήρηση σχεδίου [3].

3.2.2 Εισαγωγή στο Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS)

Το Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) έχει οριστεί στη δεκαετία του '90 ως ένα σύστημα σχεδιασμένο να ενσωματώσει λειτουργίες ελέγχου και παρακολούθησης ενός κτιρίου. Οι όροι Αυτοματοποιημένο Σύστημα Κτιρίου (Building Automation Systems - BAS) και Σύστημα Ελέγχου Κτιρίου (Building Control System - BSC) χρησιμοποιούνται ως παρόμοιοι του όρου Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS). Όλα τα υποσυστήματα του Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) δουλεύουν μαζί σε μια κτιριακή εγκατάσταση και εμπεριέχουν τις ίδιες πληροφορίες. Προκειμένου να επιτευχθούν συγκεκριμένοι στόχοι μερικές ενσωματωμένες λύσεις του Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) έχουν εφαρμοστεί οι οποίες μπορεί να διαφέρουν ανά περίπτωση και ανά απαιτήσεις συστήματος. Το Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) χρησιμοποιεί υπολογιστή για τον συντονισμό, την οργάνωση και την βελτιστοποίηση του ελέγχου των κτιριακών υποσυστημάτων όπως ασφάλεια, πυρόσβεση, ασφάλεια ζωής, ανελκυστήρες κλπ. Επίσης είναι συνδεδεμένο προκειμένου να παρακολουθήσει εισόδους όπως η θερμοκρασία που την επεξεργάζεται χρησιμοποιώντας ψηφιακούς ελέγχους δίνοντας αποτελέσματα στο κτίριο. Όλα τα υποσυστήματα του κτιρίου είναι συνδεδεμένα και η πληροφορία μεταδίδεται μέσω του δικτύου [3].

Στη συνέχεια το αυτοματοποιημένο κτίριο ή το σύστημα διαχείρισης χρησιμοποιήθηκε για τον έλεγχο των λειτουργιών της θέρμανση, αέρα και ψύξης οδηγώντας στο σύστημα Θέρμανσης, Εξαερισμού και Κλιματισμού (Heating, ventilation and air conditioning - HVAC) το οποίο συμπεριλάμβανε και τον προγραμματισμό του εξοπλισμού. Η παρακολούθηση της ζήτησης χρησιμότητας, της ενεργειακής χρησιμότητας, της συνθήκης του κτιρίου, των κλιματικών δεδομένων, και της κατάστασης του εξοπλισμού αναγνωρίζονται ως επιπρόσθετα χαρακτηριστικά που συμπεριλαμβάνονται στο σύστημα. Επιπρόσθετα το Αυτοματοποιημένο Σύστημα Κτιρίου (Building Automation Systems - BAS)

είναι ενσωματωμένο με επιπρόσθετα κτιριακά χαρακτηριστικά όπως βίντεο παρακολούθησης, έλεγχο πρόσβασης, έλεγχο φωτισμού, συστήματα πυρόσβεσης και ασφάλειας. Η χρησιμότητα, οι τάσεις, οι λειτουργίες του εξοπλισμού και τα χρονοδιαγράμματα είναι μερικά από τα αποτελέσματα του Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) [3].

Οι κοινές ικανότητες ενός Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) συμπεριλαμβάνουν χρονοδιάγραμμα εξοπλισμού, βελτιστοποιητές έναρξης και τέλους για θέρμανση και ψύξη, λειτουργική ρύθμιση, παρακολούθηση θερμοκρασίας / ενέργειας / χρόνων έναρξης και πρόσβασης, αναφορά συναγερμού για προβληματικό εξοπλισμό και όρια θερμοκρασίας / πίεσης. Με την ενσωμάτωση των παραπάνω ικανοτήτων ένα κτίριο μπορεί να κάνει τη λειτουργία και τη διαχείριση εύκολη σε πολύπλοκα μηχανικά και ηλεκτρικά περιβάλλοντα, να παρακολουθήσει και να ελέγχει πολύπλοκο εξοπλισμό, να διασφαλίσει ότι οι κτιριακοί χρήστες είναι ευχαριστημένοι με τις παρεχόμενες υπηρεσίες σε ένα υψηλά προσδοκώμενο περιβάλλον, να ενισχύσει το προσδόκιμο ζωής εγκαταστάσεων και μηχανημάτων, να βελτιστοποιήσει την κατανάλωση και την αποθήκευση ενέργειας, να διαχειριστεί καταστροφές και θέματα ασφάλειας, και τέλος να πληροί τους κανονισμούς [3].

Τέλος, το Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) μπορεί να βελτιώσει την γενική διαχείριση και απόδοση των κτιρίων, προωθώντας μια ολική προσέγγιση σε ελέγχους και παρέχοντας λειτουργική ανατροφοδότηση. Επίσης μπορεί να επιτευχθεί 10% - 20% εξοικονόμηση ενέργειας με την εγκατάσταση ενός Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) σε σχέση με τους ανεξάρτητους ελεγκτές για κάθε σύστημα [3].

3.2.3 Συνεισφορά του Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) στο βιώσιμο περιβάλλον

Οι διαστάσεις της βιωσιμότητας είναι το περιβάλλον που αποτελεί την βασικότερη διάσταση, η κοινωνία και η οικονομία. Η περιβαλλοντική βιωσιμότητα περιλαμβάνει ανάγκες για πόρους και υπηρεσίες των τωρινών και μελλοντικών γενεών χωρίς συμβιβασμούς για την υγεία των οικοσυστημάτων επιτρέποντας στην κοινωνία να ικανοποιήσει τις ανάγκες της χωρίς να υπερβεί την ικανότητα των υποστηρικτικών οικοσυστημάτων να συνεχίσουν να παράγουν αναγκαίες υπηρεσίες για να ικανοποιήσουν αυτές τις ανάγκες χωρίς οι ανθρώπινες πράξεις να μειώσουν την βιολογική ποικιλία. Η οικονομική βιωσιμότητα χρησιμοποιείται για να προσδιορίσει ποικίλες στρατηγικές που κάνουν πιθανή τη χρήση διαθέσιμων πόρων ως πλεονέκτημα και ενθαρρύνει την υπεύθυνη χρήση. Επίσης οι οικονομικοί παράμετροι επιβεβαιώνουν ότι η επιχείρηση έχει κέρδος όταν διαχειρίζεται περιβαλλοντικά ζητήματα και συνεισφέρει στην οικονομική ευημερία των ιδιοκτητών, των υπαλλήλων και της κοινωνίας όπου εδρεύει. Η κοινωνική βιωσιμότητα αντιπροσωπεύει την ιδέα ότι οι μελλοντικές γενιές πρέπει να έχουν την ίδια ή μεγαλύτερη πρόσβαση στους κοινωνικούς πόρους όπως η τωρινή γενιά [3].

Οι λειτουργίες έναρξης και στάσης του εξοπλισμού όταν χρειάζεται παρακολουθούν τις συνθήκες του χώρου και ενσωματώνουν στρατηγικές με αποτέλεσμα τη μείωση της χρήσης της ενέργειας. Επίσης το Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) συνεισφέρει στη βελτίωση ποιότητας του εσωτερικού αέρα μέσω πρόσθετων συστημάτων αερισμού και παρακολούθησης ποιότητας του αέρα, μεγιστοποίηση φωτισμού με την χρήση αυτοματοποιημένων συστημάτων. Επιπλέον ένα κτίριο γνωρίζει τότε και που είναι απασχολημένο ώστε να μειώσει την χρήση ενέργειας περιορίζοντας τη λειτουργία του συστήματος Θέρμανσης, Εξαερισμού και Κλιματισμού (Heating, ventilation and air

conditioning - HVAC) και συστημάτων φωτισμού στις ώρες και περιοχές του κτιρίου που χρειάζεται. Η απασχόληση αισθητήρων χρησιμοποιείται στην ενίσχυση της ανίχνευσης και στον ακριβή προσδιορισμό πληροφοριών παρέχοντας λύσεις που είναι ενεργειακά αποτελεσματικές χωρίς συμβιβασμούς σε όρους άνεσης και παραγωγικότητας.

Ένας ηγέτης παραγωγής εξοπλισμού εξοικονόμησης ενέργειας υποστηρίζει ότι οι επιχειρήσεις πρέπει να μειώσει την χρήση ενέργειας σε 20% -25% χρησιμοποιώντας αποτελεσματικό πρόγραμμα και παρακολούθηση του Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS). Επίσης υποστήριξε ότι η μεγαλύτερη εξοικονόμηση προκύπτει από τη διαχείριση της θέρμανσης και της ψύξης όπου ένα βαθμός αντιστοιχεί σε 7% εξοικονόμηση ενέργειας. Επίσης τα πλεονεκτήματα του Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) καθώς μειώνουν σε κτιριακή διατήρηση και κόστη ενέργειας αυξάνουν σε παραγωγικότητα, έσοδα ενοικίου και προστασία από κόστη συντήρησης, ζημίες παραγωγικότητας και εσόδων, απώλεια πελατών από ανταγωνιστές. Η κοινωνική επίπτωση χρήσης έξυπνων τεχνολογιών στον τρόπο ζωής μας πρέπει να επιβεβαιώσει ένα εμπλουτισμένο περιβάλλον ώστε να κάνει τη ζωή ουσιαστική μέσω της τεχνολογικής προόδου. Επιπρόσθετα ένα σύστημα ελέγχου παρέχει ατομικό άνετο έλεγχο για αποτελεσματική χρήση εξοπλισμού και δύναμη. Τέλος τα δεδομένα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την βελτίωση κτιριακής απόδοσης ενώ διατηρούν την παραγωγικότητα [3].

3.3 Ευρωπαϊκή και εγχώρια χρήση του Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS)

Στις ευρωπαϊκές χώρες και στις ΗΠΑ η πλειοψηφία των κτιρίων διαθέτει Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS). Τα πρότυπα της Ε.Ε επιβάλλουν την εγκατάσταση συστημάτων που συμβάλλουν στην εξοικονόμηση ενέργειας με αποτέλεσμα η μελέτη εφαρμογής ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων στηρίζεται στην εγκατάσταση ενός Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) γι αυτό απαιτείται ένα σύστημα κεντρικής διαχείρισης εγκαταστάσεων όπου παρακολουθείται η ομαλή (δυσ) λειτουργία των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων του κτιρίου [1].

Στην Ελλάδα οι πρώτες μελέτες για την εγκατάσταση ενός Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) εμφανίστηκαν στα τέλη της δεκαετίας του '90. Τα τελευταία χρόνια υπάρχει σημαντική εξέλιξη στην εφαρμογή του, ιδίως με τη συμβολή τρίτων συστημάτων όπως τα συστήματα Knx bus αλλά και με καινοτόμες εφαρμογές όπως τα φωτοβολταϊκά, τα συστήματα γεωθερμίας [1] καθώς παράγοντες όπως το υψηλό αρχικό κόστος, οι περιορισμένοι προμηθευτές, η συνήθεια στις παραδοσιακές λύσεις και η μερική άγνοια της αγοράς συμβάλλουν στην μη διάδοση του συστήματος και στον περιορισμό της χρήσης του [9].

Η αγορά του Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου βιώνει μια επαναστατική αλλαγή εξαιτίας της τεχνολογικής εξέλιξης όπου από συστήματα με διακόπτες και συναγερμούς όπου το 70% του κόστους του εξαρτιόταν από την καλωδίωση μετατράπηκαν σε συστήματα χρήσης λογισμικού και ηλεκτρονικών συσκευών με ικανότητα εκτέλεσης πολύπλοκων διεργασιών οδεύοντας προς την αυτοματοποίηση, τη μείωση απαιτήσεων ανθρώπινης δύναμης, την εξοικονόμηση ενέργειας και την αποδοτικότητα στοχεύοντας στην βελτίωση και στην αύξηση των πωλήσεων [24].

3.4 Χαρακτηριστικά του Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS)

Το Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) χρησιμοποιείται επί το πλείστον σε μεγάλα έργα, στο σύστημα Θέρμανσης, Εξαερισμού και Κλιματισμού (Heating, ventilation and air conditioning - HVAC) και στα ηλεκτρικά συστήματα. Τα συστήματα που συνδέονται με ένα Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) αντιπροσωπεύουν το 40% της χρησιμοποιούμενης ενέργειας σε ένα κτίριο. Σε περίπτωση που συμπεριλαμβάνεται και ο φωτισμός τότε το ποσοστό φτάνει στο 70% με αποτέλεσμα ένα Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) να θεωρείται κρίσιμος παράγοντας στη διαχείριση της ζητούμενης ενέργειας. Τα ακατάλληλα διαμορφωμένα Συστήματα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) θεωρείται ότι αντιπροσωπεύουν το 20% της χρησιμοποιούμενης ενέργειας ενός κτιρίου [2].

Γενικά ένα Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) θεωρείται ότι προσφέρει εξοικονόμηση ενέργειας έως 30% λόγω του μεμονωμένου ελέγχου, έως 20% λόγω του ελέγχου θερμοκρασίας βάσει χρόνου και παρουσίας, έως 70% λόγω του αερισμού βάσει απαίτησης, έως 45% λόγω του ελέγχου φωτισμού βάσει χρόνου, παρουσίας και ημερήσιου φωτός, έως 30% λόγω του ελέγχου σκίασης βάσει χρόνου και ημερήσιου φωτός [4].

Ένα Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) εκτός από τον εσωτερικό έλεγχο του κτιρίου μπορεί να συνδέεται και με τον έλεγχο πρόσβασης ενός κτιρίου ή και με τα συστήματα ασφαλείας όπως τηλεοράσεις κλειστού κυκλώματος και ανιχνευτές κίνησης. Επίσης τα συστήματα ανελκυστήρων και συναγερμού πυρκαγιάς μπορεί να συνδέονται με ένα Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS). Σε περίπτωση ανίχνευσης πυρκαγιάς, ο πίνακας συναγερμού πυρκαγιάς σβήνει τους αποσβεστήρες στο σύστημα εξαερισμού προκειμένου να σταματήσει η εξάπλωση του καπνού και στέλνει όλους τους ανελκυστήρες στο ισόγειο ώστε να αποτρέψει τη χρήση τους [2].

Επιπλέον ένα Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) συμπεριλαμβάνει μηχανισμούς αντιμετώπισης καταστροφών όπως στην περίπτωση των σεισμών. Τελευταία οι εταιρίες και κυβερνήσεις προσπαθούν να βρουν μηχανισμούς αντιμετώπισης σε περίπτωση πλημμύρας. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το SAFE Building System από την Arx Pax Labs, Inc., το οποίο έχει σχεδιαστεί για να επιπλέει κτίρια και οδούς σε λίγα μέτρα νερού. Το αυτορυθμιζόμενο αυτό πλωτό περιβάλλον όπως αποκαλείται αντλεί τα χαρακτηριστικά του από τις τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για την πλεύση γεφυρών και διαδρομών σκυροδέματος όπως το SR 520 και το Mega-Float [2].

Γενικά ένα Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) περιλαμβάνει ασφάλεια και παρατήρηση, έλεγχο φωτισμού, έλεγχο ηλεκτρικής ισχύος θέρμανσης / εξαερισμού και κλιματισμού, έλεγχο συναγερμού, έλεγχο πρόσβασης, σύστημα πυρανίχνευσης, ανελκυστήρες, υδραυλικά, τηλεόραση κλειστού κυκλώματος, άλλα συστήματα μηχανικής, πίνακα ελέγχου και αυτοματοποίηση ασφάλειας [2].

Ενδεικτικά ένα Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) ενός κτιρίου περιφέρειας μπορεί να ελέγχει αντλίες θερμότητας με εκμετάλλευση γεωθερμίας, κεντρικές κλιματιστικές μονάδες (θέρμανση, ψύξη), λεβητοστάσιο, μέτρηση και καταγραφή ηλεκτρικών μεγεθών, εξαερισμός υπόγειου σταθμού αυτοκινήτων, επιτήρηση λειτουργίας μέσης και χαμηλής τάσης, επιτήρηση κατάστασης και συνεργασία με το σύστημα πυρανίχνευσης, επιτήρηση διαφόρων συστημάτων όπως αντλιών και λυμάτων, ups, γεννήτρια κλπ. [1].

Σε ένα Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίων (Building Management System - BMS) σκοπός είναι ο καθορισμός των απαραίτητων παραμέτρων για τη μέτρηση και τον έλεγχο στα έξυπνα κτίρια για τη διερεύνηση της δομής του κατανεμημένου μικροελεγκτή ελέγχου και η μελέτη οικονομικών παραμέτρων στοχεύοντας στην άνεση και στην ελάχιστη ενεργειακή κατανάλωση. Οι εργασίες του συστήματος αποτελείται από την διατήρηση της αξίας της ποιότητας, την παρακολούθηση και μέτρηση σύμφωνα με ένα προεγκατεστημένο πρόγραμμα ή εξειδικευμένο σύμφωνα με κάποιες συνθήκες. Η ανάπτυξη των τεχνολογιών στους υπολογιστές βοήθησε στην ενσωμάτωση διαφόρων υπηρεσιών διαφορετικής προέλευσης σχετικά με τα κτίρια με σκοπό τη δημιουργία πολύ ισχυρών Συστημάτων Διαχείρισης Κτιρίων (Building Management System - BMS) με ενσωμάτωση αυτόματου ελέγχου και διαχείρισης ηλεκτρικής ενέργειας σε ένα κτίριο με πυροπροστασία, ασφάλεια, συστήματα φωτισμού, εγκαταστάσεις ηλιακής και ηλεκτρικής θέρμανσης. Τα μεμονωμένα μη ελεγχόμενα και κεντρικά συντονισμένα συστήματα διαχείρισης, μπορεί να παρεμβαίνουν στη λειτουργία προκαλώντας ταλαιπωρίες και απώλεια ενέργειας οι οποίες μπορούν να αποφευχθούν αν πραγματοποιηθεί μια διεπαφή μεταξύ των υπάρχοντων και προγραμματισμένων συστημάτων στοχεύοντας στην ομαλή και αποτελεσματική λειτουργία του συστήματος χωρίς πολυπλοκότητες. Η χρήση ίδιων διαύλων δεδομένων για τα σήματα συμβάλει στη μείωση του κόστους αλλά και των παρεμβολών. Ένας άλλος λόγος για την ύπαρξη διαφορετικών συστημάτων είναι η δυσκολία ταιριασμού κοινών προτύπων πρωτοκόλλων και μηνυμάτων μεταξύ των ατομικών κατασκευαστών συστήματος. Σημαντικοί παράμετροι του ενσωματωμένου συστήματος αποτελούν η καταναλώμενη ενέργεια, η τιμή, η αξιόπιστη απόδοση και η φιλική διεπαφή προς το χρήστη [31].

Στις πιο σημαντικές λειτουργίες ενός ενσωματωμένου Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίων (Building Management System - BMS) συμπεριλαμβάνεται η αυτόματη ρύθμιση και παρακολούθηση των παραμέτρων θερμοκρασίας, η κεντρική απομακρυσμένη παρακολούθηση, έλεγχος και διαμόρφωση των παραμέτρων από πολλά αντικείμενα, η ενεργοποίηση των κανονικών και έκτακτων λειτουργιών, η καταγραφή της καταναλώμενης ενέργειας, οι επικοινωνίες, τα μηνύματα και η επεξεργασία των σημάτων συναγερμού και η άνετη κτιριακή διαβίωση [31].

Προβλήματα που σχετίζονται με την καταχώρηση πληροφοριών εισόδου από τους αισθητήρες είναι η μεγάλη ποσότητα των ταυτόχρονα εισερχόμενων και επεξεργασμένων σημάτων, η ανάγκη υψηλής ακρίβειας στο ψηφιακό κώδικα για περιορισμένα χρονικά διαστήματα. Η πλειοψηφία των προβλήματα συνδέονται με την καταχώρηση ψηφιακών πληροφοριών ως αποτέλεσμα του μη αναγκαίου μεγάλου αριθμού ψηφιακών εισόδων όπου η πραγματοποίηση τους απαιτεί ειδική αρχιτεκτονική του υπολογιστή και συνθήκες μείωσης του κόστους καλωδίου εγκατάστασης. Άλλα προβλήματα που σχετίζονται με την ενέργεια είναι η εγγύηση της αποδοτικότητας των μεταφερόμενων πληροφοριών από απόσταση με ειδική αναφορά, η παροχή υψηλής αντοχής στο θόρυβο και στην ηλεκτρική δύναμη στην είσοδο του υπολογιστή όταν το σήμα έρχεται από μακριά, η ηλεκτρική απομόνωση εάν είναι απαραίτητη για την ύπαρξη διαφορετικών συστημάτων προσφερόμενης ισχύς, η εξουδετέρωση της ταλάντωσης των συστημάτων επαφής μέσω του κατάλληλου λογισμικού όταν οι γεννήτριες πληροφοριών εισόδου είναι ρελέ ή άλλοι μηχανικοί αισθητήρες, κατά τη χρήση ηλεκτρομαγνητικών αισθητήρων θέσης ή των επαφών συστημάτων ασφαλείας χρησιμοποιούνται οι τάσεις λειτουργίας του συστήματος και είναι απαραίτητη η επεξεργασία των σημάτων εξόδου (TTL-μη συμβατά) από αντίστοιχα κυκλώματα παρέχοντας συμβατότητα στο κτιριακό επίπεδο [31].

Η επίλυση ζητημάτων εισαγωγής πληροφοριών από ένα μεγάλο αριθμό ψηφιακών αισθητήρων που προέρχονται από τα παραπάνω προβλήματα γίνεται με τη βοήθεια της αρχιτεκτονικής των κυκλωμάτων εισόδου μέσω της επεξεργασίας του πλέγματος των

αισθητήρων εισόδου με δυνατότητα αλγόριθμου ή δομικό περιορισμό για ταυτόχρονη λειτουργία, η εξειδίκευση των πληροφοριών, η συγκρότηση διασκορπισμένων δομών μικροεπεξεργαστών εξαρτώμενα από μια προκαθορισμένη ιεραρχία [31].

Στα προβλήματα που σχετίζονται με τη λήψη πληροφοριών στα συστήματα διαχείρισης συμπεριλαμβάνεται η ανάγκη επεξεργασίας πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο παρατηρώντας τις συνθήκες των αλγοριθμικών απαιτήσεων και την αποδεκτή μέγιστη χρονική απόκριση μεταξύ εισόδου, επεξεργασίας και εξόδου όπου επιτυγχάνεται με τη χρήση υπολογιστικών μεθόδων με την απαιτούμενη μνήμη. Για την αύξηση της αξιοπιστίας και τη διασφάλιση της απόδοσης των πληροφοριών πρέπει να ληφθούν υπόψιν απαιτήσεις και προβλήματα όπως η προστασία της εξόδου από βραχυκύκλωμα, υπερφόρτωση, αντίστροφη τάση κλπ., η πραγματοποίηση πρόσθετης λογικής προστασίας των παραγόμενων σημάτων εξόδου, η παροχή ασφαλούς κατάστασης της πολυπλοκότητας των ενεργοποιητών λαμβάνοντας υπόψιν τα σήματα από αμοιβαία κλειδώματα, σήματα τελικής θέσης, διακόπτες έκτακτης ανάγκης, κυκλώματα ασφαλείας κλπ. [31].

Όσον αφορά την τεχνική περιγραφή τα Συστήματα Διαχείρισης Κτιρίων (Building Management System - BMS) αντιπροσωπεύουν ένα τεχνολογικό εξοπλισμό μέσω του οποίου υλοποιούνται δραστηριότητες ροής δεδομένων και διαχείρισης. Χρησιμοποιείται διαφορετικός εξοπλισμός από αισθητήρες έως λογισμικό διαχείρισης συστήματος όπως ενεργοποιητές, ελεγκτές, δίκτυα μεταφοράς δεδομένων και διασύνδεση πληροφοριών. Τα Συστήματα Διαχείρισης Κτιρίων (Building Management System - BMS) ενσωματώνουν στρατηγικές πληροφόρησης και διαχείρισης στοχεύοντας στην αποτελεσματικότητα [31].

Για τη δημιουργία ενός αυτόματου συστήματος διαχείρισης κτιρίων απαιτούνται αρθρωτοί αναλογικοί εισόδοι για την επεξεργασία των σημάτων από τους αισθητήρες θερμοκρασίας, φωτισμού και ηλεκτρόμετρου όπου η ηλιακή και ηλεκτρική θερμική εγκατάσταση αποτελείται από το ηλιακό συλλέκτη, το υδρόμετρο, το απλό λέβητα και το λέβητα νερού, το σύστημα θέρμανσης που αποτελείται από το δωμάτιο, το λέβητα και το νερό, το ηλεκτρόμετρο που αποτελείται από μετασχηματιστές τάσης και ρεύματος, και το σύστημα φωτισμού. Οι παραπάνω μονάδες περιλαμβάνουν γεννήτριας ρεύματος και ενισχυτές σχηματισμού κλίμακας ώστε να προκύψει σήμα τάσης ανάλογο με τη θερμοκρασία στις εξόδους. Οι αναλογικοί εισόδοι συνδέονται με τη μέτρηση θερμοκρασιών όπου η διαδικασία ρύθμισης εξαρτάται από την άμεση σύνδεση πρότυπων αισθητήρων θερμοκρασίας όπως ο μικροελεγκτής PIC17C756 που αποτελεί τον πυρήνα του δομημένου συστήματος, τον αποκλειστή οδηγών για RS-485 όπου μέσω αυτού πραγματοποιείται σύνδεση μεταξύ της μονάδας μικροεπεξεργαστή και ενός υπολογιστή μεγαλύτερης ισχύος, τη μονάδα E2PROM που περιέχει το λογισμικό του σχεδιασμένου συστήματος, την ψηφιακή μονάδα εισόδου (H1802) που αποτελείται από 8 ψηφιακές εισόδους για τη λήψη σημάτων από αισθητήρες παρουσίας και καπνού και συστημάτων ασφαλείας, την μονάδα ψηφιακής εξόδου που χρησιμοποιείται για τη μεταφορά απαραίτητων εντολών στους ενεργοποιητές ηλιακής και ηλεκτρικής εγκατάστασης που αποτελείται από αντλίες, λέβητες και βαλβίδα, το σύστημα θέρμανσης που αποτελείται από αντλία, λέβητα και ηλεκτροθερμική βαλβίδα, το σύστημα φωτισμού και το σύστημα πυροπροστασίας που περιλαμβάνει την οθόνη υγρών κρυστάλλων (LCD) η οποία περιέχει κουμπιά και εντολές που αποστέλλονται σε ένα ελεγκτή παρέχοντας οπτική ανατροφοδότηση από μια μονάδα πραγματικού χρόνου και ένα κουμπί ανατροφοδότησης [31].

Τέλος η παραπάνω δομή εκτός από ένα σύστημα μικροϋπολογιστών μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την κατασκευή ενός ελεγκτή ως σύστημα μονάδας διαύλου. Το κόστος υλικού για την επίλυση ειδικών προβλημάτων ελαχιστοποιείται βάσει του κατάλληλου λογισμικού [31].

3.5 Μέρη ενός Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS)

Ένα Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) αποτελείται από αισθητήρες, όργανα αυτοματισμού, ελεγκτές και ένα κεντρικό σταθμό παρακολούθησης τα οποία αναλύονται παρακάτω.

§ Αισθητήρες

Οι αισθητήρες τοποθετούνται μετά από μελέτη σε διάφορα σημεία του κτιρίου και δίνουν πληροφορίες για τον έλεγχο και τη διαχείριση του συστήματος. Στους αισθητήρες συγκαταλέγονται οι παντός είδους θερμοστάτες, μετρητές υγρασίας, διοξειδίου του άνθρακα και φωτεινότητας και γενικά όλα τα εξαρτήματα που δίνουν μια πλήρη εικόνα για την ενεργειακή κατάσταση του κτιρίου. Γενικά οι αισθητήρες ελέγχουν την κατάσταση των κτιριακών συνθηκών και δίνουν εντολή στον ελεγκτή του συστήματος να κάνει τις αντίστοιχες ενέργειες βελτιστοποίησης των συνθηκών [8].

§ Όργανα αυτοματισμού

Τα όργανα αυτοματισμού εκτελούν την εντολή που προέκυψε από τους αισθητήρες και έχει αξιολογηθεί από τον ελεγκτή προκειμένου να υπάρχει βελτιστοποίηση των συνθηκών. Στα όργανα αυτοματισμού συμπεριλαμβάνονται αντλίες υδάτων και καυσίμων, ηλεκτρικά ρελέ, ηλεκτροκινητήρες, καυστήρες ή σύστημα κλιματισμού και PLC. Οι ηλεκτροκινητήρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο μηχανισμό των τεντών, οι καυστήρες ή το σύστημα κλιματισμού μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη ρύθμιση της θερμοκρασίας, οι αντλίες υδάτων και καυσίμων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη στάθμιση του νερού και των καυσίμων, τέλος τα ηλεκτρικά ρελέ και τα PLC μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη ρύθμιση της στάθμης φωτός επιτυγχάνοντας άριστες συνθήκες διαβίωσης και εξοικονόμησης ενέργειας [8].

§ Ελεγκτές

Στους ελεγκτές επεξεργάζονται οι μετρήσεις των αισθητηρίων και στέλνονται στα όργανα αυτοματισμού. Τοποθετούνται σε τοπικά κέντρα συλλογής σημάτων τα οποία είναι διασκορπισμένα εντός του κτιρίου και μπορεί να βρίσκονται είτε μέσα σε πίνακες και να έχουν τη μορφή εξαρτημάτων ράγας είτε να είναι τοποθετημένα σε κάποιο μη άμεσα προσβάσιμο σημείο [8].

§ Κεντρικός σταθμός παρακολούθησης

Ο κεντρικός σταθμός παρακολούθησης αποτελεί το μέσο επικοινωνίας του χειριστή με το σύστημα αυτοματισμού όπου ο χειριστής όταν οι συνθήκες αλλάζουν επαναπρογραμματίζουν τα συστήματα αυτοματισμού. Ο ελεγκτής σε συνεργασία με τους τεχνικούς εγκατάστασης του Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) μπορούν μέσω πλήρους οπτικοποίησης των ελεγχόμενων εγκαταστάσεων να ρυθμίσουν τις συνθήκες εντός του κτιρίου. Τέλος το λογισμικό παρακολούθησης μπορεί να προγραμματιστεί και να εγκατασταθεί από οποιοδήποτε τοπικό ή απομακρυσμένο υπολογιστή [8].

3.6 Πλεονεκτήματα του Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS)

Παρόλο που το Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) περιλαμβάνει πολλά χαρακτηριστικά όταν αποφασίζει τον κατάλληλο τύπο ελέγχου συστήματος ενός κτιρίου, είναι σημαντικό να σκεφτούμε τα πλεονεκτήματα ενός σύγχρονου συστήματος ελέγχου που ταυτίζονται με τις απαιτήσεις διαφορετικών ομάδων χρηστών που εμπλέκονται σε ένα κτίριο. Επιπλέον προκειμένου να κερδίσουμε τα αναμενόμενα οφέλη το σύστημα θα πρέπει να είναι κατάλληλα ορισμένο, εγκατεστημένο, λειτουργικό και διατηρητέο. Επίσης ο διαχειριστής εγκατάστασης χρειάζεται το Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) να ελέγχει την κτιριακή απόδοση, να διαχειριστεί και να μοιράσει υπηρεσίες, να προσαρμοστεί γρήγορα στις αλλαγές και στις απαιτήσεις και να παράσχει σημαντικές διοικητικές πληροφορίες. Επιπρόσθετα πλεονεκτήματα του Αυτοματοποιημένου Συστήματος (Building Automation Systems - BAS) είναι η αυξημένη αξιοπιστία των εγκαταστάσεων και των υπηρεσιών, μειωμένα λειτουργικά κόστη, διαχείριση κτιρίου, ενίσχυση παραγωγικότητας προσωπικού, προστασία ανθρώπων και εξοπλισμού [3].

Ως προς την *εγκατάσταση* του Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) παρατηρούνται πλεονεκτήματα όπως κεντρική διαχείριση και εποπτεία των ηλεκτρικών και υδραυλικών εγκαταστάσεων ενός κτιρίου από την οθόνη ενός υπολογιστή, έγκαιρη διάγνωση ή και πρόγνωση βλαβών και φθορών του εξοπλισμού της εγκατάστασης με εξατομικευμένο έλεγχο, αυτοματοποίηση των διαφόρων λειτουργιών με στόχο τη μείωση του χρόνου απασχόλησης ή επέμβασης στο σύστημα από το προσωπικό, έλεγχος των εσωτερικών συνθηκών άνεσης, παρακολούθηση και έλεγχος της κατανάλωσης ενέργειας, εξοικονόμηση χρήματος και χρόνου από τη συντήρηση με δυνατότητα διάθεσης σε άλλες λειτουργίες [1], βελτιωμένη αξιοπιστία και αύξηση διάρκειας ζωής της εγκατάστασης [2].

Ως προς τον *διαχειριστή κτιρίου* του Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) παρατηρούνται πλεονεκτήματα όπως υψηλότερη τιμή ενοικίασης της εγκατάστασης, μεγαλύτερη ευελιξία στον τρόπο χρήσης του κτιρίου, δυνατότητα μεμονωμένων χρεώσεων του ενοικιαστέ με αποτέλεσμα την εξοικονόμηση χρόνου και χώρου, δυνατότητα απομακρυσμένης παρακολούθησης εγκαταστάσεων σε λειτουργίες όπως μονάδες AHU (Air Handling Units) και επεξεργασίας υγρών υδάτων, πυροσβεστικές και υδραυλικές αντλίες, ηλεκτρική τροφοδοσία κλπ., ευκολία συντήρησης [2], γρήγορες ενδείξεις συναγερμού και διάγνωσης λαθών, χρονοδιάγραμμα διατήρησης εργασιών μέσω υπολογιστή, καλή αρχειοθέτηση των εγκαταστάσεων [3].

Ως προς τον *ενοικιαστή κτιρίου* του Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) παρατηρούνται πλεονεκτήματα όπως μειωμένη κατανάλωση ενέργειας, αποτελεσματική παρακολούθηση και στοχοθέτηση της ενεργειακής κατανάλωσης, καλό έλεγχο και άνεση των εσωτερικών συνθηκών, αυξημένη παραγωγικότητα προσωπικού, βελτιωμένη αξιοπιστία και διάρκεια ζωής των εγκαταστάσεων [3].

Ως προς τις *εταιρίες συντήρησης* του Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) παρατηρούνται πλεονεκτήματα όπως ευκολία διάθεσης πληροφοριών, αποτελεσματικότερη χρήση του προσωπικού συντήρησης, δυνατότητα ηλεκτρονικού προγραμματισμού συντήρησης, έγκαιρη ανίχνευση προβλημάτων και ευκολία επιδιορθώσεων, πιο ικανοποιημένοι ενοικιαστές [2], απλοποιημένο σύστημα εγκατάστασης, διευκόλυνση επιβλέποντα στην εγκατάσταση και στη λειτουργία, η διαλειτουργικότητα διευρύνει τις επιλογές των προμηθευτών [3].

Ως προς τους *εργαζόμενους* του Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) παρατηρούνται πλεονεκτήματα όπως καλύτερη άνεση και φωτισμό, δυνατότητα για ατομικό δωμάτιο έλεγχο, αποτελεσματική απάντηση σε παράπονα σχετικά με το σύστημα Θέρμανσης, Εξαερισμού και Κλιματισμού (Heating, ventilation and air conditioning - HVAC) [3].

Ως *άλλα* πλεονεκτήματα του Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) μπορούν να αναφερθούν τα δεδομένα από τις λειτουργίες του συστήματος Θέρμανσης, Εξαερισμού και Κλιματισμού (Heating, ventilation and air conditioning - HVAC), της ασφάλειας, της ενέργειας, του κλειστού κυκλώματος παρακολούθησης, της πρόσβασης κλπ. που συλλέγονται σε ένα ενιαίο σύστημα με σκοπό τη βελτίωση της πληροφόρησης, την καλύτερη διαχείριση και λήψη αποφάσεων στοχεύοντας στην καλύτερη απόδοση, η αυξημένη λειτουργική εξοικονόμηση η οποία περιλαμβάνει την αποδοτική ανάπτυξη των πόρων που συμβάλλει στην μείωση του λειτουργικού κόστους, την ενίσχυση των φορέων εκμετάλλευσης, την απλούστευση της εκπαίδευσης του προσωπικού και των ψευδών συναγερωμών, η εξοικονόμηση ενέργειας που συμβάλλει στην προβολή σε πραγματικό χρόνο των λειτουργιών των εγκαταστάσεων και της ανάλυσης των δεδομένων παρέχοντας σαφή γνώση με στόχο την βελτιστοποίηση των στρατηγικών ενεργειακής διαχείρισης και της ελαχιστοποίησης του λειτουργικού κόστους, η ευελιξία ανάπτυξης και επέκτασης βάσει του συνδυασμού των πρωτοκόλλων ανοιχτού συστήματος και μιας κλιμακούμενης πλατφόρμας αποσκοπεί στο ότι ένα Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) να βοηθήσει στην υποστήριξη της μελλοντικής ανάπτυξης και της επέκτασης του συστήματος, ο μειωμένος κίνδυνος επιτυγχάνεται μέσω στρατηγικού ελέγχου από ένα σταθερό ή φορητό υπολογιστή, την αποτελεσματική διαχείριση καταστάσεων συναγερωμού και τις ολοκληρωμένες λύσεις ασφάλειας συμβάλλοντας στην γρηγορότερη απόκριση περιορίζοντας τους κινδύνους για τους ανθρώπους, τις επιχειρήσεις και τις εγκαταστάσεις, τέλος οι έξυπνες αναφορές παρέχουν μεγαλύτερη διαφάνεια στο ιστορικό του συστήματος και συμβάλλουν στην προώθηση της συμμόρφωσης [2].

Γενικά στα πλεονεκτήματα του συγκαταλέγονται η γραφική απεικόνιση και ο άμεσος ψηφιακός έλεγχος βάσει χρονοπρογραμματισμού του συνόλου των εγκαταστάσεων μέσω μιας οθόνης υπολογιστή με αποτέλεσμα την εξοικονόμησης ενέργειας. Η ευελιξία του συστήματος ως προς τις τροποποιήσεις των παραμέτρων λειτουργίας των εγκαταστάσεων μέσω του λογισμικού δίνει τη δυνατότητα ελαχιστοποίησης ή και της μηδενικής παρέμβασης σε επιπλέον καλωδιώσεις και ηλεκτρολογικούς πίνακες. Επίσης δίνεται η δυνατότητα του άμεσου εντοπισμού και παρέμβασης σε τυχόν προβλήματα πριν γίνουν αντιληπτά από τους κτιριακούς χρήστες ή προκαλέσουν σοβαρές βλάβες. Επιπλέον το σύστημα διαθέτει αυτόματη καταμέτρηση των παραμέτρων λειτουργίας όλων των συνδεδεμένων συσκευών με αποτέλεσμα τη δημιουργία προγράμματος προληπτικής συντήρησης συσκευών χωρίς επιπρόσθετα έξοδα. Τέλος είναι δυνατή η καταγραφή και η εμφάνιση στατιστικών στοιχείων των παραμέτρων λειτουργίας επιτυγχάνοντας καλύτερο έλεγχο της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτιρίου στοχεύοντας στη βελτιστοποίηση των συνθηκών λειτουργίας [8].

Επίσης στα πλεονεκτήματα του συστήματος συμπεριλαμβάνεται το μειωμένο κόστος εγκατάστασης από την τοποθέτηση του μικροϋπολογιστή ελέγχου στην πιο κοντινή απόσταση, η διευκόλυνση προβλημάτων που σχετίζονται με τη μεταφορά αναλογικών πληροφοριών εξασφαλίζοντας την αντοχή σε διάφορους αρνητικούς παράγοντες, η αποσύνθεση του λογισμικού σε μερικούς ατομικούς μικροϋπολογιστές που επιτρέπουν τη δημιουργία, τη τροποποίηση και την επιπρόσθετη πολυπλοκότητα από διάφορους ειδικούς χωρίς να είναι απαραίτητη η γνώση όλου του συστήματος, η πρωτογενής αλγοριθμική επεξεργασία πληροφοριών στις εισόδους και εξόδους των υπολογιστών καθώς και τη συμπίεση και μεταφορά μέσω της διασύνδεσης με σχετικά χαμηλή ταχύτητα [31].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Σύστημα Ενεργειακής Διαχείρισης Κτιρίου (Building Energy Management System - BEMS)

Στο παρόν κεφάλαιο αναφέρεται ο ορισμός, η αρχιτεκτονική, οι κύριες λειτουργίες, τα τεχνικά χαρακτηριστικά, τα κριτήρια επιλογής, οι προδιαγραφές των μονάδων αυτοματισμού και τα πλεονεκτήματα του Συστήματος Ενεργειακής Διαχείρισης Κτιρίου (Building Energy Management System - BEMS).

4.1 Ορισμός του Συστήματος Ενεργειακής Διαχείρισης Κτιρίου (Building Energy Management System - BEMS)

Λόγω της ραγδαίας εξέλιξης της τεχνολογίας το Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) απέκτησε σύγχρονη ονομασία ως Σύστημα Ενεργειακής Διαχείρισης Κτιρίου (Building Energy Management System - BEMS) [6]. Καθοριστικό ρόλο στην εξέλιξη του Συστήματος Ενεργειακής Διαχείρισης Κτιρίου (Building Energy Management System - BEMS) από τη δεκαετία του '70 που εμφανίστηκε έπαιξε η εξέλιξη των μικροϋπολογιστών [11]. Το Σύστημα Ενεργειακής Διαχείρισης Κτιρίου (Building Energy Management System - BEMS) ελέγχει τις περιβαλλοντικές παραμέτρους ενός κτιρίου μέσω των δικτύων των δίαυλων αισθητήρων και των ενεργοποιητών τα οποία είτε λειτουργούν αποκεντρωμένα είτε μέσω κάποιου συστήματος κεντρικού ελέγχου με αποτέλεσμα την εξασφάλιση συνθηκών άνεσης και εξοικονόμησης ενέργειας [6].

Το Σύστημα Ενεργειακής Διαχείρισης Κτιρίου (Building Energy Management System - BEMS) χαρακτηρίζεται από την εφαρμογή της δομημένης καλωδίωσης όπου η συντήρηση της εγκατάστασης θεωρείται απλή διαδικασία. Επίσης δίνει τη δυνατότητα στο χειριστή του συστήματος να παρακολουθήσει τις λειτουργίες του συστήματος και να επέμβει όταν κρίνεται απαραίτητο. Επιπρόσθετα χρησιμοποιούνται αλγόριθμοι προσαρμοζόμενου ελέγχου. Τέλος η εφαρμογή ενός Συστήματος Ενεργειακής Διαχείρισης Κτιρίου (Building Energy Management System - BEMS) επιφέρει εξοικονόμηση ενέργειας 20% - 50% με αποτέλεσμα να αποτελεί σημαντικό παράγοντα στην Ενεργειακή Παρακολούθηση και Θέσπιση Ενεργειακών Στόχων ειδικά σε κτίρια όπου η χρήση ενέργειας παρακολουθείται από ένα μεγάλο αριθμό σημείων μέτρησης και ελέγχου [6].

Όπως το Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) έτσι και το Σύστημα Ενεργειακής Διαχείρισης Κτιρίου (Building Energy Management System - BEMS) χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της θέρμανσης / ψύξης / αερισμού / κλιματισμού (Heating, ventilation and air conditioning - HVAC), την ασφάλεια και τη προστασία, την αναγνώριση και τη διάγνωση σφαλμάτων, το γενικό φωτισμό και το φωτισμό έκτακτης ανάγκης, τη διαχείριση ενέργειας [6].

Σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Αυτοματισμού Κτιρίων και Ελέγχων (eu.bac) σε όλες τις ευρωπαϊκές χώρες σχεδόν το 20% της παραγόμενης ενέργειας καταναλώνεται από τα κτίρια. Επίσης υποστηρίζει ότι μόνο ένα στα πέντε κτίρια διαθέτει Σύστημα Ενεργειακής Διαχείρισης Κτιρίου (Building Energy Management System - BEMS) καθώς και ότι η πλειοψηφία των μη οικιακών κτιρίων δεν έχουν κανένα. Επίσης προβλέπει ότι η ζήτηση για τεχνολογίες κτιριακών αυτοματισμών πρόκειται να αυξηθεί εξαιτίας των κρατικών ρυθμίσεων καθώς θεωρούνται ενεργειακά πιο αποδοτικοί συγκριτικά με άλλες λύσεις ανακατασκευής όπως η μόνωση, αντικατάσταση κουφωμάτων κλπ. Γενικά το Σύστημα Ενεργειακής Διαχείρισης Κτιρίου (Building Energy Management System - BEMS) θεωρείται ένα οικονομικά αποτελεσματικό μέτρο με χαμηλό κόστος και γρήγορη επενδυτική και ενεργειακή απόδοση [19].

Τέλος, η ικανότητα επίλυσης πολλαπλών προβλημάτων μπορεί να επεκτείνει το ρόλο των Κτιριακών Συστημάτων Διαχείρισης Ενέργειας (Building Energy Management System - BEMS) στον έλεγχο όλης της εγκατάστασης συμπεριλαμβάνοντας τα σχέδια συντήρησης, τον έλεγχο συνθηκών, τον καθορισμό στόχων σχετίζονται με την ανάλυση σφαλμάτων και την προετοιμασία των χρηστών προσδιορίζοντας τα έξυπνα κτίρια τα οποία οργανώνουν την απόδοση των κτιριακών συστημάτων με στόχο τη συνεργασία επιμέρους συσκευών για την εξοικονόμηση ενέργειας και βελτίωση άνεσης [31].

4.2 Αρχιτεκτονική του Συστήματος Ενεργειακής Διαχείρισης Κτιρίου (Building Energy Management System - BEMS)

Ένα Σύστημα Ενεργειακής Διαχείρισης Κτιρίου (Building Energy Management System - BEMS) αποτελείται από το υλικό και το λογισμικό. Το υλικό ενός Συστήματος Ενεργειακής Διαχείρισης Κτιρίου (Building Energy Management System - BEMS) αποτελείται από πολλαπλές προγραμματιζόμενες μονάδες (Network Control Units - NCUs) όπου κάθε μια είναι υπεύθυνη για τον έλεγχο μιας περιοχής του δικτύου, από λειτουργικούς σταθμούς (Operator WorkStations – OWSs) που επικοινωνούν μεταξύ τους με τη βοήθεια ενός δικτύου υπολογιστών ή ενός υπολογιστή υψηλής ταχύτητας, από το τοπικό δίκτυο επικοινωνίας (Local Area Network – LAN), από τις κάρτες επέκτασης (Network Expansion Units – NEUs) που αυξάνουν την χωρητικότητα των NCUs, από τους ελεγκτές (Application Specific Controllers – ASCs) μέσω των οποίων γίνεται η διαχείριση των μικρότερων διατάξεων αντλιών θερμότητας, των κυκλωμάτων φωτισμού κλπ. Στο λογισμικό περιλαμβάνονται η βασική αρχή λογισμικού για τα Συστήματα Αυτοματισμού Κτιρίων (Building Automation System – BAS) που είναι ο Άμεσος Ψηφιακός Έλεγχος (Direct Digital Control – DDC), τα χαρακτηριστικά ενεργειακής διαχείρισης κτιρίων που είναι διαθέσιμα από ένα modem και περιλαμβάνουν ρουτίνες διαχείρισης συσκευών, απουσίας κατοίκων, θερμικής ζήτησης, φωτισμού κλπ. [11].

Ο έλεγχος ενός Συστήματος Ενεργειακής Διαχείρισης Κτιρίου (Building Energy Management System - BEMS) γίνεται με τη χρήση λογικού προγραμματισμού (αν <συνθήκη> τότε), ασαφής λογικής όπου επιτρέπει τη σύνδεση πολλών παραμέτρων με αποτέλεσμα τη δυσκολία πρόβλεψης της συμπεριφοράς του ελεγκτή, τα νευρωνικά δίκτυα με διάφορα στρώματα μάθησης με πρώτο στρώμα τις εισόδους και τελευταίο τις εξόδους τα οποία χρησιμοποιούνται και σε μη γραμμικά συστήματα [11].

Όσον αφορά την επικοινωνία ενός Συστήματος Ενεργειακής Διαχείρισης Κτιρίου (Building Energy Management System - BEMS) χρειαζόμαστε σύστημα διεπαφής (Interface) για την επικοινωνία των συμβατών συνιστωσών του συστήματος όπως αισθητήρες,

ενεργοποιητές κλπ. μέσω κατάλληλου πρωτοκόλλου που καθορίζει τον τρόπο που πρέπει να ανταλλάσσεται η πληροφορία μεταξύ τους. Οι τοπολογίες επικοινωνίας που καθορίζουν τον τρόπο σύνδεσης του λειτουργικού σταθμού (Operator Workstation - OWS) με τα διάφορα στοιχεία είναι η Σημείο - προς - Σημείο που αποτελεί την απλούστερη προσέγγιση με την οποία ο κεντρικός ελεγκτής συνδέεται με τους τερματικούς σταθμούς, η Αστέρας που έχει τις ίδιες λειτουργίες με την προηγούμενη αλλά συνδέονται περισσότερες μονάδες στο λειτουργικό σταθμό, η Δίαυλος όπου οι διάφορες μονάδες επικοινωνούν ανεξάρτητα μεταξύ τους και με τα σημεία του λειτουργικού σταθμού καθώς είναι εύκολη η επεκτασιμότητα του δικτύου, η Δακτύλιος όπου η πληροφορία μεταφέρεται γύρω από ένα δακτύλιο με μια μόνο κατεύθυνση και η κάθε μονάδα αναγνωρίζει αν η πληροφορία την αφορά ή όχι, η Ιεραρχική δομή ή δομή δέντρου όπου η πληροφορία ακολουθεί δενδροειδή δομή [11].

Τέλος στα πρωτόκολλα επικοινωνίας περιλαμβάνονται τα Bacnet, Arcnet, BitBus, Can, Eibus, LonWorks, Profibus και άλλα βάσει των στάνταρντς RS-232, RS-422, RS-485. Λόγω της προόδου των μικροϋπολογιστών και των αυξανόμενων αναγκών των χρηστών εμφανίστηκε η ανάγκη για προχωρημένα συστήματα ελέγχου με χαρακτηριστικά όπως κατανομημένη ευφυΐα με τη χρήση μικροελεγκτών, λειτουργία σε πραγματικό χρόνο, μνήμη και λογισμικό του τελικού χρήστη. Τέλος ο κεντρικός έλεγχος περιορίζεται από την αδυναμία του δικτύου να επεκταθεί το οποίο μπορεί να αντιμετωπιστεί με αποκεντρωμένα συστήματα ελέγχου που διαθέτουν χαρακτηριστικά όπως ανάμειξη διαφορετικών τηλεπικοινωνιακών μέσων όπως ομοαξονικά καλώδια, ραδιοσυχνότητες, υπέρυθρες και οπτικές ίνες, αποδοτικότερη και αξιόπιστη λειτουργία, ελεύθερη τοπολογία, μονάδες διασύνδεσης όπως γέφυρες, επαναληπτές, θύρες και routers, φιλικό λογισμικό προς το χρήστη, διαθεσιμότητα εργαλείων ανάπτυξης [11].

4.3 Κύριες λειτουργίες του Συστήματος Ενεργειακής Διαχείρισης Κτιρίου (Building Energy Management System - BEMS)

Στις κύριες λειτουργίες του Συστήματος Ενεργειακής Διαχείρισης Κτιρίου (Building Energy Management System - BEMS) συγκαταλέγονται η λειτουργία αυτόματου ελέγχου, η λειτουργία συλλογής και επίδειξης δεδομένων και η λειτουργία ασφάλειας που αναλύονται παρακάτω [6].

Στη λειτουργία αυτόματου ελέγχου γίνεται επισκόπηση της κατάστασης, ρυθμίζεται η απόδοση κάθε ελεγχόμενου ενεργειακού συστήματος και διαχειρίζονται τα ενεργειακά φορτία των κτιρίων μέσω προγραμματισμένων μονάδων πολλαπλών σκοπών και δράσεων τα οποία συνδέονται με πληθώρα αισθητήρων και στοιχείων διακοπής και ρύθμισης μέσω ενός επικοινωνιακού δικτύου υψηλής απόδοσης [6].

Στη λειτουργία συλλογής και επίδειξης δεδομένων γίνεται η μέτρηση και η αναφορά διαφόρων παραμέτρων σχετικών με την ενεργειακή απόδοση και την κατάσταση των ελεγχόμενων συστημάτων, η πρόβλεψη ενεργειακής ζήτησης του κτιρίου βάσει ιστορικών μετρημένων δεδομένων τα οποία έχουν συλλεχθεί και μεταφερθεί σε τερματικές μονάδες υπολογιστών [6].

Τέλος στη λειτουργία ασφάλειας γίνεται εντοπισμός των προβλημάτων δυσλειτουργίας των ελεγχόμενων συστημάτων προκειμένου να γίνουν διορθωτικές δράσεις για την αποφυγή ατυχημάτων και την απενεργοποίηση μηχανημάτων [6].

Γενικά οι παραπάνω λειτουργίες παρακολουθούνται με σήματα ψηφιακού τύπου εισόδου (Digital Input-DI) προκειμένου να γίνει ανίχνευση καταστάσεων on / off σε διαδικασίες όπως

λειτουργία κινητήρων, άνοιγμα θυρών και παραθύρων κλπ., ελέγχονται με σήματα ψηφιακού τύπου εξόδου (Digital Output-DO) για την έναρξη και τη στάση της λειτουργίας του εξοπλισμού όπως φωτιστικά, ανεμιστήρες κλπ., παρακολουθούνται με σήματα αναλογικού τύπου εισόδου (Analogic Input-AI) για τη λήψη τιμών μιας ελεγχόμενης μεταβλητής όπως η θερμοκρασία, η υγρασία, η μέγιστη ηλεκτρική ζήτηση κλπ., ελέγχονται με σήματα αναλογικού τύπου εξόδου (Analogic Output-AO) προκειμένου να γίνει προσαρμογή των σημείων ρύθμισης και των απομακρυσμένων διατάξεων όπως διαβαθμιστών φωτισμού κλπ., καταμετρούνται τα μεγέθη με σήματα παλμικού τύπου (PI) όπως κατανάλωση πετρελαίου, ηλεκτρισμού κλπ. και καταγράφονται τα ωράρια λειτουργίας του εξοπλισμού, ενεργοποιούνται οι οπτικοί και ακουστικοί συναγερμοί σε περίπτωση απόκλισης από προκαθορισμένα όρια φυσιολογικής λειτουργίας, αυτοματοποιούνται διασυνδέσεις λειτουργίας των σημείων ελέγχου σε σχέση με άλλα και τέλος γίνεται καταγραφή χρονικού προγραμματισμού βάσει λεπτού, ώρας ή ημέρας σε ειδικές δραστηριότητες [6].

4.4 Τεχνικά χαρακτηριστικά του Συστήματος Ενεργειακής Διαχείρισης Κτιρίου (Building Energy Management System - BEMS)

Το αυτόματο Σύστημα Ενεργειακής Διαχείρισης Κτιρίου (Building Energy Management System - BEMS) περιλαμβάνει συστήματα ελέγχου, τηλεχειρισμού και τηλεειδοποίησης τα οποία πρέπει να είναι τεχνολογίας bus (λεωφορείου) με ενσωματωμένο GSM modem το οποίο ελέγχει και επιβλέπει την κατάσταση λειτουργίας των πιο κοινών χρησιμοποιούμενων καταναλώσεων όπως εξαερισμός, φωτισμός, κλιματισμό, ρολά κλπ. [7].

Το σύστημα αυτόματου ελέγχου πρέπει να διαθέτει δυνατότητες όπως άμεση ανίχνευση σημάτων συναγερμού σε περιπτώσεις πυρκαγιάς, διαρροής νερού και αερίου, μηχανικών σφαλμάτων και ηλεκτρολογικού εξοπλισμού, υπερβολική αύξηση θερμοκρασίας σε πίνακες ή σε δωμάτια ελέγχου κλπ. και ταχύ εντοπισμό του χώρου εκδήλωσης από το προσωπικό συντήρησης, αυτόματα / χειροκίνητα / τηλεχειριστηριακή ενεργοποίηση του συστήματος πυρόσβεσης, αυτόματα απενεργοποίηση ανεμιστήρων και κλιματιστικών σε περίπτωση πυρκαγιάς, αυτόματος έλεγχος συστήματος εισαγωγής και εξαγωγής αέρα, αυτόματα λειτουργία των ενεργοβόρων μηχανημάτων χρησιμοποιώντας το νυχτερινό τιμολόγιο, αυτόματα ρύθμιση θερμοκρασίας αναλόγως της ημερήσιας χρονικής περιόδου συμπεριλαμβάνοντας της μη εργάσιμες μέρες και τις επίσημες αργίες [7].

Επίσης το σύστημα αυτόματου ελέγχου πρέπει να διαθέτει δυνατότητες όπως διακοπή λειτουργίας των μη κρίσιμων και ενεργοβόρων μηχανημάτων σε ώρες αιχμής στοχεύοντας στη μείωση της ηλεκτρικής κατανάλωσης, δυνατότητα επίβλεψης και ελέγχου της εγκατάστασης μέσω τοπικού δικτύου υπολογιστών και διαδικτύου με τη βοήθεια καμερών, έλεγχος για εξοικονόμηση ενέργειας με απενεργοποίηση ή μείωση της έντασης του φωτισμού χρησιμοποιώντας dimming λαμπτήρων πυράκτωσης ή φθορισμού, έλεγχος της κατάστασης ανοιγμάτων των θυρών και των παραθύρων για εξοικονόμηση ενέργειας με δυνατότητα μείωσης της θερμοκρασίας του ελεγχόμενου χώρου, εκτέλεση σεναρίων με τη βοήθεια κουμπιών όπως είσοδο στο κτίριο βάσει βηματικής ενεργοποίησης καταναλώσεων αποφεύγοντας νεκρά χρονικά διαστήματα με επιβάρυνση της εγκατάστασης / έξοδο από το κτίριο απενεργοποιώντας όλα τα ελεγχόμενα φορτία και κατέβασμα των ρολών εκτός της κεντρικής εισόδου / ομαδικός έλεγχος ρολών για ταυτόχρονο ανέβασμα ή κατέβασμα ρολών βάσει κουμπιών [7].

Τέλος το σύστημα αυτόματου ελέγχου πρέπει να διαθέτει δυνατότητες όπως ενεργοποίηση των ρολών με στιγμιαίο πάτημα των κουμπιών ανόδου και καθόδου με ρυθμιζόμενους

χρόνους κύλισης για μεγαλύτερη ασφάλεια σε περίπτωση μηχανικής βλάβης, μέτρηση και διατήρηση της θερμοκρασίας σε επιθυμητά επίπεδα, οπτική ένδειξη της λειτουργικής κατάστασης των υπό έλεγχο φορτίων με λαμπτήρες χαμηλής τάσης (12 ή 24Vdc), σύνδεση με σύστημα πυρανίχνευσης και συναγερμού με δυνατότητα αποστολής μηνυμάτων σε προεπιλεγμένους αριθμούς συμπεριλαμβάνοντας και σύστημα διπλής ειδοποίησης για επιπλέον ασφάλεια σε περίπτωση απώλειας της σταθερής τηλεφωνικής σύνδεσης, χειρισμό των καταναλώσεων από σημεία ελέγχου με χρήση χαμηλής τάσης (<12Vdc) [7].

4.5 Κριτήρια επιλογής του Συστήματος Ενεργειακής Διαχείρισης Κτιρίου (Building Energy Management System - BEMS)

Με τα αυτοματοποιημένα συστήματα ελέγχου των δομικών στοιχείων ενός κτιρίου μπορεί να επιτευχθεί μεγάλη εξοικονόμηση πόρων. Η πρόκληση στην επίτευξη αυτού του στόχου είναι ο προσδιορισμός ενός συνόλου δομικών στοιχείων και τεχνολογιών που μπορεί να εγκατασταθεί εύκολα, γρήγορα και φθηνά. Η επιλογή του κατάλληλου συστήματος μπορεί επίσης να αποκαλύψει και τυχόν ανθρώπινες αμέλειες μέσω των ενσωματωμένων αισθητήρων που διαθέτουν για αυτό θα πρέπει να επιλεγεί και να αξιοποιηθεί ένα σύστημα ελέγχου όπου οι άνθρωποι μπορούν να διαχειριστούν, να αλληλεπιδράσουν και να επικοινωνούν για την επίτευξη του καλύτερου δυνατού αποτελέσματος [19].

Η επιλογή του Συστήματος Ενεργειακής Διαχείρισης Κτιρίου (Building Energy Management System - BEMS) γίνεται βάσει κριτηρίων όπως η αρχιτεκτονική – τοπολογία, η συμβατότητα – διασυνδεσιμότητα, η ευκολία ηλεκτρολογικής εγκατάστασης - διάγνωσης βλαβών, και τα γενικά χαρακτηριστικά αυτοματισμού που αναλύονται παρακάτω [7].

§ Αρχιτεκτονική – τοπολογία

Ένα Σύστημα Ενεργειακής Διαχείρισης Κτιρίου (Building Energy Management System - BEMS) όσον αφορά την αρχιτεκτονική του πρέπει να διαθέτει αποκεντρωμένη και ανοικτή αρχιτεκτονική τύπου διαύλου bus ελεύθερης τοπολογίας (αστέρας, δενδροειδής, βρόγχου και συνδυασμός τους) με κυρίαρχη την τοπολογία βρόγχου η οποία συμβάλλει και στην επέκταση του συστήματος όπου η σύνδεση σε οποιαδήποτε μονάδα εισόδου ή εξόδου δεν διακόπτει τη λειτουργία του συστήματος, να είναι ευέλικτο στις επεκτάσεις και δομημένο σε φατνώματα τύπου modular, να έχει δυνατότητα μετάδοσης σήματος χωρίς αναμετάδοση για τουλάχιστον 8 χλμ., να διαθέτει τη δυνατότητα μεταφοράς του σήματος της τοπολογίας bus μέσω leased line γραμμής, μη συνεστραμμένου ζεύγους ακόμη και NYA – NYM, οπτικής ίνας και οποιουδήποτε συνεστραμμένου ζεύγους διατομής $\geq 0.4 \text{ mm}^2$, η συχνότητα δεν πρέπει να ξεπερνά τα 2KHz και η ψηφιακή του αρχιτεκτονική πρέπει να βασίζεται σε τεχνολογία time - division με ανώτερη τάση στάθμης λειτουργίας τα 12V [7].

§ Συμβατότητα – διασυνδεσιμότητα

Ένα Σύστημα Ενεργειακής Διαχείρισης Κτιρίου (Building Energy Management System - BEMS) όσον αφορά την συμβατότητα – διασυνδεσιμότητα του πρέπει να μπορεί να συνδεθεί με οποιονδήποτε υπολογιστή οπουδήποτε και να ανταλλάσσει δεδομένα μέσω Ethernet, Lonbus, Modbus, Profibus κλπ., να στέλνει δεδομένα σε μορφή μηνύματος μέσω ενσωματωμένου GSM modem, οι περιφερειακές μονάδες εισόδου και εξόδου (Input / Output-I/O) δέχονται οποιουδήποτε αισθητήριο του βιομηχανικού αυτοματισμού είτε αναλογικό είτε ψηφιακό, να συνδεθεί με HMI's προκειμένου να είναι δυνατή η οπτικοποίηση και ο έλεγχος

καταστάσεων όπως LED, Test Displays, Μιμικά Panels και Touchpanels από οποιοδήποτε σημείο, να διαθέτει web-server πρόγραμμα για την οπτικοποιημένη διαχείριση του συστήματος είτε απ' ευθείας από υπολογιστή είτε εξ' αποστάσεως μέσω διαδικτύου είτε μέσω pda, να διαθέτει driver ActiveX για το χειρισμό της σειριακής επικοινωνίας και του πρωτοκόλλου Modbus, να διαθέτει driver για excel ώστε να μεταφέρει τις καταστάσεις των περιφερειακών μονάδων, να συλλέγει δεδομένα σε μορφή ascii ή excel, να μπορεί να ανταλλάξει δεδομένα μέσω ελεύθερου κώδικα σε Visual Basic με τη βοήθεια του υπολογιστή [7].

Επίσης πρέπει να μπορεί είτε μόνο του είτε με τη βοήθεια υπολογιστή να ελέγξει και να διαχειριστεί όλα τα υποσυστήματα που συντελούν στην ενεργειακή αποδοτικότητα του κτιρίου προκειμένου να συμπληρώσει την εφαρμογή των προτύπων για ενεργειακές μετρήσεις του ΕΛΟΤ όπως το 896 και το 1364 ώστε να αποτελεί ένα αποδοτικό εργαλείο παρακολούθησης και σύγκρισης των καταναλώσεων σύμφωνα με το TEE 2427 / 83 για την κατανομή δαπανών θέρμανσης κτιρίων, να μπορεί αν συνδεθεί με οποιοδήποτε λογισμικό SCADA μέσω ενός OPC server και με οποιοδήποτε πληροφοριακό σύστημα ανώτερης ευφυΐας, τέλος να μπορεί να συνδέεται άμεσα με μετρητές ενέργειας, αερίου και νερού μεταφέροντας τις μετρήσεις είτε ο συναγερμός μέσω διαδικτύου είτε μέσω GSM modem σε απομακρυσμένο υπολογιστή που λειτουργεί ως κέντρο λήψης σημάτων [7].

§ Ευκολία ηλεκτρολογικής εγκατάστασης - διάγνωσης βλαβών

Ένα Σύστημα Ενεργειακής Διαχείρισης Κτιρίου (Building Energy Management System - BEMS) όσον αφορά την ευκολία ηλεκτρολογικής εγκατάστασης – διάγνωσης βλαβών πρέπει οι περιφερειακές μονάδες εισόδου και εξόδου (Input/Output-I/O) να είναι προγραμματισμένες από εγκαταστάτη μη εξειδικευμένο με τη χρήση υπολογιστή ώστε να γίνεται οποιαδήποτε αντικατάσταση εύκολα χωρίς επαναπρογραμματισμό όλου του συστήματος και ειδικά χωρίς τη διακοπή της λειτουργίας του, να μην γίνει εγκατάσταση ειδικών καλωδίων ζεύγους bus για τον θόρυβο, οι ψηφιακοί μετατροπείς εισόδων πρέπει να είναι τύπου universal και να ταιριάζουν σε οποιοδήποτε κουτί της Ελληνικής αγοράς διακοπτικού υλικού, να διαθέτει υλικά και εξαρτήματα εισόδων και εξόδων που συμφωνούν με τον HD 384 του ΕΛΟΤ και έχουν τη δυνατότητα σύνδεσης κυκλωμάτων διαφορετικών τάσεων, οι εξοδοί του συστήματος πρέπει να έχουν διαγνωστικό Led ως ένδειξη ομαλής ή όχι λειτουργίας για τον εύκολο εντοπισμό βλαβών, τέλος το σύστημα να έχει εξωτερική συσκευή χειρός ελέγχου απόκρισης σημάτων [7].

§ Γενικά χαρακτηριστικά αυτοματισμού

Ένα Σύστημα Ενεργειακής Διαχείρισης Κτιρίου (Building Energy Management System - BEMS) όσον αφορά τα γενικά χαρακτηριστικά αυτοματισμού πρέπει να μπορεί να ελέγχει σε ένα δίκτυο πάνω από 4000 σήματα κατάστασης και να τα επιμερίσει σε τουλάχιστον 32 υποσυστήματα, κάθε υποσύστημα πρέπει να ελέγχει τουλάχιστον 128 διευθύνσεις, δυνατότητα εκτέλεσης λογικών πράξεων, σεναρίων και τηλεχειρισμού IR-RF, ο προγραμματισμός πρέπει να είναι σε ευέλικτο παραθυριακό περιβάλλον ώστε οποιαδήποτε αλλαγή στην παραμετροποίηση να διαρκεί ελάχιστα, τέλος να είναι ευρωπαϊκής προέλευσης και να χρησιμοποιείται τουλάχιστον 16 χρόνια στη βιομηχανία και τα κτίρια [7].

4.6 Προδιαγραφές μονάδων αυτοματισμού του Συστήματος Ενεργειακής Διαχείρισης Κτιρίου (Building Energy Management System - BEMS)

Οι μονάδες αυτοματισμού που αναλύονται παρακάτω είναι η κεντρική, εξόδου/-ων Relay, εξόδων ρολών, εξόδων transistor, dimmer λαμπτήρων φθορίου και πυρακτώσεως (master), εισόδων τύπου universal, μέτρησης παλμών, ο ανιχνευτής διαρροής νερού, ο αισθητήρας φωτεινότητας και θερμοκρασίας εσωτερικού - εξωτερικού χώρου.

Η *κεντρική μονάδα αυτοματισμού* πρέπει να διαθέτει ενσωματωμένο GSM modem Dual Band, ενσωματωμένες θύρες εισόδου και εξόδου ($\geq 4/4$), σειριακές θύρες RS232 και RS485, διαστάσεις πίνακα έως 8 θέσεις, τάση τροφοδοσίας $230V_{ac} \pm 15\%$, συχνότητα 45-65Hz, αντοχή σε κρουστική τάση τουλάχιστον 4Kv, θερμοκρασία λειτουργίας $0-50^{\circ}C$, τοποθέτηση ράγας, σήμανση CE [7].

Η *μονάδα εξόδου Relay* πρέπει να διαθέτει πλήθος εξόδων ανά μονάδα 1, μέγιστο ρεύμα ανά έξοδο 13A (AC1), μηχανική διάρκεια ζωής εξόδου τουλάχιστον 5×10^6 , ηλεκτρική διάρκεια ζωής εξόδου τουλάχιστον 1×10^5 (250V, 12A), διαστάσεις έως $30 \times 40 \times 20$ mm, υγρασία 20-80%, θερμοκρασία λειτουργίας $-20-50^{\circ}C$, τοποθέτηση χωνευτή, σήμανση CE [7].

Η *μονάδα εξόδων Relay* πρέπει να διαθέτει πλήθος εξόδων ανά μονάδα τουλάχιστον 8, μέγιστο ρεύμα ανά έξοδο 16A (AC1), μηχανική διάρκεια ζωής εξόδου τουλάχιστον 5×10^6 , ηλεκτρική διάρκεια ζωής εξόδου τουλάχιστον 1×10^5 (250V, 12A), διαστάσεις πίνακα έως 4 θέσεις, υγρασία 20-80%, θερμοκρασία λειτουργίας $-5-50^{\circ}C$, τοποθέτηση ράγας, σήμανση CE [7].

Η *μονάδα εξόδων ρολών* πρέπει να διαθέτει πλήθος ελεγχόμενων μοτέρ ανά μονάδα τουλάχιστον 2 με εσωτερική μηχανική μανδάλωση, μέγιστο ρεύμα ανά έξοδο 5A (AC1), μηχανική διάρκεια ζωής εξόδου τουλάχιστον 30×10^6 , ηλεκτρική διάρκεια ζωής εξόδου τουλάχιστον 2×10^5 (250V, 5A), διαστάσεις πίνακα έως 4 θέσεις, υγρασία 20-80%, θερμοκρασία λειτουργίας $-5-50^{\circ}C$, τοποθέτηση ράγας, σήμανση CE [7].

Η *μονάδα εξόδων transistor* πρέπει να διαθέτει πλήθος εξόδων ανά μονάδα τουλάχιστον 8, μέγιστο ρεύμα ανά έξοδο τουλάχιστον 100mA, μέγιστη τάση εξόδου τουλάχιστον 30Vdc, διαστάσεις έως $80 \times 35 \times 75$ mm, υγρασία 20-80%, θερμοκρασία λειτουργίας $-20-50^{\circ}C$, τοποθέτηση ράγας, σήμανση CE [7].

Η *μονάδα dimmer λαμπτήρων πυρακτώσεως* πρέπει να διαθέτει πλήθος εξόδων ανά μονάδα τουλάχιστον 2, μέγιστη ισχύς εξόδου τουλάχιστον 200W, διαστάσεις πίνακα έως 4 θέσεις, υγρασία 20-80%, θερμοκρασία λειτουργίας $0-50^{\circ}C$, προστασίες από υπερθέρμανση και βραχυκύκλωμα, τοποθέτηση ράγας, σήμανση CE [7].

Η *μονάδα dimmer λαμπτήρων πυρακτώσεως (master)* πρέπει να διαθέτει πλήθος εξόδων ανά μονάδα τουλάχιστον 1, μέγιστη ισχύς εξόδου τουλάχιστον 600W, μέγιστο πλήθος slave dimmer τουλάχιστον 10, μέγιστη συνολική ισχύ slave dimmer τουλάχιστον 12000W, διαστάσεις πίνακα έως 4 θέσεις, υγρασία 20-85%, θερμοκρασία λειτουργίας $-10-45^{\circ}C$, προστασίες από υπερθέρμανση και βραχυκύκλωμα, τοποθέτηση ράγας, σήμανση CE [7].

Η *μονάδα dimmer λαμπτήρων φθορίου* πρέπει να διαθέτει πλήθος εξόδων ανά μονάδα τουλάχιστον 2, μέγιστη ισχύς εξόδου τουλάχιστον 50mA, διαστάσεις πίνακα έως 4 θέσεις, υγρασία 20-80%, θερμοκρασία λειτουργίας $0-50^{\circ}C$, τοποθέτηση ράγας, σήμανση CE [7].

Η *μονάδα εισόδων τύπου universal* για οποιοδήποτε διακοπτικό υλικό πρέπει να διαθέτει πλήθος εισόδων ανά μονάδα τουλάχιστον 4, διαστάσεις έως $30 \times 30 \times 10$ mm, υγρασία 20-80%, θερμοκρασία λειτουργίας $0-50^{\circ}C$, τοποθέτηση χωνευτή, σήμανση CE [7].

Η *μονάδα μέτρησης παλμών* για μετρητές ενέργειας, αερίου και νερού πρέπει να διαθέτει πλήθος εισόδων ανά μονάδα τουλάχιστον 4, μέγιστη ταχύτητα μέτρησης τουλάχιστον 14Hz,

διαστάσεις έως 36x90x60mm, υγρασία τουλάχιστον 95%, θερμοκρασία λειτουργίας -20-60°C, τοποθέτηση πίνακος, σήμανση CE [7].

Ο ανιχνευτής διαρροής νερού πρέπει να διαθέτει βαθμό προστασίας IP67, διαστάσεις έως 70x50x20mm, θερμοκρασία λειτουργίας -20-50°C, τοποθέτηση επίτοιχη, σήμανση CE [7].

Ο αισθητήρας φωτεινότητας πρέπει να διαθέτει εύρος μέτρησης 0.1Lux-100kLux, βαθμό προστασίας IP44, διαστάσεις έως 40x85x45mm, θερμοκρασία λειτουργίας -10-60°C, τοποθέτηση επίτοιχη, σήμανση CE [7].

Ο αισθητήρας θερμοκρασίας εξωτερικού χώρου πρέπει να διαθέτει εύρος μέτρησης -30-60°C, βαθμό προστασίας IP67, διαστάσεις έως 70x40x20mm, θερμοκρασία λειτουργίας -30-60°C, τοποθέτηση επίτοιχη, σήμανση CE [7].

Ο αισθητήρας θερμοκρασίας εσωτερικού χώρου πρέπει να διαθέτει εύρος μέτρησης -30-60°C, βαθμό προστασίας IP20, διαστάσεις έως 85x85x35mm, θερμοκρασία λειτουργίας -30-60°C, τοποθέτηση επίτοιχη ή χωνευτή, σήμανση CE [7].

4.7 Πλεονεκτήματα του Συστήματος Ενεργειακής Διαχείρισης Κτιρίου (Building Energy Management System - BEMS)

Στα πλεονεκτήματα εγκατάστασης συστημάτων διαχείρισης συμπεριλαμβάνονται η εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση, ψύξη και αερισμό με ποσοστό 15-20% ενώ για φωτισμό φτάνει στο 50-60%, μείωση του ενεργειακού κόστους άρα χαμηλότερες λειτουργικές δαπάνες, αυτόματη περικοπή φορτίων και διαχείριση φορτίων αιχμής με αποτέλεσμα την επιβάρυνση του ενεργειακού κόστους, βελτίωση ειδικά του περιβάλλοντος εργασίας, μεγαλύτερη κτιριακή λειτουργικότητα και οικονομία [6].

Το Σύστημα Ενεργειακής Διαχείρισης Κτιρίου (Building Energy Management System - BEMS) συμπεριλαμβάνει πλεονεκτήματα όπως μεγάλη ευελιξία, εύκολη προσαρμογή στις απαιτήσεις του πελάτη, παροχή εργαλείων για ευκολότερη χρήση, δυνατότητα πραγματοποίησης πολλών αλληλοεξαρτώμενων λειτουργιών εύκολα και απλά καθώς και επεμβάσεις συντήρησης και αποκατάστασης βλαβών, λογική και τάξη στην απόφαση λειτουργιών και εντολών, λειτουργία μέσω τηλεχειρισμού (τοπικό, μέσω τηλεφώνου, ίντερνετ), πλήρη και γρήγορη απόκριση σε μεγάλο όγκο δεδομένων και δυνατότητα ταυτόχρονης επεξεργασίας, αυτόματη ανάλυση ενεργειακών δεδομένων, παροχή μέγιστης ακρίβειας υπολογισμών, πρόβλεψη ενεργειακή ζήτησης και παρουσίαση αναφορών με επεξεργάσιμα γραφικά αποτελέσματα, καταγραφή ενεργειακών παραμέτρων με αναφορά ιστορικών στοιχείων, αποτελεί εργαλείο συνεχούς ενημέρωσης του ενεργειακού διαχειριστή για τη λήψη αποφάσεων σχετικά με τη λειτουργία, την απόδοση των ελεγχόμενων συστημάτων, τη συμπεριφορά των χρηστών και την παροχή υπηρεσιών, προσφέρει πληθώρα ενδείξεων και πληροφοριών, σχεδιασμένα με προδιαγραφές αισθητικής με αποτέλεσμα μια αρμονική εικόνα [6].

Τέλος στα πλεονεκτήματα συμπεριλαμβάνονται η παροχή πληροφοριών στο φορέα διοίκησης του κτιρίου προκειμένου να ληφθούν αποφάσεις για την αξιοποίηση ακινήτων και για νέες επενδύσεις, η ενημέρωση των υπευθύνων των διαφόρων τμημάτων του φορέα, η επιβεβαίωση και ορθολογική κατανομή τιμολογίων ενέργειας, ο καθορισμός μελλοντικών προϋπολογισμών, ο προσδιορισμός νέων δυνατοτήτων και στόχων εξοικονόμησης ενέργειας, η ακριβής μέτρηση ενεργειακού οφέλους από υπάρχοντα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας, η διασφάλιση σωστής λειτουργίας και συντήρησης των εγκαταστάσεων, η ευαισθητοποίηση των χρηστών μέσω κοινοποίησης ενεργειακών αναφορών [6].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) και τεχνολογία

Στο παρόν κεφάλαιο θα γίνει αναφορά στα λογισμικά ενεργειακής απόδοσης TEE-KENAK, EPA-NR και ISO 50001. Επίσης θα αναφερθούν τα πρωτόκολλα επικοινωνίας όπως τα πρότυπα EN 15232, X10, KNX, KNX / EIB – istabus, Lonworks και το BACnet. Τέλος θα αναφερθούν κάποια ενδεικτικά παραδείγματα Συστημάτων Αυτοματισμού και Ελέγχου (Building and Control System - BACS).

5.1 Λογισμικά ενεργειακής απόδοσης

Η τεχνολογία παίζει σημαντικό ρόλο στο Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS). Ενδεικτικό παράδειγμα αποτελεί η εταιρία Χώρος Σ.Μ. Α.Ε. που χρησιμοποιεί ως λογισμικό ελέγχου όλων των τεχνικών εγκαταστάσεων ενός κτιρίου το σύστημα Building Management Software OPEN web με το οποίο βελτιστοποιεί τις διαδικασίες ελέγχου και δημιουργεί γραφικές απεικονίσεις για την καλύτερη κατανόηση τους. Επίσης για τον ενεργειακό έλεγχο ή διαχείριση χρησιμοποιεί το ενσωματωμένο web server OPEN view [20]. Παρακάτω θα αναλυθούν τα λογισμικά TEE-KENAK, EPA-NR και το ISO 50001.

5.1.1 Λογισμικό TEE-KENAK

Το λογισμικό TEE-KENAK δημιουργήθηκε από την ομάδα εξοικονόμησης ενέργειας του Ινστιτούτου Ερευνών Περιβάλλοντος και Βιώσιμης Ανάπτυξης (IEΠΒΑ) του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (ΕΑΑ) στο πλαίσιο της συνεργασίας του με το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος (ΤΕΕ). Το λογισμικό αυτό βασίζεται στα Ευρωπαϊκά πρότυπα ΕΛΟΤ EN ISO κ.α. και στα εθνικά πρότυπα και τις αντίστοιχες Τεχνικές Οδηγίες του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος (ΤΟΤΕΕ) χρησιμοποιώντας αλγορίθμους για τον υπολογισμό της κτιριακής ενεργειακής απόδοσης. Στο λογισμικό εισάγονται δεδομένα σχετικά με τα γεωμετρικά και τεχνικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτιρίου καθώς και τα τεχνικά χαρακτηριστικά των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων στοχεύοντας στην ενεργειακή επιθεώρηση, κατάταξη και απόδοση του κτιρίου αλλά και στην έκδοση του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ) [21].

5.1.2 Λογισμικό EPA-NR

Το λογισμικό EPA-NR στοχεύει στην εφαρμογή των οδηγιών της Ε.Ε. σχετικά με την κτιριακή ενεργειακή απόδοση υπαρχόντων κτιρίων του τριτογενούς τομέα (εμπόριο και υπηρεσίες) με πολύπλοκη δομή και ηλεκτρομηχανολογικές συσκευές παρέχοντας πιστοποίηση ενεργειακής αποδοτικότητας και συμβουλές ενεργειακής διαχείρισης. Στα πλεονεκτήματα του συγκαταλέγονται η συνύπαρξη του με τα ευρωπαϊκά πρότυπα, γρήγορη και εύκολη προσαρμογή σε τυχόν τροποποιήσεις προτύπων, η παράθεση γραφικών απεικονίσεων και η εφαρμογή του σε όλες τις χώρες της Ε.Ε. προσαρμοζόμενη στις διαφορετικές προδιαγραφές της εκάστοτε χώρας. Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε κατοικίες καθώς επίσης προσφέρει ένα κατάλληλο περιβάλλον για επιθεώρηση και αξιολόγηση ενεργειακής απόδοσης σύντομα με αξιόπιστα και ακριβή αποτελέσματα. Τέλος, η αξιολόγηση της ενεργειακής απόδοσης υφιστάμενων κατοικιών βασίζεται στο λογισμικό EPA-ED [21].

5.1.3 ISO 50001

Το ISO 50001 αποτελεί το διεθνές πρότυπο ενεργειακής διαχείρισης από την έκδοση του το 2011 εστιάζοντας στην ανάλυση ενεργειακών αναγκών, τον εντοπισμό ευκαιριών εξοικονόμησης ενέργειας και την ενσωμάτωση καλών πρακτικών με στόχο το μειωμένο κόστος λειτουργίας, την ευαισθητοποίηση του προσωπικού και στη συνεχή παρακολούθηση και βελτίωση. Επίσης μπορεί να εφαρμοστεί και να πιστοποιηθεί από όλους τους οργανισμούς. Η εφαρμογή του οδηγεί στην μείωση των ενεργειακών εξόδων, των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου καθώς και διάφορες περιβαλλοντικές επιπτώσεις μέσω της συστηματικής διαχείρισης ενέργειας [21].

5.2 Πρωτόκολλα επικοινωνίας

Μερικά από τα πρωτόκολλα επικοινωνίας που θα αναλυθούν είναι τα Πρότυπα EN 15232, X10, KNX, KNX / EIB – istabus, Lonworks και LonTalk βάσει p-CSMA.

5.2.1 Πρότυπο EN 15232

Η χρήση αυτόματου συστήματος θεωρείται ότι συμβάλει σε ένα Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) καθώς επιτυγχάνει σημαντική μείωση στην κατανάλωση ενέργειας. Δεδομένης της σημαντικότητας του υπάρχει το πρότυπο EN 15232 (Energy performance of buildings – Impact of Building Automation, Controls and Building Management) που έχει ενταχθεί στα πρότυπα ενεργειακής αποδοτικότητας κτιρίων. Το πρότυπο περιγράφει μεθόδους αξιολόγησης της οικοδομικής επίδρασης, της αυτοματοποίησης και της τεχνικής διαχείρισης στην ενεργειακή κατανάλωση κτιρίων αποτελώντας την πιο ενδεδειγμένη μέθοδο μείωσης της ενεργειακής κατανάλωσης. Το πρότυπο αυτό περιλαμβάνει 4 βασικές κατηγορίες ενεργειακής κατάταξης των συστημάτων αυτοματισμού που αντιπροσωπεύονται από τα τέσσερα πρώτα γράμματα της αγγλικής αλφαβήτου (A, B, C, D) όπου μετά την ολοκλήρωση της εγκατάστασης συστήματος

αυτοματισμού και ελέγχου πρέπει να καθοριστεί σε ποια κατηγορία ανήκει το κτίριο. Οι δυνατότητες εξοικονόμησης θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας υπολογίζονται για κάθε κατηγορία βάσει του κτιριακού τύπου και της χρήσης όπου οι τιμές της κατηγορίας C χρησιμοποιούνται ως βάση αναφοράς για τη σύγκριση της αποτελεσματικότητας. Τέλος, η τελική κατανάλωση προσδιορίζεται βάσει του γινομένου των συντελεστών ενεργειακής κατάταξης επιμέρους συστημάτων θέρμανσης και ηλεκτρισμού [5].

Πίνακας 5.1 Αυτοματισμοί που θα πρέπει να εγκατασταθούν ανάλογα με την κατηγορία ενεργειακής αποδοτικότητας.

	Έλεγχος θέρμανσης / ψύξης	Έλεγχος αερισμού / κλιματισμού	Φωτισμός	Προστασία από ηλιακή ακτινοβολία
A	-Ολοκληρωμένος έλεγχος και διαχείριση κάθε δωματίου -Έλεγχος συστήματος εσωτερικής αντιστάθμισης (έλεγχος μετρούμενης εσωτερικής θερμοκρασίας / set point) -Καμία δυνατότητα παράλληλης λειτουργίας θέρμανσης και ψύξης (μανδαλωμένες λειτουργίες)	-Η παροχή αέρα σε κάθε δωμάτιο γίνεται κατόπιν ζήτησης ή από ανίχνευση παρουσίας ανθρώπων -Μεταβλητό set point ελέγχου θερμοκρασίας προσαγωγής αέρα (έλεγχος φορτίου / προσαγωγής αέρα-PID) -Έλεγχος υγρασίας με παροχή ή απαγωγή αέρα από το χώρο	-Αυτόματη ανίχνευση φωτός ημέρας και έλεγχος φωτισμού -Έλεγχος παρουσίας ανθρώπων και αυτόματη ενεργοποίηση φωτισμού <u>Παράλληλες δυνατότητες:</u> -Χειροκίνητο / Αυτόματο on/ αυτόματο off -Χειροκίνητο / Αυτόματο on / ρύθμιση φωτεινής ροής (dimming)	Συνδυαστικός έλεγχος: Φωτισμού Ρολών σκίασης HVAC (θέρμανση, αερισμός, A/C)
B	-Ανεξάρτητος έλεγχος κάθε δωματίου με επικοινωνία μεταξύ	-Η παροχή αέρα σε κάθε δωμάτιο γίνεται σε προκαθορισμένα	-Χειροκίνητος έλεγχος φωτισμού κατά τη διάρκεια της ημέρας	Ηλεκτρικός έλεγχος (μέσω μοτέρ) των μηχανισμών σκίασης και

	<p>ελεγκτών και BACS</p> <p>-Έλεγχος συστήματος εσωτερικής αντιστάθμισης</p> <p>-Μερική μανδάλωση λειτουργιών θέρμανσης και ψύξης (ανάλογα με το σύστημα HVAC)</p>	<p>χρονικά διαστήματα</p> <p>-Μεταβλητό set point ελέγχου της θερμοκρασίας προσαγωγής αέρα, ανάλογα με την εξωτερική θερμοκρασία</p> <p>-Έλεγχος υγρασίας με παροχή ή απαγωγή αέρα από το χώρο</p>	<p>-Έλεγχος παρουσίας ανθρώπων και αυτόματη ενεργοποίηση φωτισμού</p> <p><u>Παράλληλη δυνατότητα:</u></p> <p>-Χειροκίνητο / Αυτόματο on / ρύθμιση φωτεινής ροής (dimming)</p> <p>-Αυτόματο on / off</p>	<p>ρολών</p>
C	<p>-Ανεξάρτητος έλεγχος σε κάθε δωμάτιο μέσω θερμοστατικών βαλβίδων ή ηλεκτρονικών ελεγκτών</p> <p>-Έλεγχος συστήματος εξωτερικής αντιστάθμισης</p> <p>-Μερική μανδάλωση λειτουργιών θέρμανσης και ψύξης (ανάλογα με το σύστημα HVAC)</p>	<p>-Η παροχή αέρα σε κάθε δωμάτιο γίνεται σε προκαθορισμένα χρονικά διαστήματα</p> <p>-Σταθερό set point θερμοκρασίας προσαγωγής αέρα</p> <p>-Περιορισμένη παροχή αέρα για έλεγχο υγρασίας</p>	<p>-Χειροκίνητος έλεγχος φωτισμού κατά τη διάρκεια της ημέρας</p> <p>-Χειροκίνητος διακόπτης on / off & sweeping extinction signal (τουλάχιστον ένας ηλεκτρικός χειρισμός κατά τη διάρκεια της ημέρας)</p>	<p>Ηλεκτρικός έλεγχος (μέσω μοτέρ) των μηχανισμών σκίασης και ρολών</p>
D	<p>-Κανένας αυτόματος έλεγχος</p> <p>-Κανένας έλεγχος συστήματος αντιστάθμισης</p> <p>-Καμία μανδάλωση</p>	<p>-Καμία παροχή αέρα</p> <p>-Κανένας έλεγχος θερμοκρασίας προσαγωγής αέρα και</p>	<p>-Χειροκίνητος έλεγχος φωτισμού κατά τη διάρκεια της ημέρας</p> <p>-Χειροκίνητος διακόπτης on / off</p>	<p>Χειροκίνητος έλεγχος των μηχανισμών σκίασης και ρολών</p>

λειτουργιών θέρμανσης και ψύξης	υγρασίας	& sweeping extinction signal	
------------------------------------	----------	---------------------------------	--

Πηγή: [5]

5.2.2 Πρότυπο X10

Το πρωτόκολλο επικοινωνίας X10 ή domotics είναι ένα διεθνές ανοικτό βιομηχανικό πρότυπο που χρησιμοποιείται στην επικοινωνία των ηλεκτρονικών συσκευών στην αυτοματοποίηση των σπιτιών. Αποτελεί το πρώτο τεχνολογικό δίκτυο γενικού σκοπού και το πιο ευρέως διαθέσιμο παρόλο που υπάρχουν διάφορες υψηλότερες εναλλακτικές λύσεις εύρους ζώνης όπως τα KNX, INSTEON, BACnet, LonWorks. Για τις καλωδιώσεις σηματοδότησης και ελέγχου χρησιμοποιεί κυρίως γραμμή ρεύματος όπου οι ψηφιακές πληροφορίες σχηματίζονται από μικρές εκρήξεις ραδιοσυχνότητας [8].

Στα πλεονεκτήματα του πρωτοκόλλου επικοινωνίας X10 συγκαταλέγονται η μη ανάγκη για καινούργια καλωδίωση, η ευκολία στην εγκατάσταση και στην επέκταση, η ύπαρξη πολλών συμβατών προϊόντων, ο έλεγχος έως 256 φώτων και συσκευών, η αντοχή στο χρόνο, το χαμηλό κόστος εγκατάστασης ενός ασύρματου συστήματος ασφάλειας, η συνδεσιμότητα και ο έλεγχος από υπολογιστή [10].

Μερικές χρήσεις του πρωτοκόλλου επικοινωνίας X10 είναι η (απ)ενεργοποίηση των φώτων μέσω ενός τηλεκοντρόλ ή η ρύθμιση τους σε συγκεκριμένη χρονική στιγμή, η ενεργοποίηση των φώτων σε συγκεκριμένους χώρους όταν γίνεται απενεργοποίηση του συστήματος συναγερμού ή όταν παραβιάζεται το σύστημα ασφάλειας, η χρήση ασύρματων αισθητήρων κίνησης για ενεργοποίηση των φώτων σε συγκεκριμένους χώρους εντός και εκτός κτιρίου, τέλος η χρήση συσκευής μακρινής ακτίνας που ειδοποιεί όταν κάποιος εισέρχεται κοντά στο κτίριο [10].

5.2.3 Πρότυπο KNX

Το KNX αποτελεί μια τεχνολογία αμφίδρομης επικοινωνίας και διαχείρισης των λειτουργιών στις ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις, ευρέως διαδεδομένη εντός και εκτός Ευρώπης, όπου όλες οι συσκευές συνδέονται σε ένα καλώδιο δίνοντας τη δυνατότητα επεξεργασίας και μεταβίβασης δεδομένων, εντολών και αυτόματων λειτουργιών. Οι συσκευές KNX μπορούν να αντικαταστήσουν συμβατικές συσκευές ελέγχου όπως διακόπτες και ρελέ προσφέροντας νέες δυνατότητες και λειτουργίες στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις. Στα πλεονεκτήματα της KNX συμπεριλαμβάνονται η συμφωνία με το ευρωπαϊκό στάνταρτ EN 50090 που συνδυάζει τις καλύτερες συσκευές από τους καλύτερους κατασκευαστές, η υποστήριξη ευρείας γκάμας συσκευών ελέγχου, η αντικατάσταση συσκευής που δεν υποστηρίζεται πλέον, ο περιορισμός στα κόστη επισκευής και τροποποίησης από μηχανικούς με τυποποιημένη εκπαίδευση της EIBA, τέλος δοκιμάζεται και βελτιώνεται συνεχώς αποτελώντας μια ώριμη τεχνολογία [8].

5.2.4 Πρότυπο KNX / EIB – istabus

Τα συστήματα EIB – istabus εμφανίστηκαν στο τέλος της δεκαετίας του '80 στην προσπάθεια δημιουργίας ενός δυνατού και κατανοητού ηλεκτρικού ελέγχου οικιακών εφαρμογών και συστημάτων σε κτίριο από αποκεντρωμένες πολλαπλές θέσεις με αποτέλεσμα τη δημιουργία του European Intallation Bus Association (EIBA). Τα προϊόντα που δημιουργούνται με την τεχνική EIB ελέγχονται σύμφωνα με κάποια πρότυπα και φέρουν την πιστοποίηση EIBA. Επίσης τα προϊόντα αυτά όταν συνδέονται στο ίδιο σχέδιο συστήματος με ενιαίο λογισμικό μπορούν να επικοινωνήσουν μεταξύ τους [8].

Στόχος του προτύπου EIB ήταν η δημιουργία ενός συστήματος διαχείρισης κτιρίων διαθέτοντας χαρακτηριστικά όπως κανόνες ποιότητας συσκευών και ελέγχου συστημάτων, δυνατότητα παροχής τεχνογνωσίας σε μέλη και άτομα που αγοράζουν τις άδειες λειτουργίας, συνεργασία με διεθνείς οργανισμούς για την επιθεώρηση του εξοπλισμού, απόδοση της σήμανσης EIB σε τρίτες εταιρίες που ικανοποιούν τα προσόντα και συμμετοχή στην προτυποποίηση, τεχνικές οδηγίες για προϊόντα και συστήματα [11].

Η τεχνική EIB στις σύγχρονες ηλεκτρικές εγκαταστάσεις αποτελείται από δύο ανεξάρτητα κυκλώματα – καλωδιώσεις όπως το κύκλωμα ισχύος 230/400V-50Hz στο οποίο συνδέονται οι συμβατικές συσκευές και το κύκλωμα επικοινωνίας γραμμής bus 24V και καλώδιο YCYM 2x2x0.8mm² όπου συνδέονται οι έξυπνες συσκευές [8].

Στα πλεονεκτήματα ενός συστήματος EIB – istabus συμπεριλαμβάνονται η απλή συντήρηση, η εύκολη προσαρμογή με οικονομικές λύσεις στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις κτιρίων διαφόρου μεγέθους, η ενεργειακή οικονομική διαχείριση, η ελαχιστοποίηση κόστους λειτουργίας, η απλή και γρήγορη εγκατάσταση, η ελαχιστοποίηση του κινδύνου πυρκαγιάς λόγω της μείωσης των καλωδίων στις συμβατικές ηλεκτρικές εγκαταστάσεις, η δυνατότητα σύνδεσης με στοιχεία εγκαταστάσεων προηγούμενης τεχνολογίας, η δυνατότητα ευελιξίας στην επέκταση του και αλλαγή συνθηκών χρήσης με χαμηλότερο κόστος, η ευκολία και φιλικότητα στη χρήση του λογισμικού, η δυνατότητα επικοινωνίας με άλλη ηλεκτρική εγκατάσταση, η παροχή δυνατότητας στους χρήστες τοπικού τηλεχειρισμού με υπέρυθρες ακτίνες και ελέγχου μέσω τηλεφωνικού δικτύου, η δυνατότητα συνεχούς υποστήριξης και φιλικότητα χρήσης [8].

Οι αισθητήρες ή ανιχνευτές ή συσκευές χειρισμού στέλνουν εντολές και φιλοξενούνται στο bus προσαρμοστή / συνδρομητή (Bus Coupling Unit – BCU) μέσω 10 τυποποιημένων υποδοχών που βοηθούν στην ανταλλαγή σημάτων μεταξύ τους και την παράλληλη ηλεκτροδότηση της συσκευής χειρισμού τάσεως 24Vdc. Ο bus προσαρμοστής συμμετέχει στην αποστολή και λήψη δεδομένων, διασφαλίζει τη σωστή αποστολή τους στα ηλεκτρονικά τμήματα του συστήματος, αποθηκεύει στη μνήμη σημαντικά στοιχεία και συνδέεται με καλώδιο επικοινωνίας (YCYM 2x2x0.8). Οι συσκευές που προσαρμόζονται στο bus προσαρμοστή είναι οι αισθητήρες φωτεινότητας, οι χρονοδιακόπτες, τα μπουτόν, οι δυαδικές και αναλογικές είσοδοι κλπ και αντιπροσωπεύονται από ενεργοποιητές διακοπών on/off, dimmer, ρολών, αναλογικούς κλπ. Οι ενεργοποιητές ή εκτελεστές χρησιμοποιούν εντολές για να συνδεθεί σε αυτούς το φορτίο που λειτουργεί με την τάση δικτύου 230/400V-AC. Τέλος τα δομικά στοιχεία του συστήματος EIB – istabus αποτελούν εξαρτήματα όπως τροφοδοτικά, προσαρμοστές γραμμών και περιοχών, σειριακή θύρα, ράγα δεδομένων, συνδετήρες κλπ. όπου εξασφαλίζεται η απαραίτητη τιμή τάσης των 24Vdc, η μεταφορά τηλεγραφημάτων, η ελεύθερη επικοινωνία μεταξύ συσκευών και η γενική εποπτεία σωστής και ασφαλούς λειτουργίας του συστήματος [8].

Το σύστημα EIB – istabus διαιρείται σε ιεραρχικά τμήματα όπου η μικρότερη μονάδα αντιπροσωπεύεται από μια γραμμή περιλαμβάνοντας το πολύ 64 bus-συσκευές και ένα τουλάχιστον τροφοδοτικό με πηνίο για την παροχή ηλεκτρικού ρεύματος. Σε μια περιοχή μπορούν να συνδεθούν έως 12 γραμμές με τη βοήθεια των προσαρμοστών γραμμών μέσω μιας κύριας γραμμής. Επίσης 15 πρόσθετες περιοχές είναι διαθέσιμες για την αναβάθμιση ενός συστήματος EIB – istabus χρησιμοποιώντας προσαρμοστές περιοχής. Ο κεντρικός αγωγός και οι γραμμές περιοχής χρειάζονται τροφοδοτικό πηνίο για την παροχή ηλεκτρικού ρεύματος. Η δόμηση γραμμής – περιοχής είναι τέτοια ώστε η μεταφορά στοιχείων να μην επηρεάζεται η ροή στοιχείων άλλων γραμμών ή περιοχών. Τα φίλτρα ή πηνία προσαρμοστών γραμμών ή περιοχών ροής στοιχείων επιτρέπουν την ανεξάρτητη επικοινωνίας μεταξύ τους. Τέλος σε ένα EIB – istabus μπορούν να συνδεθούν πάνω από 12000 bus-συσκευές όταν χρησιμοποιούνται όλες οι γραμμές και οι περιοχές [8].

5.2.5 Πρότυπο Lonworks

Η τεχνολογία του τοπικού δικτύου λειτουργίας (Local Operating Network Technology) αποτελεί μια πλατφόρμα ανοικτού κώδικα που αναπτύχθηκε από την Echelon Corporation για τον έλεγχο των δικτύων. Το δίκτυο Lonworks το οποίο θεωρείται ότι μοιάζει με το τοπικό δίκτυο (Local Area Network – LAN) αποτελείται από ένα σύνολο συσκευών που συνλειτουργούν προκειμένου να παράσχουν απεικόνιση σε αισθητήρες, ενεργοποιητές ελέγχου, αξιόπιστη επικοινωνία με ανοικτό πρωτόκολλο, τοπική και απομακρυσμένη πρόσβαση στα δίκτυα. Τα μέρη ενός δικτύου Lonworks όπως οι κόμβοι που αποτελούνται από συσκευές που συνομιλούν και συνεργάζονται μεταξύ τους, οι συσκευές δικτύου όπως επαναληπτές, θύρες, κάρτες επέκτασης και router / modem, οι μεταδότες όπως FO, IR, RF, Power lines και TP, το λογισμικό επικοινωνιών μέσω υπολογιστή όπως DDE ή MIP, το λογισμικό διαχείρισης, επίβλεψης και συντήρησης χρησιμοποιούν ένα κοινό πρωτόκολλο επικοινωνίας [11].

Τα δίκτυα Lonworks επιτρέπουν επεκτασιμότητα με την απλή σύνδεση νέων υλικών συμβατών με το πρότυπο ανεξαρτήτως κατασκευαστή, επικοινωνία συσκευών με τη βοήθεια πρωτοκόλλου ανοικτού κώδικα τύπου LonTalk, κατανομή διεργασιών σε όλες τις μονάδες ελέγχου με αποτέλεσμα τη μείωση του κινδύνου κεντρικής βλάβης, ελεύθερη ροή πληροφοριών με αποτέλεσμα καλύτερο έλεγχο και αξιοποίηση των νέων εφαρμογών. Στα πλεονεκτήματα του συμπεριλαμβάνονται το κατανομημένο δίκτυο ελέγχου, η υψηλή απόδοση, η ευκολότερη ενσωμάτωση διαφορετικών συμβατών συσκευών όπως αισθητήρες, ελεγκτές κλπ. από διαφορετικούς κατασκευαστές, το μειωμένο κόστος εγκατάστασης και αναδιάρταξης [11].

Η διευθυνσιοδότηση του πρωτοκόλλου Lonworks μπορεί να γίνει φυσικά όπου κάθε συσκευή λαμβάνει ένα αναγνωριστικό αριθμό 48-bit (Neuron ID) ο οποίος είναι μοναδικός και αμετάβλητος καθ' όλη τη διάρκεια ζωής. Επίσης μπορεί να γίνει μέσω συσκευής όπου λαμβάνει μια μοναδική διεύθυνση όταν συνδέεται στο δίκτυο προκειμένου να υπάρχει αποτελεσματικότερη διαχείριση των μηνυμάτων και ευκολότερη αντικατάσταση των συσκευών. Επιπρόσθετα μέσω ομάδας που αποτελεί μια συλλογή έως 64 συσκευών σε ένα domain και μέσω μετάδοσης όπου η διεύθυνση προσδιορίζει όλες τις συσκευές του υποδικτύου ή μιας περιοχής ώστε να μην γίνεται σπατάλη αριθμού ομάδων καθώς το ανώτατο όριο είναι 256 [11].

Η παράδοση των μηνυμάτων του πρωτοκόλλου Lonworks προκειμένου να υπάρχει αξιοπιστία και ασφάλεια μπορεί να γίνει είτε με επιβεβαίωση της επικοινωνίας όπου

στέλνεται ένα μήνυμα σε κάθε συσκευή που εμπλέκεται και αναμένεται ο κάθε αποδέκτης να επιβεβαιώσει την λήψη αλλιώς γίνεται αποστολή εκ νέου είτε με επαναλαμβανόμενα μηνύματα όπου στέλνεται πολλαπλές φορές για την αποφυγή καθυστερήσεων και την ταυτόχρονη μετάδοση μηνυμάτων επιβεβαίωσης το οποίο θεωρείται σημαντικό στη διευθυνσιοδότηση μετάδοσης είτε με μηνύματα χωρίς επιβεβαίωση όπου γίνεται μια και μόνο αποστολή χαρακτηριζόμενο από το μικρότερο φορτίο δεδομένων είτε με εξουσιοδοτημένο μήνυμα όπου ελέγχεται η πρόσβαση σε συσκευές μέσω pin 48-bit από την εγκατάσταση [11].

Ως μεταβλητές του δικτύου του πρωτοκόλλου Lonworks θεωρείται οποιοδήποτε δεδομένο όπως η θερμοκρασία, η κατάσταση διακόπτη, η θέση ενεργοποιητή που το πρόγραμμα διαχείρισης συσκευών λαμβάνει ή προσφέρει σε άλλες συσκευές αποσκοπώντας στη βελτίωση της συνεργασίας με τον εξοπλισμό άλλων προμηθευτών, στη δημιουργία αποκεντρωμένου ελέγχου καθώς το δίκτυο στηρίζεται στην πληροφορία και όχι στις εντολές, στη μη αναγκαιότητα γνώσης κάθε συσκευής της ροής των μεταβλητών, στη μεταφορά της πληροφορίας στη συσκευή έστω και αν έχει αλλάξει μια μεταβλητή εξόδου, στη μεταφορά μεταβλητής που έχει ληφθεί από ανανεωμένη είσοδο, στην εκμάθηση της διεύθυνσης των άλλων συσκευών ή ομάδων που εμπλέκονται κατά την εγκατάσταση και το σχεδιασμό στέλνοντας σχετικά μηνύματα, τέλος στη δημιουργία λογικών συνδέσεων μεταξύ μεταβλητής εξόδου σε συσκευή και μεταβλητής εισόδου σε άλλη ή άλλες συσκευές [11].

Κάθε μεταβλητή δικτύου έχει συγκεκριμένο τύπο, κλίμακα και δομή δεδομένων για κάθε μονάδα στο δίκτυο. Επίσης η διασύνδεση τους πρέπει αν είναι ιδίου τύπου για την ομαλή λειτουργία του συστήματος. Σε περίπτωση απαίτησης μετατροπέα σε τύπο δεδομένων υπάρχει διαθέσιμος συγκεκριμένος τύπος. Η υιοθέτηση μεταβλητών δικτύου σε κάθε συσκευή αυξάνει την ευφυΐα του δικτύου συμβάλλοντας στην καλύτερη λήψη αποφάσεων βάσει των πληροφοριών που συλλέγονται από το σύστημα με αποτέλεσμα την ύπαρξη ενός συστήματος ελέγχου βάσει πληροφοριών και όχι εντολών παρόλο που το σύστημα εντολών οδηγεί σε πιο κεντρικό έλεγχο και ανάγκη προσαρμογής προγραμματισμού βάσει τοπολογία και λειτουργίας του συστήματος δυσχεραίνοντας τους διάφορους προμηθευτές στο σχεδιασμό εύκολα ενσωματωμένων συσκευών. Τέλος χρησιμοποιώντας μεταβλητές δικτύου αποσκοπείται η αποτελεσματικότερη προσαρμογή στη δημιουργία συσκευών για την κατασκευή συστημάτων ελέγχου βάσει πληροφοριών και όχι εντολών [11].

Οι οντότητες αισθητήρα του πρωτοκόλλου Lonworks μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε οποιοδήποτε αισθητήρα προσφέροντας δεδομένα άμεσα σε ένα βρόγχο ελέγχου ή σε έναν ενεργοποιητή. Υπάρχουν αισθητήρες βρόγχου δύο τύπων, οι ανοικτού και οι κλειστού τύπου που χρησιμοποιούνται όταν ένας ενεργοποιητής απαιτεί πληροφόρηση πολλούς αισθητήρες ή ένας αισθητήρας πληροφορεί πολλούς ενεργοποιητές στοχεύοντας στην ύπαρξη συγχρονισμού της πραγματικής και της επιθυμητής κατάστασης. Οι ανοικτού τύπου αισθητήρες βρόγχου μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε συσκευές που χρησιμοποιούν απόλυτες και όχι σχετικές τιμές και σε συσκευές που δεν χρειάζεται να αναπαράγουν συγκεκριμένη πληροφορία προκειμένου να λειτουργήσουν σωστά. Οι κλειστού τύπου αισθητήρες βρόγχου μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε εφαρμογές που προϋποθέτουν συνδυασμό πληροφοριών από διαφορετικούς αισθητήρες για τον έλεγχο του συστήματος [11].

5.2.6 Πρότυπο BACnet

Το 1995 το πρωτόκολλο επικοινωνίας BACnet καθιερώθηκε ως πρότυπο ASHRAE/ANSI και το 2003 ως το ISO 16484-5 ενώ την ίδια χρονιά εκδόθηκε η Μέθοδος Ελέγχου για Συμμόρφωση BACnet ως πρότυπο BSR/ASHRAE 135.1. Αποτελεί ένα από τα

σημαντικότερα πρωτόκολλα επικοινωνίας δεδομένων στα δίκτυα αυτοματισμού και ελέγχου συμπεριλαμβάνοντας κανόνες ειδικά γι αυτό το σκοπό. Καθορίζει δηλαδή πως πρέπει να ζητηθεί η τιμή της θερμοκρασίας, πώς θα οριστεί το πρόγραμμα λειτουργίας ενός ανεμιστήρα, πώς θα αποσταλεί μια προειδοποίηση για την κατάσταση μιας αντλίας κλπ. Προκειμένου να υπάρξει διαλειτουργικότητα στο σύνολο του εξοπλισμού το BACnet αποτελείται από τρία μέρη όπου στο πρώτο περιγράφεται η μέθοδος που εκφράζει οποιοδήποτε τύπο εξοπλισμού αυτοματοποίησης κτιρίων σύμφωνα με ένα πρότυπο τρόπο, στο δεύτερο ορίζονται τα μηνύματα που μπορούν να αποσταλούν σε ένα δίκτυο υπολογιστών για την εποπτεία και τον έλεγχο του εξοπλισμού και στο τρίτο ορίζεται ένα σύνολο αποδεκτών τοπικών δικτύων (LANs) που χρησιμοποιούνται για την υποστήριξη επικοινωνίας με αυτό το πρωτόκολλο [22].

Το πρωτόκολλο BACnet παρέχει ένα πρότυπο τρόπο έκφρασης των λειτουργιών κάθε συσκευής όπως των αναλογικών και δυαδικών εισόδων και εξόδων, του χρονοπρογραμματισμού, του βρόγχου ελέγχου και του συναγερμού προσδιορίζοντας τις πληροφορίες και τις ιδιότητες αυτών, υποχρεωτικές ή προαιρετικές, που τα χαρακτηρίζουν όπως παρούσα τιμή, τύπο αισθητήρα, όρια συναγερμών κλπ. Η πιο σημαντική ιδιότητα μιας πληροφορίας είναι το αναγνωριστικό του, δηλαδή ένα αλφαριθμητικό που επιτρέπει την αναφορά και την προσπέλαση σε αυτό με μοναδικό τρόπο. Όταν οι συσκευές αποκτήσουν κοινές εμφανίσεις στο δίκτυο μέσω πληροφοριών και ιδιοτήτων τότε ορίζονται τα μηνύματα που μπορούν να διαχειριστούν την πληροφορία με πρότυπο τρόπο. Μπορεί να ορίσει 35 τύπους μηνυμάτων ή υπηρεσιών διαιρούμενα σε 5 κατηγορίες όπου μια κατηγορία περιλαμβάνει μηνύματα για πρόσβαση και χειρισμό των ιδιοτήτων. Ένα πολύ κοινό μήνυμα θεωρείται το αίτημα υπηρεσίας «ReadProperty» το οποίο δίνει εντολή στο μηχάνημα του εξυπηρετητή να εντοπίσει την ζητούμενη ιδιότητα της πληροφορίας και να στείλει την τιμή στον πελάτη. Οι άλλες κατηγορίες ασχολούνται με γεγονότα και συναγερμούς όπως ανέβασμα και κατέβασμα αρχείων, διαχείριση απομακρυσμένων συσκευών και λειτουργίες εικονικών τερματικών [22].

Λειτουργίες όπως η ικανότητα προσπέλασης αναλογικών, δυαδικών και δεδομένων κειμένου, η αποστολή ειδοποίησης γεγονότων και συναγερμού, ο χρονοπρογραμματισμός λειτουργιών ελέγχου κλπ. απαιτούνται από όλα τα είδη εξοπλισμού BACnet οι οποίες θεωρήθηκαν ανεπαρκής για να καλύψουν το πρότυπο αυτό γι αυτό και δημιουργήθηκαν τα συστήματα αυτοματοποίησης κτιρίων και εφαρμογών ελέγχου. Χαρακτηριστικό του προτύπου αυτού αποτελεί η επεκτασιμότητα του σε περίπτωση που βρεθούν νέες λειτουργίες ή υπηρεσίες προσθέτοντας νέες ιδιότητες στις ήδη υπάρχουσες πληροφορίες ή δημιουργώντας νέες τα οποία μπορεί να προκαλέσουν διαλειτουργικότητα σε περίπτωση μη συνεργασίας. Επίσης ενώ είναι δυνατή η εγκατάσταση από πολλούς προμηθευτές δεν σημαίνει ότι θα χρησιμοποιηθούν καθώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένας [22].

Στο πρότυπο BACnet πρέπει να επιλεγθεί και η κατάλληλη τεχνολογία δικτύου για τη σύνδεση του εξοπλισμού από 5 διαφορετικές επιλογές βάσει της εμπορικής τιμής ανά απόδοση που αποτελούν τοπικά δίκτυα (Local Area Networks – LANs). Η πρώτη επιλογή είναι το Ethernet 10/100 Mbps η οποία αποτελεί την πιο ακριβή σε όρους τιμής ανά συσκευή. Η επόμενη είναι η ARCNET στα 2,5 Mbps, ακολουθεί το δίκτυο MS-TP (Master-Slave/Token-Passing) για συσκευές με απαιτήσεις ίσες ή μικρότερες του 1 Mbps στην ταχύτητα πάνω σε καλώδια σύστροφου ζεύγους. Επίσης είναι η ιδιόκτητη τεχνολογία LonTalk του δικτύου Echelon που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διάφορα μέσα. Τέλος, ορίζει ένα dial-up ή από σημείο σε σημείο πρωτόκολλο PTP χρησιμοποιώντας τηλεφωνικές γραμμές ή καλωδιωμένες συνδέσεις τύπου EIA-232 [22].

Όσον αφορά τον ηλεκτρολογικό εξοπλισμό τα δίκτυα αυτά χρησιμοποιούν πρότυπα και συσχετισμένες τεχνολογίες καλωδιώσεων. Το Ethernet και το ARCNET χρησιμοποιούν φυσικά μέσα όπως ομοαξονικών καλωδίων (RG-58 για το Ethernet και RG-62 για το ARCNET), σύστροφα ζεύγη και οπτικές ίνες. Επίσης η Ένωση Βιομηχανίας Τηλεπικοινωνιών με το πρότυπο EIA/TIA 568 ορίζει πρακτικές καλωδίωσης για τηλεπικοινωνίες σε κτίρια όπως η προδιαγραφή CAT-5 για τοπικά δίκτυα υψηλών ταχυτήτων [22].

5.2.7. Πρότυπο LonTalk βάσει p-CSMA

Σε ένα αυτοματοποιημένο δίκτυο μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ένα Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίων (Building Management System - BMS) με πολυμέσα επικοινωνίας. Στις απαιτήσεις σύνδεσης του βίντεο στο Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίων (Building Management System - BMS) επιτρέπει τρεις τύπους λειτουργιών: ψηφιοποίηση, εγγραφή, παραγωγή (τοπική ή απομακρυσμένη) λαμβάνοντας υπόψιν προδιαγραφές λειτουργίας που επιτρέπουν να χρησιμοποιήσουν το Quarter of Common Intermediate Format (QCIF) του CCITT H.261 Recommendation. Υπάρχουν 35 πρωτόκολλα επικοινωνίας στο Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίων (Building Management System - BMS) απ όπου 14 πρωτόκολλα αξιολογήθηκαν από το Ινστιτούτο Έξυπνων Κτιρίων όπως τα BACnet, LonTalk, CAB. Επίσης το LonTalk από την Echelon βασισμένο στο CSMA/CD [28].

Στα χαρακτηριστικά του LonTalk ανήκει το φυσικό μέσο, το μέσο ελέγχου πρόσβασης, οι προτεραιότητες και η μορφή πακέτου. Το πρωτόκολλο αποτελείται από δίκτυα με τμήματα διαφορετικών μέσων όπως συνεστραμμένου ζεύγους στα 1.25 Mbit/s επιτρέπει μια μέγιστη απόσταση των 500 μέτρων ανά τμήμα και μέγιστο αριθμό κόμβων 64 ανά τμήμα, ομοαξονικό καλώδιο, γραμμή ισχύος κλπ. Ο έλεγχος στο πρωτόκολλο LonTalk Medium Access Control (MAC) ανήκει στους αλγόριθμους πολλαπλής πρόσβασης Carrier Sense Multiple Access (CSMA) και αποκαλείται πρόβλεψη p-persistent CSMA όπου οι κόμβοι τυχαίοποιούν την πρόσβαση στο μέσο ελαχιστοποιώντας την σύγκρουση μεταξύ των κόμβων μέσω αδράνειας του δικτύου για να αποσταλεί το πακέτο πληροφοριών. Στο πρωτόκολλο LonTalk οι κόμβοι τυχαίοποιούν τουλάχιστον 16 διαφορετικά επίπεδα καθυστέρησης, οι τυχαίες υποδοχές, με αποτέλεσμα η μέση καθυστέρηση σε ένα αδρανές δίαυλο να είναι πλάτους οκτώ εγχοπών οι οποίες ρυθμίζονται βάσει του δικτύου φόρτωσης όπου όταν αυξάνεται το φορτίο οι κόμβοι τυχαίοποιούνται σε μεγάλο αριθμό υποδοχών. Ο αριθμός των υποδοχών αυξάνεται βάσει του συντελεστή n με εύρος από 1 έως 63. Η Echelon καλεί το n ως κανάλι των εκτιμώμενων καθυστερήσεων που υπολογίζει τον αριθμό των κόμβων με ένα πακέτο προς αποστολή κατά τη διάρκεια του επόμενου κύκλου πακέτων. Οι μέσες καθυστερήσεις πρόσβασης μειώνονται κατά τη διάρκεια περιόδων ελαφριού φορτίου και οι συγκρούσεις μειώνονται κατά τη διάρκεια των περιόδων φόρτωσης. Για να εκτιμηθεί η φόρτωση του καναλιού ο κόμβος μετάδοσης περιλαμβάνει πληροφορίες στο πακέτο με τον αριθμό αναμενόμενων ως αποτέλεσμα αποστολής αυτών των πακέτων. Η χρήση αποκλειστικά μη αναγνωρισμένων υπηρεσιών κάνει το πρωτόκολλο LonTalk να συμπεριφέρεται σαν ένα p-persistent CSMA με $p = 1/16 = 0,0625$. Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί μηχανισμούς ανίχνευσης συγκρούσεων. Η Echelon έχει ρυθμιστεί για να ανιχνεύσει μια σύγκρουση στο τέλος του εισαγωγικού πακέτου και στο τέλος μεταφοράς του πακέτου [28].

Το πρωτόκολλο LonTalk υποστηρίζει ένα προαιρετικό μηχανισμό προτεραιότητας για τη βελτίωση του χρόνου απόκρισης των κρίσιμων πακέτων. Επίσης επιτρέπει στο χρήστη να καταναίμει υποδοχές χρονικής προτεραιότητας σε ένα κανάλι βάσει κόμβων προτεραιότητας.

Δεν υπάρχει διαμάχη με τον ενδιάμεσο κατά τη διάρκεια του πρωτεύοντος μέρους σε ένα κύκλο πακέτου επειδή ένας κόμβος προτεραιότητας μπορεί να ξεκινήσει τη μετάδοση του τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Οι εκχωρήσεις έχουν περιορισμούς την κράτηση των υποδοχών προτεραιότητας για διαφορετικούς κόμβους εύρους ζώνης και επίσης μόνο ένας περιορισμένος αριθμός κόμβων μπορεί να κάνει ανάθεση. Η μορφή του κύκλου πακέτων LonTalk περιλαμβάνει το εισαγωγικό στοιχείο, το NPDU, CRC, EOM, Beta 1, P, R. Ο πομπός στέλνει το εισαγωγικό μήνυμα του πακέτου στα 1,25 Mbit/s επιλεγμένο από 181 έως 6240 bits εξαρτώμενο από την ακρίβεια του ρολογιού του κόμβου στην αρχή επιτρέποντας στους άλλους κόμβους να συγχρονίσουν τα ρολόγια των δεκτών. Η μονάδα δεδομένων πρωτοκόλλου δικτύου (Network Protocol Data Unit-NPDU) μεταφέρει τις πληροφορίες από τα ανώτερα στρώματα με μέγιστο μήκος 249 οκτάδες, με δύο οκτάδες για τον κυκλικό έλεγχο πλεονασμού (Cyclic Redundancy Check-CRC) ακολουθούμενη από το τέλος του μηνύματος (End of Message-EOM) σηματοδοτούμενο από την παραβίαση του κώδικα Μάντσεστερ που διαρκεί τουλάχιστον 2 bit. Οι περίοδοι αδράνειας μεταξύ πακέτων περιλαμβάνουν το χρόνο της Beta 1 με σταθερή αδρανή περίοδο μετά την αποστολή πακέτου όπου επιτρέπει να υπάρχει ένα ελάχιστο διάκενο μεταξύ των πακέτων για την αντιμετώπιση γραμμικές καθυστερήσεις ή τον πομποδέκτη και το Beta 2 (προτεραιότητα και υποδοχές ταξινόμησης) όπου οι υποδοχές προτεραιότητας P αποτελούν το πρώτο στοιχείο. Ο αριθμός των αυλακώσεων προτεραιότητας είναι δεδομένος σε ένα καθορισμένο κανάλι και κυμαίνεται μεταξύ 0 και 127. Οι υποδοχές τυχαιότητας $R = n * 16$ αποτελούν το δεύτερο στοιχείο της Beta 2 και ο αριθμός κυμαίνεται από 16 έως 1008 βάσει του n (καθυστερήσεις εκτιμώμενου καναλιού) με εύρος από 1 έως 63. Το NPDU αποτελείται από την επικεφαλίδα, την διεύθυνση της πηγής, τη διεύθυνση και το τομέα προορισμού, και την πληροφορία [28].

Η μέση καθυστέρηση των πακέτων στο δίκτυο επηρεάζεται από την πολύπλοκη πρόσβαση από τους κόμβους που μοιράζονται το δακτύλιο και από τον αριθμό των μεταδόσεων ανά πακέτο στο κανάλι. Έστω ότι λαμβάνονται υπόψη η μη ύπαρξη προτεραιοτήτων επικοινωνίας και η ψηφιακή μετάδοση με βίντεο χωρίς επιστροφή του πακέτου επιβεβαίωσης. Στην χειρότερη περίπτωση περιλαμβάνονται όλες οι πηγές κυκλοφορίας που συνδέονται με ένα μοναδικό τμήμα δικτύου και ένα πακέτο επιβεβαίωσης επιστρέφεται για κάθε πακέτο μεταδιδόμενης κτιριακής διαχείρισης. Η κίνηση στο κανάλι από τις πηγές είναι $S = \lambda x$ όπου λ είναι ο μέσος ρυθμός αφίξεων των πακέτων και x είναι ο μέσος χρόνος μετάδοσης του πακέτου στο κανάλι. Η συνολική φόρτωση λόγω των σημάτων διαχείρισης κτιρίου αποτελείται από τα bit επικοινωνίας του συστήματος διαχείρισης κτιρίου αντιπροσωπεύοντας το 1,5% της χωρητικότητας του καναλιού. Σε περίπτωση που προστεθεί μια πηγή βίντεο QCIF τότε το σύστημα επιβαρύνεται περαιτέρω όπως και σε περίπτωση πρόσθεσης ενός κωδικοποιητή βίντεο CIF [28].

Η φόρτωση του καναλιού λόγω των σταθερών μηνυμάτων διαχείρισης κτιρίου είναι πολύ χαμηλός με πιθανότητα 1,5% απασχόλησης του καναλιού με αποτέλεσμα το πρωτόκολλο LonTalk να ταξινομεί τις υποδοχές μεταξύ 1 και 16 που ισχύει ακόμα και στην περίπτωση συγχώνευσης βίντεο καθώς δεν αναγνωρίζεται. Συνεπώς για την παρατήρηση του αριθμού των συγκρούσεων στο κανάλι μπορούμε να μοντελοποιήσουμε το κανάλι LonTalk σαν ένα σύστημα p-CSMA με $p=1/16=0,0625$, S του φόρτου που παράγεται από την πηγή και G , του φόρτου του καναλιού συμπεριλαμβανομένων των συνεπειών των πακέτων σύγκρουσης λαμβάνοντας υπόψη όλους τους χρόνους που θέλει ένα πακέτο να μεταφερθεί λόγω των συγκρούσεων. Συνεπώς ο δείκτης G/S δίνει το μέσο αριθμό των μεταδόσεων του πακέτου από την πρώτη μέχρι την τελευταία προσπάθεια μετάδοσης. Η αξιολόγηση της μέγιστης καθυστέρησης γίνεται μέσω του $a=d/2x$, όπου d είναι η καθυστέρηση και x είναι ο χρόνος μετάδοσης του πακέτου. Υποθέτοντας μέγιστο μήκος μισού μέτρου ενός τομέα LonTalk στα

1,25 Mbit/s, το σήμα μετάδοσης ισοδυναμεί με τα 2/3 ταχύτητα μετάδοσης φωτός και ένα ελάχιστο μήκος πακέτου των 25 οκτάδων, άρα $a=0,005$ [28].

Η ανίχνευση καθυστέρησης λόγω σύγκρουσης ενός πακέτου σε ένα δακτύλιο LonTalk με 1,25 Mbit/s ξεκινάει με τη γνώση της σχέσης S και G για μια γενική πρόσβαση p-CSMA. Ένα πακέτο που εισέρχεται στο κανάλι buffer ενός κόμβου έχει στοιχεία καθυστέρησης την υπολειμματική ζωή r ενός άλλου πακέτου χρησιμοποιώντας το κανάλι δακτυλίου κατά την άφιξη του πακέτου. Επίσης $N_r x$, ο χρόνος που αφιερώθηκε στις N_r ανεπιτυχείς αναμεταδόσεις του πακέτου με χρόνο μετάδοσης x . Η μέση τιμή του N_r δίνεται από τη σχέση $N_r=(G/S)-I$. Ο χρόνος μετάδοσης του πακέτου αποτελείται από χαρακτηριστικά όπως το χρόνο μετάδοσης $N_p/2$ των υποδοχών προτεραιότητας με πλάτος υποδοχής L_p bits, το χρόνο μετάδοσης του $N_R/2$ των υποδοχών τυχαιότητας με πλάτος υποδοχής L_R bits, το χρόνο μετάδοσης του πακέτου με μέσο μήκος L και το διάστημα μεταξύ πακέτων β_1 . Η υπολειμματική ζωή ενός πακέτου r έχει τα ίδια χαρακτηριστικά εκτός του ότι δεν υπάρχει συνεισφορά από τις υποδοχές προτεραιότητας ή τυχαιότητας επειδή το r αντιπροσωπεύει τη διάρκεια ενός πακέτου που μεταδίδεται όταν εισέρχεται το αναμενόμενο πακέτο άρα η συνεισφορά στο r είναι ο χρόνος μετάδοσης του πακέτου και το διάστημα μεταξύ πακέτων β_1 συνεπώς πρέπει να ληφθούν υπόψιν στην περίπτωση ενός πολυάσχολου καναλιού για τον υπολογισμό της μέσης υπολειμματικής ζωής $r=r(L+\beta_1)/C$ με C το δείκτη bit του καναλιού και ρ ο παράγοντας χρήσης του καναλιού. Δεδομένου των παραπάνω συνεισφορών έχουμε τη μέση καθυστέρηση πρόσβασης για το πρωτόκολλο LonTalk το οποίο είναι $W=r+1/C(0,5N_pL_p+0,5N_RL_R+L+\beta_1)N_r$ [28].

5.3 Ενδεικτικά παραδείγματα Συστημάτων Αυτοματισμού και Ελέγχου (Building and Control System - BACS)

Τα συστήματα αυτοματισμού και ελέγχου (Building and Control System - BACS) μπορούν να μειώσουν την θερμική και ηλεκτρική κατανάλωση ενέργειας έως 26% σε εκπαιδευτικά ιδρύματα και νοσοκομεία, έως 27% σε κτίρια κατοικιών, έως 41% σε ξενοδοχεία και εστιατόρια, έως 49% σε αποθήκες και κτίρια λιανικής πώλησης και έως 52% σε γραφεία και αίθουσες διαλέξεων. Παρακάτω παρατίθενται ενδεικτικοί τρόποι μείωσης ενέργειας μέσω του ελέγχου της θερμοκρασίας, του φωτισμού αλλά και συστημάτων οδήγησης κινητήρων [5].

§ Έλεγχος θερμοκρασίας

Λόγω των κλιματικών συνθηκών αλλά και των ατομικών αναγκών οι επιχειρήσεις οδηγήθηκαν στην εύρεση τρόπων για τη μείωση της χρησιμοποιούμενης ενέργειας. Παρακάτω παρατίθενται ενδεικτικοί τρόποι μείωσης καταναλώμενης ενέργειας από τον έλεγχο της θερμοκρασίας [5].

1. Η δημιουργία μικρο-ζωνών ελέγχου θερμοκρασίας αντί ύπαρξης μιας κεντρικής ή καμίας με ανεξάρτητους θερμοστάτες και βαλβίδες έχει ως αποτέλεσμα τη βελτιστοποίηση της άνεσης και της καταναλώμενης ενέργειας. Επίσης η θέση του θερμοστάτη θεωρείται ως κρίσιμος παράγοντας [5].

2. Αντί να γίνεται περιοδική λειτουργία του συστήματος εναλλαγής αέρα είναι προτιμητέο να γίνεται έλεγχος εσωτερικής ποιότητας του αέρα μέσω ενός αισθητήρα που αναλύει την ποιότητα του παρεχόμενου αέρα και ενεργοποιεί το σύστημα ανταλλαγής αέρα όταν απαιτείται [5].

3. Καλό είναι να γίνεται προγραμματισμός των εναλλαγών αέρα βάσει της εξωτερικής θερμοκρασίας προκειμένου να αποφευχθούν ακραίες διαφορές θερμοκρασιών με αποτέλεσμα υπερβολικές απώλειες ενέργειας [5].

4. Ο έλεγχος θερμοκρασίας μέσω ενός μετεωρολογικού σταθμού που παρακολουθεί τις καιρικές συνθήκες αλλά και την ένταση του φωτισμού μπορεί να επιτρέψει την αυτόματη εγκατάσταση περσίδων, τεντών, φωτιστικών εξωτερικού χώρου και την άρδευση με αποτέλεσμα τη μείωση των απωλειών ενέργειας [5].

5. Η αυτόματη ρύθμιση των κλιματικών συνθηκών στο εσωτερικό χώρο βάσει της πληρότητας του χώρου ή της ημερήσιας ώρας και κατά το άνοιγμα / κλείσιμο των θυρών ή παραθύρων οδηγεί στην μείωση της καταναλώμενης ενέργειας [5].

6. Η αυτοματοποιημένη αντιπαγετική προστασία σε χώρους με περιστασιακή χρήση προστατεύει τον εξοπλισμό [5].

7. Η δυνατότητα χειροκίνητης μεταγωγής επιτρέπει την τοπική ή κεντρική εναλλαγή καταστάσεων όπως comfort, precomfort, on, off από αυτόματη σε χειροκίνητη [5].

§ Έλεγχος φωτισμού

Ο αυτοματοποιημένος έλεγχος για τον περιορισμό της λειτουργίας και της έντασης του τεχνητού φωτισμού έχει σημαντικό αντίκτυπο στην καταναλώμενη ηλεκτρική ενέργεια, ειδικά στον τομέα των υπηρεσιών. Τα διάφορα συστήματα και ο εξοπλισμός ελέγχου φωτισμού έχουν ραγδαία εξέλιξη προσφέροντας δυνατότητες πέρα από τον απλό χρονικό έλεγχο λειτουργίας με on / off. Οι αισθητήρες ανίχνευσης επίπεδου φωτισμού, πληρότητας, κενού ή κίνησης πλέον προγραμματίζονται σε συγκεκριμένη εφαρμογή και ρυθμιζόμενα σημεία με αποτέλεσμα την ενεργοποίηση ενός ευρέως φάσματος λειτουργίας. Επίσης ένα αυτοματοποιημένο σύστημα ελέγχου φωτισμού μπορεί να παρακολουθήσει τις ώρες λειτουργίας κάθε συσκευής και να βελτιστοποιήσει τον προγραμματισμό συντήρησης, να δώσει ατομικές ή ομαδικές αναφορές κατάστασης φωτιστικών και τέλος να αναπαράγει εντολές για μεμονωμένα σημεία ή ομάδες φωτιστικών προκειμένου να αυξήσει τη δυνατότητα χειροκίνητου ενεργειακά αποδοτικού χειρισμού [5].

§ Συστήματα οδήγησης κινητήρων

Η χρήση αισθητήρων σε ένα αυτοματοποιημένο σύστημα οδήγησης έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της καταναλώμενης ενέργειας καθώς οι αισθητήρες ενεργοποιούν τα συστήματα ηλεκτροκίνησης όταν χρειάζεται. Παρακάτω παρατίθενται ενδεικτικοί τρόποι μείωσης καταναλώμενης ενέργειας από τα συστήματα οδήγησης κινητήρων [5].

1. Η αυτοματοποιημένη λειτουργία τεντών και παραθυρόφυλλων είτε βάσει σεναρίων είτε βάσει χρονοπρογραμματισμού λειτουργούν με τη βοήθεια τηλεχειριστηρίων, αισθητήρων φωτός ή μετεωρολογικούς σταθμούς χωρίς τη βοήθεια του χρήστη [5].

2. Ένας οδηγός έχει τη δυνατότητα να μετακινήσει πάνω και κάτω τις λεπίδες των βενετσιάνικων στοριών ρυθμίζοντας τα σε διαφορετικές θέσεις ανάλογα με τη θέση του ήλιου με αποτέλεσμα τη μείωση της ανάγκης για κλιματισμό το καλοκαίρι και την παροχή προστασίας στις θόνες διάφορων συσκευών [5].

3. Τα συστήματα οδήγησης ελέγχουν τις βαλβίδες του νερού και τις αντλίες σύμφωνα με ένα προγραμματισμένο χρονοδιάγραμμα όπου ενσωματώνοντας αισθητήρες φωτός και βροχής αποφεύγεται η λειτουργία τους όταν δεν είναι αναγκαίο με αποτέλεσμα την προστασία τους [5].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

Σχεδιασμός Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) και Συστήματος Διαχείρισης Ενέργειας Κτιρίου (Building Energy Management System – BEMS)

Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται αναφορά στο σχεδιασμό του Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) και στο σχεδιασμό του Συστήματος Διαχείρισης Ενέργειας Κτιρίου (Building Energy Management System – BEMS).

6.1 Σχεδιασμός Συστημάτων Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS)

Στην παρούσα υποενότητα θα αναλυθεί ο Σχεδιασμός Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) μέσω του iBeacon στις συσκευές Android, του ασύρματου δικτύου αισθητήρων βάσει IP διευθύνσεων WSN-BMDS, του Windows Communication Foundation και του XAML, του Ajax και των υπηρεσιών ιστού, του ονοματισμένου δικτύου δεδομένων και της αλλαγής στα πρωτόκολλα κτιρίου.

6.1.1 Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) μέσω του iBeacon στις συσκευές Android

Στα έξυπνα κτίρια οι αισθητήρες και οι ενεργοποιητές αποτελούν μέρος της καθημερινότητας και παίζουν σημαντικό ρόλο στην αύξηση της άνεσης, της ασφάλειας και της αποτελεσματικότερης κατανάλωσης ενέργειας στοχεύοντας στην αποφυγή ενεργειακών αποβλήτων χρησιμοποιώντας το σύστημα Θέρμανση, ψύξη, κλιματισμός (Heating, ventilation and air conditioning – HVAC) μόνο όταν χρειάζεται. Επίσης οφέλη από τις πληροφορίες γνώσης του χρήστη στο χώρο προέρχονται από την αποτελεσματική διαχείριση του φωτισμού όπου ανοιγοκλείνουν με αποτέλεσμα την αύξηση της κτιριακής αποτελεσματικότητας [25].

Για την αντιμετώπιση προβλημάτων κτιριακής χρήσης χρησιμοποιούνται τεχνολογίες όπως υπέρυθροι αισθητήρες, υπέρηχοι παλμών, RFID, GSM, WiFi, Bluetooth και το σύστημα ανίχνευσης κίνησης κτιριακών χρηστών μέσω του πρωτοκόλλου iBeacon για την υλοποίηση ενός απλού, αποτελεσματικού, αξιόπιστου και χαμηλού κόστους συστήματος

βασιζόμενο στο Bluetooth Low Energy (BLE) εξετάζοντας τους πομπούς με παγκόσμιους μοναδικούς αναγνωριστές UUID και περιοδικούς δέκτες λαμβάνοντας τα σήματα στον αέρα για την ανίχνευση συγκεκριμένων πακέτων του πρωτοκόλλου iBeacon επιτρέποντας την ενσωμάτωση των λειτουργιών παρακολούθησης ειδοποιώντας μια συσκευή διαχείρισης όταν κάποιος χρήστης πλησιάζει το πομπό με συγκεκριμένο UUID και εμβέλειας παρέχοντας προσέγγιση απόστασης από το iBeacon χρησιμοποιώντας πληροφορίες πεδίου ισχύος TX. Με τη βοήθεια του συστήματος βλέπουμε τους χρήστες μέσω του smartphone σε ένα έξυπνο κτίριο εξοπλισμένο με χαμηλού κόστους κεραιές Bluetooth 4.0. Όταν κάποιος χρήστης εισέλθει στο δωμάτιο που είναι ενεργοποιημένο το iBeacon το δωμάτιο ενεργοποιείται και γίνεται εμφανές στο χρήστη με αποτέλεσμα η έξυπνη συσκευή του χρήστη να εντοπίσει την ενεργοποίηση και να στέλνει πληροφορίες στο Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS). Η αρχιτεκτονική του αποτελείται από ραδιοφωνικούς πομπούς και συσκευές που στέλνουν μοναδικά αναγνωριστικά πακέτα iBeacon, τον χρήστη που διαθέτει την εφαρμογή iBeacon στο smartphone το οποίο ανιχνεύει τα σήματα και στέλνει πληροφορίες σε ένα κεντρικό επεξεργαστή μέσω αιτήματος http ή Bluetooth σύνδεσης με τη βοήθεια συγκεκριμένων αλγόριθμων ταξινόμησης. Τέλος, υπάρχει ανάγκη για ακριβή ανάλυση σήματος και για αποδοτική επικοινωνία μεταξύ συσκευής και απομακρυσμένου διακομιστή [25].

Όσον αφορά τα δεδομένα πρέπει να ληφθεί υπόψιν ότι τα σήματα υψηλής συχνότητας που μεταδίδονται μέσω αέρα επηρεάζονται από την υγρασία, την παρουσία άλλων σημάτων και άλλους περιβαλλοντικούς παράγοντες. Επίσης ο προσαρμογέας χάνει κάποια δεδομένα λόγω σφαλμάτων στο λογισμικό. Τέλος η ταχύτητα και το χρονικό διάστημα μετάδοσης. Ενώ όσον αφορά τον χρήστη θα πρέπει να ληφθεί υπόψιν ότι οι πληροφορίες που παρέχει ο πομπός καθορίζουν τη θέση του στο χώρο μέσω αλγορίθμων τριγωνισμού (απαιτεί σταθερά και ακριβή δεδομένα εισόδου), εγγύτητας (χρησιμοποιεί το ισχυρότερο σήμα από ένα πλέγμα πομπών καθένα από το οποίο σχετίζεται με μια τοποθεσία προκειμένου να καθοριστεί η θέση του χρήστη) και ανάλυσης σκηνής (μέθοδος αναγνώρισης προτύπου όπου χρησιμοποιεί τα χαρακτηριστικά θέσης για ταξινόμηση συγκρίνοντας τα παρατηρούμενα χαρακτηριστικά με τα αποθηκευμένα δημιουργώντας ένα μοντέλο εκμάθησης). Όσον αφορά την αποστολή σήματος που ελήφθησαν από τη συσκευή smartphone γίνεται μέσω του κτιριακού εξυπηρετητή wifi ή Bluetooth. Η χρήση ενεργειακά αποδοτικών εφαρμογών θεωρείται κρίσιμη για τις κινητές συσκευές καθώς η μπαταρία θεωρείται περιοριστικός πόρος. Στα πλεονεκτήματα του wifi συγκαταλέγονται η αξιοπιστία και η σταθερότητα και στα μειονεκτήματα του η υψηλή κατανάλωση ενέργειας και το υψηλό κόστος. Στα πλεονεκτήματα του Bluetooth συγκαταλέγονται η ενεργειακή αποδοτικότητα και στα μειονεκτήματα του η αστάθεια [25].

6.1.2 Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) με το ασύρματο δίκτυο αισθητήρων βάσει IP διευθύνσεων WSN-BMDS

Η άνεση και η ενεργειακή κατανάλωση ενός κτιρίου επηρεάζεται από τους αισθητήρες και τα δεδομένα γι αυτό η εγκατάσταση ενός συστήματος παρακολούθησης όπως η WSN-BMDS, ένα δίκτυο ασύρματων αισθητήρων παρακολούθησης κτιρίου και συστήματος διάγνωσης βασισμένο σε διευθύνσεις IP μπορεί να βελτιώσει την απόδοση ενός συστήματος στοχεύοντας στην συγκέντρωση περισσότερων πληροφοριών για τη λειτουργία του κτιρίου απ ότι ένα Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου μπορεί να παρέχει. Το σύστημα WSN-BMDS ενσωματώνει ένα ετερογενές σετ κόμβων ασύρματων αισθητήρων με ρότερς IEEE 802.11 και Global Sensor Network (GSN) εξυπηρετητές ιστοσελίδας. Τα δεδομένα αποθηκεύονται

σε μια βάση δεδομένων μέσω του πρωτοκόλλου UDP και μπορεί να προσπελαστεί στο ίντερνετ με τη χρήση του Global Sensor Network (GSN). Το σύστημα WSN-BMDS παρέχει ακριβείς μετρήσεις θερμοκρασίας, υγρασίας, φωτισμού και ενεργειακής κατανάλωσης σε συγκεκριμένα δωμάτια [29].

Η αξιολόγηση των λειτουργιών του Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου για επίτευξη μειωμένης ενεργειακής κατανάλωσης, λειτουργικού κόστους και συμμόρφωση με την Ευρωπαϊκή νομοθεσία (οδηγία 2006/32/EK) είναι ανεπαρκές γι αυτό είναι σημαντική η χρήση του συστήματος WSN-BMDS που έχει αναπτυχθεί από το έργο WISEN Emnets ως μέρος του έργου BuildWise του Ινστιτούτου Περιβαλλοντικών Ερευνών (Environmental Research Institute - ERI) του πανεπιστημίου Κορκ. Το σύστημα WSN-BMDS αποτελείται από τους κόμβους αισθητήρων IEEE 802.15.4 που σχηματίζουν δίκτυο 6LoWPAN και για την ανίχνευση χρησιμοποιούν τους κόμβους αισθητήρων Tyndall που είναι εξοπλισμένο με Atmega1281 MCU και EM2420 ραδιοφωνικό τσιπ και το TMote Sky με ένα MSP430 MCU με CC2420 ραδιοφωνικό τσιπ, όπου και τα δύο διαθέτουν αισθητήρες παρακολούθησης θερμοκρασίας, υγρασίας και φωτός και χρησιμοποιούν τη στοίβα 6LoWPAN. Επίσης στο Tyndall χρησιμοποιούνται αισθητήρες με μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας και διεπαφή ((απ)ενεργοποίηση) ελέγχου του φορτίου AC. Επίσης το σύστημα WSN-BMDS αποτελείται από τις πύλες IEEE 802.11 ως δρομολογητές 6LoWPAN/IPv6 με ενσωματωμένες κάρτες υπολογιστών Soekris με Atheros CM9 Wi-Fi κάρτες και ένα κόμβο IEEE802.15.4. Τέλος το σύστημα WSN-BMDS αποτελείται από υπολογιστές χρηστών για την εμφάνιση των μεταβλητών του δικτύου όπου γίνεται συλλογή, επεξεργασία και αποθήκευση των δεδομένων από το GSN, ένα διαδραστικό δίκτυο παρακολούθησης και σύστημα διαχείρισης [29].

Προκειμένου να αποδειχθεί η ανεπάρκεια του συστήματος στη λειτουργία του κτιρίου τοποθετούνται κάποιοι κόμβοι στις κύριες ζώνες του κτιρίου όπως κόμβοι στα δωμάτια με πολλαπλή χρήση, κόμβοι σε ανοικτούς χώρους, ενδιάμεσοι κόμβοι που βοηθούν στη συνδεσιμότητα με την πύλη, κόμβος που παρέχει δεδομένα από δωμάτιο που δεν υπάρχουν ενσύρματοι αισθητήρες καθώς και κόμβους μέτρησης βαθμονόμησης. Η διαχείριση του δικτύου είναι απαραίτητη προκειμένου το σύστημα WSN-BMDS να είναι λειτουργικό. Το πρωτόκολλο διαχείρισης EmNets (EmNets Management Protocol - EMP) λειτουργεί ως συλλέκτης δεδομένων διαχείρισης και πρωτόκολλο διάδοσης καθώς επίσης χρησιμεύει στην εκτέλεση λειτουργιών διαχείρισης των κομβικών αισθητήρων. Οι χρήστες μέσω της γραφικής απεικόνισης μπορούν να πληροφορηθούν για την τοπολογία του δικτύου, τα στατιστικά παρακολούθησης του δικτύου και να τρέξουν ενέργειες διαχείρισης στο δίκτυο. Επίσης οι χρήστες μέσω της τοπολογίας του δικτύου μπορούν να πληροφορηθούν για το αναγνωστικό κόμβου, την διεύθυνση IP του και τις ανιχνεύσιμες μεταβλητές. Ο χρόνος λειτουργίας του δικτύου υποστηρίζεται για τη συλλογή πληροφοριών διαχείρισης δικτύου και στατιστικών. Οι ακριβείς μετρήσεις από ασύρματους αισθητήρες μαζί με την κατάλληλη διεπαφή για την ενσωμάτωση των μετρήσεων στο Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) αποτελούν το βασικό μέρος του έργου BuildWise παρολαυτά γίνεται χρήση του παγκόσμιου δικτύου αισθητήρα (Global Sensor Network - GSN) που λειτουργεί ως τοπική βάση δεδομένων και παρέχει διεπαφή βάσει του XML για εφαρμογές του Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) καθώς επίσης παρέχει διαδικτυακή διεπαφή για την προβολή σε πραγματικό χρόνο και ιστορικά δεδομένα του αισθητήρα. Το σύστημα WSN-BMDS αποτελεί τη βάση για έρευνα στο τομέα του ασύρματου αισθητήρα και του ενεργοποιητή δικτύων για τη διαχείριση της ασύρματης απόδοσης των κτιρίων. Οι χρήστες μέσω του συστήματος WSN-BMDS θα μπορούν να ελέγξουν τα επίπεδα θερμοκρασίας, υγρασίας, φωτισμού και καταναλώμενης ενέργειας μέσω των καμερών USB. Επίσης τους δίνεται η δυνατότητα απευθείας σύνδεσης σε οποιοδήποτε κόμβο του δικτύου χρησιμοποιώντας συμβατές εφαρμογές IP όπως ping ή netcat [29].

6.1.3 Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) με το Windows Communication Foundation και το XAML

Το Σύστημα Αυτοματισμού Κτιρίων (Building Automation System - BAS) επεκτείνεται προκειμένου να συμπεριλάβει διαφορετικές πληροφορίες για τα έξυπνα Συστήματα Διαχείρισης Κτιρίων (Building Management System - BMS). Η νέα τεχνολογία ίντερνετ χρησιμοποιεί την εφαρμογή Windows Communication Foundation για την ενσωμάτωση διαφορετικών συστημάτων (Building Automation System – BAS) καθώς οι υπηρεσίες Web θα υποστηρίζουν το πρωτόκολλο http που δεν είναι βάσιμο. Η εφαρμογή χρησιμοποιεί για τον έλεγχο του Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίων (Building Management System – BMS) αισθητήρες, ενεργοποιητές και ελέγχους. Για την ανάπτυξη ενός συστήματος Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίων (Building Management System – BMS) βάσει των εφαρμογών Windows Communication Foundation και XAML χρησιμοποιείται το Service Oriented Architecture (SOA) που χρησιμοποιείται για την ενσωμάτωση διαφορετικών (Building Automation System - BAS που αποτελούνται από το δίκτυο BACnet τότε εφαρμόζεται το Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίων (Building Management System – BMS). Υπάρχουν κάποια δημόσια συμβόλαια που γράφουν και διαβάζουν δεδομένα BACnet από το πίσω δίκτυο. Τα συμβόλαια αυτά καλούνται από άλλες επιχειρησιακές εφαρμογές για την ενσωμάτωση συστημάτων (Building Automation System – BAS) και παίρνουν πραγματικά δεδομένα για τα δίκτυα BACnet. Η XAML παρέχεται από την πλευρά του πελάτη το σύστημα διεπαφών GUI που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διάφορες εφαρμογές [33].

Το Σύστημα Αυτοματισμού Κτιρίων (Building Automation System - BAS) αποτελεί παράδειγμα ενός καταναμημένου συστήματος ελέγχου παρέχοντας βελτιωμένη άνεση και εξοικονόμηση ενέργειας και κόστους λόγω των έξυπνων συστημάτων ελέγχου φωτισμού και σκίασης. Επίσης εξηγεί τις λειτουργίες που παρέχει το σύστημα ελέγχου κτιρίου αντιπροσωπεύοντας ένα έξυπνο δίκτυο ηλεκτρονικών συσκευών για την παρακολούθηση και τον έλεγχο μηχανικών και φωτιστικών συστημάτων. Η κύρια εφαρμογή του Συστήματος Αυτοματισμού Κτιρίων (Building Automation System-BAS) είναι να αυξήσει την άνεση του χρήστη στο μικρότερο λειτουργικό κόστος και να έχει συστήματα για σκίαση, φωτισμό, θέρμανση, κλιματισμό και έλεγχο (Heating, Ventilation and Control Systems - HVAC). Η ενσωμάτωση στο Σύστημα Αυτοματισμού Κτιρίων (Building Automation System - BAS) είναι δύσκολη καθώς μπορεί να υιοθετήσεις διαφορετικά πρωτόκολλα επικοινωνίας όπως το Lon, bacnet και να ενσωματωθεί με τις υπάρχουσες επιχειρησιακές εφαρμογές. Η Windows Communication Foundation βάσει της Αρχιτεκτονικής Προσανατολισμού Υπηρεσιών (Service Oriented Architecture - SOA) προσπάθησε να επιλύσει τα προβλήματα [33].

Ο Αμερικάνικος Σύλλογος Μηχανικών Θέρμανσης, Ψύξης και Κλιματισμού (American Society of Heating, Refrigeration and Air-conditioning Engineers-ASHRAE) και ο Οργανισμός για την Ενίσχυση των Δομημένων Πληροφοριακών Προτύπων (Organization for the Advancement of Structured Information Standards-OSAI) αποτελούν διεθνείς οργανισμούς προώθησης της ανάπτυξης αρχιτεκτονικής προσανατολισμένη στις υπηρεσίες του Συστήματος Αυτοματισμού Κτιρίων (BAS). Το Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίων (Building Management System – BMS) χρησιμοποιείται για την παρακολούθηση και τον έλεγχο των κτιριακών εγκαταστάσεων στο Σύστημα Αυτοματισμού Κτιρίων (Building Automation System - BAS) όπου έχουν αναπτυχθεί τα Συστήματα Αυτοματισμού Κτιρίων (Building Automation System - BAS) βάσει γραφείου και ιστοσελίδας χρησιμοποιώντας παραδοσιακές εφαρμογές Web και γραφείου όπου ο ίδιος κώδικας πρέπει να ξαναγραφεί για κάθε εφαρμογή. Η XAML μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί σε υπολογιστές γραφείου, κινητά και προγράμματα περιήγησης και βασίζεται στο τύπο της συσκευής που πρέπει να τρέξει η

εφαρμογή. Η απλή XAML χρησιμοποιείται για την καλύτερη εμπειρία του χρήστη στο κινητό, στο ιστό και στις εφαρμογές γραφείου. Το Windows Communication Foundation και το XAML ανέπτυξαν το BMS.Windows Communication Foundation που θεωρείται πρωτόκολλο κατάστασης και επιτρέπει την κατασκευή κατανεμημένων και χαλαρά συζευγμένων συστημάτων όπως τα Συστήματα Αυτοματισμού Κτιρίων (Building Automation System - BAS) υποστηρίζοντας διαφορετικούς τύπους πρωτοκόλλων όπως tcp, udp [33].

Το πρότυπο πρωτόκολλο επικοινωνίας και οι πύλες πολλαπλών πρωτοκόλλων δεν πληρούν τις επιθυμητές προσδοκίες. Υπάρχει ανάγκη για ενσωμάτωση συστημάτων κτιρίου και υπηρεσιών. Επίσης υπάρχουν μεμονωμένα ατομικά αυτοματοποιημένα συστήματα κτιρίων για θέρμανση, κλιματισμό και εξαερισμό όπου οι τωρινές προτάσεις δεν είναι σε ικανοποιητικό επίπεδο για την ενσωμάτωση συστημάτων διαχείρισης κτιρίων. Η υποδομή αυτοματοποίησης κτιρίων και επικοινωνίας είναι απαραίτητες για την αντιμετώπιση προβλημάτων ενοποίησης. Οι αισθητήρες αποκτούν στοιχεία Heating, ventilation and air conditioning (HVAC) τα οποία προσεγγίζονται με ενσωματωμένα συστήματα κτιρίων ή επιχειρησιακές εφαρμογές χρησιμοποιώντας υπηρεσίες προσανατολισμένες σε αρχιτεκτονικές web οι οποίες μπορούν να εγκατασταθούν σε ελεγκτές για την παροχή επικοινωνίας μεταξύ διαφορετικών πρωτοκόλλων. Η εγκατάσταση στον ελεγκτή υπηρεσίες ιστού και AJAX παρέχουν ασύγχρονη ανάκτηση δεδομένων από τον ελεγκτή χρησιμοποιώντας υπηρεσίες ιστού. Η επιχειρησιακή αρχιτεκτονική για την αυτοματοποίηση διαχείρισης εγκαταστάσεων παρέχει το Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίων (Building Management System – BMS) και τα συστήματα αυτοματισμού και ελέγχου κτιρίων που έχουν πρόσβαση σε πρόσθετη πληροφορία για την αποτελεσματικότερη χρήση του κτιρίου. Η αρχιτεκτονική βάσει υπηρεσίας και η δυνατότητα εφαρμογής με το σύστημα διαχείρισης κτιρίων και το σύστημα αυτοματισμού, ο έλεγχος και η διαχείριση συστήματος αυτοματισμού κτιρίων μέσω κινητού τηλεφώνου των Windows με αποτέλεσμα να υπάρχουν απειλές ασφάλειας από το σύστημα αυτοματισμού κτιρίων [33].

Για την ενσωμάτωση χρησιμοποιούνται διαφορετικά Συστήματα Διαχείρισης Κτιρίων (Common Object Request Broker-CORBA), Απομακρυσμένη μέθοδος επικύρωσης (Remote Method Invocation-RMI), Μοντέλο Στοιχείου Αντικειμένου (Component Object Model-COM), Διανεμημένο Μοντέλο Στοιχείου Αντικειμένου (Distributed Component Object Model-DCOM). Παρόλο που οι υπηρεσίες Web είναι ανεξάρτητες πλατφόρμες είναι χωρίς κατάσταση και υποστηρίζουν μόνο το πρωτόκολλο http για επικοινωνία. Το Σύστημα Αυτοματισμού Κτιρίων (Building Management System - BMS) αποτελεί παράδειγμα κατανεμημένου συστήματος ελέγχου προσανατολισμένη στις εφαρμογές υπηρεσιών. Το Windows Communication Foundation είναι ένα ενοποιημένο μοντέλο προγραμματισμού για δημιουργία εφαρμογών προσανατολισμένες στις υπηρεσίες χρησιμοποιούμενο για τις ενώσεις σκοπιμοτήτων, τον προσανατολισμό υπηρεσιών και την ενσωμάτωση. Τα μέσα ενώσεων ενώνουν όλες τις τεχνολογίες διανομής και χρησιμοποιούνται για το μηχάνημα, για διασταύρωση μηχανών και ίντερνετ. Τα μέσα προσανατολισμού στις υπηρεσίες κωδικοποιούν τις βέλτιστες πρακτικές για την κατασκευή κατανεμημένων εφαρμογών. Τα πλούσια μέσα ενσωμάτωσης ενσωματώνονται με τις κατανεμημένες στοίβες και διαλειτουργικές εφαρμογές που εκτελούνται σε άλλες πλατφόρμες. Το WCF σε σύγκριση με τις υπηρεσίες ιστού επιτρέπει την αποστολή μηνυμάτων μέσω http, TCP και MSMQ και υποστηρίζει μορφές διαφορετικές από SOAP που περιλαμβάνουν το αντιπροσωπευτικό πρωτόκολλο κατάστασης μεταφοράς και την απλή παλιά XML (Plain old XML-POX). Λειτουργεί σαν αποσπασματικό επίπεδο, χωρίζοντας την πλατφόρμα και τη συγκεκριμένες λεπτομέρειες γλώσσας προγραμματισμού από το πως η εφαρμογή επικαλείται. Το WCF βασίζεται στην αρχιτεκτονική βάσει υπηρεσιών όπου ο πάροχος

υπηρεσιών δημοσιεύει υπηρεσίες στον μεσίτη υπηρεσιών απ όπου ο αιτών υπηρεσίας αφού βρει την υπηρεσία δεσμεύεται με το πάροχο υπηρεσιών που χρησιμοποιεί την πολιτική [33].

Το Windows Communication Foundation βασισμένο για την αρχιτεκτονική για την ενσωμάτωση Συστημάτων Αυτοματισμού Κτιρίου (Building Automation System – BAS) περιλαμβάνει τρεις διαφορετικούς τύπους προβλημάτων ενσωμάτωσης που μπορούν να επιλυθούν. Η ενσωμάτωση διαφορετικών λειτουργικών υποσυστημάτων Αυτοματισμού Κτιρίου (Building Automation System – BAS) (ασφάλεια, φωτισμός και ούτω καθεξής), η ενσωμάτωση μεταξύ διαφορετικών πρωτοκόλλων (BACnet, LonTalk) και η ενσωμάτωση μεταξύ του συστήματος αυτοματισμού κτιρίων και των υπαρχουσών επιχειρησιακών εφαρμογών Windows Communication Foundation μπορεί να εγκατασταθεί σε ελεγκτές με ισχυρό υπηρεσιακό έλεγχο λειτουργίας όπου δεν αντικαθιστά τα τυπικά πρωτόκολλα επικοινωνίας πεδίου όπως το bacnet αλλά υιοθετεί υπάρχοντα πρωτόκολλα επικοινωνίας και δίκτυο διαύλων πεδίου. Τα λειτουργικά στοιχεία καταφεύγουν στους οδηγούς πρωτοκόλλων για να επικοινωνούν με τον εξοπλισμό πεδίου στα δίκτυα LonTalk και BACnet. Οι λειτουργίες της αρχιτεκτονικής λογισμικού της ενσωμάτωσης Συστημάτων Αυτοματισμού Κτιρίου (Building Automation System – BAS) περιέχουν μεθόδους δημόσιου λειτουργικού συμβολαίου. Ο διακομιστής ιστού χρησιμοποιείται μόνο για εφαρμογές βάσει φυλλομετρητών για την αποθήκευση ιστοσελίδων και την ανάλυση συγκεκριμένου αιτήματος πρωτοκόλλου (SOAP, REST, HTTP) και υποβάλλουν αίτημα προς την υπηρεσία Windows Communication Foundation. Τα PDA και Multi touch οθόνες αποκτούν απευθείας πρόσβαση στην υπηρεσία Windows Communication Foundation στον ελεγκτή BACnet. Οι διαθέσιμες δημόσιες επιχειρησιακές συμβάσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν από άλλες εφαρμογές για την πρόσβαση σε δεδομένα Συστημάτων Αυτοματισμού Κτιρίου (Building Automation System – BAS) στο δίκτυο και μπορούν να διαβάσουν και να γράφουν δεδομένα στις συσκευές πεδίου [33].

Το XAML είναι μια δηλωτική γλώσσα σήμανσης που χρησιμοποιείται για τη δημιουργία πλούσιων διαδραστικών διεπαφών χρήστη στον πελάτη και χρησιμοποιείται από τα Windows Presentation Framework (WPF) και Silverlight. Στα πλεονεκτήματα του XAML είναι ο διαχωρισμός σχεδιασμού / συμπεριφορά κώδικα. Οι σχεδιαστές και οι προγραμματιστές μπορούν να μοιραστούν την εργασία και μπορούν να πάρουν την υποστήριξη υλικού επιτάχυνσης για τη δημιουργία νέων επιπέδων οπτικής πολυπλοκότητας. Για την ανάπτυξη εφαρμογών πλαισίου παρουσίασης Windows για φυλλομετρητές και εφαρμογές pda silver light. Οι εφαρμογές της γλώσσας XAML εκτελούν ανεξάρτητη ανάλυση και χρησιμοποιούν διανυσματική απόδοση. Η εφαρμογή εκτελείται με βάση τον τύπο συσκευής. Σε περίπτωση που η εφαρμογή xbar βάσει φυλλομετρητή επιστρέφεται από τον εξυπηρετητή και οι τροποποιήσεις του χρήστη θα επικαλεστούν τη σύμβαση λειτουργίας WCF. Το κινητό ή η οθόνη αφής θα επικαλεστεί το πληρεξούσιο της υπηρεσίας WCF από το κινητό, το οποίο θα καλέσει τις δημόσιες συμβάσεις της συσκευής BACnet. Το Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίων BMS θα εφαρμοστεί σε ένα Σύστημα Αυτοματισμού Κτιρίου (Building Automation System – BAS) που έχει δίκτυο BACnet. Τα δημόσια συμβόλαια των Windows Communication Framework τα οποία μπορούν να διαβάσουν και να γράφουν δεδομένα από το BACnet που μπορούν να αναπτυχθούν από το πρωτόκολλο στοιβας BACnet. Το XAML επαναχρησιμοποιείται μεταξύ των εφαρμογών Windows Presentation Framework και Silver light ώστε μια εφαρμογή να μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο εφαρμογών pda, οθόνης αφής και φυλλομετρητή. Η χρήση XAML στο τηλέφωνο μπορεί να έχει πρόσβαση σε υπηρεσίες WCF. Οι λειτουργίες που ελέγχουν το σύστημα διαχείρισης κτιρίων έχουν εξουσιοδοτημένη πρόσβαση. Επίσης χρησιμοποιεί ανεξάρτητες αναπαραγωγές και ανάλυση βάσει διανυσμάτων παρέχοντας πλούσιες εφαρμογές διαδικτυακού πελάτη. Οι λειτουργίες που ελέγχουν τα Συστήματα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS)

παρέχουν με μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση. Ο ελεγκτής Windows communication Foundation μπορεί να έχει πρόσβαση μόνο μετά από τη συμφωνία παρόχου υπηρεσιών αποτρέποντας την κακόβουλη πρόσβαση στο σύστημα διαχείρισης κτιρίων. Τέλος, η επαναχρησιμοποίηση του κώδικα XAML μεταξύ εφαρμογών θα εξοικονομήσει χρόνο δίνοντας υψηλή απόδοση, διότι είναι βασισμένη στο Vector και ανεξαρτησία λύσης [33].

6.1.4 Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) χρησιμοποιώντας το Ajax και τις υπηρεσίες ιστού

Με την ανάπτυξη της τεχνολογίας των υπολογιστών, την ψηφιακή τεχνολογία επικοινωνιών και την τεχνολογία ελέγχου δημιουργήθηκαν τα Συστήματα Αυτοματισμού Κτιρίου (Building Automation Systems - BAS) διαθέτοντας περισσότερες απομονωμένες πληροφορίες. Δύσκολα κατανοείται η ενσωμάτωση μεταξύ των Συστημάτων Αυτοματισμού Κτιρίου (Building Automation Systems - BAS) και των υφιστάμενων επιχειρησιακών εφαρμογών καθώς υπάρχουν κάποια διεθνή πρότυπα πρωτοκόλλων επικοινωνίας που υιοθετούνται. Οι υπηρεσίες ιστού που ενσωματώνονται στις τεχνολογίες επικοινωνιών παρέχουν ένα νέο τρόπο επίλυσης προβλημάτων. Ο OPC (OLE for Process control-OLE) μαζί με τις υπηρεσίες ιστού πρότειναν ένα πλαίσιο για την ενσωμάτωση δεδομένων και υπηρεσιών του Συστήματος Αυτοματισμού Κτιρίου (Building Automation Systems - BAS) στο ίντερνετ. Το oBIX αποτελεί ένα πρότυπο για την εκπροσώπηση και την πρόσβαση δεδομένων του Συστήματος Αυτοματισμού Κτιρίου (Building Automation Systems - BAS) μέσω υπηρεσιών ιστού. Επίσης υπάρχει και μια αρχιτεκτονική προσανατολισμένη στην ενσωμάτωση κτιριακών υπηρεσιών βάσει υπηρεσιών ιστού. Στα έξυπνα σπίτια τα Συστήματα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση και τον έλεγχο των κτιριακών εγκαταστάσεων στα Συστήματα Αυτοματισμού Κτιρίου (Building Automation Systems - BAS). Τα Συστήματα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) βάσει υπηρεσιών έχουν αναπτυχθεί και δοκιμαστεί στο κεντρικό Σύστημα Αυτοματισμού Κτιρίου (Building Automation Systems - BAS) [35].

Οι παραδοσιακές εφαρμογές βάσει ιστού απαιτούν ο χρήστης να υποβάλει αίτημα στον εξυπηρετητή περιμένοντας να επεξεργαστεί το αίτημα και να δημιουργηθεί μια απάντηση και αναμένει ο φυλλομετρητής να ενημερώσει την διεπαφή, διαδικασία που μειώνει την παραγωγικότητα. Το ασύγχρονο JavaScript και XML (Asynchronous JavaScript and XML-Ajax) είναι μια πρότυπη τεχνική βάσει προγραμματισμού σχεδιασμένη να κάνει τις εφαρμογές ιστού πιο υπεύθυνες, διαδραστικές και προσαρμοσμένες. Οι υπηρεσίες ιστού και το Ajax χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη μιας νέας γενιάς Συστημάτων Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS). Οι υπηρεσίες ιστού υποστηρίζουν την προσέγγιση της εκτεταμένης γλώσσας σήμανσης (Extensible Markup Language-XML) βάσει μηνυμάτων επιτρέποντας τη δημιουργία συζευγμένων και υψηλά καταναμημένων συστημάτων στο διαδίκτυο όπως το Σύστημα Αυτοματισμού Κτιρίου (Building Automation Systems - BAS). Η Ajax χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο XmlHttpRequest βάσει HTTP για τη μεταφορά μηνύματος. Επειδή οι υπηρεσίες ιστού και το Ajax βασίζονται σε δομή XML, μπορούν να αξιοποιήσουν το ένα το άλλο επιτρέποντας στους προγραμματιστές εφαρμογών να ενσωματώνουν εύκολα το Ajax βάσει εφαρμογών φυλλομετρητή σε υπηρεσίες ιστού. Το προτεινόμενο Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) εφαρμόζεται σε ένα έξυπνο κτίριο του οποίου το Σύστημα Αυτοματισμού Κτιρίου (Building Automation Systems - BAS) βρίσκεται εντός ενός δικτύου BACnet. Οι μέθοδοι υπηρεσιών ιστού που μπορούν να διαβάσουν και να γράφουν δεδομένα BACnet από το δίκτυο BACnet

έχουν αναπτυχθεί βάσει του πρωτοκόλλου στοίβας BACnet και μπορούν να επικαλεστούν εύκολα από το Ajax η οποία παρέχει μια πλούσια εφαρμογή φυλλομετρητή πελάτη που υιοθετείται για το σχεδιασμό διεπαφής του ιστού του Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) [35].

Οι υπηρεσίες ιστού είναι αυτοτελείς, αυτοπεριγραφικές και μετροποιημένες εφαρμογές που μπορούν να δημοσιευθούν, να τοποθετηθούν και να επικαλεστούν σε όλο τον ιστό, κύριος στόχος του οποίου είναι η δημιουργία ενός τεχνικού επιπέδου ανεξάρτητο από πλατφόρμες και γλώσσες προγραμματισμού σε υπάρχουσες ετερογενείς πλατφόρμες επιβεβαίωσης εξαρτώμενα από τα τεχνικά επίπεδα των εφαρμογών των διαφορετικών πλατφόρμων μπορούν να ενσωματώσουν την ηλικία διασύνδεσης και ολοκλήρωσης μεταξύ τους. Σε σύγκριση με τις παραδοσιακές τεχνολογίες εφαρμογών ιστού οι υπηρεσίες ιστού προορίζονται να χρησιμοποιηθούν από άλλα προγράμματα ή εφαρμογές και όχι από ένα χρήστη. Θεωρείται ένα δίκτυο προσβάσιμης διεπαφής στη λειτουργικότητα της εφαρμογής κατασκευασμένη με τη χρήση πρότυπων τεχνολογιών διαδικτύου και λειτουργεί ως ένα επίπεδο απόσπασης διαχωρίζοντας την πλατφόρμα και προγραμματίζοντας συγκεκριμένες μορφές λεπτομερειών γλώσσας για το τρόπο κλήσης του κώδικα εφαρμογής. Οι υπηρεσίες ιστού που βασίζονται σε αρχιτεκτονική προσανατολισμένη στις υπηρεσίες αποτελούνται από τον πάροχο, τον αιτητή και τον κατανεμητή υπηρεσίας. Ο πάροχος υπηρεσιών θεωρείται ο ιδιοκτήτης της υπηρεσίας και παρέχει πρόσβαση στην υπηρεσία καθώς επίσης είναι υπεύθυνη για τη δημιουργία, τη δημοσίευση και την παροχή υπηρεσίας. Ο αιτητής υπηρεσίας απαιτεί να ικανοποιηθούν ορισμένες λειτουργίες αποτελώντας μια εφαρμογή που αναζητά και επικαλείται μια αλληλεπίδραση με μια υπηρεσία. Ο κατανεμητής υπηρεσιών είναι ένα καταχωρητής αναζήτησης και είναι υπεύθυνο για τη διαφήμιση υπηρεσίας. Οι περισσότεροι καταχωρητές υπηρεσιών παρέχουν συστήματα ταξινόμησης που επιτρέπουν στους χρήστες να αναζητήσουν υπηρεσίες. Ορισμένοι καταχωρητές παρέχουν ακόμη ένα σύνολο API για προγραμματισμό πρόσβασης. Οι αιτούντες υπηρεσίας μπορούν να βρουν αναγκαίες υπηρεσίες και να αποκτήσουν δεσμευτική πληροφορία από τις περιγραφές της υπηρεσίας είτε κατά την ανάπτυξη είτε κατά την εκτέλεση [35].

Η αρχιτεκτονική ενσωμάτωσης του Συστήματος Αυτοματισμού Κτιρίου (Building Automation Systems - BAS) βάσει των υπηρεσιών ιστού αποτελείται από τρεις τύπους ενσωμάτωσης, την ενσωμάτωση μεταξύ των Συστημάτων Αυτοματισμού Κτιρίου και των υφιστάμενων επιχειρησιακών εφαρμογών, την ενσωμάτωση μεταξύ των Συστημάτων Αυτοματισμού Κτιρίου (Building Automation Systems - BAS) που υιοθετούν διαφορετικά πρωτόκολλα όπως BACnet, LonTalk ή KNX και την ενσωμάτωση διαφορετικών λειτουργικών Υποσυστημάτων Αυτοματισμού Κτιρίου (Building Automation Systems - BAS) όπως σύστημα Heating, ventilation and air conditioning (HVAC), πυρανίχνευσης, φωτισμού και ούτω καθεξής. Οι υπηρεσίες ιστού μπορούν να εγκατασταθούν στους ελεγκτές που έχουν ισχυρές λειτουργίες ελέγχου δικτύου. Σε μίνι ελεγκτές ή αισθητήρες πεδίου μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τυποποιημένα πρωτόκολλα επικοινωνίας όπως BACnet, LonTalk ή KNX. Το Σύστημα Αυτοματισμού Κτιρίου (Building Automation Systems - BAS) βάσει υπηρεσιών ιστού δεν θα αντικαταστήσει τα τυποποιημένα πρωτόκολλα που έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως στα δίκτυα πεδίου ωστόσο υιοθετεί το μεγαλύτερο μέρος του υφιστάμενου δικτύου πεδίου και τα τυποποιημένα πρωτόκολλα επικοινωνίας να πραγματοποιήσουν μεγαλύτερη ενσωμάτωση. Τα λειτουργικά στοιχεία του Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) καταφεύγουν στους οδηγούς πρωτοκόλλου για να επικοινωνήσουν με τον δικτυακό εξοπλισμό πεδίου πραγματοποιώντας πρόσβαση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, σε ιστορικό και σε λειτουργίες συναγερμών και συμβάντων που χαρακτηρίζονται από μεθόδους υπηρεσιών ιστού όπου ο εξυπηρετητής ιστού δεν είναι μόνο για την αποθήκευση ιστοσελίδων και την πρόσβαση αλλά χρησιμοποιείται για

τον αναλυτή πρωτοκόλλου HTTP καθώς η μέθοδος μεταφοράς για υπηρεσίες ιστού που υιοθετείται είναι το πρωτόκολλο http το οποίο είναι υπεύθυνο για την ανάλυση αιτήματος υπηρεσιών ιστού από τα μηνύματα HTTP και την προώθηση της αίτησης στις εφαρμογές υπηρεσιών ιστού καθώς οι μέθοδοι δημόσιων υπηρεσιών ιστού έχουν σχεδιαστεί για να διευκολυνθούν οι άλλες εφαρμογές να έχουν πρόσβαση στο Σύστημα Αυτοματισμού Κτιρίου (Building Automation Systems - BAS) στο διαδίκτυο. Το μοντέλο δεδομένων σχεδιάστηκε σκόπιμα να είναι γενικής χρήσης, επιτρέποντας την χρήση υπηρεσιών ιστού με ευρεία ποικιλία πηγών δεδομένων συμπεριλαμβανομένων των συστημάτων ελέγχου που δεν επικοινωνούν χρησιμοποιώντας το ίδιο πρωτόκολλο. Επίσης οι υπηρεσίες πρόσβασης δεδομένων είναι γενικές, επιτρέποντας στον πελάτη υπηρεσιών ιστού να διαβάσει και να γράφει απλές τιμές δεδομένων [35].

Το Ajax είναι η συντομογραφία για το ασύγχρονο JavaScript και XML (Asynchronous JavaScript and XML). Είναι μια τεχνική ανάπτυξης ιστού για τη δημιουργία διαδραστικών εφαρμογών ιστού και χρησιμοποιεί το JavaScript για να κατασκευάσει το αντικείμενο XMLHttpRequest για να επικοινωνήσει με τα στοιχεία του εξυπηρετητή ασύγχρονα και να ενημερώσει την πηγή της σελίδας HTML βάσει της προκύπτουσας απόκρισης XML. Η επικοινωνία ιστού βάσει Ajax είναι διαφορετική από το παραδοσιακό μοντέλο επικοινωνίας ιστού όπου ο πελάτης στέλνει το αίτημα στον εξυπηρετητή ιστού και ο εξυπηρετητής επιστρέφει την απάντηση στο φυλλομετρητή. Ενώ, οι εφαρμογές Ajax βάσει ιστού κάνουν τις ιστοσελίδες πιο ανταποκρινόμενες ανταλλάσσοντας μικρές ποσότητες δεδομένων με τον εξυπηρετητή έτσι ώστε να μην χρειάζεται όλη η ιστοσελίδα να επαναφορτώνεται κάθε φορά που ο χρήστης κάνει μια αλλαγή. Το Ajax χαρακτηρίζεται από παρουσίαση προτύπων χρησιμοποιώντας την εκτάσιμη γλώσσα σήμανσης υπερκειμένου (Extensible Hypertext Markup Language-XHTML) και τα διακοσμητικά φύλλα (Cascading Style Sheets-CSS), τη δυναμική εμφάνιση και αλληλεπίδραση χρησιμοποιώντας το μοντέλο αντικειμένου εγγράφου (Document Object Model-DCOM), την εναλλαγή δεδομένων και το χειρισμό χρησιμοποιώντας την εκτάσιμη γλώσσα σήμανσης υπερκειμένου (Extensible Hypertext Markup Language-XML) και εκτάσιμη γλώσσα μετατροπής φύλλου (Extensible Style sheet Language Transformation-XSLT), την ανάκτηση ασύγχρονων δεδομένων χρησιμοποιώντας το XMLHttpRequest και τη χρήση του JavaScript για να συνδέσει τα πάντα [35].

Η αρχιτεκτονική πρόσκλησης υπηρεσιών ιστού Συστήματος Αυτοματισμού Κτιρίου (Building Automation Systems - BAS) με την εφαρμογή Ajax είναι επίσης η αρχιτεκτονική για την πραγματοποίηση Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) βάσει ιστού βασισμένη στο Ajax και στις υπηρεσίες ιστού. Ο φυλλομετρητής υποβάλλει αίτημα στον κατανεμητή υπηρεσίας, ο οποίος με τη σειρά του υποβάλλει αίτημα στις υπηρεσίες ιστού με τη χρήση των πελατειακών υπηρεσιών ιστού. Αφού ληφθεί η απάντηση οι υπηρεσίες ιστού μετατρέπονται από τον κατανεμητή υπηρεσίας και αποστέλλονται στο φυλλομετρητή. Το Proxy.jsp περιλαμβάνει μια ενδιάμεση σελίδα εξυπηρετητή για την καταγραφή του αιτήματος (HttpServletRequest) και αντικείμενα απάντησης (HttpServletResponse) που προέρχονται από την πρώτη σελίδα, που περιλαμβάνει JavaScript, XHTML, CSS και JSP για την καταγραφή των παραμέτρων του χρήστη όπως "req" και "resp" και να εμφανίσει το αποτέλεσμα επιστροφής στην οθόνη, μέσω του πρωτοκόλλου XMLHttpRequest. Το "jp.doTask" είναι ένα αντικείμενο κλάσης Java που χειρίζεται τη δημιουργία κατάλληλων αιτημάτων χρησιμοποιώντας τον χειριστή αίτησης-απάντησης. Ο χειριστής ασχολείται με τη λήψη και την ανάλυση του αντικειμένου απόκρισης που προέρχονται από τις υπηρεσίες ιστού και αφού ληφθεί απάντηση από τις υπηρεσίες ιστού, το αντικείμενο "jp.doTask" στέλνει το επιστρεφόμενο αποτέλεσμα στο αντικείμενο XMLHttpRequest στην πρώτη σελίδα [35].

Το Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) εφαρμόζεται σε ένα Σύστημα Αυτοματισμού Κτιρίου (Building Automation Systems - BAS) σε ένα δίκτυο BACnet. Στην αρχή οι δημόσιες μέθοδοι υπηρεσιών ιστού μπορούν να διαβάσουν και να γράψουν τα δεδομένα στο BACnet από το δίκτυο BACnet που αναπτύχθηκαν βάσει μιας στοιβας πρωτοκόλλου BACnet. Στα κύρια καθήκοντα του Ajax είναι η επίκληση υπηρεσιών ιστού να λαμβάνουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο από το δίκτυο BACnet και να προβάλλουν τα αποτελέσματα στο φυλλομετρητή ιστού. Η διαδικασία λήψης των δεδομένων γίνεται ασύγχρονα με τον εξυπηρετητή ιστού εξασφαλίζοντας υψηλή απόδοση. Αφού ανακτηθούν τα απαιτούμενα δεδομένα το περιεχόμενο του εγγράφου τροποποιείται μέσω του μοντέλου αντικειμένου εγγράφου (Document Object Model-DOM) με αποτέλεσμα η εφαρμογή να ανταποκρίνεται καλύτερα από την κλασική εφαρμογή ιστού καθώς η ποσότητα των δεδομένων που ανταλλάσσονται μεταξύ του φυλλομετρητή ιστού και του εξυπηρετητή ιστού μειώνεται σημαντικά και η επαναφόρτωση της σελίδας δεν είναι απαραίτητη [35].

Η βιομηχανία του Συστήματος Αυτοματισμού Κτιρίου (Building Automation Systems - BAS) έχει μεγάλη επιτυχία και ανάπτυξη στην τεχνολογία και στην αγορά. Με την εμφάνιση πολλαπλών διεθνών τυποποιημένων πρωτοκόλλων εμφανίστηκαν προβλήματα στην εσωτερική ενσωμάτωση του Συστήματος Αυτοματισμού Κτιρίου (Building Automation Systems - BAS) και την ενσωμάτωση του Συστήματος Αυτοματισμού Κτιρίου (Building Automation Systems - BAS) και των υπάρχουσών επιχειρησιακών εφαρμογών τα οποία επιλύθηκαν με την ανάπτυξη των τεχνολογιών διαδικτύου ως νέου και ισχυρού μοντέλου δημιουργίας εφαρμογών από επαναχρησιμοποιημένα μοντέλα λογισμικού στην κατανομημένη υπολογισμένη περιοχή υπηρεσιών ιστού. Η χρήση των υπηρεσιών ιστού στη βιομηχανία του Συστήματος Αυτοματισμού Κτιρίου (Building Automation Systems - BAS) δεν βοηθούν μόνο στη ανούσια και στιγμιαία σύνδεση μεταξύ των Συστημάτων Αυτοματισμού Κτιρίου (Building Automation Systems - BAS) και των επιχειρησιακών εφαρμογών μεταξύ Υποσυστημάτων Αυτοματισμού Κτιρίου (Building Automation Systems - BAS) που υιοθετούν διαφορετικά τυποποιημένα πρωτόκολλα ή διαφορετικές λειτουργίες αλλά και στην εξοικονόμηση χρημάτων των χρηστών ενισχύοντας τη χρησιμότητα του Συστήματος Αυτοματισμού Κτιρίου (Building Automation Systems - BAS) σε μεγάλο βαθμό. Ο Ajax αποτελεί μια ομάδα αλληλένδετων τεχνικών ανάπτυξης ιστού για τη δημιουργία διαδραστικών εφαρμογών ιστού ή πλούσιες εφαρμογές διαδικτύου με τη συμβολή του οποίου γίνεται ανάκτηση δεδομένων από το εξυπηρετητή ασύγχρονα χωρίς παρεμβολή στην οθόνη και στη συμπεριφορά της υπάρχουσας ιστοσελίδας. Τέλος, εισάγεται γρήγορα στο κύριο και πλούσιο εργασιακό περιβάλλον και στις λιτές εφαρμογές πελάτη [35].

6.1.5 Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management Systems - BMS) χρησιμοποιώντας ονοματισμένο δίκτυο δεδομένων

Τα Συστήματα Αυτοματισμού και Διαχείρισης Κτιρίων (Building Automation and Management Systems - BAS / BMS) καθώς και τα βιομηχανικά συστήματα ελέγχου (Industrial Control Systems-ICSs) έχουν χρησιμοποιήσει ιδιόκτητα πρωτόκολλα και εξειδικευμένο υλικό. Τα πρώτα έχουν υιοθετήσει τεχνολογίες ανοιχτών προτύπων βάσει τεχνολογίας IP από τη χρήση ιδιόκτητων πρωτοκόλλων και εξειδικευμένο υλικό. Το IP πρωτόκολλο βελτιώνει τη διαλειτουργικότητα του λογισμικού και του υλικού αλλά οι πρακτικές ανάπτυξης Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) μεγάλης κλίμακας αντιμετωπίζουν προκλήσεις, συμπεριλαμβανομένης της πολυπλοκότητας της διευθυνσιοδότησης δικτύου και άλλων διαρθρώσεων, την εξάρτηση από το μεσάζοντες

και την έλλειψη ασφάλειας. Παρολαυτά υπάρχει μια αυξανόμενη μετακίνηση προς τη δικτύωση βάσει IP για επωφέλεια από τις χαμηλότερες τιμές εξοπλισμού και υποδομής, επιτρέποντας τη διαλειτουργικότητα με την τεχνολογία της πληροφορίας (Information Technology - IT) στην επιχείρηση. Η υιοθέτηση πρωτοκόλλων διαδικτύου σε Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) μπορεί να έχει οφέλη όπως οι διακόπτες Ethernet και οι δρομολογητές IP είναι συνήθως φθηνότεροι και πιο εύκολα διαθέσιμα από το ιδιόκτητο υλικό του Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) και το πρωτόκολλο TCP / IP είναι ένα καλά καθορισμένο ανοιχτό πρότυπο επιτρέποντας τη συμβατότητα της επικοινωνίας μεταξύ διαφορετικών λύσεων του Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) και ενσωμάτωση με συστήματα τεχνολογίας της πληροφορίας ωστόσο η χρήση του για το Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) αντιμετωπίζει επίσης σημαντικά ζητήματα όπως η σύνθετη ρύθμιση παραμέτρων του δικτύου για επίτευξη επικοινωνίας και ασφάλειας, η απαίτηση ανάπτυξης μεσαζόντων για τη γεφύρωση εφαρμογών των ονομάτων στις IP διευθύνσεις, αριθμούς θυρών και άλλους ορισμούς που χρησιμοποιούνται για τη δρομολόγηση και τα δεδομένα προώθησης και την έλλειψη κατάλληλου πακέτου μηχανισμών ασφαλείας για επικοινωνία από μηχανή σε μηχανή [37].

Ένα νέο Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) χρησιμοποιεί ονοματισμένο δίκτυο δεδομένων (Named Data Networking-NDN) μια νέα αρχιτεκτονική διαδικτύου ως θεμέλιο για τις επικοινωνίες δικτύου που μετατοπίζει την αρχιτεκτονική Internet IP του κεντρικού μοντέλου σε ένα μοντέλο βάσει δεδομένων με συνέπεια τα δεδομένα να ονομάζονται από τις εφαρμογές το οποίο χρησιμοποιείται από το δίκτυο απευθείας για την εξαγωγή δεδομένων καθώς και κάθε δεδομένο συνδέεται με ένα κρυπτογραφικό κλειδί που χρησιμοποιείται για την άμεση διασφάλιση δεδομένων. Το Named Data Networking (NDN) υπόσχεται πολλά για την επικοινωνία με τα μηχανήματα και τα βιομηχανικά συστήματα ελέγχου όπως το Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) παρέχοντας επιθυμητές λειτουργίες όπως τη δρομολόγηση και απευθείας προώθηση βάσει των εφαρμογών προσδιορισμένων ονομάτων δεδομένων απ ότι αριθμητικών και μη φιλικών διευθύνσεων κεντρικού υπολογιστή απλοποιώντας σημαντικά το δίκτυο διαμόρφωσης και αντιμετώπισης προβλημάτων σε ένα τυπικό περιβάλλον Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) με εκατοντάδες χιλιάδες έξυπνες συσκευές αισθητήρων που απαιτούν τη σύνδεση δικτύου, την ενσωματωμένη υποστήριξη ασφάλειας στο επίπεδο δικτύου μέσω της υπογραφής ανα πακέτου και της προαιρετικής κρυπτογράφησης αντί να στηρίζεται σε λύσεις υψηλότερου επιπέδου οι οποίες μπορεί να είναι πιο πολύπλοκες και λιγότερο αποτελεσματικές ή στη φυσική απομόνωση ολόκληρου του συστήματος που μπορεί εύκολα να σπάσει με διάφορα μέσα, την αρχιτεκτονική αιτήματος-απόκρισης στο επίπεδο δικτύου η οποία είναι κατάλληλη για την πρόσβαση σε δεδομένα αισθητήρων και επικυρωμένου ελέγχου αντί να χρησιμοποιηθούν πρωτόκολλα επιπέδου εφαρμογής όπως το HTTPS, τη λήψη εντός δικτύου και την υποστήριξη διανεμημένης αποθήκευσης η οποία μπορεί να μειώσει τα φορτία των ερωτημάτων σε περιορισμένες συσκευές πηγής και να τις προστατεύσει από την κατανεμημένη άρνηση των επιθέσεων υπηρεσίας (Distributed Denial of Service - DDoS) που γίνονται όλο και περισσότερο πιο σοβαρά στο τρέχον διαδίκτυο [37].

Παρακάτω αναλύεται ένα σύστημα στο οποίο μπορούμε να δημοσιεύσουμε με ασφάλεια τα δεδομένα των αισθητήρων χρησιμοποιώντας εφαρμογές Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) και παρέχοντας ένα αρχικό πλαίσιο ελέγχου πρόσβασης. Μια σημαντική συμβολή αυτού του συστήματος είναι μια νέα λύση ελέγχου πρόσβασης που λαμβάνει κεντρικά δεδομένα, κρυπτογραφημένα και μη διαδραστικής προσέγγισης που ενεργοποιείται από το Named Data Networking (NDN). Αντίθετα, τα

πρωτόκολλα ασφαλείας βάσει IP μόνο προστατεύουν τα μεταβατικά κανάλια επικοινωνίας τα οποία είναι δυναμικά ρυθμισμένα και φθαρμένα και δεν μπορούν να μοιραστούν μεταξύ διαφόρων χρηστών. Η λύση που βασίζεται σε δεδομένα κρυπτογραφεί το πακέτο δεδομένων και διανέμει με ασφάλεια το κλειδί κρυπτογράφησης σε πολλούς χρήστες καθιστώντας την λύση πιο αποτελεσματική και πιο κλιμακωτή από τις παραδοσιακές λύσεις ασφαλείας IP. Το σύστημα παρακολούθησης συλλέγει δεδομένα από εξαρτήματα βιομηχανικών πρότυπων και ενσωματώνει ένα σύστημα πρωτότυπου ελέγχου πρόσβασης. Χρησιμοποιεί τον έλεγχο πρόσβασης μέσω ταυτοποίησης για να επιβάλει σχέσεις εμπιστοσύνης και χρησιμοποιεί κρυπτογράφηση για προστασία από μη εξουσιοδοτημένους χρήστες [37].

Ονοματισμένο δίκτυο δεδομένων είναι μια αρχιτεκτονική διαδικτύου που αντικαθιστά τις διευθύνσεις IP με ονόματα δεδομένων στο διαδίκτυο. Το Named Data Networking (NDN) ορίζει δύο τύπους πακέτων, τα ενδιαφέροντα και τα δεδομένα, τα οποία περιέχουν αιτήματα δεδομένων και απαντήσεις αντίστοιχα. Οι αιτήσεις εκδίδουν ένα ενδιαφέρον για ένα συγκεκριμένο όνομα ή πρόθεμα δεδομένου το οποίο καταναλώνεται από το επιστρεφόμενο πακέτο δεδομένων που έχει το μεγαλύτερο χρονικό διάστημα αντιστοίχισης με το αιτούμενο όνομα. Κάθε πακέτο δεδομένων περιέχει μια υπογραφή που δεσμεύει τα δεδομένα στο όνομα επιτρέποντας στους καταναλωτές δεδομένων να επαληθεύσουν τη γνησιότητα του λαμβανόμενου τμήματος βάσει συγκεκριμένης εφαρμογής με πλαίσιο εμπιστοσύνης. Η επεκτασιμότητα δρομολόγησης επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας ιεραρχικά ονόματα και παρέχεται μακροχρόνια αποθήκευση μέσω της χρήσης αποθετηρίων Named Data Networking (NDN), συνεχιζόμενων συνδεδεμένων σε δίκτυο αποθήκες δεδομένων. Τα αποθετήρια αποθηκεύουν το περιεχόμενο του ονόματος στους χώρους ονομάτων για τους οποίους είναι υπεύθυνοι και δείχνουν ενδιαφέρον σε αυτούς τους χώρους ονομάτων. Τα πακέτα δεδομένων στο Named Data Networking (NDN) υπογράφονται και είναι αμετάβλητα και μπορεί να εξυπηρετηθούν από οποιονδήποτε κόμβο επιθυμεί να τους παράσχει [37].

Τα παραδοσιακά Συστήματα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) καλύπτουν τα βιομηχανικά συστήματα ελέγχου (Industrial Control Systems - ICS) συμπεριλαμβανομένου του εποπτικού ελέγχου και απόκτησης δεδομένων (Supervisory Control And Data Acquisition - SCADA) και το λεγόμενο έξυπνο δίκτυο, την επιχειρηματική δικτύωση και την κίνηση των πραγμάτων στο διαδίκτυο (Internet of Things - IoT). Τα επιχειρησιακά Συστήματα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) είναι περιβάλλοντα που λαμβάνουν υπόψη τις κρίσιμες υποδομές της ICS σε συνδυασμό με τα οράματα της Internet of Things (IoT) για το καθημερινό περιβάλλον. Η σύγκλιση της δικτύωσης στα Industrial Control Systems (ICS) με την παραδοσιακή τεχνολογία της πληροφορίας IT που περιγράφεται ως αλλαγή από το Εθνικό Ινστιτούτο των προτύπων και της τεχνολογίας (National Institute of Standards and Technology - NIST) στην ανασκόπηση ασφαλείας του ICS. Τα BMS είναι συστήματα λογισμικού / υλικού που εκτελούν τον έλεγχο, την παρακολούθηση και τη διαχείριση του συστήματος Θέρμανσης, εξαερισμού και κλιματισμού (Heating, ventilation and air conditioning - HVAC), φωτός, νερού, φυσικής πρόσβασης και άλλα κτιριακά χαρακτηριστικά. Τα δεδομένα που συλλέγονται από το Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση απόδοσης, την ανίχνευση σφαλμάτων, τη χρέωση, την αναφορά, την παροχή ελέγχου κλειστού βρόχου τοπικά και ολικά του συστήματος και πολλούς άλλους σκοπούς. Μας αφορά η ασφαλής διανομή των δεδομένων των αισθητήρων και ο ανταποκρινόμενος έλεγχος πρόσβασης για τους τελικούς χρήστες, τις εφαρμογές και τις συσκευές [37].

Τα Συστήματα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) συνήθως χρησιμοποιούν πρωτόκολλα της βιομηχανίας όπως το LonTalk μεταξύ των συσκευών, το Modbus και το BacNet για συσκευές και πύλες και το OPC για ενδοεπικοινωνία. Πολλά τέτοια πρωτόκολλα πρώτα χρησιμοποιήθηκαν σε σειριακούς συνδέσμους σημειακούς ή

πεδίου αλλά πρόσφατα έχουν προσαρμοστεί για να τρέχουν μέσω Ethernet και IP. Αντί να τρέχει άμεσα πάνω από το φυσικό επίπεδο, τα Modbus / BACnet πλαίσια δεδομένων ενσωματώνονται σε TCP ή UDP πακέτα και διανέμονται μέσω ενός δικτύου IP. Και στην παραδοσιακή και στην IP / Ethernet περίπτωση ο έλεγχος πρόσβασης σχεδόν πάντα επιτυγχάνεται μέσω φυσικής ή λογικής απομόνωσης (π.χ. VLAN, τείχη προστασίας και "κενά αέρος") [37].

Το κίνητρο για τη δημιουργία αρχιτεκτονικής Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) χρησιμοποιώντας Named Data Networking (NDN) προέκυψε από τις σημαντικές προκλήσεις σε λύσεις βασισμένες σε IP, ειδικά καθώς όλο και περισσότερα στοιχεία των κτιρίων παρακολουθούνται, ενεργοποιούνται και διασυνδέονται. Η *διευθυνσιοδότηση και η διαμόρφωση του δικτύου* περιλαμβάνει πρόσβαση ακόμη και στα δεδομένα ενός μόνου αισθητήρα από μια δικτυωμένη εφαρμογή που απαιτεί γνώση διευθυνσιοδότησης σε πολλά επίπεδα, όπως το VLAN ID, το υποδίκτυο και η διεύθυνση IP (μιας πύλης ή συσκευής), τον αριθμό θύρας και το αναγνωριστικό συσκευής. Τα συνολικά συστήματα διευθυνσιοδότησης είναι συνήθως εύθραυστα στην αλλαγή και έχουν μικρή σημασιολογική σχέση με τη λειτουργία του συστήματος ή τη φύση των δεδομένων. Η διαχείριση ποικίλων συσκευών και εφαρμογών καθίσταται ιδιαίτερα χρονοβόρα και επιρρεπής σε σφάλματα σε εγκατάσταση επιχειρησιακού Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) η οποία θα μπορούσε να έχει δεκάδες έως εκατοντάδες χιλιάδων σημείων απόκτησης δεδομένων σε διαφορετικά σημεία του κτιρίου με πρόσβαση από μια ποικιλία εφαρμογών. Ο *μεσάζοντας* χρησιμοποιείται συχνά για να μετριάσει τις προκλήσεις διευθυνσιοδότησης και να παρέχει μια χαρτογράφηση από περιγραφές που έχουν νόημα σε μια εφαρμογή σε διευθύνσεις δικτύου χαμηλότερου επιπέδου. Ωστόσο προσθέτει ένα φορτίο διαμόρφωσης και μείωσης απόδοσης που μπορεί να το καταστήσει ακατάλληλο για επικοινωνία μεταξύ μηχανών χαμηλότερου επιπέδου (M2M), χωρίς πλήρη την επίλυση της αναντιστοιχίας μεταξύ της διευθυνσιοδότησης δικτύου και της λογικής της εφαρμογής [37].

Μια τυπική διαδικασία διαμόρφωσης συστήματος BACnet συνήθως συντάσσει έναν μακρύ κατάλογο αντιστοιχιών μεταξύ των ονομάτων συσκευών αντικειμένου BACnet και των διευθύνσεων IP τους όπου στο πρωτόκολλο BACnet το σύστημα απαιτεί μια άλλη υπόδειξη από ανθρώπινα αναγνωρίσιμα ονόματα σε μη δαισθητικό αντικείμενο ID για να χωρέσει στη μορφή μηνύματος πρωτοκόλλου. Ως προς την *ασφάλεια* τα περισσότερα πρωτόκολλα Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) προέκυψαν στη βιομηχανία δικτύων και υποτίθεται ότι είναι φυσικά ή λογικά απομονωμένα γι αυτό η εγγενής ασφάλεια τους είναι αδύναμη έως ανύπαρκτη. Τα Συστήματα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) αποτελούν συχνά μέρος της κρίσιμης υποδομής και χρειάζονται ισχυρή ασφάλεια καθώς συνδέονται όλο και περισσότερο με δίκτυα τεχνολογίας της πληροφορίας IT και το παγκόσμιο διαδίκτυο. Διατηρώντας ένα ασφαλές κανάλι IP μεταξύ των συσκευών των αισθητήρων είναι δαπανηρή αν όχι ανέφικτη [37].

Για παράδειγμα, μπορεί να χρειαστεί να κλείσουν συσκευές με χαμηλό κύκλο λειτουργίας και να αποκατασταθούν οι ασφαλείς συνδέσεις όλη την ώρα καθώς πρέπει να απενεργοποιηθούν περιοδικά για να μειώσουν την κατανάλωση ενέργειας. Στόχος είναι η δημιουργία ενός πλαισίου δεδομενοκεντρικό που χρησιμοποιεί το Named Data Networking (NDN) για να διευθυνσιοδοτήσει συστηματικά, να προωθήσει και να δημοσιεύσει ασφαλή δεδομένα αντίχρευσσης. Αυτή η προσέγγιση καθιστά δυνατή τη συνδεσιμότητα που απαιτείται από τις σύγχρονες κατανεμημένες εφαρμογές ενώ περιορίζει την πρόσβαση δεδομένων σε μια συγκεκριμένη ομάδα χρηστών (π.χ. διευθυντές εγκαταστάσεων, χρήστες κτιρίου και εγκεκριμένο υπόβαθρο εφαρμογών). Στα NDN-BMS, τα ονόματα είναι συνεπής στις

εφαρμογές και το χαμηλότερο επίπεδο δικτύου. Η διευθυνσιοδότηση αντιμετωπίζεται σε μια θέση στην αρχιτεκτονική και χρησιμοποιείται από τις εφαρμογές και την παράδοση του δικτύου. Αυτό μειώνει σημαντικά την πολυπλοκότητα της διαμόρφωσης δικτύου σε σύγκριση με το Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) βάσει IP όπου η συσκευή διευθυνσιοδότησης περιλαμβάνει διαλειτουργικότητα σε πολλαπλά επίπεδα. Επίσης το NDN-BMS παρέχει αυθεντικοποίηση και ιδιωτικότητα μέσω εγγενών χαρακτηριστικών στα πακέτα δεδομένων Named Data Networking (NDN) από ότι την εξάρτηση της ασφάλειας σε κανάλια επιτρέποντας τη δημιουργία μιας λύσης ελέγχου πρόσβασης βάσει κρυπτογράφησης που βελτιώνει την επεκτασιμότητα του συστήματος και μετριάξει τις επιθέσεις Distributed Denial of Service (DDOS). Δεν υπάρχουν παρόμοιες απλές και ανθεκτικές λύσεις στον τομέα του IP [37].

Οι βασικοί στόχοι σχεδιασμού των NDN-BMSs περιλαμβάνουν το ιεραρχικό χώρο ονομάτων για δεδομένα αισθητήρων, συσκευών και χρηστών ενσωματώνοντας εγγενείς σχέσεις σε εφαρμογές Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) και μπορούν να χρησιμοποιηθούν άμεσα για την παράδοση δεδομένων, η εκκίνηση και η διαρκής διαχείριση της διαμόρφωσης συσκευής ώστε να είναι απλούστερη, πιο κλιμακούμενη και πιο ισχυρή από τις λύσεις IP, ο προσαρμοσμένος χρήστης και η προνομιακή διαχείριση για την υποστήριξη επιχειρηματικών εφαρμογών, την πιστοποίηση δεδομένων μέσω κρυπτογραφικών υπογραφών για την επαλήθευση της προέλευσης των δεδομένων, το απόρρητο δεδομένων μέσω πρόσβασης βάσει κρυπτογράφησης χωρίς να εξαρτάται από το φυσικό / λογικό δίκτυο απομόνωσης. Ο πρώτος στόχος απευθύνεται άμεσα στην ονομασία και στη διευθυνσιοδότηση. Ο δεύτερος και ο τρίτος στόχος περιλαμβάνουν διαμόρφωση συστήματος υψηλότερου επιπέδου η οποία σχετίζεται με τις προκλήσεις της διευθυνσιοδότησης και διαμεσολάβησης στο Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS). Οι δύο τελευταίοι στόχοι στοχεύουν στις προκλήσεις ασφάλειας [37].

Ένα σύστημα διαχείρισης κτιρίων βάσει NDN (NDN-BMS) συλλέγει δεδομένα ανίχνευσης από τους υπάρχοντες βιομηχανικούς αισθητήρες και πύλες που χρησιμοποιούν πρωτόκολλα Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) παλαιού τύπου. Ο σχεδιασμός περιλαμβάνει συσκευές πύλης που διαβάζουν δεδομένα (μέσω ενός εσωτερικού δικτύου IP) από τις συσκευές ανίχνευσης που τρέχουν παλιά Συστήματα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) πρωτόκολλα και δημοσιεύουν τα δεδομένα που προκύπτουν σε ένα Named Data Networking (NDN) δίκτυο. Η αρχιτεκτονική του NDN-BMS αποτελείται από τρεις κύριες οντότητες, τους τελικούς χρήστες, την πύλη ανίχνευσης (συμπεριλαμβάνοντας τις συνδεδεμένες συσκευές) και μια προνομιακή εφαρμογή διαχείρισης ελεγχόμενη από τους ανθρώπινους χειριστές που χειρίζονται τη πιστοποίηση χρήστη εκτός ζώνης και την προνομιακή εξουσιοδότηση. Η εφαρμογή διαχείρισης είναι υπεύθυνη για την αυτόματη διαμόρφωση της πύλης / συσκευής και τη διαχείριση στο δίκτυο Named Data Networking (NDN). Οι πύλες εισάγουν δεδομένα ανίχνευσης σε αποθήκες (repos) Named Data Networking (NDN) που ανταποκρίνονται στα ενδιαφέροντα του χρήστη για τα δεδομένα στο όνομα του αισθητήρα. Αυτή η ανακατεύθυνση αποσυνδέει τη δημιουργία δεδομένων από τον χρήστη και προσφέρει οφέλη από την αυτόματη αρχειοθέτηση δεδομένων, τον μη διαδραστικό έλεγχο πρόσβασης και την προστασία από την επίθεση DOS / DDOS στις πύλες. Στην αρχική υλοποίηση μια διεπαφή ιστού (χρησιμοποιώντας τη βιβλιοθήκη NDN-JS) συγκεντρώνει τα δεδομένα από την αποθήκη με την έκδοση πακέτων ενδιαφέροντος με κατάλληλα προθέματα δεδομένων [37].

Σε ένα σύστημα Named Data Networking (NDN) τα ονόματα δεδομένων μπορούν να είναι ιεραρχικά και ανθρώπινα αναγνωρίσιμα τα οποία χαρτογραφούνται προσεκτικά σε συγκεκριμένη εφαρμογή δομής δεδομένων, η δημιουργία σύνθετων καταναμημένων

εφαρμογών μπορεί να απλοποιηθεί. Επειδή το επίπεδο δικτύου του Named Data Networking (NDN) χρησιμοποιεί άμεσα τα ονόματα αυτά για τη δρομολόγηση και τη προώθηση δεδομένων, η δομή του χώρου ονομάτων πρέπει να σχεδιαστεί προσεκτικά έτσι ώστε τα ονόματα των δεδομένων να είναι σημαντικές για τις εφαρμογές και συμμορφωτικές με την απαίτηση της επεκτασιμότητας της δρομολόγησης δικτύου. Ο χώρος ονομάτων NDN-BMS χρησιμοποιείται και περιλαμβάνει το κόμβο ρίζας που αντιπροσωπεύει το κοινό πρόθεμα για το χώρο ονομάτων. Κάτω από το πρόθεμα ρίζας υπάρχουν δύο υπο-ονόματα χώρου: χτίζοντας για τη δημοσίευση δεδομένων και χρήστης για τη διαχείριση ταυτότητας. Η αλυσίδα εμπιστοσύνης κατασκευάζεται χρησιμοποιώντας μια πολιτική διαχείρισης εμπιστοσύνης βάσει ταυτότητας. Ο χειριστής Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) διαθέτει το κλειδί ρίζας Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) το οποίο είναι αξιόπιστο από όλες τις οντότητες στο δίκτυο Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS). Το κλειδί ρίζας υπογράφει το κλειδί σχεδιασμού του χώρου ονομάτων το οποίο υπογράφει περαιτέρω τις ταυτότητες (π.χ. τα δημόσια κλειδιά) των πυλών που αναπτύσσονται στο κάθε κτίριο. Οι πύλες χρησιμοποιούν τα κλειδιά τους για να υπογράψουν τα πακέτα δεδομένων που δημοσιεύονται κάτω από τους χώρους ονομάτων τους. Το κλειδί ρίζας υπογράφει επίσης το κλειδί του χώρου ονομάτων χρηστών το οποίο χρησιμοποιείται για την υπογραφή της ταυτότητας χρήστη Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) [37].

Στα πρωτόκολλα Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) όπως το BACnet είναι συνηθισμένο να ονομάζουμε συσκευές (και τα δεδομένα που παράγουν) για να αντικατοπτρίσουν τη φυσική τους θέση. Για παράδειγμα το κτίριο (αναγνωρισμένο από το όνομα στο πραγματικό κόσμο ή την ετικέτα) μπορεί (προαιρετικά) να χωριστεί σε επίπεδα (που προσδιορίζονται από τον αριθμό επιπέδου) πρώτα και στη συνέχεια σε δωμάτια (τα οποία προσδιορίζονται από τον αριθμό του δωματίου). Οι συσκευές μπορεί να ομαδοποιούνται περαιτέρω βάσει φυσικής προσκόλλησης (π.χ. διαφορετικές ομάδες) και / ή τη λειτουργικότητα (ισχύς, τάση, θερμοκρασία κ.λπ.). Το σχήμα ονομάτων χώρου για ένα δεδομένο Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) μπορεί σε μια μεγάλη έκταση να παραμείνει στη διακριτική ευχέρεια αυτών που εγκαθιστούν και διαχειρίζονται το σύστημα. Ομοίως οι διαχειριστές μπορούν να επιλέξουν το εύρος ή τη διακριτικότητα των ευθυνών για μια δεδομένη πύλη. Η μεγαλύτερη λεπτομέρεια μειώνει το φορτίο μιας μόνο συσκευής πύλης αλλά μπορεί να αυξήσει την πολυπλοκότητα της διαχείρισης. Είναι εύκολο να διαμορφωθεί μια πύλη να δημοσιεύσει σε ένα συγκεκριμένο τμήμα της ιεραρχίας καταγράφοντας μόνο το κατάλληλο πρόθεμα με τον κόμβο του και στη συνέχεια δημοσιεύει δεδομένα βάσει αυτού του προθέματος [37].

Το όνομα Named Data Networking (NDN) ενός ανιχνευτή πακέτων δεδομένου δείχνει τη φυσική θέση του αισθητήρα, τον τύπο δεδομένων (τάση) και το χρόνο όταν ανακτήθηκαν τα δεδομένα εκφρασμένη ως χρονική σφραγίδα στο τελευταίο συστατικό του ονόματος. Εάν το πακέτο περιέχει συγκεντρωτικά δεδομένα (δηλ. μια σειρά των αισθητήρων διαβάσματος που παράγονται μέσα σε ένα δεδομένο χρονικό παράθυρο) η χρονική σήμανση αντανakλά τον χρόνο παραγωγής του πρώτου σημείου δεδομένων στη σειρά. Η εκδοχή που βασίζεται στη χρονική σήμανση επιτρέπει στους χρήστες του Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) να αντλούν δεδομένα αισθητήρων σε οποιοδήποτε χρονικό διάστημα από τη στιγμή που θα έχουν αρχειοθετηθεί τα δεδομένα στις αποθήκες. Το NDN-BMS χρησιμοποιεί τα δημόσια κλειδιά για να εντοπίσουν μοναδικά τους χρήστες. Τα κλειδιά δημοσιεύονται ως δεδομένα Named Data Networking (NDN) και έτσι μπορούν να επωφεληθούν από όλα τα χαρακτηριστικά διανομής του Named Data Networking (NDN). Τα κλειδιά χρηστών υπογράφονται από μια αξιόπιστη αρχή. Το τελευταίο στοιχείο του ονόματος

αντιστοιχεί στο ψηφιακό SHA256 του δημόσιου κλειδιού το οποίο διαφοροποιεί τα πολλαπλά κοινά κλειδιά που ανήκουν στον ίδιο χρήστη [37].

Το NDN-BMS χρησιμοποιεί ένα σύστημα ελέγχου πρόσβασης βάσει ταυτότητας. Κάθε πύλη έχει ρυθμιστεί με μια λίστα ελέγχου πρόσβασης (Access Control List-ACL) προσδιορίζοντας τις ταυτότητες των χρηστών που θα πρέπει να έχουν πρόσβαση στα δεδομένα της. Κάθε χρήστης διαθέτει επίσης μια λίστα προνομίων πρόσβασης (Access Privilege List-APL) υποδεικνύοντας τους χώρους ονομάτων δεδομένων στους οποίους μπορεί να έχει πρόσβαση και που δημοσιεύονται επίσης στην αποθήκη Named Data Networking (NDN). Όταν αποκτά κάποιος χρήστης πρόσβαση σε ορισμένους χώρους ονομάτων δεδομένων στο Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) ο χειριστής θα δημοσιεύσει το πιστοποιητικό ταυτότητας του χρήστη στην αποθήκη και ενημερώνει τις σχετικές πύλες Access Control List (ACL) για την παροχή πρόσβασης στον χρήστη. Όταν η διαδικασία δημοσίευσης πιστοποιητικού αυτοματοποιηθεί η πραγματική ταυτότητα του χρήστη πρέπει να ελέγχεται εκτός ζώνης. Όταν αλλάζουν τα προνόμια ενός χρήστη για ένα χώρο ονομάτων ο δαίμονιος διαχειριστής απαριθμεί τα ονόματα χώρων στο Access Privilege List (APL) του χρήστη και ενημερώνει τους Access Control List (ACL) για τις πύλες που επηρεάζονται. Η πύλη Access Control List (ACL) και ο χρήστης Access Privilege List (APL) παρέχουν αντιστοιχίσεις κατά μήκος δύο διαφορετικών κατευθύνσεων, από τους χώρους των ονομάτων δεδομένων έως τις ταυτότητες χρηστών και αντιστρόφως. Αυτό επιτρέπει στον δαίμονιο διαχειριστή Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) να εφαρμόσει προνομιακές ενημερώσεις του χρήστη στις σχετικές πύλες χωρίς να μεταβούν σε ολόκληρο το χώρο ονομάτων του Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) [37].

Οι Access Control List (ACL) και οι Access Privilege List (APL) μπορούν επίσης να δημοσιευθούν ως δεδομένα Named Data Networking (NDN) επιτρέποντας στις εφαρμογές να χρησιμοποιήσουν τους ίδιους μηχανισμούς για να αντλήσουν δεδομένα αισθητήρα, κλειδιά και πληροφορίες ελέγχου πρόσβασης. Χρησιμοποιούμε τον έλεγχο πρόσβασης βάσει δυνατοτήτων στο οποίο η πύλη Access Control List (ACL) καθορίζει τη λίστα των δυνατοτήτων που απαιτούνται για την πρόσβαση στα δεδομένα του αισθητήρα και οι χρήστες αποκτούν τα κατάλληλα πιστοποιητικά ικανότητας πρόσβασης. Αυτή η προσέγγιση απλοποιεί τη διαχείριση Access Control List (ACL) όπου η πύλη αυτή δεν επηρεάζεται από αλλαγές στα προνόμια του χρήστη (π.χ. χρήστες που εισέρχονται ή φεύγουν). Ωστόσο, ουσιαστικά μετατρέπει το πρόβλημα διαχείρισης Access Control List (ACL) σε ένα πρόβλημα διαχείρισης πιστοποίησης χρήστη χωρίς να μειώνεται η πολυπλοκότητα. Αντίθετα, το Access Control List (ACL) βάσει ταυτότητας είναι εύκολο να εφαρμοστεί και να διορθωθεί. Το NDN-BMS χρησιμοποιεί μια ιεραρχική δομή Access Control List (ACL) που ακολουθεί την οργάνωση και τη σύνθεση δεδομένων περιγράφοντας χρήστες με διαφορετικά επίπεδα προνομίων. Το Access Control List (ACL) που σχετίζεται με κάθε πρόθεμα καταγράφει τις ταυτότητες των χρηστών οι οποίες είναι εξουσιοδοτημένες να έχουν πρόσβαση στα δεδομένα βάσει αυτού του προθέματος. Θεωρητικά κάθε δεδομένο θα μπορούσε να έχει το δικό του Access Control List (ACL) αλλά στην πράξη η λεπτομέρεια του ελέγχου πρόσβασης δεν χρειάζεται να είναι μικρότερη από το επίπεδο ανά πύλη [37].

Όταν η πύλη είναι εγκατεστημένη και συνδεδεμένη στο δίκτυο για πρώτη φορά πρέπει να επικοινωνήσει με το δαίμονιο διαχειριστή του Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) για να ανακτήσει το αρχείο ρυθμίσεων πριν δημοσιεύσει ανιχνεύσιμα δεδομένα. Συγκεκριμένα, πρέπει να αποκτήσει το δικό του όνομα ταυτότητας υπό την οποία δημοσιεύεται το δημόσιο κλειδί της, την αίτηση και τα συγκεκριμένα προθέματα εγκατάστασης βάσει των οποίων θα πρέπει να δημοσιεύει δεδομένα, τον κατάλογο ελέγχου πρόσβασης, το δημόσιο κλειδί του διαχειριστή του Συστήματος

Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) που θα λειτουργήσει ως άγκυρα εμπιστοσύνης και ένα τοπικό όνομα πορείας που θα ορίσει την αμφίδρομη επικοινωνία με τον διαχειριστή. Μόλις διαμορφωθεί η πύλη παράγει το ζεύγος δημόσιου / ιδιωτικού κλειδιού τοπικά και στέλνει το δημόσιο κλειδί στον διαχειριστή ο οποίος στη συνέχεια δημιουργεί το πιστοποιητικό για την ταυτότητα της πύλης και δημοσιεύει το πιστοποιητικό στην αποθήκη. Η επικοινωνία μεταξύ της πύλης και του δαιμόνιου διαχειριστή του Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) γίνεται μέσω της ανταλλαγής ενδιαφέροντος / δεδομένων Named Data Networking (NDN) όπου αρχικά ο δαιμόνιος ακούει ένα γνωστό πρόθεμα το οποίο πρέπει να είναι προσβάσιμο από κάθε δίκτυο του Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) και περιμένει για τα πακέτα ενδιαφέροντος από τις πύλες. Ένα συμμετρικό κλειδί μοιράζεται μεταξύ πύλης και διαχειριστή για να ξεκινήσει η σχέση εμπιστοσύνης. Υποθέτουμε ότι όταν αποστέλλεται η συσκευή πύλης από τον κατασκευαστή έχει ρυθμιστεί με έναν αριθμό σειριακής συσκευής που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εξαγωγή αυτού του συμμετρικού κλειδιού στην εγκατάσταση από έναν ανθρώπινο χειριστή [37].

Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας αυτόματης διαμόρφωσης τα πακέτα Named Data Networking (NDN) μεταξύ της πύλης και του δαιμόνιου διαχειριστή είτε κρυπτογραφούνται είτε υπογράφονται χρησιμοποιώντας το κατακερματισμένο κωδικό μηνύματος αυθεντικοποίησης (Hash-based Message Authentication Code-HMAC) από αυτό το συμμετρικό κλειδί για την παροχή προστασίας από τις επιθέσεις του ανθρώπου. Η διαμόρφωση ενημέρωσης πραγματοποιείται μέσω αμφίδρομης επικοινωνίας ανταλλαγής ενδιαφέροντος-δεδομένων. Όταν ενημερώνεται το Access Control List (ACL) μιας πύλης (π.χ., ένας νέος χρήστης προστίθεται), ο διαχειριστής δημοσιεύει πρώτα το νέο Access Control List (ACL) στην αποθήκη και στη συνέχεια στέλνει ένα ενδιαφέρον στην πύλη του τοπικού δρομολογητέου ονόματος για να γνωστοποιήσει την αλλαγή. Η πύλη επιστρέφει ένα πακέτο δεδομένων για να αναγνωρίσει την γνωστοποίηση και στέλνει ένα άλλο ενδιαφέρον στον διαχειριστή για να ζητήσει το όνομα του τελευταίου Access Control List (ACL) μέσω του οποίου μπορεί να ανακτήσει τα πραγματικά Access Control List (ACL) δεδομένα από την αποθήκη [37].

Τα δεδομένα του αισθητήρα που δημοσιεύονται από την πύλη συσκευάζονται σε μορφή JavaScript Object Notification (JSON). Για να επιβληθεί ο έλεγχος πρόσβασης, κρυπτογραφείται και μόνο ένας νόμιμος χρήστης μπορεί να την αποκρυπτογραφήσει. Δεδομένου ότι τα ίδια δεδομένα μπορούν να προσεγγιστούν από πολλούς χρήστες το σύστημα χρησιμοποιεί ένα επίπεδο ανακατεύθυνσης για την αποφυγή δημοσίευσης κρυπτογραφημένου αντιγράφου ανά χρήστη όπου τα δεδομένα αισθητήρα είναι κρυπτογραφημένα χρησιμοποιώντας ένα κοινό συμμετρικό κλειδί (sym-κλειδί) ενώ η διανομή του sym-κλειδιού εξακολουθεί να ακολουθεί την ασύμμετρη κρυπτογράφηση. Το sym-κλειδί δημιουργείται από την πύλη και αλλάζει τακτικά σε λογική συχνότητα. Κάθε φορά που δημιουργείται ένα νέο sym-κλειδί η πύλη ξεκινά μια διαδικασία υπηρεσίας διανομής κλειδιού (Key Distribution Service - KDS) η οποία πηγαίνει μέσω του Access Control List (ACL) όπου ανακτά και επαληθεύει το δημόσιο κλειδί κάθε χρήστη και στη συνέχεια δημοσιεύει ένα ασύμμετρα κρυπτογραφημένο αντίγραφο του sym-κλειδιού για κάθε νόμιμο χρήστη. Κάθε πακέτο δεδομένων θα κωδικοποιεί τη χρονική σήμανση του αποκρυπτογραφημένου κλειδιού στο ωφέλιμο φορτίο ώστε οι χρήστες να μπορούν να ανακατασκευάσουν το όνομα του sym-κλειδιού αμέσως μετά τη λήψη δεδομένων. Μια σημαντική διαφορά είναι ότι ο έλεγχος πρόσβασης βάσει κρυπτογράφησης είναι παρόμοιος με το πρωτόκολλο TLS / SSL που χρησιμοποιείται ευρέως στο σημερινό διαδίκτυο. Και τα δύο χρησιμοποιούν ζεύγη δημόσιου / ιδιωτικού κλειδιού για την αυθεντικοποίηση των μερών επικοινωνίας και στη συνέχεια δημιουργούν ένα κοινό μυστικό για την κρυπτογράφηση των

δεδομένων που ανταλλάσσονται μεταξύ των δύο εμπλεκόμενων μερών. Ωστόσο, η θεμελιώδης διαφορά μεταξύ του TLS και του ονοματισμένου δικτύου δεδομένων είναι ότι στη κεντροδοδεμενική προσέγγιση το κλειδί κρυπτογράφησης σχετίζεται με τα ίδια τα δεδομένα αντί του καναλιού επικοινωνίας. Με αυτόν τον τρόπο η συντήρηση μιας ασφαλούς περιμετρικής επικοινωνίας δεν απαιτείται για την ασφάλεια των δεδομένων [37].

Ως πρώτο βήμα εφαρμόζεται ένα NDN-BMS πρωτότυπο για τον έλεγχο της κατανομής των συλλεγόμενων δεδομένων ανίχνευσης από δύο βιομηχανικά πρότυπα συστήματα σε διαφορετικές εγκαταστάσεις. Μεταβιβάζουμε μια υπάρχουσα ροή κρύου νερού και ενός συστήματος ηλεκτρικής παρακολούθησης της ζήτησης από τη χρήση του πρότυπου πρωτοκόλλου Modbus / TCP για τη δημοσίευση δεδομένων χρησιμοποιώντας το NDN-BMS. Η παρακολούθηση ηλεκτρικής ζήτησης εσωτερικά χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο BACnet / IP για τη διανομή δεδομένων αισθητήρων που στη συνέχεια δημοσιεύονται στη δοκιμαστική κλίνη Named Data Networking (NDN) χρησιμοποιώντας το NDN-BMS. Η πρωτότυπη ενσωμάτωση χρησιμοποιεί την υπηρεσία δημοσίευσης δεδομένων βάσει Python και την οπτικοποίηση δεδομένων βάσει φυλλομετρητή διεπαφής χρησιμοποιώντας τη βιβλιοθήκη Named Data Networking (NDN) της Javascript, NDN-JS για την ανάκτηση και την επεξεργασία των δεδομένων. Η υπηρεσία δημοσίευσης δεδομένων επικοινωνεί από μια αξιόπιστη διεύθυνση IP χρησιμοποιώντας παλιά πρωτόκολλα του Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) για την ανίχνευση πυλών και στα δύο κτίρια τα οποία προστατεύονται από τα τείχη προστασίας. Η υπηρεσία συσκευάζει τα δεδομένα σε μορφή JavaScript Object Notification (JSON) και τα εκδίδει σε μια διαδικασία αποθεματοποίησης Named Data Networking (NDN) εκτελούμενο στον ίδιο κεντρικό υπολογιστή [37].

Ο διακομιστής φιλοξενεί επίσης τον ιστότοπο που παρέχει τη διεπαφή ανάκτησης δεδομένων και απεικόνισης για το κοινό χρησιμοποιώντας το NDN.JS για την έκδοση πακέτων ενδιαφέροντος στο δίκτυο Named Data Networking (NDN) χρησιμοποιώντας ένα φίλτρο αποκλεισμού στο πεδίο ενδιαφέροντος για να καθοριστεί το σχετικό εύρος χρονικής σήμανσης για την ζητούμενη ακολουθία δεδομένων. Τα δεδομένα αποκρυπτογραφούνται και καταγράφονται ως μια χρονολογική σειρά στην ιστοσελίδα χρησιμοποιώντας μια βιβλιοθήκη οπτικοποίησης JavaScript, την Envision.Js. Για να αποκρυπτογραφήσει τα πακέτα ανίχνευσης δεδομένων η εφαρμογή Web πρώτα παραλαμβάνει το συμμετρικό κλειδί που κρυπτογραφείται χρησιμοποιώντας το δημόσιο κλειδί και αποκρυπτογραφείται χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο PKCS # 1 V1.5 το οποίο χρησιμοποιείται και για την αποκρυπτογράφηση των δεδομένων του αισθητήρα που έχουν κρυπτογραφηθεί χρησιμοποιώντας το κρυπτογράφο AES-CBC. Οι πολιτικές υπογραφής και η ρίζα του δημόσιου κλειδί του Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) προκαθορίζονται στον κώδικα JavaScript έτσι ώστε η διεπαφή ιστού να μπορεί εύκολα να επαληθεύσει τα πακέτα δεδομένων ακολουθώντας την αλυσίδα εμπιστοσύνης [37].

Η διαδικασία διαμόρφωσης λειτουργεί εξ ολοκλήρου στο Named Data Networking (NDN) χώρο ονόματος και δεν απαιτείται διασταυρούμενη διαμόρφωση όπως απαιτείται σε πολλά τρέχοντα Συστήματα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) βάσει IP στο οποίο κάποιος πρέπει να διαμορφώσει VLANs, διαμόρφωση IP και πρωτόκολλο του Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) διευθυνσιοδοτώντας ακόμη και για πρόσβαση στα βασικά δεδομένα και η ασφάλεια σε επίπεδο πρωτοκόλλου είναι πιθανό να μην είναι καν διαθέσιμη σε πολλές εγκαταστάσεις. Οι μετρήσεις της απόδοσης μπορεί να μην γίνουν στο πρωτότυπο σύστημα καθώς είναι μια απλή ενσωμάτωση Python χωρίς δυνατότητες οπτικοποίησης αλλά μπορούμε να αναλύσουμε την αποτελεσματικότητα του συστήματος σε υψηλότερο επίπεδο από τις προοπτικές ότι το μοντέλο ανάκτησης ασύγχρονων δεδομένων NDN-BMS όπου τα αιτήματα εφαρμογής

υποστηρίζονται από ένα διανεμημένο σύνολο αποθετηρίων, είναι πιθανό να ανταποκρίνονται περισσότερο και να είναι πιο ευέλικτο από τα συγχρονισμένα δεδομένα που υπάρχουν στα παραδοσιακά Συστήματα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) καθώς τα δεδομένα αισθητήρων προέρχονται από την πηγή και δημοσιεύονται ως πακέτα δεδομένων Named Data Networking (NDN) από ένα ή περισσότερα αποθετήρια [37].

Η διαδικασία της συλλογής, της κρυπτογράφησης, της υπογραφής και της συσκευασίας των δεδομένων αισθητήρα θα προκύψουν καθώς παράγονται τα δεδομένα. Επίσης ο φόρτος στους διακομιστές δεδομένων του Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) είναι πιθανό να είναι χαμηλότερη από τα τυπικά συστήματα βάσει IP καθώς το μοντέλο κατανομής των δεδομένων Named Data Networking (NDN) και ο έλεγχος πρόσβασης βάσει κρυπτογράφησης εξαλείφει την ανάγκη οι πελάτες να αλληλεπιδρούν άμεσα με την πηγή δεδομένων καθώς και ότι οι κρυφές μνήμες δικτύου και τα αποθετήρια μπορούν να ανταποκρίνονται στα ίδια ενδιαφέροντα κάνοντας το σύστημα ανθεκτικό στις επιθέσεις Distributed Denial of Service (DDoS), οι οποίες είναι κοινές στις παραδοσιακές εφαρμογές πελάτη-διακομιστή. Τέλος, η βασική προσέγγιση ασφαλείας του συστήματος αναμένεται καλύτερη από την εξάρτηση ασφαλείας βάσει καναλιού επειδή τα δεδομένα αισθητήρα κρυπτογραφούνται μόνο μία φορά και χρησιμοποιούνται για την εξυπηρέτηση πολλών χρηστών οι οποίοι απολαμβάνουν όλα τα οφέλη από την προσωρινή αποθήκευση δεδομένων στην αρχιτεκτονική του Named Data Networking (NDN) ενώ οι παραδοσιακές λύσεις ασφαλείας IP θα πρέπει να κρυπτογραφούν τα ίδια δεδομένα για κάθε χρήστη μέσω μιας παροδικής ασφαλούς σύνδεσης κάθε φορά που ο χρήστης επικοινωνεί με το διακομιστή [37].

6.1.6 Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) με ελάχιστη αλλαγή στα πρωτόκολλα κτιρίου

Μετά την εισαγωγή και ανάπτυξη του ασύρματου αισθητήρα δικτύων προτάθηκαν πολλές εφαρμογές χρήσιμες για μερική ή ολική αντικατάσταση σε υπάρχουσες εφαρμογές ενσύρματης υποδομής όπως η δομική παρακολούθηση υγείας (Structural Health Monitoring - SHM). Στα πλεονεκτήματα συμπεριλαμβάνεται η φθηνότερη τιμή, η εύκολη εγκατάσταση και η τροποποίηση του συστήματος. Οι έξυπνοι αισθητήρες χρησιμοποιούνται για να κάνουν το σύστημα πιο έξυπνο. Η δημιουργία υπάρχουσών εφαρμογών ασύρματων από την πρόταση μιας νέας εφαρμογής όπου οι απαιτήσεις τους είναι άγνωστες έχει ως αποτέλεσμα πολλά πλεονεκτήματα. Το ασύρματο σύστημα θεωρείται ευέλικτο και στην περίπτωση επαναδιαμόρφωσης χώρου, τροποποιήσεις εγκαταστάσεων χώρου αναμένεται σημαντική εξοικονόμηση κόστους. Ένα σημαντικό πρόβλημα είναι ότι το υπάρχον σύστημα συνήθως έχει ένα σύνολο πρωτοκόλλων ανωτέρου στρώματος ήδη αναπτυγμένα και τυποποιημένα. Για παράδειγμα το Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) έχει ένα δίκτυο αυτοματισμού και ελέγχου κτιρίου (Building Automation and Control network – BACnet) που καθορίζει το πρωτόκολλο αλληλεπίδρασης των συσκευών ανίχνευσης, τους άμεσους ψηφιακού ελεγκτές όπως το Direct Digital Control (DDC) και τα κέντρα λειτουργίας ενός κτιρίου [34].

Το BACnet αναπτύσσεται, τυποποιείται και υποτίθεται ότι είναι το κορυφαίο ενσύρματο δίκτυο. Επίσης γίνονται προσπάθειες για την ανάπτυξη ενός νέου πλαισίου συλλογής φυσικών πληροφοριών όπως το sMAP που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για το Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS). Η ZigBee Alliance προσπαθεί να υποστηρίξει το BACnet χρησιμοποιώντας την επικοινωνία ZigBee. Από ένα νέο ασύρματο κατώτατο επίπεδο αναμένουμε να δούμε νέες ασύρματες συσκευές και νέα πρότυπα BACnet.

Είναι υπό εξερεύνηση εάν γίνεται μετατροπή του Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) σε ασύρματο χωρίς τροποποίηση του BACnet χωρίς να υποδηλώνεται ότι το ασύρματο σύστημα υποκαθιστά τις προσπάθειες για επανασχεδιασμό του συστήματος και επαναπροτυποποίησης των πρωτοκόλλων ανώτερου επιπέδου [34].

Γενικά η άμεση αντικατάσταση καλωδίων σε ασύρματες συνδέσεις δεν λειτουργεί. Το Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) είναι υπεύθυνο για τον έλεγχο και την παρακολούθηση του μηχανικού και ηλεκτρικού εξοπλισμού και τα δεδομένα καταγράφονται από τις συσκευές ανίχνευσης οι οποίες συνδέονται μέσω των Direct Digital Control (DDC) που αποτελούν το υλικό του Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) και ταξινομούνται ως συστήματα και κοινά. Η φυσική σύνδεση των Direct Digital Control (DDC) είναι το RS-485, ένα πρότυπο επικοινωνίας δεδομένων φυσικού επιπέδου που χρησιμοποιείται ευρέως στα κτίρια, στον έλεγχο της βιομηχανίας, στον αυτοματισμό κ.λπ. και στην κορυφή του υπάρχει ένα MS / TP (Master Slave / Token Passing) πρωτόκολλο. Τα συστήματα Direct Digital Control (DDC) συνδέονται με το λειτουργικό κέντρο μέσω Ethernet. Το στοιχείο λογισμικού του BMS είναι το BACnet, τυποποιημένο από την ASHRAE, ορίζοντας τη συμπεριφορά αλληλεπίδρασης των συσκευών του Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) [34].

Η μετατροπή των συνδέσεων MS / TP DDC σε ασύρματη επικοινωνία στοχεύει στη βελτίωση της αποδοτικότητας και της ευελιξίας. Οι συνδέσεις Ethernet DDC είναι λιγότερο ευέλικτες και τα καλώδια μπορούν να προγραμματιστούν καλύτερα. Η μετάδοση των ασύρματων συνδέσεων είναι πιο αργή και πιο ασταθής από τις ενσύρματες συνδέσεις έχοντας ως συνέπεια τα δεδομένα από την εφαρμογή στο συγκεκριμένο χρονικό διάστημα μπορεί να υπερβαίνει την χωρητικότητα της ασύρματης σύνδεσης και χρειάζεται μια συνδυασμένη χρήση της αποθήκευσης και του προγραμματισμού. Επίσης για κάθε πλαίσιο, υπάρχει ένας περιορισμός στον χρόνο καθυστέρησης όπου αν δεν ληφθεί μια απόφαση εντός ορισμένου χρονικού διαστήματος θεωρείται λήξαν. Σε ένα MS / TP (Master Slave / Token Passing) αυτό αντιστοιχεί σε 10bit χρόνο το οποίο μπορεί να επιτευχθεί εύκολα από μια ενσύρματη σύνδεση ενώ μια ασύρματη σύνδεση ZigBee μπορεί να υποστηρίξει μόνο 9600bit χρόνο το οποίο δεν μπορεί να βελτιωθεί με την αύξηση του εύρους ζώνης [34].

Στο σύγχρονο πλαίσιο ανταπόκρισης εξοπλίζουμε το Direct Digital Control (DDC) με ασύρματο αισθητήρα Arduino το οποίο διαβάζει από το RS-485. Όταν καλείται το Direct Digital Control (DDC) ξεκινάει μια έρευνα από το q-DDC όπου ο αισθητήρας επισυνάπτει τον αισθητήρα q και τον αισθητήρα λήψης λαμβάνοντας το r-DDC και τον αισθητήρα r. Μετά τη λήψη αιτήματος από το q-DDC ο αισθητήρας q στέλνει το αίτημα στον αισθητήρα r το οποίο το στέλνει στο r-DDC και απαντάει στον αισθητήρα q. Για τον περιορισμό των καθυστερήσεων ο αισθητήρας q μπορεί να στείλει απάντηση στην ασύγχρονη q-DDC από το αίτημα αποστολή / λήψης από τον αισθητήρα r με τη χρήση του πρωτοκόλλου MS / TP (Master Slave / Token Passing). Η ασύγχρονη απόκριση μπορεί να διατηρήσει τη ροή ελέγχου των πρωτοκόλλων ανώτερου στρώματος άθικτα. Επίσης υπάρχει ένα σχέδιο για την ιεράρχηση και τον προγραμματισμό της μετάδοσης δεδομένων σε περίπτωση σύνδεσης ποιότητας και της μεταβολής της απόδοσης. Επίσης το GUI χρησιμοποιείται για τον έλεγχο των συσκευών ανίχνευσης μέσω Direct Digital Control (DDC). Όλες οι έγκυρες λειτουργίες θα περάσουν από το BACnet που είναι το κορυφαίο ασύρματο σύστημα. Η πραγματική κίνηση δεδομένων θα εμφανίζεται στο κοινό από το BMS και όχι τα πλαίσια δεδομένων, το πρωτόκολλο BACnet εξακολουθεί να επιβάλλει πλαίσια ελέγχου για τη διατήρηση της συνδεσιμότητας του Direct Digital Control (DDC) και των συσκευών ανίχνευσης [34].

6.1.7 Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) βάσει Διαχείρισης Πληροφοριών Κτιρίου (Building Information Management - BIM)

Το 40% με 60% του ενεργειακού κόστους καταναλώνεται από κτίρια ενώ η εξοικονόμηση φτάνει το 20%. Για την καλύτερη ενεργειακή διαχείριση και κόστους χρησιμοποιούνται τα Συστήματα Ενεργειακής Διαχείρισης (Building Management System - BMS), η Διαχείριση Πληροφοριών Κτιρίου (Building Information Management - BIM) και η Τεχνολογία Πληροφοριών και Επικοινωνίας (ΤΠΕ). Το Σύστημα Κτιριακής Διαχείρισης (Building Management System - BMS) λειτουργεί αυτόματα και δείχνει αποθηκευμένα δεδομένα που χρησιμεύουν στους ιδιοκτήτες και στους διαχειριστές εγκαταστάσεων παρέχοντας πληροφορίες για τη συντήρηση μηχανής ή κατανάλωσης ενέργειας των χρηστών επιτρέποντας τον υπολογισμό κόστους ή δείχνει δεδομένα πραγματικού χρόνου βοηθά στη λήψη αποφάσεων στοχεύοντας στην άνεση των χρηστών. Στοχεύει στη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης και στην αύξηση της άνεσης. Καλύπτει όλα τα στοιχεία ελέγχου όπως λογισμικό, διαδίκτυο σύνδεσης, ελεγκτές και κεντρικούς ελεγκτές. Αποτελείται από το επίπεδο πεδίου, το αυτοματοποιημένο επίπεδο και το επίπεδο διαχείρισης. Στο επίπεδο πεδίου οι ελεγκτές ανταποκρίνονται σε ερέθισμα από αισθητήρες, μετρητές, διακόπτες ή βαλβίδες. Στο αυτοματοποιημένο επίπεδο υπάρχει η εκτέλεση και η επικοινωνία όπου γίνεται η λήψη δεδομένων και μεταφέρονται σε μια διεπαφή (Web Browser) [27].

Η Διαχείριση Πληροφοριών Κτιρίου (Building Information Management - BIM) βοηθάει στο σχεδιασμό ενός δικτύου αισθητήρων επιτρέποντας την εύκολη διαχείριση και την γραφική αναπαράσταση τους και αποθηκεύει τις προδιαγραφές καθώς και στην κτιριακή ανάλυση απόδοσης μέσω προσομοίωσης ενέργειας για την ανακαίνιση παλιών κτιρίων. Επίσης αποτελεί τη διαδικασία δημιουργίας και διαχείρισης κτιριακών δεδομένων κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής χρησιμοποιώντας ένα τρισδιάστατο λογισμικό μοντελοποίησης κτιρίων για την αύξηση της παραγωγικότητας στο σχεδιασμό και την κατασκευή. Χρησιμοποιεί ένα τρισδιάστατο μοντέλο, το πραγματικό χρόνο και το δυναμικό λογισμικό κτιριακού σχεδιασμού για την αύξηση της παραγωγικότητας στο κτιριακό σχεδιασμό και την κατασκευή. Είναι ένα ώριμο ψηφιακό πλαίσιο που μοντελοποιεί τα δομικά στοιχεία και τις σχέσεις τους. Θεωρείται μια ολοκληρωμένη βάση δεδομένων με συντονισμένες πληροφορίες όπου συνεισφέρουν πολλοί συμμετέχοντες στη διαδικασία σχεδιασμού. Τέλος αποτελεί το πιο κατάλληλο μέσο αποθήκευσης κτιριακών δεδομένων και απόδοσης για τον προσδιορισμό των προδιαγραφών των αισθητήρων. Στα εργαλεία σχεδιασμού δικτύου αισθητήρων περιλαμβάνεται η κτιριακή γεωμετρία, το σύστημα Heating, ventilation and air conditioning (HVAC) και ο φωτισμός συστήματος που αποθηκεύονται στο μοντέλο καθώς επίσης και η ιεράρχηση απόδοσης που προσδιορίζει τις προδιαγραφές των αισθητήρων. Το μοντέλο προσομοίωσης συμβάλλει στην κατανόηση του προφίλ χρησιμοποιούμενης ενέργειας και των επιπτώσεων των κτιριακών συστημάτων και αποτελεί πηγή δεδομένων για την προσομοίωση απόδοσης μετρικής παραγωγής. Για τη δημιουργία λεπτομερών μοντέλων χρησιμοποιούνται τα πακέτα λογισμικού Autodesk Revit Architecture για την γεωμετρική αναπαράσταση και το Revit MEP για τη δημιουργία των συστημάτων Heating, ventilation and air conditioning (HVAC) και φωτισμού καθώς επίσης ενσωματώνεται το υλικό IES VE για περιορισμένες ολοκληρωμένες περιβαλλοντικές λύσεις για την προσομοίωση θέρμανσης και ψύξης σε υπάρχον μοντέλο. Δίνεται η δυνατότητα σύγκρισης της πραγματικής ενεργειακής κατανάλωσης από το Σύστημα Κτιριακής Διαχείρισης (Building Management System - BMS) με την προσομοίωση ενέργειας επιτρέποντας μια καλύτερη αξιολόγηση και επιβεβαίωση του τρισδιάστατου μοντέλου στη Διαχείριση Πληροφοριών Κτιρίου (Building Information Management - BIM) [27].

6.2 Σύστημα Διαχείρισης Ενέργειας Κτιρίων (Building Energy Management System - BEMS)

Στην παρούσα υποενότητα θα γίνει αναφορά στο σχεδιασμό του Συστήματος Διαχείρισης Ενέργειας Κτιρίων (Building Energy Management System - BEMS) μέσω του συνόλου κανόνων, της κυβερνητικής ασφάλειας και βάσει του έξυπνου δικτύου.

6.2.1 Σύστημα Διαχείρισης Ενέργειας Κτιρίου (Building Energy Management System - BEMS) με σύνολα κανόνων

Τα κτίρια θεωρούνται ως ταχύτερη αναπτυσσόμενη πηγή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας εκτιμώμενη στην Ευρωπαϊκή Ένωση με 40-45% συνολική ενεργειακή κατανάλωση και 50% εκπομπές αερίων θερμοκηπίου (GreenHouse Gas - GHG). Επίσης οι απαιτήσεις για τη διασφάλιση της απαραίτητης θερμικής και οπτικής άνεσης, τη ποιότητα του εσωτερικού αέρα αυξάνονται επηρεαζόμενα από την τιμή, την αύξηση του πληθυσμού και την τεχνολογία. Τα Συστήματα Κτιριακής Ενεργειακής Διαχείρισης (Building Energy Management Systems - BEMS) συμβάλλουν στην ενεργειακή διαχείριση και στην εξοικονόμηση κόστους και ενέργειας καθώς επίσης εφαρμόζονται στον έλεγχο των συστημάτων θέρμανσης, εξαερισμού και κλιματισμού (Heating, Ventilation, and Air-Conditioning - HVAC) καθορίζοντας τους χρόνους λειτουργίας τους. Η απόδοση των Συστημάτων Κτιριακής Ενεργειακής Διαχείρισης (Building Energy Management Systems – BEMS) σχετίζεται με την κτιριακή καταναλώμενη ενέργεια και την άνεση των χρηστών. Συμβαδίζει με τις εξελίξεις στην τεχνολογία των υπολογιστών, των τηλεπικοινωνιών και της πληροφορίας εφαρμόζοντας σύγχρονες τεχνικές και μεθόδους [32].

Τεχνικές που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο των συστημάτων θέρμανσης, εξαερισμού και κλιματισμού (Heating, Ventilation, and Air-Conditioning – HVAC) είναι η τοποθέτηση πόλων, ο βέλτιστος ρυθμιστής και ο προσαρμοστικός έλεγχος καθώς επίσης και μέθοδοι που βασίζονται σε υπολογιστές όπως αλγόριθμους και νευρωνικά δίκτυα για τον έλεγχο συγκεκριμένων συστημάτων. Άλλες μέθοδοι ελέγχου βελτιστοποίησης κτιριακών συστημάτων αποτελούν τα εμπειρικά μοντέλα, οι σταθμισμένοι ασαφείς γλωσσικοί κανόνες, η βελτιστοποίηση προσομοίωσης και ο online προσαρμοστικός έλεγχος. Οι ενσωματωμένοι έλεγχοι στα συστήματα χρησιμοποιούν γενετικούς αλγόριθμους, βελτιστοποιημένους ασαφείς ελεγκτές για την εσωτερική περιβαλλοντική διαχείριση και πρόβλεψη απασχόλησης με σύστημα βασισμένο στη γνώση. Τα Συστήματα θέρμανσης, εξαερισμού και κλιματισμού (Heating, Ventilation, and Air-Conditioning – HVAC) χρησιμοποιούνται στα έξυπνα κτίρια. Είναι αναγκαία η ύπαρξη ενός ολοκληρωμένου μοντέλου υποστήριξης αποφάσεων για τη διαχείριση των κτιριακών λειτουργιών το οποίο να χαρακτηρίζεται από εγγύηση ποιότητας διαβίωσης και εξοικονόμηση ενέργειας αντιπροσωπευόμενη από μεθόδους και τεχνικές [32].

Το κλασικό μοντέλο Συστήματος Κτιριακής Ενεργειακής Διαχείρισης (Building Energy Management Systems – BEMS) πρέπει να προσαρμοστεί στις κτιριακές ανάγκες παρέχοντας την κατάλληλη χαρτογράφηση των περιοχών και των στοιχείων. Το μοντέλο περιλαμβάνει εσωτερικούς και εξωτερικούς αισθητήρες για τη καταγραφή ή μέτρηση της θερμοκρασίας, της υγρασίας, της ποιότητας αέρα, της κίνησης και του φωτισμού. Επίσης περιλαμβάνει ελεγκτές όπως διακόπτες, βαλβίδες, ενεργοποιητές κλπ., μονάδα απόφασης για την υποστήριξη αποφάσεων σε πραγματικό χρόνο με δυνατότητες αλληλεπίδρασης με τους αισθητήρες για τη διάγνωση της κτιριακής κατάστασης και το σχηματισμό του κτιριακού ενεργειακού προφίλ, την ενσωμάτωση ενός εξειδικευμένου και ευφυούς συστήματος τεχνικών για την επιλογή κατάλληλων παρεμβάσεων ανάλογα με τα αιτήματα, την

επικοινωνία με τους κτιριακούς ελεγκτές για την εφαρμογή της απόφασης. Επιπλέον περιλαμβάνει τη βάση δεδομένων με ενεργειακά χαρακτηριστικά και γνώσεις. Η παρακάτω διαδικασία αντιπροσωπεύεται από διάγραμμα λογικής ροής που περιλαμβάνει τις απαιτήσεις των κτιριακών χρηστών για τις συνθήκες εσωτερικού χώρου ορίζοντας τις τιμές για τον έλεγχο των παραμέτρων θερμοκρασίας, υγρασίας, ποιότητας αέρα και φωτισμό. Επίσης περιλαμβάνει τις απαιτήσεις παραμέτρων των χρηστών για άνετες εσωτερικές συνθήκες συμπεριλαμβάνοντας την ποιότητα αέρα, τον έλεγχο θερμικής άνεσης και την φωτεινότητα βάσει των οδηγιών της Αμερικάνικης Κοινότητας Μηχανικών Θέρμανσης, Ψύξης και Κλιματισμού (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers - ASHRAE) και τον Διεθνή Οργανισμό Τυποποίησης (International Organization for Standardization – ISO) για συνθήκες θερμικής άνεσης και ποιότητα εσωτερικού αέρα για την απασχόληση και τον φωτισμό [32].

Όσον αφορά τα αποτελέσματα εάν υπάρχει απόκλιση μεταξύ εισόδου χρήστη και του όχι τότε επιλέγεται η είσοδος, εάν δεν υπάρχει απόκλιση μεταξύ της εισόδου του χρήστη και του εύρους των παραμέτρων τότε επιλέγεται η είσοδος του χρήστη, εάν υπάρχει απόκλιση μεταξύ της εισόδου του χρήστη και του εύρους των παραμέτρων τότε σε περίπτωση που έχουμε κατάσταση με χειρονακτικό χειρισμό το μοντέλο αγνοεί την απόκλιση και χρησιμοποιεί την είσοδο του χρήστη ενώ σε περίπτωση που έχουμε κατάσταση με αυτόματο χειρισμό το μοντέλο ομαλοποιεί την είσοδο του χρήστη εντός του εύρους των παραμέτρων επιλέγοντας τιμές με ελάχιστη απόκλιση από την είσοδο του χρήστη. Στην ανάγκη παρέμβασης μετά τον προσδιορισμό των απαιτήσεων του χρήστη, την καταγραφή των συνθηκών εσωτερικού χώρου με αισθητήρες και υπολογίζεται η απόκλιση μεταξύ τους όπου εάν δεν υπάρχει απόκλιση μεταξύ της τωρινής κατάστασης και της κατάστασης εισόδου του χρήστη, η διαδικασία ελέγχου τελειώνει χωρίς παρέμβαση ενώ σε περίπτωση απόκλισης τότε υπάρχει ανάγκη παρέμβασης. Στην επιλογή παρέμβασης όταν είναι αναγκαία η παρέμβαση το μοντέλο αποφασίζει για την κατάλληλη μέθοδο παρέμβασης μέσω μιας λογικής και συγκριτικής σειράς η μονάδα απόφασης αποφασίζει την μέθοδο παρέμβασης και παράγει επαρκή σήματα για τον κτιριακό ελεγκτή [32].

Οι πηγές που χρησιμοποιούνται για την επιλογή της κατάλληλης παρέμβασης είναι οι εγγραφές εσωτερικών και εξωτερικών συνθηκών καθώς και τα κτιριακά ανοίγματα (παράθυρα, πόρτες) επειδή η συνεισφορά των εξωτερικών συνθηκών είναι πολύ σημαντική για τον αποτελεσματικό έλεγχο της κτιριακής θερμοκρασίας και φωτεινότητας στο πλαίσιο εξοικονόμησης ενέργειας, τα δεδομένα από τη βάση δεδομένων που περιλαμβάνουν τα ενεργειακά χαρακτηριστικά όπως η δομική δομή και οι μονάδες θέρμανσης, ψύξης και κλιματισμού όπου οι τύποι χώρων προσδιορίζονται από παραμέτρους καταγραφής χαρακτηριστικών και ανταπόκρισης λειτουργιών, επίσης περιλαμβάνει δεδομένα για την χωρική ενεργειακή κατανάλωση και για τις προβληματικές εσωτερικές συνθήκες για αυτό χρειάζεται μια πλήρη ενημερωμένη περιγραφή της κτιριακής κατάστασης συμπεριλαμβανομένου μετρήσεων και τεχνικών προδιαγραφών για κάθε στοιχείο. Επίσης ως πηγή χρησιμοποιούνται τα δεδομένα από τη βάση δεδομένων με γνωσιακά χαρακτηριστικά που περιλαμβάνει γνώση ειδικών όπου γίνεται ανάκληση πληροφοριών και χρήση στη λήψη αποφάσεων [32].

Τα γνωσιακά δεδομένα κατηγοριοποιούνται στις ιστορικές εγγραφές όπου περιλαμβάνονται οι απαιτήσεις και οι αποφάσεις του μοντέλου που καταγράφονται και αποθηκεύονται στη βάση δεδομένων επιτρέποντας τον εντοπισμό καταστάσεων υψηλής κατανάλωσης και των αιτίων τους καθώς και αξιολογήσεις του χώρου μέσω των μεθόδων παρέμβασης που αποφασίζονται από το μοντέλο. Επίσης κατηγοριοποιούνται στους κανόνες εμπειρογνομόνων όπου περιλαμβάνονται κανόνες για τη μονάδα απόφασης που αποθηκεύονται στη βάση δεδομένων γνώσεων συνδυάζοντας τις κτιριακές καταστάσεις με τις

απαιτήσεις του χρήστη και παρέχουν μια λογική και εξειδικευμένη αιτιολόγηση μοντέλου αποτελώντας μια ακολουθία σημάτων και εντολών προς τους ελεγκτές και τους ενεργοποιητές για την εφαρμογή των αποτελεσμάτων του μοντέλου [32].

Το μοντέλο έχει την ικανότητα να μετριάσει τις έξυπνες παρεμβάσεις για να εξασφαλίσει θερμική άνεση και ενεργειακή εξοικονόμηση όπως αξιολόγηση και σύγκριση του τρέχοντος κτιριακού φορτίου με του επιθυμητού και σε περίπτωση ακραίας κατανάλωσης ενέργειας να γίνει μείωση ανάλογα με τις ανάγκες της περιοχής. Οι δείκτες ποιότητας θερμικού και ατμοσφαιρικού αέρα υπολογίζουν μέσω της χρήσης ιστορικών δεδομένων και καθορίζουν τη προσαρμοστικότητα των περιοχών στις τιθέμενες παρεμβάσεις, ενεργοποιεί κατάλληλες διαδικασίες για την προθέρμανση και απενεργοποίηση του εξοπλισμού σε συγκεκριμένες χρονικές στιγμές εξαρτώμενα από το καταγραφόμενο ενεργειακό προφίλ. Η μονάδα υποστήριξης απόφασης μπορεί να χρησιμοποιήσει εργαλεία και λογισμικό όπως "MS Access" που χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη βάσεων δεδομένων για τα κτιριακά ενεργειακά χαρακτηριστικά και τις βάσεις δεδομένων γνώσεων, τη γλώσσα προγραμματισμού "Visual Basic 6.0" για τη διασύνδεση των αισθητήρων και των ελεγκτών στη βάση δεδομένων, το "Clips 6.2" για την επεξεργασία κανόνων και αναφορών στη διαδικασία αποφάσεων. Το "Visual Basic 6.0" και η "MS Access" λειτουργούν με χαμηλές απαιτήσεις υλικού και όσον αφορά την ανάπτυξη βάσεων δεδομένων, τα αποθηκευμένα κτιριακά ενεργειακά χαρακτηριστικά και η βάση δεδομένων γνώσεων είναι δυναμικά επιτρέποντας στους κτιριακούς διαχειριστές να ορίσουν νέα κτίρια, τύπους περιοχών, εξαρτήματα και κανόνες. Η ενσωματωμένη στο σύστημα παραγωγής γλώσσα C (C Language Integrated Production System - CLIPS) με εξειδικευμένο σύστημα και ευρεία αποδοχή σε κυβερνητικούς οργανισμούς, βιομηχανίες και ακαδημαϊκούς λόγω της φορητότητας, της επεκτασιμότητας, τις δυνατότητες και το χαμηλό κόστος. Διεθνώς το "CLIPS" χρησιμοποιείται για το σχεδιασμό εγκαταστάσεων ισχύος, το χειρισμό μιας έξυπνης βάσης δεδομένων για εφαρμογές μηχανικής και ενσωμάτωση διάφορων ευφυών συστημάτων. Το "CLIPS" παρέχει ένα πλήρες περιβάλλον για την ανάπτυξη κανόνων βασισμένα στο εξειδικευμένο σύστημα μειώνοντας την προσπάθεια και το κόστος στην ανάπτυξη του παρέχοντας δυνατότητα κλιμάκωσης, αξιοπιστίας και συμβατότητας με την πλειοψηφία των υπολογιστών [32].

Στόχος του σχεδιασμού της μονάδας υποστήριξης απόφασης ήταν η αξιοποίηση των κανόνων που τροποποιούνται από τα καταγραφόμενα δεδομένα της λειτουργίας των Συστημάτων Ενεργειακής Διαχείρισης Κτιρίων (Building Energy Management System – BEMS) όπου σε ένα τυπικό κτίριο τα σημεία τροποποίησης και ελέγχου προσδιορίζονται από τις εσωτερικές συνθήκες και τα ηλεκτρομηχανικά στοιχεία του κτιρίου. Στις παραμέτρους συμπεριλαμβάνονται οι εισοδοί που αποτελούν το πρώτο σετ παραμέτρων και περιλαμβάνουν παράγοντες που αφορούν τις εσωτερικές συνθήκες και το χρονικό προγραμματισμό, οι έξοδοι που αποτελούν το δεύτερο σετ παραμέτρων και περιλαμβάνουν παράγοντες που αφορούν τους ελεγκτές και τους ενεργοποιητές, το υποστηρικτικό που αποτελείται από ομάδα παραμέτρων καταχώρησης άνεσης χώρου ή ελέγχου δυσκολίας δημιουργώντας ένα σύνολο κανόνων καλύπτοντας όλες τις πιθανές αιτήσεις ενός τυπικού κτιρίου συνδυάζοντας τις παραμέτρους των εισόδων και των εξόδων κατηγοριοποιημένα στις εσωτερικές συνθήκες άνεσης, την αποτελεσματικότητα της κτιριακής ενέργειας, τη συμβατότητα της μονάδας υποστήριξης απόφασης με υποκατηγορίες την εσωτερική θερμοκρασία / σχετική υγρασία, την ποιότητα του αέρα που περιλαμβάνει κανόνες παρακολούθησης της ποιότητας του αέρα στο εσωτερικό χώρο για την εξακρίβωση των σφαλμάτων μέσω αισθητήρων συγκέντρωσης εκπομπών CO₂ και κατάλληλη προσαρμογή στα σφάλματα για το συγκεκριμένο χώρο, τη φωτεινότητα που περιλαμβάνει κανόνες παρακολούθησης φωτεινότητας μέσω των αισθητήρων καθώς και απαραίτητες προσαρμογές των συσκευών φωτισμού βάσει

προεπιλεγμένων σφαλμάτων για κάθε χώρο, την κίνηση που περιλαμβάνει κανόνες παρακολούθησης της κίνησης μέσω αισθητήρων και κατάλληλων τροποποιήσεων των λειτουργιών των ηλεκτρομηχανικών εξαρτημάτων για την παρουσία κτιριακών χρηστών [32].

Στο δεύτερο σύνολο κανόνων συμπεριλαμβάνονται κανόνες για την κτιριακή ενεργειακή αποτελεσματικότητα με υποκατηγορίες την έναρξη / λήξη βελτιστοποίησης με κανόνες ανάλογα με την περιοχή όπου συμπεριλαμβάνονται οι ώρες προθέρμανσης και οι διαδικασίες απενεργοποίησης για την πιθανή εξοικονόμηση ενέργειας, τη διαδικαστική ιεραρχία που περιλαμβάνει κανόνες παρέμβασης ιεραρχίας για τη θερμοκρασία, τη σχετική υγρασία, τη ποιότητα του αέρα και τη ρύθμιση φωτεινότητας για το σχηματισμό βέλτιστης λειτουργίας καθώς και κανόνες συνεργασίας μεταξύ των κτιριακών ηλεκτρομηχανικών εξαρτημάτων και των συνθηκών εξωτερικού χώρου όπως η χρήση καθαρού αέρα για ψύξη και η χρήση εξωτερικού φωτισμού μέσω των κιβωτίων κίνησης για την αύξηση της εσωτερικής φωτεινότητας. Τη βελτιστοποίηση διαχείρισης ενέργειας που περιλαμβάνουν κανόνες για τον έλεγχο καταναλωτικής ενέργειας σε χρησιμοποιούμενες περιοχές με στόχο τον εντοπισμό περιόδων υψηλής κατανάλωσης κατά τη λειτουργία και των ηλεκτρομηχανικών εξαρτημάτων συμπεριλαμβανομένου ενέργειας για τη μείωση της κατανάλωσης χωρίς δυσκολίες [32].

Η μονάδα απόφασης περιλαμβάνει την αρχικοποίηση συστήματος όπου περιλαμβάνονται κανόνες που ορίζουν τα επιτρεπτά όρια για τις μεταβλητές εισόδου σχετικά με τη θερμοκρασία, την σχετική υγρασία και την ποιότητα του αέρα για την άνεση και την εξοικονόμηση ενέργειας. Επίσης περιλαμβάνει την ανάγκη παρέμβασης που περιλαμβάνει κανόνες που καθορίζουν τα κατάλληλα κατώτατα όρια για παρεμβάσεις στη θέρμανση, ψύξη, ενυδάτωση, αφυδάτωση, αερισμό και φωτισμό. Επιπλέον περιλαμβάνει την κλίμακα απόκλισης των συνθηκών εσωτερικού που αποτελείται από κανόνες που προσδιορίζουν τις αποκλίσεις μεταξύ των απαιτήσεων των χρηστών και της τρέχουσας συνθήκες χώρου για όλες τις παραμέτρους ελέγχου. Επιπρόσθετα περιλαμβάνει την επιλογή παρέμβασης όπου περιλαμβάνονται κανόνες που ορίζουν την επιλογή για την κάλυψη ενεργειών της απαιτούμενης παρέμβασης όπως την (απ)ενεργοποίηση των κτιριακών στοιχείων και καθορίζουν τα στοιχεία προσαρμογής των εσωτερικών συνθηκών. Τέλος περιλαμβάνει τον προσδιορισμό της έντασης παρέμβασης όπου περιλαμβάνονται κανόνες που προσδιορίζουν τον βαθμό της παρέμβασης σύμφωνα με τους δείκτες χώρου και της κλιμάκωσης των ηλεκτρομηχανικών στοιχείων των ελεγκτών [32].

Η κατανάλωση ενέργειας σε δημόσια και ιδιωτικά κτίρια αποτελεί το 30% της συνολικής εθνικής ενεργειακής ζήτησης συμβάλλοντας στο 40% των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στην Ελλάδα. Η θέρμανση και η ψύξη των κτιρίων καταναλώνουν το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας στην εγχώρια αγορά με αποτέλεσμα τα Συστήματα Ενεργειακής Διαχείρισης Κτιρίων (Building Energy Management System – BEMS) να συμβάλλουν στην ελαχιστοποίηση των κτιριακών ενεργειακών απωλειών. Η Ελληνική Γενική Γραμματεία Έρευνας και Τεχνολογίας (ΓΓΕΤ) / Hellenic General Secretariat for Research and Technology (GSRT) χρηματοδότησε το έργο Εξοικονόμηση Ενέργειας στα Κτίρια μέσω Ευφυούς Ελέγχου και Επικοινωνιών / Building Intelligence: Energy Savings in Buildings via Intelligent Control and Communications (ESBi2C) για την ανάπτυξη ενός έξυπνου Συστήματος Ενεργειακής Διαχείρισης Κτιρίων (Building Energy Management System – BEMS) βασισμένο στις τελευταίες τεχνολογίες αυτοματοποίησης και δικτύωσης σε συνδυασμό με τις τεχνικές βελτιστοποίησης ενισχυμένων πολλαπλών αντικειμένων [32].

Οι ενεργειακές απαιτήσεις του κτιρίου καλύπτονται από ηλεκτρική ενέργεια και άλλα μέσα παραγωγής ενέργειας. Στην κατανάλωση κτιριακής ενέργειας περιλαμβάνονται ο φωτισμός εντός και εκτός κτιρίου, ο υδραυλικός ανελκυστήρας, το κεντρικό σύστημα Heating, ventilation and air conditioning (HVAC), οι υπολογιστές και ο εξοπλισμός γραφείου

(εκτυπωτές, φαξ), η αίθουσα διακομιστών (τηλεφωνικό κέντρο, εξυπηρετητές, δρομολογητές, εξοπλισμό δικτύωσης) και οι ηλεκτρικές αντλίες για την απόρριψη νερού. Το τυπικό Σύστημα Ενεργειακής Διαχείρισης Κτιρίων (Building Energy Management System – BEMS) περιλαμβάνει ξεχωριστούς μικροελεγκτές, αισθητήρες και ενεργοποιητές για την φωτεινότητα, τη θερμοκρασία και τον έλεγχο ποιότητας αέρα, το κεντρικό σύστημα Heating, ventilation and air conditioning (HVAC) με τοπικούς ελεγκτές για κάθε περιοχή και το κεντρικό υπολογιστή για τον υποβοηθούμενο έλεγχο, το σύστημα διανομής αέρα Heating, ventilation and air conditioning (HVAC) που χαρακτηρίζεται ως τοπική ή αποκεντρωμένη όπου οι ροές αέρα εισάγονται χωρίς προηγούμενη διαδικασία θέρμανσης ή ψύξης όπου μετά ρυθμίζονται στην κατάλληλη θερμοκρασία μέσω της χρήσης εσωτερικών μονάδων. Η ροή του εισερχόμενου αέρα μπορεί να χαρακτηριστεί ως μεταβλητή λόγω της ύπαρξης κλιμάκων στους αεραγωγούς των εσωτερικών μονάδων όπου δεν προέρχεται από μια κεντρική μονάδα διαχείρισης αέρα αλλά από ένα αγωγό που εισάγει το υπαίθριο αέρα στο σύστημα. Τους αισθητήρες για τον έλεγχο παρουσίας χρηστών, τις συσκευές κατανάλωσης ενέργειας και το λογισμικό κεντρικού ελέγχου διαχείρισης [32].

Ο τύπος κάθε στοιχείου του συστήματος είναι προκαθορισμένος και όσον αφορά τα αποτελέσματα η θερμοκρασία, η σχετική υγρασία και η ποιότητα αέρα σε συγκεκριμένους χώρους θα πρέπει να είναι σύμφωνα με τις διάφορες απαιτήσεις των χρηστών χωρίς δύσκολες καταστάσεις προς αντιμετώπιση. Οι διαδικασίες προθέρμανσης και απενεργοποίησης συμβάλλουν στην ενεργειακή άνεση όλο το χρόνο αλλά το χειμώνα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο έλεγχος του κλείστρου και όχι ο εξωτερικός αέρας θέρμανσης επιτρέποντας τη θέρμανση μέσω του ηλιακού φωτός. Τα επίπεδα φωτεινότητας σε ένα χώρο εξασφαλίζουν επίσης συνθήκες άνεσης μέσω ελέγχου με τη βοήθεια των παραθυρόφυλλων και της ρύθμισης των φώτων όπου η εξοικονόμηση ενέργειας με τα συστήματα Heating, ventilation and air conditioning (HVAC) έχουν ως αποτέλεσμα την ύπαρξη κλειστών ρολών κατά τις καλοκαιρινές μέρες με αποτέλεσμα την ύπαρξη περισσότερης ενεργειακής απόδοσης λόγω της βελτιστοποιημένης χρήσης του κτιριακού ηλεκτρομηχανικού εξοπλισμού και της αποφυγής του Heating, ventilation and air conditioning (HVAC) και του φωτισμού σε περιοχές χωρίς χώρο. Το παραπάνω μοντέλο με τη χρήση των εξειδικευμένων συστημάτων για τον έλεγχο των κτιριακών λειτουργικών δεδομένων διεξάγει διαγνώσεις των εσωτερικών συνθηκών και της βελτιστοποίησης της κτιριακής ενεργειακής λειτουργίας μειώνει την κατανάλωση ενέργειας σε ικανοποιητικά επίπεδα με δυνατότητα περισσότερης μείωσης χωρίς να κινδυνεύει η υγεία των χρηστών. Στα βιώσιμα μέτρα συμπεριλαμβάνονται η αντικατάσταση των υφιστάμενων λαμπτήρων χαμηλής απόδοσης (πυρακτώσεως) με αποδοτικότερους λαμπτήρες φωτισμού σε δημόσιους χώρους, η εγκατάσταση θερμομονωτικών κουρτινών στα γραφεία με νότιο προσανατολισμό ώστε να ελαχιστοποιηθεί η διείσδυση της ηλιακής ακτινοβολίας, η εγκατάσταση κινητήρων για την αυτοματοποίηση των υφιστάμενων σκιών στις περιοχές γραφείων, η εγκατάσταση διαφόρων οδηγών μεταβλητής ταχύτητας-VSD σε ανεμιστήρες [32].

Τα κεντρικά συστήματα συντονισμού μέσω της ενσωμάτωσης της τεχνολογίας των υπολογιστών και της πληροφορίας στα Συστήματα Ενεργειακής Διαχείρισης Κτιρίου (Building Energy Management System – BEMS) μπορούν να παρακολουθούν και να ελέγχουν κτιριακές δραστηριότητες και υπηρεσίες. Σε αυτή την προσπάθεια τα συστήματα υποστήριξης αποφάσεων μπορούν να συμβάλλουν στην υλοποίηση της συνεχούς διαχείρισης ενέργειας των καθημερινών λειτουργιών στοχεύοντας στη διατήρηση των συνθηκών άνεσης των απασχολούμενων, ελαχιστοποιώντας την κατανάλωση ενέργειας και κόστους χρησιμοποιώντας κανόνες για την κτιριακή ενεργειακή διαχείριση με στόχο την εξασφάλιση επιθυμητών επιπέδων ποιότητας διαβίωσης και εξοικονόμησης ενέργειας για την προστασία του περιβάλλοντος επιτρέποντας κεντρική παρακολούθηση της κτιριακής καταναλώμενης

ενέργειας μετατρέποντας την κτιριακή ενεργειακή γνώση σε διάφορους κανόνες και σε ηλεκτρονικές εντολές στους ενεργοποιητές συσκευών για τη δημιουργία ενός αξιόπιστου ενεργειακού προφίλ χρησιμοποιώντας εξειδικευμένη γνώση και εσφαλμένες αποφάσεις μπορούν να συντονιστούν και να εξαλειφθούν μέσω της έξυπνης παρακολούθησης και του ελέγχου της βελτιστοποιημένης έναρξης / διακοπής του Heating, ventilation and air conditioning (HVAC) και συστήματος φωτισμού. Το μοντέλο αυτό συμβάλει στη βελτίωση της ποιότητας του αέρα των εσωτερικών χώρων και στην εξοικονόμηση ενέργειας. Επίσης η διεπαφή είναι φιλική και η αρχιτεκτονική επιτρέπει την εύκολη και συνεχή ενημέρωση και απεριόριστη επέκταση με εφαρμογή εξειδικευμένης γνώσης για τη βελτίωση της κτιριακής ενεργειακής διαχείρισης σε πολλά κτίρια με αποτέλεσμα την εξασφάλιση της ευελιξίας με περαιτέρω δυνατότητες βελτίωσης της κτιριακής ενεργειακής διαχείρισης βάσει κανόνων και έξυπνων παρεμβάσεων [32].

6.2.2 Σύστημα Διαχείρισης Ενέργειας Κτιρίου (Building Energy Management System – BEMS) με κυβερνητική ασφάλεια

Τα Συστήματα Ενεργειακής Διαχείρισης (Energy management systems - EMS) χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο κτιριακής ενέργειας χρησιμοποιώντας τεχνολογίες ελέγχου και απόκτησης δεδομένων (Supervisory Control And Data Acquisition - SCADA) και Συστήματα Κτιριακής Διαχείρισης (Building Management Systems - BMS) για την παροχή χρήσιμης ενέργειας και την μεγιστοποίηση της άνεσης του χρήστη μειώνοντας την χρησιμοποιούμενη ενέργεια. Τα Συστήματα Ενεργειακής Διαχείρισης (Energy management systems - EMS) εγκαθίστανται μόνο όταν υπάρχουν φυσικές πιθανές απειλές και συνδέονται στο κτιριακό δίκτυο με αποτέλεσμα να μεγαλώσει την επιτιθέμενη επιφάνεια επηρεάζοντας τις λειτουργίες του Συστήματος Ενεργειακής Διαχείρισης (Energy management systems - EMS) με αποτέλεσμα την διακοπή υπηρεσιών και την αύξηση οικονομικών εφαρμογών. Τα σημερινά συστήματα ασφαλείας όπως τα Συστήματα Ενεργειακής Διαχείρισης (Energy management systems - EMS), που έχει ένα κυβερνητικό φυσικό πλαίσιο ασφαλείας, εντοπίζουν τις επιθέσεις λειτουργούν ανεξάρτητα με αυτούς που χρησιμοποιούν πολιτικές προστασίας και βασικές μεθόδους [36].

Ο αυτόματος έλεγχος των κτιριακών ηλεκτρικών εξαρτημάτων αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση προκειμένου να επιτευχθεί η βέλτιστη ενεργειακή απόδοση σε ένα Σύστημα Ενεργειακής Διαχείρισης (Energy management systems - EMS) βελτιώνοντας τη λειτουργικότητα των διαδραστικών στρατηγικών ελέγχου οδηγώντας στην ενεργειακή αποτελεσματικότητα και σε ένα φιλικότερο περιβάλλον. Το Σύστημα Ενεργειακής Διαχείρισης (Energy management systems - EMS) διαχειρίζεται διάφορα συστήματα κτιρίων όπως ο έλεγχος εποπτείας και η απόκτηση δεδομένων (Supervisory Control and Data Acquisition - SCADA) που ελέγχει το έξυπνο δίκτυο ενός ή περισσότερων κτιρίων και το Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) το οποίο ελέγχει το σύστημα Θέρμανσης, κλιματισμού, εξαερισμού (Heating, ventilation and air conditioning – HVAC), το σύστημα (πυρ)ασφάλειας κλπ. Το σύστημα Θέρμανσης, κλιματισμού, εξαερισμού (Heating, ventilation and air conditioning – HVAC) θεωρείται μια από τις μεγαλύτερες πηγές ενεργειακής κατανάλωσης στην κτιριακή λειτουργία και το πιο αποτελεσματικό σύστημα επηρεασμού άνεσης χρήστη το οποίο ελέγχεται από το σύστημα (Supervisory Control and Data Acquisition – SCADA) για το διαχειρισμό ηλεκτρικού στοιχείου και από το Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) που ελέγχει τις λειτουργίες θερμικών εξαρτημάτων. Παρολαυτά οι κυβερνητικές επιθέσεις στο Σύστημα Ενεργειακής Διαχείρισης (Energy management systems - EMS) μπορούν να οδηγήσουν σε σημαντικές

δημοσιονομικές επιπτώσεις καθώς με τη σύνδεση του Συστήματος Ενεργειακής Διαχείρισης (Energy management systems - EMS) στο δίκτυο κτιριακών επικοινωνιών αυξάνονται οι πιθανότητες κυβερνητικών επιθέσεων όπως το σύστημα κυβερνητικής επίθεσης StuxNet και το κακόβουλο λογισμικό BlackEnergy γι αυτό είναι σημαντική η δημιουργία ελέγχου του Συστήματος Ενεργειακής Διαχείρισης (Energy management systems - EMS) να είναι ανθεκτική σε κυβερνητική επίθεση. Οι υπάρχουσες μέθοδοι για την ασφάλεια του κυβερνοχώρου με Σύστημα Ενεργειακής Διαχείρισης (Energy management systems - EMS) βασίζονται κυρίως σε τρέχουσες δοκιμές για την αξιολόγηση πιθανών κυβερνητικών επιθέσεων και της επιρροής τους απαιτώντας εξειδικευμένες γνώσεις που εκτελούνται χειροκίνητα καθώς και παραδοσιακές εφαρμογές ασφαλείας [36].

Η συνεχόμενη αύξηση της πολυπλοκότητας των επιθέσεων, των δεξιοτήτων των επιτιθέμενων και η αποτυχία των παραδοσιακών εφαρμογών ασφαλείας εναντίων νέων τύπων επιθέσεων κάνει αναγκαία την ανάπτυξη νέων συστημάτων άμυνας. Οι στοχευόμενες επιθετικές επιθέσεις χρησιμοποιούν καλά ερευνητικές και χρηματοδοτούμενες σε πολλούς τομείς για τη δημιουργία υγιών και ανθεκτικών λογισμικών στον έλεγχο της υποδομής των συστημάτων με αποτέλεσμα την αύξηση του κινδύνου. Η ενσωμάτωση των παλιών συστημάτων με νέες και η σύνδεση με το παραδοσιακό σύστημα Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) στο διαδίκτυο διευρύνουν τις επιθέσεις και επιπλέον ανακαλύπτουν νέες ευπάθειες που έχουν εκμεταλλευτεί από τους αντιπάλους. Η ασφάλεια των συστημάτων ελέγχου λαμβάνει υπόψιν τη δραστηριότητα ενός έξυπνου αντιπάλου που μπορεί να αυξήσει το κόστος λειτουργίας, τους περιορισμούς ανίχνευσης επίθεσης και τις μεθόδους αναγνώρισης χρησιμοποιώντας γραμμικά συστήματα στα εξουσιαστικά δίκτυα. Ο χρόνος που παραμένουν κρυφά τα τρωτά σημεία και ο χρόνος που απαιτείται για την διόρθωση τους αφήνουν περιθώριο εισβολής γι αυτό η ανίχνευση επιθέσεων πρέπει να γίνει το συντομότερο δυνατό για να ελαχιστοποιηθούν οι ζημιές και οι επιπτώσεις. Το πρόγραμμα Analytics και οι δυνατότητες απόκρισης επιτρέπουν τη γρήγορη ανίχνευση των κυβερνητικών επιθέσεων ελέγχοντας τη συμπεριφορά του συστήματος κατά την εφαρμογή και τη γρήγορη απόκριση για ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων. Το λειτουργικό μοντέλο πρέπει να πάει πέρα από τη συμβατική εστίαση στη διανομή και την παραγωγή υποδομής για απομόνωση βλαβών, αποκατάσταση και ανάκτηση και να επικέντρωση σε πληροφορίες και κατανόηση των δεδομένων ανάλυσης. Επίσης απαιτεί την ικανότητα να χειρίζεται την επεξεργασία τεράστιων ποσοτήτων δεδομένων χρησιμοποιώντας νέες τεχνικές ανάλυσης και οπτικοποίησης ενσωματώνοντας τα αποτελέσματα της ανάλυσης με τις διακυβερνητικές διαδικασίες καθιστώντας τα αποτελέσματα άμεσα εφικτά. Με τον εντοπισμό της επίθεσης ενεργοποιείται η πολιτική ελέγχου που είναι ανθεκτική στις επιθέσεις [36].

Ο σχεδιασμός του ελέγχου και η εκτίμηση των αλγορίθμων που είναι ανθεκτική στα σφάλματα μπορεί να μην είναι αποτελεσματική ενάντια στις κακόβουλες κυβερνητικές επιθέσεις με τη βοήθεια του εικονικού αισθητήρα (Visional Sensor - VS) και του ενεργοποιητή. Οι επιθέσεις μπορεί να είναι πιο περίπλοκες από τα σφάλματα και μπορούν να χρησιμοποιηθούν κάποιες πληροφορίες του συστήματος για την διαφθορά μετρήσεων με χειρότερες συνέπειες γι αυτό υπάρχει αύξηση ερευνών στα συστήματα ελέγχου και στο σχεδιασμό αλγορίθμων ελέγχου και εκτίμησης εναντίων επιθέσεων. Παρακάτω θα αναλυθεί το πρόβλημα ελέγχου και εκτίμησης σε ένα σύστημα δικτύου όταν οι συνδέσεις επικοινωνίας υπόκεινται σε διαταραχές που προέρχονται από επιθέσεις DoS. Ένας πιο έξυπνος εμπλοκέας που σχεδιάζει τις επιθέσεις για να μεγιστοποιήσει το κόστος ενώ ο στόχος του ελεγκτή είναι η ελαχιστοποίηση του. Γίνεται προσπάθεια ανοχής των μολυσμένων κόμβων και η πρόταση τρόπου για την προσπέραση της επιρροής του κακόβουλου στοιχείου. Η μόνη ιδιαιτερότητα του αλγορίθμου είναι η δυναμικότητα του και μπορεί να σχεδιαστεί από το να δοθεί όπως σε ένα φυσικό σύστημα καθώς ο έλεγχος και η εκτίμηση των γραμμικών συστημάτων από

αισθητήρες ή ενεργοποιητές διαφθείρονται από τον εισβολέα. Προτείνεται ένας αποτελεσματικός αλγόριθμος εμπνευσμένος από τεχνικές για την εκτίμηση της κατάστασης παρά την επίθεση όπου οι επιτιθέμενοι κόμβοι δεν αλλάζουν με την πάροδο του χρόνου. Αποτελεί μια μέθοδο εκτίμησης της παρούσας κατάστασης των επιθέσεων για συστήματα με θόρυβο και μοντελοποίησης σφαλμάτων. Ο εισβολέας δεν μπορεί να αποσταθεροποιήσει το σύστημα αξιοποιώντας τη διαφορά μεταξύ του μοντέλου που χρησιμοποιείται για την εκτίμηση κατάστασης και της πραγματικής φυσικής δυναμικής του συστήματος. Στην τεχνική ελέγχου έναντι ορισμένων επιθέσεων αισθητήρων που προτείνεται συμπεριλαμβάνεται ένας αναδρομικός αλγόριθμος φιλτραρίσματος για την εκτίμηση της κατάστασης του συστήματος ενσωματώνεται εκμεταλλεύοντας την απώλεια των πληροφοριών που λαμβάνει ο υπεύθυνος επεξεργασίας. Ένα πρακτικό πλαίσιο κυβερνητικής ασφάλειας για το Σύστημα Ενεργειακής Διαχείρισης (Energy management systems - EMS) που χρησιμοποιεί τη φυσική του κτιρίου για να καθοδηγήσει τη ροή σχεδιασμού κυβερνητικής ασφαλείας του Συστήματος Ενεργειακής Διαχείρισης (Energy management systems - EMS) περιλαμβάνει την ανάλυση πληροφοριών ασφαλείας για την ανίχνευση επιθέσεων και την ανθεκτική πολιτική για να κρατήσει το σύστημα σε λειτουργία από επίθεση. Η αποδοτικότητα του πλαισίου αποδεικνύεται σε πραγματικό σενάριο επίθεσης μέσω προσομοιώσεων όπου η προτεινόμενη ανθεκτική πολιτική ελέγχου μπορεί να ανακάμψει το σύστημα από μη φυσιολογικές συνθήκες ακόμη και σε περίπτωση καθυστέρησης ανίχνευσης επίθεσης [36].

Ένα Σύστημα Ενεργειακής Διαχείρισης (Energy management systems - EMS) ελέγχει βέλτιστα όλες τις πηγές ενέργειας για την ελαχιστοποίηση της καταναλωμένης θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας ενώ μεγιστοποιούν την άνεση των χρηστών χρησιμοποιώντας το Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) και το Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) για έλεγχο ηλεκτρικών και θερμικών φορτίων. Η υποδομή του έξυπνου δικτύου εισήχθη για να υποστηρίξει και τους δύο τύπους φορτίων όπου ο εξοπλισμός όπως ο Συνδυασμός θερμότητας και ισχύς (Combined Heat and Power-CHP) μπορεί να αποτελέσει πηγή ενέργειας για την ηλεκτρική και την θερμική ζήτηση. Ένα Σύστημα Ενεργειακής Διαχείρισης (Energy management systems - EMS) θεωρεί ένα σύστημα Heating, ventilation and air conditioning (HVAC) σημαντικό καταναλωτή στην κατανάλωση ενέργειας κάνοντας το στόχο προς επίθεση με δημοσιονομικές επιπτώσεις. Επίσης η επίθεση στο Σύστημα Ενεργειακής Διαχείρισης (Energy management systems - EMS) σε ένα έξυπνο δίκτυο μπορεί να οδηγήσει σε κίνδυνο ασφαλείας λόγω ζημιών στο σύστημα μεταφοράς νερού ή στις πηγές θέρμανσης κλπ. [36].

Ένα Σύστημα Ενεργειακής Διαχείρισης (Energy management systems - EMS) που ελέγχει ένα μικρό μέρος του έξυπνου δικτύου καλύπτει πολλά κτίρια. Υπάρχουν κύρια στοιχεία του Συστήματος Ενεργειακής Διαχείρισης (Energy management systems - EMS) για τον έλεγχο του συστήματος Heating, ventilation and air conditioning (HVAC) και τεχνικές μοντελοποίησης που χρησιμοποιούνται για τη δυναμική του συστήματος. Το σύστημα Heating, ventilation and air conditioning (HVAC) μέσω του Συστήματος Ενεργειακής Διαχείρισης (Energy management systems - EMS) ελέγχει δύο κύριες πηγές θέρμανσης, τον λέβητα και το Συνδυασμό θερμότητας και ισχύς (Combined Heat and Power-CHP), που θερμαίνει το νερό σε καθορισμένο σημείο θερμοκρασίας το οποίο προσδιορίζεται χρησιμοποιώντας τη μέθοδο καιρικής αντιστάθμισης όπου χρησιμοποιείται ένας ελεγκτής ενεργοποίησης / απενεργοποίησης για να διατηρήσει το νερό στις πηγές θέρμανσης στο σημείο ρύθμισης. Λαμβάνοντας υπόψη την επιστρεφόμενη θερμοκρασία ως δείκτη της απαιτούμενης θερμικής ζήτησης στο κτίριο μπορεί να καθοριστεί εάν ο λέβητας ή / και το Συνδυασμό θερμότητας και ισχύς (Combined Heat and Power-CHP) είναι σε λειτουργία. Η κεφαλίδα χρησιμοποιείται για να παραδώσει το ζεστό νερό σε κάθε όροφο χρησιμοποιώντας μια βαλβίδα ανάμιξης για τη ρύθμιση της ροής θερμοκρασίας κάθε επιπέδου σεβόμενο ένα

καθορισμένο σημείο ροής επιπέδου αναγνωρισμένο από μια μέθοδο αντιστάθμισης καιρού [36].

Ένας Αναλογικός Ενσωματωμένος (Proportional Integral-PI) αλγόριθμος ελέγχου χρησιμοποιείται για τη ρύθμιση της θέσης της βαλβίδας ανάμιξης. Στο τέλος, παρέχεται νερό σε κάθε ένα από τα επίπεδα σε διάφορα θερμαντικά σώματα σε κάθε κτίριο, όπου το ψυγείο ελέγχεται χρησιμοποιώντας έναν ελεγκτή ελέγχου on / off για να φτάσει σε προκαθορισμένο καθορισμένο σημείο θερμοκρασίας χώρου. Προκειμένου να αξιολογηθεί το σύστημα αναπτύχθηκε ένα μοντέλο Simulink για να συλλάβει τη δυναμική των τοποθεσιών. Το μοντέλο αναπτύχθηκε χρησιμοποιώντας το μοντέλο Gray Box όπου η δομή του δημιουργήθηκε βάσει της θερμοδυναμικής θεωρίας κάθε συστατικού και οι παράμετροι συντονίζονται χρησιμοποιώντας πραγματικά δεδομένα από την τοποθεσία. Το μοντέλο αξιολογείται χρησιμοποιώντας τα δεδομένα ανάλυσης έναντι των πραγματικών δεδομένων. Σύμφωνα με τη Μοντελοποίηση, Ανάλυση, Προσομοίωση και Υπολογισμό (Modeling, Analysis, Simulation & Computation-MASC), τη Μοντελοποίηση Επιπέδου Προετοιμασίας (Modeling Readiness Level-MRL), το μοντέλο βαθμονόμησης έναντι των τάσεων των καμπυλών εξόδου είναι $MRL > 4$, το οποίο χρησιμοποιείται για την ιδέα και τον λεπτομερή σχεδιασμό [36].

Για την φυσική ασφάλεια κυβερνοχώρου εκτελείται μια αξιόπιστη, ανθεκτική πολιτική όταν μια επίθεση εντοπίζεται χρησιμοποιώντας αναλυτικές πληροφορίες ασφαλείας (Security Information Analytics-SIA) τα οποία σχεδιάζονται χρησιμοποιώντας φυσικές συσχετίσεις μεταξύ των σημείων των δεδομένων των οποίων ο προσδιορισμός απαιτεί εξωτερική γνώση εμπειρογνομόνων, η οποία θεωρείται δαπανηρή στον τομέα της αυτοματοποίησης των κτιρίων αντιπροσωπεύοντας ένα μειονέκτημα όπου μια ανάλυση κινδύνου χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό των αισθητήρων με τη μέγιστη επιρροή [36].

Σε πρώτη φάση γίνεται εξέταση των οικονομικών και ασφαλών επιπτώσεων πολλών σεναρίων επίθεσης στο Heating, ventilation and air conditioning (HVAC) στη τοποθεσία, οι αισθητήρες επικεφαλίδας και θερμοκρασίας επιστροφής θεωρούνται ως οι πιο σημαντικοί. Οι οικονομικές επιπτώσεις παρεμβάλλονται γραμμικώς βάσει της ιστορικής κατανάλωσης ενέργειας και του κόστους της τοποθεσίας. Στο σύστημα εφαρμόζεται ένα σενάριο αρνητικής μετατόπισης των 10°C στην κεφαλή του αισθητήρα θερμοκρασίας ροής οδηγώντας σε υψηλό οικονομικό κίνδυνο (10% υποβάθμιση της ενέργειας με περίπου 5000 ευρώ ετησίως). Επίσης, αυτό το σενάριο επίθεσης μπορεί να αναγκάσει τον λέβητα ή το Συνδυασμό θερμότητας και ισχύς (Combined Heat and Power-CHP) να αυξήσει τη θερμοκρασία του νερού σε περισσότερο από 80°C , η οποία οδηγεί σε καταστροφή του κυκλώματος νερού. Ένα άλλο σενάριο επίθεσης συνίσταται στην εφαρμογή θετικής μετατόπισης των 10°C στους αισθητήρες επιστροφής θερμοκρασίας οδηγώντας σε υψηλό κίνδυνο ασφαλείας λόγω βλάβης του Συνδυασμού θερμότητας και ισχύς (Combined Heat and Power-CHP) [36].

Ένα σχέδιο της προτεινόμενης στρατηγικής ιεραρχικού ελέγχου για το σύστημα Heating, ventilation and air conditioning (HVAC) αποτελείται από διασυνδεδεμένα μέρη τα οποία ελέγχονται από τοπικούς ελεγκτές οι οποίοι ενσωματώνονται στο Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) και τα σήματα (σήματα ελέγχου και μέτρησης) αποστέλλονται σε ένα δίκτυο επικοινωνίας. Σε αυτό το σύστημα δικτυακού ελέγχου ο ελεγκτής στέλνει το σήμα ελέγχου προς ένα μέρος το οποίο στέλνει τη μέτρηση του αισθητήρα στον ελεγκτή. Ο τοπικός ελεγκτής λαμβάνει το σήμα από το κέντρο ελέγχου και το σήμα μέτρησης για τον υπολογισμό και την αποστολή του σήματος ελέγχου τα οποία θα μπορούσαν να τροποποιηθούν από τους εισβολείς και όταν περνούν μέσω του τοπικού δικτύου επικοινωνίας. Ένας εισβολέας είναι ένας άνθρωπος που μπορεί να αλλάξει κρυφά την επικοινωνία μεταξύ των εγκαταστάσεων και των ελεγκτών και να διαφθείρει τα σήματα

με αποτέλεσμα την ύπαρξη δυο συνθηκών όπου το ελεγχόμενο σύστημα Heating, ventilation and air conditioning (HVAC) λειτουργεί κανονικά και μη κανονικά όπου σε περίπτωση που ισχύει η συνθήκη κανονικής κατάστασης, το Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) είναι υγιές και δεν υπάρχει καμία ανωμαλία στα σήματα που αποστέλλονται ή που λαμβάνονται από τα μέρη και τους ελεγκτές ενώ σε περίπτωση που ισχύει η συνθήκη της μη κανονικής κατάστασης το Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) δέχεται επίθεση, και οι επιτιθέμενοι έχουν τη δυνατότητα να αλλάξουν τη φυσική δυναμική του συστήματος κυβερνοχώρου μέσω εξωγενών εισροών. Για να μοντελοποιήσουμε τις επιθέσεις υποθέτουμε έναν αριθμό μετρήσεων των αισθητήρων που είναι υπό επίθεση εμπεριέχοντας ένα δείκτη αλλοιωμένων μετρήσεων και ένα δείκτη υγιεινών μετρήσεων [36].

Ένα παράδειγμα επίθεσης είναι όταν η αντιστάθμιση προστίθεται στη μέτρηση του σήματος σε κάποιο χρόνο ονομαζόμενο χρόνος έναρξης επίθεσης και ανιχνεύεται από την Security Information Analytics (SIA). Υποθέτουμε ότι δεν υπάρχει επίθεση στα σήματα ελέγχου τα οποία λαμβάνονται από τους ελεγκτές χωρίς αλλαγές και η ρύθμιση μπορεί να διευρυνθεί εύκολα ώστε να περιλαμβάνει και τις επιθέσεις στα σήματα ελέγχου. Οι επιθέσεις στα σήματα μέτρησης μπορεί να οδηγήσουν σε αστάθεια του συστήματος γι αυτό προτείνεται μια στρατηγική ελέγχου για να αυξήσει την ελαστικότητα του ελεγχόμενου συστήματος όπου ένα φίλτρο σύντηξης δεδομένων (Virtual Sensor-VS) και της Security Information Analytics (SIA), εφαρμόζονται στο εποπτικό επίπεδο του ελεγκτή (κέντρο ελέγχου) όπου το Virtual Sensor (VS) υπολογίζει τα σήματα εξόδου βάσει όλων των διαθέσιμων υγιεινών μετρήσεων. Καθώς το Virtual Sensor (VS) λειτουργεί σε επίπεδο εποπτείας, έχει πρόσβαση σε όλες τις μετρήσεις του συστήματος και μπορεί να εκτιμήσει τα σήματα μετρήσεως, με βάση το διαθέσιμο μοντέλο του συστήματος. Μετά από κάποιο χρόνο και την ανίχνευση της επίθεσης από την Security Information Analytics (SIA), η διόρθωση σήματος αποστέλλεται στο Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) το οποίο προστίθεται στο αλλοιωμένο σήμα με αποτέλεσμα τα αλλοιωμένα σήματα να αντικαθίστανται από τα εκτιμώμενα σήματα εξόδου. Τα εκτιμώμενα σήματα εξόδου που αποστέλλονται από το κέντρο ελέγχου δεν θα έχουν την ίδια ποιότητα και ενδέχεται να έχουν καθυστερήσει σε σύγκριση με τις μετρήσεις του συστήματος υπό κανονικές συνθήκες. Παρολαυτά τα εκτιμώμενα δεδομένα είναι πιο χρήσιμα από τα επιτιθέμενα συμβάλλοντας σε ένα πιο ανθεκτικό σύστημα ελέγχου. Ένα άλλο πλεονέκτημα αυτής της προσέγγισης είναι ότι δεν απαιτεί πολλές αλλαγές στα σχέδια χαμηλότερου επιπέδου. Σε μια παρόμοια ιδέα ένας προβλεπτικός αντισταθμιστής διακοπής έχει σχεδιαστεί για να παράγει σήματα ελέγχου όταν υπάρχει διακοπή επικοινωνίας και ο ενεργοποιητής στο σύστημα δεν λαμβάνει το σήμα ελέγχου [36].

Στην ενσωμάτωση χρησιμοποιώντας σύστημα προσδιορισμού η προτεινόμενη ανθεκτική πολιτική δεν χρειάζεται να εκτιμά τα κατώτερα επίπεδα δεδομένου ότι χρησιμοποιούνται μόνο τα εκτιμώμενα αποτελέσματα εντοπίζοντας ένα μοντέλο που είναι σε θέση να εξηγήσει τη συνδιακύμανση των αποτελεσμάτων, σε περιπτώσεις όπου ένα μοντέλο όπως το παραπάνω δεν είναι διαθέσιμο. Για τον προσδιορισμό ενός γραμμικού μοντέλου του ελεγχόμενου συστήματος Heating, ventilation and air conditioning (HVAC) χρησιμοποιείται ένα υποσύστημα αναγνώρισης ακολουθούμενο από ένα σφάλμα πρόβλεψης όπως η εξωτερική θερμοκρασία (η οποία είναι διαταραχή στο σύστημα) που θεωρείται ως είσοδος δίνοντας ως αποτέλεσμα τη θερμοκρασία της ροής κεφαλίδας, την κεφαλίδα επιστροφής και τα κτιριακά επίπεδα. Οι έξοδοι θα πρέπει να είναι κοντά, υποθέτοντας μια επιτυχής αναγνώριση συστήματος. Το Virtual Sensor (VS) στο εποπτικό επίπεδο, έχοντας πρόσβαση στις μετρήσεις σε ολόκληρο το σύστημα, μπορεί να εκτιμήσει τα σήματα μέτρησης βάσει του διαθέσιμου μοντέλου του συστήματος [36].

Στα έξυπνα συστήματα ασφαλείας η καλή συμπεριφορά είναι σε ένα περιβάλλον τεχνολογίας πληροφορίας που παρακολουθεί και μαθαίνει μια ποικιλία μηχανημάτων και ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Οι λύσεις βασίζονται συχνά σε αρχεία καταγραφής και πληροφορίες διαμόρφωσης ως πηγές δεδομένων. Επίσης, δυνατότητες όπως η δέσμευση πακέτων δικτύου είναι σημαντικές στον καθορισμό κανονικής συμπεριφοράς στις υποδομές τεχνολογίας πληροφορίας. Οι τεχνικές αυτές βοηθούν τους οργανισμούς να μάθουν τι είναι τυπικό μέσα σε ένα περιβάλλον πληροφορίας τεχνολογιών μέσω του προσδιορισμού και της έρευνας έτσι ώστε στο μέλλον να μην υπάρχουν αποκλίσεις από τον κανόνα (οι οποίες συχνά υποδηλώνουν προβλήματα). Η σύλληψη συστημάτων ανάλυσης και η ανάλυση terabytes ταχέων εξελισσόμενων δεδομένων σε πραγματικό χρόνο από πολλαπλές πηγές χρησιμοποιώντας διαφορετικές μεθόδους ανίχνευσης. Τα δεδομένα μπορούν να κρατηθούν και να αναλυθούν για θέματα ασφαλείας καθώς διασχίζουν το δίκτυο. Η ανάλυση εντοπίζει τις ύποπτες δραστηριότητες των εισβολέων από τα εργαλεία, τις υπηρεσίες, τις επικοινωνίες και τις τεχνικές που δεν εξαρτώνται από τα αρχεία καταγραφής, τα συμβάντα ή τις υπογραφές από άλλα συστήματα ασφαλείας. Η επεξεργασία αυτών των ροών πληροφοριών συμβαίνει καθώς εμφανίζονται που σημαίνει ότι ύποπτες δραστηριότητες εντοπίζονται ενώ εξακολουθεί να υπάρχει χρόνος οι ομάδες ασφαλείας να σταματήσουν τις επιθέσεις που βρίσκονται σε εξέλιξη γι αυτό, το σύστημα Security Information Analytics (SIA) λειτουργεί στο επίπεδο εφαρμογής και ελέγχει όλο το σύστημα και τις συμπεριφορές κάθε συστατικού παρέχοντας στους αναλυτές μια επισκόπηση της κατάστασης ασφαλείας του συστήματος ελέγχου. Για παράδειγμα, τα δεδομένα μετρήσεων εξετάζονται για την ανίχνευση ανώμαλης συμπεριφοράς. Στη συνέχεια, το σύστημα ανάλυσης μπορεί να λειτουργήσει σε κανονική ροή δεδομένων από το σύστημα ή να χρησιμοποιηθεί εκτός σύνδεσης για έρευνα [36].

Το σύστημα Security Information Analytics (SIA) τροφοδοτεί τον ελαστικό έλεγχο συστήματος με πληροφορίες που υποδεικνύουν ποιες μετρήσεις είναι αλλοιωμένες. Αποτελείται από μια σειρά αποκλειόμενων αλγορίθμων ανίχνευσης και μια εφαρμογή ιστού που επιτρέπει στους αναλυτές να εξετάσουν τα αποτελέσματα. Χρησιμοποιεί δύο μεθόδους ανίχνευσης, τη στατική ανίχνευση απόκλισης η οποία βασίζεται σε προκαθορισμένους κανόνες για την ανίχνευση των αποκλίσεων και τη μηχανική μάθηση (Machine Learning - ML) ανίχνευσης απόκλισης, τα οποία βασίζονται αποκλειστικά στα δεδομένα για να καθορίσουν τη φυσιολογική συμπεριφορά και να ταξινομήσουν τη συμπεριφορά των αποκλίσεων. Υπάρχουν δύο στατικοί ανιχνευτές, ένας ανιχνευτής απόκλισης βάσει χαμηλότερης τιμής, ο οποίος επιβάλλει τα αναμενόμενα λειτουργικά όρια στις μεμονωμένες μεταβλητές που μετρώνται από τους αισθητήρες και έναν ανιχνευτή βάσει κανόνων, ο οποίος εξετάζει τη συμπεριφορά του συστήματος βάσει φυσικών νόμων. Τέλος, υπάρχει ένας δυναμικός ανιχνευτής μηχανής μάθησης απόκλισης που χρησιμοποιεί έναν αλγόριθμο Machine Learning (ML) για να μάθει την κανονική συμπεριφορά του συστήματος και να βρει ανωμαλίες σε νέα δεδομένα. Τα αποτελέσματα από αυτούς τους τρεις αλγόριθμους μπορούν να συνδυαστούν, ιδιαίτερα τα συστατικά του Machine Learning (ML) και ο ανιχνευτής βάσει κανόνων. Η επικάλυψη στα αποτελέσματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μείωση των ψευδών θετικών και για τον προσδιορισμό των πιο σημαντικών μετρήσεων εξαρτώμενα από το επίπεδο εμπιστοσύνης σε κάθε ανιχνευτή όπου θα μπορούσε να υπάρξει ανωμαλία για κάθε χρονική σήμανση παρέχοντας μια κατάταξη της σοβαρότητας των συμβάντων προς ανάλυση από τους αναλυτές [36].

Στα είδη ανιχνευτών συμπεριλαμβάνονται η ανίχνευση απόκλισης μηχανικής μάθησης που χρησιμοποιεί φορέα υποστήριξης μηχανής μιας κατηγορίας (One-Class Support Vector Machine - OC-SVM) που μαθαίνει την κανονική συμπεριφορά του συστήματος για αναζήτηση ανώμαλων δεδομένων. Πολλά προβλήματα Machine Learning (ML) αφορούν την επισήμανση των μετρήσεων σε ομάδες. Αυτοί οι αλγόριθμοι μπορούν να διαιρεθούν υπό

εποπτευόμενα και μη, ανάλογα με το αν χρησιμοποιούνται σε ετικέτα δεδομένων. Σε πολλά προβλήματα ανίχνευσης ανωμαλιών, τα διαθέσιμα δεδομένα είναι πολύ ανισόρροπα, δηλαδή περιέχουν συνήθως δεδομένα που σχετίζονται με μια τάξη, συνήθως κανονικής συμπεριφοράς. Αυτό συμβαίνει όταν λαμβάνονται ανώμαλα δεδομένα που είναι είτε χρονοβόρα, είτε μη εφικτά, είτε ακριβά. Για την αντιμετώπιση τέτοιων σεναρίων, χρησιμοποιούνται τυπικοί αλγόριθμοι Machine Learning (ML) που έχουν υιοθετηθεί για να συνεργαστούν με μία μόνο τάξη όπως ο αλγόριθμος (One-Class Support Vector Machine - OC-SVM) που χρησιμοποιείται στην περίπτωση που δημιουργείτε ένα υπερσχέδιο που διαχωρίζει με ακρίβεια τα δεδομένα από τις περιοχές που δεν είναι συνωστισμένα. Αυτό έχει επίσης το πλεονέκτημα ότι δεν υποθέτει καμία δομή για την ανώμαλη συμπεριφορά. Αποφεύγοντας την αναζήτηση για συγκεκριμένες επιθέσεις η προσέγγιση παραμένει ικανή να ανιχνεύσει προηγούμενα μη παρατηρούμενα μοτίβα επίθεσης. Χρησιμοποιώντας τα ιστορικά δεδομένα εκπαίδευσης, ένα μοντέλο μαθαίνει για κάθε αισθητήρα. Αυτά τα μοντέλα χρησιμοποιούνται στη συνέχεια για την πρόβλεψη αποκλίσεων έναντι νέων δεδομένων όπου ο αλγόριθμος παράγει μια απλή δυαδική απόφαση και δεν παρατηρείται καμία απόκλιση [36].

Η ανίχνευση αποκλίσεων βάσει κατώτατου ορίου όπου ένας ανιχνευτής κατώτατου ορίου συγκρίνει τις μετρηθείσες τιμές σε σχέση με τα αναμενόμενα λειτουργικά όρια και αν παραβιαστεί το όριο τότε η μέτρηση θεωρείται ανώμαλη. Η ανίχνευση βασισμένη σε κανόνες όπου ένας ανιχνευτής βάσει κανόνων επιβεβαιώνει ότι οι μετρούμενες τιμές του αισθητήρα τηρούν τους φυσικούς νόμους και παραμένουν εντός των στατιστικών ορίων. Αυτά τα όρια μπορούν να παραβιάζονται λόγω πολλών αιτιών όπως ασύγχρονων μετρήσεων, θόρυβο συστήματος και αισθητήρα, ποσοτικοποίηση κ.λ.π. Αυτές οι πηγές στατιστικών σφαλμάτων μπορούν να εκτιμηθούν εκ των προτέρων για να δημιουργήσουν μια ιστορική γραμμή βάσης όπου κάθε ανωμαλία εκτός αυτής της γραμμής βάσης μπορεί να θεωρηθεί κακόβουλη [36].

Οι στατικοί κανόνες περιέχουν μόνο τις τρέχουσες μετρήσεις από τους αισθητήρες και είναι πιο απλοί για να εφαρμοστούν και ισχύουν μόνο για τα συστήματα ή υποσυστήματα που δεν παρουσιάζουν δυναμική ενώ οι δυναμικοί κανόνες λαμβάνουν υπόψη τη δυναμική του συστήματος για την εκτίμηση των τρεχουσών μετρήσεων. Η ενσωμάτωση δυναμικών κανόνων απαιτεί εκτίμηση και παρακολούθηση κρυφών καταστάσεων συστήματος αλλά μπορεί να εφαρμοστεί σε συστήματα ή υποσυστήματα που παρουσιάζουν γραμμική χρονικά αμετάβλητη δυναμική. Μόλις υπολογιστεί το υπόλειμμα η περαιτέρω ανάλυση και ο εντοπισμός είναι παρόμοια με των στατικών κανόνων. Για παράδειγμα, στην περίπτωση συστημάτων Combined Heat and Power (CHP) και λέβητα το σύστημα μετρά τη ροή της κεφαλίδας, τη θερμοκρασία και τη θερμοκρασία επιστροφής κεφαλίδας. Η δυναμική του συστήματος βασίζεται στον αριθμό των λεβήτων που λειτουργούν και η θερμοκρασία του νερού των λεβήτων είναι η θερμοκρασία του νερού. Η διατήρησης της ενέργειας σε αυτό το σύστημα σε διακριτούς χρόνους αποτελείται από τη διαδικασία και τη μέτρηση του λευκού θορύβου, την ενέργεια που χρησιμοποιείται από τον λέβητα για τη θέρμανση του νερού που είναι η ροή μάζας στους λέβητες, τη χωρητικότητα μάζας κάθε λέβητα και τη θερμότητα του νερού (όλα θεωρούνται σταθερά). Σε αντίθεση με το φίλτρο Kalman που είδαμε παραπάνω η οποία κάνει μια εκτίμηση κατάστασης σε επίπεδο συστήματος το φίλτρο εδώ κάνει την εκτίμηση βασισμένη σε ένα υποσύνολο μετρήσεων [36].

Όσον αφορά την αξιολόγηση του συστήματος, ως προς την ανάλυση ασφάλειας πληροφοριών στη μέθοδο ανίχνευσης βάσει κανόνων το προσομοιωμένο σύνολο δεδομένων δεν περιέχει κατώτατη τιμή αποκλίσεων και το ποσό δεν αρκεί για να εκπαιδεύσει σωστά το μηχάνημα μάθησης. Οι επιθέσεις θεωρούνται ότι βρίσκονται στη κεφαλίδα ροής και στην κεφαλίδα επιστροφής μετρήσεων θερμοκρασίας με αποτέλεσμα την ύπαρξη τριών συνόλων δεδομένων με χαρακτηριστικά όπως η θερμοκρασία της κεφαλίδας ροής παραποιείται, η θερμοκρασία κεφαλίδας επιστροφής παραποιείται και οι δύο θερμοκρασίες των κεφαλίδων

παραποιούνται. Μια παραλλαγή στην ανάλυση δεδομένων θα αυξήσει το χρόνο ανίχνευσης, μειώνοντας την ακρίβεια του υπολογισμού και τον αριθμό των αποκλίσεων ανά ώρα. Η επίθεση θα εντοπιστεί μετά από ένα δευτερόλεπτο της εκκίνησης για το λόγο αυτό η ανάλυση των δεδομένων πρέπει να ληφθεί υπόψη για τη σωστή διαμόρφωση του εργαλείου σε σχέση με το σύστημα. Οι περισσότεροι μεταβλητές και αισθητήρες μπορούν να ελεγχθούν από το Security Information Analytics (SIA). Ο μικρότερος χρόνος ανίχνευσης οφείλεται στη συσχέτιση των γεγονότων και του ποσού των παραγόμενων αποκλίσεων. Και τα τρία σενάρια περιέχουν ένα σημαντικό ποσοστό ανωμαλιών ενώ η μεγάλη απόκλιση είναι αποτέλεσμα της λεπτομερής μέτρησης. Λιγότερες αποκλίσεις ανιχνεύονται στο συνδυασμένο σενάριο επίθεσης σε σύγκριση με τα απλά σενάρια επίθεσης επειδή οι κανόνες ελέγχουν την εσωτερική θερμοκρασία των λεβήτων έναντι της εισερχόμενης και εξερχόμενης θερμοκρασίας όπου με την τροποποίηση τους η συμπεριφορά του συστήματος είναι παρόμοια με τις κανονικές λειτουργίες και οι αποκλίσεις δεν ανιχνεύονται τόσο συχνά. Οι επιμέρους επιθέσεις είναι λιγότερο λεπτές και συνεπώς καταλήγουν σε πολύ μεγαλύτερο αριθμό εντοπισμού αποκλίσεων [36].

Ως προς τον ελαστικό έλεγχο η απόδοση του προτεινόμενου ελαστικού ελέγχου για το Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) μετριέται από τη θερμοκρασία της ροής της κεφαλής, την κεφαλίδα επιστροφής, το έδαφος και τον πρώτο όροφο που αντιστοιχούν στις μετρήσεις των αισθητήρων και τα αποτελέσματα αφορούν τρεις διαφορετικές περιπτώσεις, του υγιούς Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS), του επιτιθέμενου σε Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) και του ανθεκτικού στην επίθεση Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS). Το χειρότερο σενάριο επίθεσης είναι οι συνδυασμένες επιθέσεις. Οι μετρήσεις της κεφαλίδα ροής και οι θερμοκρασίες της κεφαλίδα επιστροφής χειρίζονται προσθέτοντας κάποια θερμοκρασία και τροφοδοτούνται στους αντίστοιχους ελεγκτές. Στην περίπτωση που η επίθεση ανιχνεύεται από το Security Information Analytics (SIA) και οι αλλοιωμένες μετρήσεις αντικαθίστανται από τις εκτιμήσεις που αποστέλλονται από το Visional Sensor (VS) [36].

Η πολλαπλή επίθεση στις μετρήσεις οδηγεί σε υψηλό κίνδυνο ασφάλειας λόγω της καταστροφής της Combined Heat and Power (CHP) στην επίθεση Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) δεδομένου ότι η θερμοκρασία επιστροφής είναι κάτω από το ανώτατο όριο μετά την επίθεση. Το ανθεκτικό στην επίθεση Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) είναι ισχυρό έναντι της πολλαπλής επίθεσης και έχει την ίδια απόδοση με το υγιές Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS). Οι μετρήσεις θερμοκρασίας της κεφαλίδα ροής και της κεφαλίδα επιστροφής στο υγιές Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) συγκρίνονται με τις εκτιμήσεις των αποτελεσμάτων της επίθεσης του ανθεκτικού Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS). Οι εκτιμήσεις των αποτελεσμάτων υπολογίζονται από το Visional Sensor (VS) και μπορεί κανείς να δει ότι η Visional Sensor (VS) εκτιμά με ακρίβεια τις μετρήσεις του υγιούς συστήματος στην παρουσία επίθεσης. Μερικοί σημαντικοί παράγοντες όπως η καθυστέρηση επικοινωνίας, η μεγάλη ποσότητα δεδομένων και οι χρονοβόροι αλγόριθμοι ανάλυσης ασφάλειας μπορεί να επηρεάσουν τις ανιχνεύσεις επίθεσης σε πραγματικό χρόνο. Το ανθεκτικό στην επίθεση Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) έχει τα ίδια αποτελέσματα με το επιτιθέμενο Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) μέχρι τον εντοπισμό της επίθεσης και μπορεί να ανακτήσει το σύστημα για να επιστρέψει στις κανονικές συνθήκες μετά την ανίχνευση επίθεσης [36].

6.2.3 Σύστημα Διαχείρισης Ενέργειας Κτιρίου (Building Energy Management System – BEMS) βάσει του έξυπνου δικτύου

Για την αντιμετώπιση ζητημάτων που αφορούν την αλλαγή του κλίματος επιδιώχθηκε μια βιώσιμη ανάπτυξη γι αυτό κατασκευάστηκε το έξυπνο δίκτυο που επιτρέπει την παρακολούθηση της ζήτησης και της απόδοσης της ηλεκτρικής ενέργειας σε πραγματικό χρόνο. Το σύστημα έχει σχεδιαστεί για να ενσωματώνει ηλιακούς συλλέκτες και γεννήτριες αιολικής ενέργειας στο κύριο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας και αφήνει τους καταναλωτές να αποθηκεύουν ενέργεια και να την πουλάνε στην εταιρεία ηλεκτρικής ενέργειας. Η Korea Telecom ανέπτυξε το SG-BEMS (Smart Grid-Building Energy Management System) για τη μείωση της καταναλώμενης ενέργειας κτιρίου, το κόστος και τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Το SG-BEMS (Smart Grid-Building Energy Management System) είναι ένας συνδυασμός συστήματος διαχείρισης ενέργειας κτιρίου και προηγμένου λογισμικού που ελέγχει τις εγκαταστάσεις με πιο ενεργειακά αποδοτικό τρόπο για την παροχή ζήτησης ελέγχου απόκρισης όταν υπάρχει ζήτηση εντός του ηλεκτρικού δικτύου [38].

Το Σύστημα Διαχείρισης Ενέργειας Κτιρίων (Building Energy Management System – BEMS) παρέχει παρακολούθηση και έλεγχο πολλών συστημάτων κτιριακής θέρμανσης και εξαερισμού. Επίσης μειώνει την καταναλώμενη ενέργεια χρησιμοποιώντας την πιο αποτελεσματικά και επιτρέπει τον αποτελεσματικό έλεγχο των κτιρίων μειώνοντας τις εκπομπές ρύπων με αποτέλεσμα ένα πράσινο κτίριο. Η παρακολούθηση και στόχευση είναι βασική λειτουργία του Συστήματος Διαχείρισης Ενέργειας Κτιρίων (Building Energy Management System – BEMS) και αποτελεί μια τεχνική διαχείρισης στην οποία όλες οι κτιριακές ανάγκες όπως η ηλεκτρική ενέργεια, τα καύσιμα, το νερό, ο ατμός και η ψύξη διαχειρίζονται ως ελεγχόμενοι πόροι με τον ίδιο τρόπο όπως και οι πρώτες ύλες, η αποθήκευση τελικού προϊόντος, η κτιριακή απασχόληση, το προσωπικό και το κεφάλαιο. Το Σύστημα Διαχείρισης Ενέργειας Κτιρίων (Building Energy Management System – BEMS) συλλέγει τα δεδομένα αυτόματα από τα μεγάλα κτίρια τα οποία τα ενσωματώνει σε ένα προγραμματισμένο πρόγραμμα συντήρησης προσαρμοσμένο στο συγκεκριμένο κτίριο και μπορεί να παρέχει πληροφορίες σχετικά με τον χρόνο λειτουργίας και την παρακολούθηση της κατάστασης της εγκατάστασης. Το Σύστημα Διαχείρισης Ενέργειας Κτιρίων (Building Energy Management System – BEMS) προσφέρει ένα ευρύ φάσμα επιλογών που μπορεί να βελτιώσουν την ενεργειακή απόδοση του κτιρίου χωρίς να συμβιβαστεί η άνεση των χρηστών. Η τεχνολογία SG-BEMS (Smart Grid-Building Energy Management System) αποτελεί μια λύση για την ενεργειακή απόδοση του κτιρίου η οποία εγγυάται καθαρό και οικονομικό περιβάλλον βάσει των πληροφοριών που περιλαμβάνονται στο εσωτερικό του κτιρίου. Επίσης μειώνει την κατανάλωση ενέργειας μέσω της παρακολούθησης της ποσότητας ενέργειας, της χρήσης και του πνευματικού ελέγχου όχι μόνο μέσα στο κτιριακό ενεργειακό εξοπλισμό αλλά και στο συνολικό χρησιμοποιούμενο ενεργειακό εξοπλισμό συμπεριλαμβανομένων των συσκευών γραφείου και πληροφοριών μεγιστοποιώντας την ενεργειακή απόδοση μέσω της αγοραίας σχέσης ενέργειας και της διανεμημένης σχέσης ισχύος όπως το έξυπνο δίκτυο [38].

Η αρχιτεκτονική SG-BEMS (Smart Grid-Building Energy Management System) αποτελείται από το επίπεδο διαχείρισης που περιλαμβάνει τους εποπτικούς υπολογιστές, τον διακομιστή υπηρεσιών και τον διακομιστή διαχείρισης δεδομένων, από το επίπεδο αυτοματισμού που περιλαμβάνει την πύλη Smart G / W και το επίπεδο πεδίου που περιλαμβάνει αισθητήρες, ενεργοποιητές και ελεγκτές. Επίσης περιλαμβάνει υπηρεσία εξυπηρέτησης που παρέχει τα δεδομένα, τον εξυπηρετητή διαχείρισης δεδομένων και την έξυπνη πύλη για τη μέτρηση, την παρακολούθηση και τον έλεγχο των διαφόρων εξοπλισμών και συσκευών. Η αρχιτεκτονική του Συστήματος Διαχείρισης Ενέργειας Κτιρίων (Building

Energy Management System – BEMS) αποτελείται από τον εξυπηρετητή υπηρεσιών και τον εξυπηρετητή διαχείρισης δεδομένων που είναι εγκατεστημένοι στο κέντρο ελέγχου του κτιρίου παρέχοντας υπηρεσίες ενεργειακής απόδοσης. Η έξυπνη πύλη που είναι εγκατεστημένη στο εσωτερικό του κτιρίου συλλέγει την καταναλώμενη ενέργεια μέσω των έξυπνων συσκευών όπως μετρητές, αισθητήρες, ενεργοποιητές κλπ. σε συνδυασμό με το σύστημα διαχείρισης κτιρίου συμπεριλαμβάνοντας το σύστημα ελέγχου του ηλεκτρικού ρεύματος, του Heating, ventilation and air conditioning (HVAC), τη θερμική πηγή και τα φώτα. Ενσωματώνει λειτουργίες του μεσάζοντα, που υποστηρίζουν κύρια πρότυπα βιομηχανικών πρωτοκόλλων για να συνδεθούν με διάφορες εγκαταστάσεις πεδίου και εξωτερικού συστήματος και κύρια πρωτόκολλα, όπως τα ModBus, ZigBee, BACnet, Wi-Fi, SNMP, IEC61850, DNP3, κλπ. Τέλος αποτελείται από τον υποδοχέα που είναι υπεύθυνο για το πρωτόκολλο και τη σύνδεση που είναι υπεύθυνη για τις συσκευές και εξειδικεύεται στην επεξεργασία δεδομένων χρόνου και στα σφάλματα [38].

Η βασική λειτουργία του SG-BEMS (Smart Grid-Building Energy Management System) εστιάζεται στην ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης της ενέργειας με τα μέσα πρόληψης της μη απαραίτητης χρησιμοποιούμενης ενέργειας μέσω της παρακολούθησης της στο κτίριο παρέχοντας διάφορες λειτουργίες ελέγχου εξοικονόμησης ενέργειας όπως έλεγχο μέγιστης ζήτησης ισχύος, έλεγχο χρόνου, έλεγχο εσωτερικού φωτισμού και από το παράθυρο μέσω του αισθητήρα ημέρας, έλεγχο φωτισμού που επηρεάζεται από χρήστη και από τον έλεγχο της ζήτησης ισχύος ώστε να διατηρηθεί εντός της μέγιστης ζήτησης ανάλογα με την προτεραιότητα του φορτίου ισχύος. Πάνω απ' όλα, η SG-BEMS (Smart Grid-Building Energy Management System) παρέχει εξοικονόμηση ενέργειας μέσω της ανάλυσης της τωρινής κατανάλωσης ενέργειας σε σύγκριση με τη προηγούμενη παρέχοντας βασικές αναφορές για εξοικονόμηση και διαχείριση ενέργειας οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως υποδείξεις ενεργειακών χαρακτηριστικών κατανάλωσης σε κάθε ζώνη. Παρέχει επίσης έξυπνες ενεργειακές υπηρεσίες όπως η μετατόπιση του φορτίου σε χαμηλή τιμή μέσω έξυπνου δικτύου που συνδέεται με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και λειτουργεί με ανταλλαγή ισχύος. Επιτρέπει την επιλογή του βέλτιστου συστήματος τιμολόγησης κατάλληλο για την πρότυπη καταναλώμενη ενέργεια κτιρίου για διάφορες τιμές όπως η πραγματική τιμή του έξυπνου δικτύου. Το SG-BEMS (Smart Grid-Building Energy Management System) έχει συνολικές λειτουργίες του Συστήματος Διαχείρισης Ενέργειας Κτιρίων (Building Energy Management System – BEMS) για τη διαχείριση πολυσύνθετου ενεργειακού συστήματος σε μια ομάδα επιχειρήσεων ή κτιρίων για επίδειξη υπηρεσιών ενεργειακής απόδοσης και ανάπτυξη του μοντέλου Biz που χρησιμοποιούνται στην επίδειξη ιστοσελίδας έξυπνου δικτύου. Το Σύστημα Διαχείρισης Ενέργειας Κτιρίων (Building Energy Management System – BEMS) είναι εξαιρετικά αποτελεσματική στην εξοικονόμηση κόστους από τη παροχή περιβάλλοντος για τη ταυτόχρονη διαχείριση του ενεργειακού συστήματος σε ένα σύνολο κτιρίων συμβάλλοντας στην τυποποίηση της διαχείρισης ενέργειας μέσω της σύγκρισης του δείκτη της καταναλώμενης ενέργειας σε κάθε κτίριο, στην ανάλυση των μοντέλων λειτουργίας συσκευών και στην αξιολόγηση κάθε συσκευής. Επίσης παρέχει ενεργειακό σύστημα διαχείρισης με αποτελεσματική πλατφόρμα ενέργειας βασισμένη όχι "Στα κτιριακά Συστήματα Διαχείρισης Ενέργειας Κτιρίων (Building Energy Management System – BEMS) " τύπου SI αλλά στο "Κεντρικό τύπο" για την εξοικονόμηση επενδύσεων της τεχνολογίας πληροφορίας, τη συνεχόμενη επέκταση της λειτουργίας και την εξέλιξη του συστήματος λαμβάνοντας υπόψιν τα εμπόδια εισαγωγής των Συστημάτων Διαχείρισης Ενέργειας Κτιρίων (Building Energy Management System – BEMS). Στο εγγύς μέλλον η εισαγωγή του συστήματος παραγωγής καταναλωμένης ισχύος όπως το φωτοβολταϊκό σύστημα, η κυψέλη καυσίμου και η υποδομή φόρτωσης EV θα αποτελούν αποδοτικές λύσεις του ενεργειακού συστήματος κτιρίων και θα διαφοροποιηθούν σε παραγωγή καταναλωμένης ενέργειας,

βελτιστοποίηση της καταναλώμενης ενέργειας, B2G (Building to Grid) και Virtual Power Plant (VPP) με βάση τη λειτουργία εξοικονόμησης ενέργειας [38].

Γενικοί μέθοδοι κτιριακής ενεργειακής απόδοσης είναι ο έλεγχος κατανάλωσης ενέργειας όπως ο έλεγχος φορτίου αιχμής και ο έλεγχος θερμοκρασίας αλλά υπάρχουν δυσκολίες στην πραγματική εφαρμογή επειδή η ενεργειακή διαχείριση έχει να κάνει με την παραγωγικότητα. Η μέθοδος έξυπνης ενεργειακής αποδοτικότητας χαρακτηρίζεται από την απλή εξοικονόμηση ενέργειας και από την αλλαγή φορτίου και επιλογή τιμής για αυτό θα πρέπει να υπάρχουν συμβατικά κτιριακά κέντρα. Το Σύστημα Ενεργειακής Διαχείρισης Κτιρίων (Building Energy Management System-BEMS) αποτελεί πραγματική λύση όχι μόνο στην εξοικονόμηση κτιριακής ενέργειας αλλά και στο παγκόσμιο ενεργειακό και περιβαλλοντικό πρόβλημα καθώς με την ανάπτυξη της τεχνολογίας της πληροφορίας οι ανάγκες του έξυπνου δικτύου και οι πηγές ανανεώσιμης ενέργειας έχουν αυξηθεί και χρησιμοποιούνται ευρέως για αυτό πρέπει να υπάρχει όχι μόνο η τεχνολογία εξοικονόμησης ενέργειας αλλά και τα συστήματα διαχείρισης ενέργειας για να αλληλεπιδράσουν με την αγορά ενέργειας που συμπεριλαμβάνει τη δυναμική τεχνολογία κτιριακής διαχείρισης της ζήτησης ενέργειας επιλέγοντας δεξιότητες βέλτιστης τιμής μειώνοντας το ενεργειακό κόστος. Το τεχνικό πεδίο του Συστήματος Ενεργειακής Διαχείρισης Κτιρίων (Building Energy Management System-BEMS) είναι ιδιαίτερα ανεπτυγμένο συμπεριλαμβάνοντας έξυπνες υπηρεσίες που βασίζονται στη συμπεριφορά του χρήστη και τη χωρική αντίληψη, την ενεργειακή διαβούλευση, τη διάγνωση εξοπλισμού με τη λειτουργία εμπειρογνομόνων. Η υψηλά ανεπτυγμένη τεχνολογία λειτουργίας επιτυγχάνεται μέσω του «Context Aware», του «Smart Application», του «Open Platform», του «Cloud» κλπ. έχοντας διακριτική ανταγωνιστικότητα όσον αφορά την τεχνολογία και τις επιχειρήσεις στον τομέα της ενέργειας [38].

6.2.4 Σύστημα Διαχείρισης Ενέργειας Κτιρίου (Building Energy Management System – BEMS) με βάση την οντολογία, τους κανόνες συμπερασμάτων και την προσομοίωση

Η χρήση ενέργειας αποτελεί το μεγαλύτερο λειτουργικό κόστος σε εμπορικά κτίρια γραφείων αντιπροσωπεύοντας περίπου το ένα τρίτο του τυπικού λειτουργικού προϋπολογισμού και περίπου το 20% των ετήσιων εκπομπών αερίων θερμοκηπίου. Είναι αναγκαία η αύξηση της ενεργειακής απόδοσης στον κτιριακό τομέα για τη μείωση του ενεργειακού και του λειτουργικού κόστους και των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα. Η ενεργειακή διαχείριση αποτελεί μια διαδικασία ενεργειακής αποτελεσματικότητας ως παράγοντα εξοικονόμησης ενέργειας συμβάλλοντας στη μείωση των λειτουργικών εξόδων Ένα Σύστημα Διαχείρισης Ενέργειας Κτιρίου (Building Energy Management System - BEMS) είναι παρόμοιο με ένα Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) αλλά επικεντρώνεται ειδικά στην ενεργειακή απόδοση και την ενεργειακή διαχείριση. Υπάρχουν διάφορα Συστήματα Διαχείρισης Ενέργειας Κτιρίου (Building Energy Management System - BEMS) που αναπτύχθηκαν για να εφαρμοστούν σε κτίρια όπως το έξυπνο μοντέλο στήριξης της απόφασης που χρησιμοποιεί κανόνες με βάση ένα τυπικό Σύστημα Διαχείρισης Ενέργειας Κτιρίου (Building Energy Management System - BEMS), το καινοτόμο έξυπνο μοντέλο υποστήριξης απόφασης για την αξιολόγηση μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας σε ένα τυπικό κτίριο που βασίζεται στη συστηματική ενσωμάτωση των δεδομένων του Συστήματος Διαχείρισης Ενέργειας Κτιρίου (Building Energy Management System - BEMS), το νέο αυτοματοποιημένο εργαλείο λειτουργίας Συστήματος Διαχείρισης Ενέργειας Κτιρίου (Building Energy Management System - BEMS) για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των συστημάτων Θέρμανσης, ψύξης και κλιματισμού

(Heating, ventilation and air conditioning – HVAC) που αποτελεί αυτοματοποιημένο εργαλείο περιορισμένο στις λειτουργίες θέρμανσης, εξαερισμού και κλιματισμού [41].

Η αρχιτεκτονική του προτεινόμενου μοντέλου Διαχείρισης Ενέργειας Κτιρίου (Building Energy Management – BEM) βασίζεται στην οντολογία και η αποτελεσματικότητα του αυξάνεται παράλληλα με τους κανόνες που το διέπουν. Το οντολογικό μοντέλο έχει πλεονεκτήματα που επιτρέπουν στο Διαχείρισης Ενέργειας Κτιρίου (Building Energy Management – BEM) να αναπτυχθεί όπως επαναχρησιμοποίηση πληροφορίας, επεκτασιμότητα και αλληλοεπίδραση με αποτέλεσμα να είναι πιο αποτελεσματικό με την πάροδο του χρόνου συμβάλλοντας σημαντικά στην εξοικονόμηση ενέργειας. Είναι απαραίτητη η συλλογή διαφόρων δεδομένων από τους αισθητήρες και τον εξοπλισμό για να αποφασιστεί η κατάσταση του κτιρίου και οι εντολές ελέγχου. Οι αισθητήρες εσωτερικού και εξωτερικού χώρου περιλαμβάνουν τη θερμοκρασία, την υγρασία, τον αέρα, την ποιότητα, την απασχόληση και τη φωτεινότητα. Οι αισθητήρες Συστήματος Αυτοματισμού Κτιρίων (Building Automation Systems - BAS) περιλαμβάνουν το λέβητα, το εξαερισμό, το ψύκτη, το φωτισμό και τον υγραντήρα. Οι πληροφορίες από το Σύστημα Αυτοματισμού Κτιρίων (Building Automation Systems - BAS), τους εσωτερικούς και τους εξωτερικούς αισθητήρες μεταφέρονται στη βάση δεδομένων των αισθητήρων όπου φιλτράρονται, συνοψίζονται και μετατρέπονται προς χρήση. Το μοντέλο Συστήματος Διαχείρισης Ενέργειας Κτιρίου (Building Energy Management System - BEMS) περιλαμβάνει κανόνες για την ανάλυση του κτιρίου για να αποφασιστεί αν η τρέχουσα κατάσταση είναι φυσιολογική ή μη και να εξάγει εντολές ελέγχου για τη λειτουργία κτιρίου βάσει των συγκεντρωμένων δεδομένων των αισθητήρων και των γνώσεων [41].

Το προτεινόμενο μοντέλο αποτελείται από την αρχιτεκτονική του κτιρίου, το πλαίσιο, την αιτία και τον έλεγχο. Η αρχιτεκτονική του κτιρίου περιλαμβάνει τις περιοχές και τις ζώνες του κτιρίου, τα στοιχεία του και τους εξοπλισμούς του Συστήματος Αυτοματισμού Κτιρίων (Building Automation Systems - BAS). Το πλαίσιο περιλαμβάνει πληροφορίες για την ανάλυση του κατά πόσον τα λειτουργικά δεδομένα του κτιρίου αποκλίνουν από τις κανονικές τιμές. Η αιτία αποδίδει την αιτία της ανώμαλης κατάστασης του κτιρίου. Το πλαίσιο ελέγχου παρέχει τη λύση για την επίλυση της αιτίας του πλαισίου όπως η απώλεια ενέργειας ή η υποβάθμιση των εσωτερικών συνθηκών. Το καθένα από τα παραπάνω έχει τους δικούς του κανόνες καθώς και πρόσθετοι κανόνες μπορούν να αντληθούν μέσω της προσομοίωσης της ενέργειας του κτιρίου. Τέλος, το μοντέλο οντολογίας έχει διάφορες ταξινομημένες έννοιες όπως αισθητήρας, εξοπλισμός, ζώνη, κτίριο, δράση εξοπλισμού, αξιολόγηση ζώνης, εσωτερικό περιβάλλον, λειτουργικές τιμές, τύπος και ώρα ζώνης κλπ. όπου κάθε έννοια έχει υποέννοιες και χαρακτηριστικά που ταξινομούνται σε κανόνες δεδομένων που περιγράφουν τη σχέση μεταξύ εννοιών, σε στατικά δεδομένα που είναι αμετάβλητα δεδομένα όπως αναγνώριση, ετικέτα, όνομα, διεύθυνση κλπ. και δυναμικά δεδομένα που είναι διαφορετικά δεδομένα ανάλογα με την κατάσταση του κτιρίου όπως π.χ. τιμή αισθητήρα και πληροφορίες χρόνου [41].

Η ροή λειτουργίας του συστήματος του προτεινόμενου μοντέλου περιλαμβάνει διάφορα δεδομένα αισθητήρων και δεδομένα του Συστήματος Αυτοματισμού Κτιρίων (Building Automation Systems - BAS) που είναι συγκεντρωτικά και μετατρέπονται σε αναλυτέα δεδομένα και μετά σε πληροφορίες. Στη συνέχεια ο μηχανισμός συμπερασμάτων συνάγει το πλαίσιο με βάση την οντολογία της αρχιτεκτονικής του κτιρίου και το πλαίσιο με τους κανόνες με αποτέλεσμα να καθοριστεί η κατάσταση της ζώνης ή του κτιρίου. Εάν το πλαίσιο είναι ανώμαλο ο μηχανισμός συμπερασμάτων αιτιολογεί την αιτία της μη φυσιολογικής κατάστασης και τους κανόνες αιτίου. Τέλος, συνάγει την εντολή ελέγχου για να λύσει την αιτία της ανώμαλης κατάστασης μέσω του ελέγχου και των κανόνων όπου το κτίριο ελέγχεται μέχρι να λυθεί η μη φυσιολογική κατάσταση. Οι κανόνες μπορούν να προστεθούν

μέσω του αποτελέσματος των προσομοιώσεων ενέργειας κτιρίου. Μέσω της ανάλυσης της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου αλλάζει ο ρυθμός εξαιρισμού σύμφωνα με τους χρήστες και το αποτέλεσμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως κανόνας. Μια άλλη ανάλυση περιλαμβάνει τη σύγκριση της ενεργειακής απόδοσης με την εξισορρόπηση του ηλεκτρικού φωτισμού λόγω ημέρας ή από τη χρήση τυφλών παραθύρων μειώνοντας την ηλεκτρική ενέργεια φωτισμού αλλά αυξάνοντας την ενέργεια ψύξης [41].

6.2.5 Διαχείριση και μοντελοποίηση ενέργειας κτιρίου βάσει μικροσκοπικών ασύρματων κόμβων αισθητήρων

Τα συστήματα διαχείρισης ενέργειας και περιβαλλοντικής απόδοσης στα κατοικήσιμα κτίρια δεν υπάρχουν και αποτελούνται από ενσωματωμένα ενσύρματα συστήματα διαχείρισης κτιρίου και συστήματα παρακολούθησης και στόχευσης για μη κατοικήσιμα κτίρια. Τα συστήματα αυτά δεν συμβάλλουν μείωση του κόστους ή στην ενσωμάτωση με άλλα συστήματα επιχειρησιακής διαχείρισης. Η μείωση της τάξεως 15-40% της κτιριακής ενεργειακής κατανάλωσης επιτυγχάνεται από την αποτελεσματική κτιριακή διαχείριση σε σύγκριση με τις τυπικές πρακτικές. Έρευνες έχουν δείξει ότι το διαθέσιμο επίπεδο πληροφόρησης στους διαχειριστές κτιρίων με τα υπάρχοντα Συστήματα Κτιριακής Διαχείρισης (Building Management Systems - BMS) και τα Συστήματα Περιβαλλοντικής Παρακολούθησης (Environmental Monitoring Systems-EMS) είναι ανεπαρκή στην επίτευξη αποτελεσματικής απόδοσης. Το κόστος εγκατάστασης πρόσθετων αισθητήρων και μέτρων είναι αρκετά υψηλό λόγω του κόστους του καλωδίου και της εργασίας γι αυτό η τεχνολογία ασύρματου αισθητήρα παρέχει την ικανότητα παροχής αξιόπιστα δεδομένα αισθητήρα στην απαιτούμενη χρονική στιγμή σχετικά με την κτιριακή ενεργειακή διαχείριση [39].

Τα παραδοσιακά αυτόματα συστήματα κτιρίου χρησιμοποιούν ενσύρματη επικοινωνία με αποτέλεσμα να απαιτούν ακριβά καλώδια που πρέπει να εγκατασταθούν και να συντηρηθούν τακτικά με αποτέλεσμα να μην είναι κατάλληλα για πολλές προσαρμογές. Τα τελευταία χρόνια οι ασύρματες τεχνολογίες έχουν γίνει πολύ δημοφιλές σε μια ευρεία ποικιλία εφαρμογών για καταλληλότητα και παρακολούθηση της υγείας, για περιβαλλοντική παρακολούθηση και για σπιτικές και εμπορικές εφαρμογές δικτύωσης προσφέροντας διακριτά πλεονεκτήματα στον τομέα της αυτοματοποίησης των σπιτιών και των κτιρίων καθώς το κόστος εγκατάστασης μειώνεται σημαντικά δεδομένου ότι δεν απαιτείται καμία καλωδίωση και κανένας αγωγός, ούτε δίσκοι καλωδίων. Η ασύρματη τεχνολογία επιτρέπει επίσης την τοποθέτηση αισθητήρων όπου η καλωδίωση και δεν είναι κατάλληλη για λόγους αισθητικής, συντήρησης ή ασφάλειας. Τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων πρέπει να έχουν αναπτυξιακή επεκτασιμότητα, να είναι ανθεκτικά, αξιόπιστα, ισχυρά και εύκολα στην ανάπτυξη από μη εξειδικευμένο προσωπικό έχοντας σχεδιασμό χαμηλής ισχύος με υποχρεωτική χρήση ενεργειακά αποδοτικού υλικού (π.χ. χαμηλή τάση τροφοδοσίας και υποστήριξης για μικροελεγκτές). Ένα μοντέλο πληροφοριών κτιρίου (Building Information Model - BIM) αποτελείται από μια τρισδιάστατη γραφική αναπαραγωγή της γεωμετρίας του κτιρίου και μια σχετική βάση δεδομένων στην οποία αποθηκεύονται όλα τα δεδομένα, οι ιδιότητες και οι σχέσεις. Το Building Information Model (BIM) δημιουργείται κατά τη φάση του σχεδιασμού και μπορεί να οδηγήσει σε 30% συνολική μείωση του κόστους κατασκευής. Σε όλο τον τυπικό κύκλο ζωής του κτιρίου υπάρχουν διάφορες ασυνέχειες στη μετάδοση των κτιριακών δεδομένων. Η μετάβαση από το σχεδιασμό στην κατασκευή και στην λειτουργία έχει ως αποτέλεσμα την απώλεια δεδομένων, πρόσθετο κόστος για την ανασύστασή τους και συνολική μείωση της ακεραιότητάς τους. Ο αντίκτυπος αυξάνεται σε κάθε παράδοση και καταλήγει στο διαχειριστή εγκατάστασης και επομένως στον διαχειριστή ενέργειας [39].

Η Διαχείριση Ενέργειας Κτιρίου έχει σχεδιαστεί για να επιτρέψει την προσθήκη και τη διεπαφή της πρόσθετης λειτουργικότητας όπως απαιτείται και βασίζεται στο πρωτότυπο σύστημα για δίκτυα αισθητήρων του ινστιτούτου Tyndall. Το σύστημα περιέχει το τμήμα επεξεργασίας δεδομένων, το τμήμα επικοινωνίας RF, το τμήμα ενεργοποίησης τους αισθητήρες / μετρητές και το τμήμα διαχείρισης της παροχής ενέργειας. Το επίπεδο πολλαπλών αισθητήρων σχεδιάστηκε για να διασυνδεθεί με έναν αριθμό επιλεγμένων αισθητήρων καθώς και την ενσωμάτωση πρόσθετης δυνατότητας χρήσης εντός του κτιριακού περιβάλλοντος περιλαμβάνοντας διπλές δυνατότητες ενεργοποίησης για κάθε σύστημα AC / DC που χρησιμοποιεί ένα εξωτερικό σύστημα ισχυρής ισχύς για συσκευές που καταναλώνουν έως 280 V και 25 A (για ενεργοποίηση και απενεργοποίηση συσκευών) καθώς και ένα διακόπτη χαμηλής κατανάλωσης ισχύος για την ενεργοποίηση της εγκατάστασης. Οι αισθητήρες έχουν ψηφιακή επικοινωνία με τον μικροελεγκτή μέσω διεπαφής σειριακών διαύλων όπως το I2C ή το ανάλογο συνδεδεμένο με οποιοδήποτε από τα κανάλια ADC. Οι δύο διεπαφές εξωτερικών αισθητήρων / μετρητών συνδέονται σε οποιοδήποτε μετρητή χρησιμοποιώντας διάφορους αισθητήρες θερμοκρασίας αντίστασης και το πρωτόκολλο MODBUS που ανταλλάσσει δεδομένα / εντολές μέσω σειριακών επικοινωνιών RS485. Σε αυτό το επίπεδο διεπαφής μπορούμε να ενσωματώσουμε εξωτερική σειριακή μνήμη flash (Atmel AT45DB041) 4-Mbit για την αποθήκευση των δεδομένων, των μετρήσεων και τον απομακρυσμένο προγραμματισμό [39].

Με βάση τις απαιτήσεις των χρηστών για την ανάπτυξη των μοντέλων πληροφοριών κτιρίου (Building Information Models-BIM) υπάρχει μια ποικιλία αισθητήρων και κατάλληλων διεπαφών τα οποία χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη ασύρματου δικτύου αισθητήρα όπου τα δεδομένα από αυτό τον αισθητήρα χρησιμοποιούνται για την αύξηση των συνολικών δεδομένων από το πρότυπο ενσύρματο σύστημα διαχείρισης κτιρίων. Ο αισθητήρας απασχόλησης (παθητικός υπέρυθρος PIR) χρησιμοποιείται για την ανίχνευση παραμέτρων πληρότητας των δωματίων στο κτίριο και θεωρείται απαραίτητος για την ανάπτυξη των ποσοστών κατανάλωσης ενέργειας και των τάσεων. Ένας χαρακτηριστικός αισθητήρας PIR αποτελεί το Panasonic AMN44122 το οποίο παρέχει μια έξοδο ψηφιακής ανίχνευσης που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ενεργοποιήσει μια διακοπή στον επεξεργαστή όταν η δραστηριότητα καταγράφεται στον αισθητήρα με αποτέλεσμα τη χαμηλή κατανάλωση ενέργειας. Επίσης ο αισθητήρας υγρασίας / θερμοκρασίας / φωτός, καθώς η σχετική υγρασία (Relative Humidity-RH) αποτελεί ένα σημαντικό δείκτη της ποιότητας του αέρα στα κτίρια όπου μια εξαιρετικά χαμηλή ή υψηλή υγρασία (εύρος άνεσης 30-70%) μπορεί να προκαλέσει δυσφορία στους εργαζομένους καθώς και να αυξηθούν τα συνολικά επίπεδα κατανάλωσης ενέργειας. Ένας αισθητήρας θερμοκρασίας και υγρασίας είναι ο SHT11 που ενσωματώνεται στον πίνακα του αισθητήρα ενσωματώνοντας επεξεργασία σήματος με μικροσκοπική εκτύπωση και παρέχει μια πλήρως βαθμονομημένη ψηφιακή έξοδο χρησιμοποιώντας σειριακή διεπαφή I2C για να επικοινωνήσει με τον μικροελεγκτή και παρέχει είτε τα δεδομένα υγρασίας ή θερμοκρασίας με βάση την παραλαβόμενη εντολή. Μια μικροσκοπική φωτοδίοδος με έξοδο τωρινή κατάσταση σε συνθήκες περιβάλλοντος φωτός μετράει τα επίπεδα φωτός LUX που υπάρχουν στο κτίριο [39].

Επίσης όσον αφορά τις διεπαφές η ανίχνευση της κατάστασης των παραθύρων / θυρών είναι μια παράμετρος του κτιρίου που πρέπει να παρακολουθείται από τον κόμβο WSN. Το επιταχυνσιόμετρο τριών αξόνων μπορεί να προσφέρει χρήσιμες πληροφορίες της γωνίας που βοηθά να ξέρουμε πόσο μεγάλη είναι η πόρτα ή το παράθυρο που ανοίγει ή κλείνει. Το LIS302DL είναι ένα εξαιρετικά συμπαγές γραμμικό επιταχυνσιόμετρο τριών αξόνων χαμηλής ισχύος που ενσωματώνεται στο σχεδιασμό κόμβου. Η κύρια πρόκληση σχεδιασμού με τη χρήση του επιταχυνσιόμετρου είναι ότι ο μικροελεγκτής πρέπει να είναι συνεχώς ενεργός για την καταγραφή των δεδομένων του αισθητήρα που σημαίνει υψηλή τρέχουσα κατανάλωση

και μικρό χρόνο ζωής. Για να ξεπεραστεί αυτό το πρόβλημα, ένας μηχανικός αισθητήρας δόνησης με πολύ μικρό πακέτο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παροχή εξωτερικής διακοπής στο μικροελεγκτή Atmel όταν υπάρχει οποιαδήποτε κίνηση. Τέλος απαιτείται η μέτρηση του ρυθμού ροής σε διαφορετικές θέσεις στο εσωτερικό του κτιρίου όπου υπάρχουν σωλήνες κατασκευασμένα από διαφορετικά υλικά και έχουν μεγάλο μέγεθος για την αξιολόγηση της θερμικής απόδοσης του συστήματος θέρμανσης. Ένα σύστημα βασισμένο σε υπερήχους αναπτύχθηκε βάσει του πρότυπου βιομηχανικού πρωτοκόλλου MODBUS διασυνδεδεμένο με το αισθητήρα κόμβου χρησιμοποιώντας το μετρητή ροής STUF-300EB που παρέχει εξαιρετικές δυνατότητες για την ακριβή μέτρηση ροής υγρού έξω από το σωλήνα. Για την παρακολούθηση της θερμοκρασίας του νερού που διέρχεται στους σωλήνες κτιρίου μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο αισθητήρας θερμοκρασίας της SIEMENS ως μη εισαγωγική μονάδα και μπορεί να τοποθετηθεί απευθείας σε μια είσοδο σωλήνα [39].

Ο ασύρματος έλεγχος διαφόρων τύπων φορτίων AC στο κτίριο ενσωματώνεται στο δίκτυο εκτός από τις δυνατότητες συλλογής δεδομένων με σκοπό τη μείωση της καταναλώμενης ενέργειας στο περιβάλλον ανάπτυξης για το οποίο τα μοντέλα κτιριακών πληροφοριών έχουν αναπτυχθεί. Τα σύνολα δεδομένων που συγκεντρώθηκαν σε πραγματικούς χρόνους από διαφορετικούς τύπους εντολών αισθητήρων αποστέλλονται σε ορισμένους σχεδιασμένους κόμβους για να εκτελεστούν όπως ενεργοποίηση / απενεργοποίηση του φωτισμού, αντλίες θερμότητας, βαλβίδες νερού ή θερμοαντλία σώματα. Ο σχεδιασμός του κόμβου ενσωματώνει δύο επιλογές που επιτρέπουν τη δυνατότητα ενεργοποίησης. Η πρώτη περιλαμβάνει τον έλεγχο μικρών συσκευών ρεύματος, έως και 2 Αμπέρ π.χ. ενός υπολογιστή, χρησιμοποιώντας ένα ενσωματωμένο ρελέ PHOTOMOS που είναι μια οπτοηλεκτρονική συσκευή που οδηγεί ένα MOSFET διακόπτη ισχύος. Η δεύτερη επιλογή παρέχει τη δυνατότητα σύνδεσης ενός εξωτερικού ρελέ που παράγει υψηλότερη φόρτωση ρεύματος μέσω ενός από τους ενσωματωμένους συνδετήρες. Για την αξιολόγηση της δυνατότητας ενεργοποίησης του κόμβου και της ανάπτυξης των απαραίτητων αλγόριθμων ελέγχου γίνεται έλεγχος της λειτουργίας του θερμοαντλία [39].

Η αρχιτεκτονική WSN βασίζεται στο IETF IPv6 μέσω WPAN χαμηλής ισχύος (6LoWPAN) (RFC 4944) ανοιχτού πρότυπου για IP επικοινωνία μέσω ασύρματων συσκευών χαμηλής κατανάλωσης όπως το IEEE 802.15.4. Τα δίκτυα LoWPAN συνδέονται με άλλα δίκτυα IP μέσω ενός ή περισσοτέρων συνοριακών δρομολογητών μεταφέροντας πακέτα μεταξύ διαφορετικών μέσων συμπεριλαμβανομένου Ethernet, Wi-Fi ή GPRS. Το πρότυπο IETF 6LoWPAN επεκτείνει τις ίδιες δυνατότητες επικοινωνίας σε συσκευές χαμηλής ισχύος των οποίων η ισχύς της μπαταρίας πρέπει να διαρκεί μήνες ή και χρόνια και η 6LoWPAN χρησιμοποιεί χρέωση για ότι βλέπεις. Μέσω της άμεσης ενσωμάτωσης με δρομολογητές IP, μπορεί να επωφεληθεί από τα προηγμένα συστήματα ασφάλειας δικτύου και όχι να εξαρτηθεί από εκείνα που παρέχονται από Ad hoc πύλες. Η ενσωμάτωση αυτή προσφέρει δυνατότητες για ευρεία εμπορική υιοθεσία και διαλειτουργικότητα λόγω των χαρακτηριστικών του όπως η διαφάνεια, η ευελιξία, η επεκτασιμότητα και η διαχειρισσιμότητα. Πολλά βιομηχανικά πρότυπα, συμπεριλαμβανομένων των BACNet, LonTalk, CIP και SCADA, εισήγαγαν μια IP που χρησιμοποιεί είτε TCP / IP ή UDP / IP από Ethernet [39].

Στο ασύρματο δίκτυο αισθητήρων για την παροχή δεδομένων ανίχνευσης στον τελικό χρήστη (ή άλλα στοιχεία λογισμικού) για τους σκοπούς της παρακολούθησης κτιριακής επίδοσης (Building Performance Monitoring-BPM) υπάρχει ένας αριθμός εννοιολογικών και πρακτικών προκλήσεων που πρέπει να αντιμετωπιστούν. Οι εννοιολογικές προκλήσεις περιλαμβάνουν τον ορισμό του Building Performance Monitoring (BPM) σε διάφορους εμπλεκόμενους φορείς ενός κτιρίου ενώ οι πρακτικές προκλήσεις περιλαμβάνουν την ποιότητα των δεδομένων, τη διαθεσιμότητα, τη συνοχή και τη συγκριτική αξιολόγηση. Η εφαρμογή Data Warehouse (DW) χρησιμοποιείται για την αποθήκευση πολλών δεδομένων

από τις ροές δεδομένων του WSN στην ERI. Για την εξαγωγή πληροφοριών περιβάλλοντος από την ανάπτυξη του WSN στην ERI χρησιμοποιήθηκε η αρχιτεκτονική προσανατολισμένη στις υπηρεσίες (Service Orientated Architecture-SOA). Για την ανάπτυξη της ERI τα δεδομένα συλλέγονται απ όλα τα επίπεδα και στέλνονται μέσω της ασύρματης επικοινωνίας στον ενσωματωμένο υπολογιστή (πύλη) με σύνδεση SOA σε μια αποθήκη δεδομένων Data Warehouse (DW) στο υπόγειο του κτιρίου. Τα δεδομένα απόδοσης κτιρίου πρόκειται να χρησιμοποιηθούν για την υποστήριξη λήψης αποφάσεων του διαχειριστή εγκατάστασης και των κτιριακών ενεργοποιητών για τη βελτιστοποίηση των δραστηριοτήτων συντήρησης και βοηθώντας στην ανίχνευση και τη διάγνωση σφαλμάτων καθώς και στην ανάπτυξη μοντέλων πληροφορίας κτιρίου (Building Information Models-BIM) [39].

Ένας από τους στόχους του μοντέλου πληροφοριών ανάλυσης απόδοσης κτιρίου είναι η ανάπτυξη μιας τεχνολογικής πλατφόρμας ικανής να στηρίζει το ολικό περιβάλλον και να διαχειριστεί την ενέργεια στα κτίρια αξιοποιώντας τεχνολογίες αιχμής και ειδικότερα τα τυπικά πλαίσια επιδόσεων. Η τεχνολογία Building Information Models (BIM) χρησιμοποιείται για τον καθορισμό και την αποθήκευση πληροφοριών σχετικά με την απόδοση βάσει συγκεκριμένων αντικειμένων γεωμετρίας του κτιρίου (π.χ. κτίριο, πάτωμα, ζώνη, τοίχος) ή του συστήματος Heating, ventilation and air conditioning (HVAC) (π.χ. σωλήνας, αγωγός αέρα, αντλία, AHU) και τις σχετικές μετρήσεις τους με βάση τα σύνολα δεδομένων από ανεπτυγμένους αισθητήρες / μέτρα τα οποία είναι στιγμιαία και ορίζονται στο Building Information Models (BIM). Όλες αυτές οι πληροφορίες αποθηκεύονται μέσω του Εργαλείου Απόδοσης Πλαισίου (Performance Framework Tool-PFT). Οι αποδόσεις δομούνται σε αντικείμενα απόδοσης, αντικείμενα, μέτρα, απόψεις και σεναρία. Ένας στόχος απόδοσης μπορεί να θεωρηθεί ως ποιοτικός στόχος που μπορεί να αποδοθεί σε συγκεκριμένο αντικείμενο επίδοσης (αντικείμενο κτιρίου). Το πιο εύκολο παράδειγμα στόχου απόδοσης είναι η "παρακολούθηση" μιας παραμέτρου ενώ ο πιο περίπλοκος στόχος επίδοσης περιλαμβάνει εκτιμητές όπως η "διατήρηση" όπου η τιμή αναφοράς πρέπει να οριστεί αναλόγως [39].

Ένας διαχειριστής κτιρίου μπορεί να επιθυμεί να διατηρήσει τη θερμοκρασία μέσα σε μια συγκεκριμένη ζώνη στο κτίριο. Ο στόχος αυτός μπορεί να ποσοτικοποιηθεί συσχετίζοντας τη με μια μέτρηση επίδοσης ενώ η ζώνη μπορεί να θεωρηθεί αντικείμενο επίδοσης. Ένα κτίριο μπορεί να έχει εκατοντάδες στόχους επίδοσης με αποτέλεσμα να κατηγοριοποιηθούν κάτω από συγκεκριμένες πτυχές απόδοσης ώστε να μπορούν να εξεταστούν από κοινού με σκοπό να δοθεί μια σαφέστερη εικόνα για το διαχειριστή κτιρίου. Οι πέντε καθορισμένες πτυχές απόδοσης είναι η λειτουργία του κτιρίου, τα θερμικά φορτία, η κατανάλωση ενέργειας, η απόδοση του συστήματος και η νομοθεσία. Ένα σενάριο αποτελεί η συλλογή συναφών στόχων επίδοσης που ασχολείται με μια ιδιαίτερη πτυχή λειτουργίας του κτιρίου και όσον αφορά την τρέχουσα τεχνική ενσωμάτωση χρησιμοποιούνται δεδομένα που συλλέχθηκαν από το σύστημα WSN και το εργαλείο Performance Framework Tool (PFT). Το αρχείο Industry Foundation Class (IFC) καθορίζει και προσθέτει τους ορισμούς των σεναρίων και εξάγει το αρχείο σε μορφή Industry Foundation Class (IFC). Το αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας είναι μια τυπική περιγραφή του κτιρίου και του διαθέσιμου πλαισίου μέτρησης του συστήματος και τα σχετικά μετρηθέντα δεδομένα που απαιτούνται για την παρακολούθηση της προδιαγεγραμμένης απόδοσης. Τα μετρηθέντα δεδομένα μπορούν να αποθηκευτούν σε μια ενσωματωμένη τυποποιημένη χειρονακτική βάση δεδομένων ή σε μια ενσωματωμένη αυτόματη αποθήκη δεδομένων που είναι συμβατή με το Industry Foundation Class (IFC). Η τεχνολογία αποθήκευσης δεδομένων είναι ένας πιο ισχυρός τρόπος για τη δόμηση των δεδομένων που επιτρέπει στον χρήστη να τα επεξεργαστεί και να τα εμφανίσει σε διαφορετικές μορφές [39].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

Γενικά χαρακτηριστικά

Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται αναφορά στη SWOT ανάλυση μεταξύ των Συστημάτων Διαχείρισης Κτιρίων (Building Management System - BMS) και των εργαλείων ανίχνευσης και διάγνωσης ασφάλειας, στους διαδραστικούς ελέγχους στο Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) βάσει του GridWise™, στην εφαρμογή ελέγχου σε Σύστημα Διαχείρισης Ενέργειας Κτιρίου (Building Energy Management System – BEMS) (Internet of Things-IoT) με το μετρητή ενέργειας Διαδικτυακών πραγμάτων (Internet of Things -IoT) και στην προοπτική περίπλοκων Συστημάτων Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS).

7.1 SWOT ανάλυση μεταξύ των Συστημάτων Διαχείρισης Κτιρίων (Building Management System - BMS) και των εργαλείων ανίχνευσης και διάγνωσης ασφάλειας

Το πρόγραμμα CASCADE είναι ένα ευρωπαϊκό ερευνητικό πρόγραμμα που αναπτύσσει σχέδια ενεργειακής δράσης βάσει συγκεκριμένων μετρήσεων εγκατάστασης για τη διάγνωση βλαβών (FDD) σε αεροπορική βάση ενώ μια μεθοδολογία για την ανάπτυξη προσαρμοσμένων λύσεων Τεχνολογίας Πληροφορίας Επικοινωνιών (ΤΠΕ) είναι υπό ανάπτυξη στοχεύοντας στον έλεγχο και τη συγκριτική αξιολόγηση απόδοσης του εξοπλισμού, στη βελτιστοποίηση της συμπεριφοράς των χρηστών και στην προσαρμογή βάσει προδιαγραφών δίνοντας τη δυνατότητα διαχείρισης ενέργειας χρησιμοποιώντας το για την υπόδειξη προβλημάτων σχεδιασμού συστήματος, αποδοτικότητας εξοπλισμού και λειτουργικών ρυθμίσεων καθώς επίσης στοχεύοντας και στη μετατροπή των πληροφοριών σε σχέδιο δράσης συνδέοντας Δράσεις-Χρήστες-πρότυπα ISO με μια δικτυακή πύλη διαχείρισης με αποτέλεσμα την ενσωμάτωση στο υπάρχον σύστημα, την τριετή απόδοση επενδύσεων, την 20% μείωση της καταναλωτικής ενέργειας και των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα κατορθώνοντας τα με την εμπλοκή, ενθάρρυνση του χρήστη και τον καθορισμό των αναγκών, την χρήση νέων τεχνολογιών ΤΠΕ στα ήδη υπάρχοντα συστήματα στις εγκαταστάσεις, τη συλλογή δεδομένων για τη λειτουργία του χρήστη και την απόδοση του εξοπλισμού, την εφαρμογή μεθόδων ανίχνευσης λειτουργικών βλαβών και απόδοσης εξοπλισμού, τη δημιουργία σχεδίων δράσης σύνδεσης χρηστών, δράσεων και προτύπων ISO βάσει εγκαταστάσεων παρέχοντα κόστη και οφέλη [24].

Τα Συστήματα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) δεν σχεδιάζονται για την κτιριακή ανάλυση επιδόσεων γι αυτό χρησιμοποιούνται τα εργαλεία ανίχνευσης βλαβών και διάγνωσης. Ένα Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) παρέχει πληροφορίες για τις λειτουργίες του συστήματος, την κατανάλωση ενέργειας και την ανίχνευση βλαβών συμπεριλαμβάνοντας ένα μηχανικό

εργαλείο ή εργαλείο διαμόρφωσης στρατηγικής, λογισμικά γραφικών, προγραμματισμού, καταγραφής δεδομένων, ελέγχου ενεργειακής διαχείρισης (θερμοκρασίας, υγρασίας, απασχόλησης, ενεργειακής χρήσης, ποιότητα αέρα, επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα), αναφορές, επιβεβαίωση χρήστη και ασφάλειας, αξιοποιήσιμα δεδομένα [24].

Κοινά προβλήματα των Συστημάτων Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) αναφέρονται στις προδιαγραφές τους και στην εγκατάσταση και σχετίζονται με το πλαίσιο μέτρησης, τις διατάξεις των ηλεκτρικών πινάκων, το λογισμικό απεικόνισης και ανάλυσης, την ποιότητα δεδομένων και τις πηγές του προσωπικού. Ακόμα και αν επιλυθούν τα συγκεκριμένα προβλήματα υπάρχουν άλλα που σχετίζονται με την ακατάλληλη επιλογή εξοπλισμού και εγκατάσταση, την έλλειψη αυστηρής ανάθεσης και της σωστής συντήρησης και της ανεπαρκούς ανάδρασης στη λειτουργία. Για να υπάρχει μια ισχυρή και αξιόπιστη πλατφόρμα ανίχνευσης βλαβών πρέπει να μελετηθούν οι αισθητήρες, η οπτικοποίηση των δεδομένων και των διαγραμμάτων, η μεταφορά δεδομένων και η αποθήκευση, οι αισθητήρες και οι ενεργοποιητές των πρωτοκόλλων επικοινωνίας, τη δυνατότητα ενσωμάτωσης νέων ενοτήτων, τη δυνατότητα καθορισμού ενεργειών ελέγχου και καθορισμού συναγεργμών για συμπερίληψη κανόνων FDD. Επίσης πρέπει να ληφθούν υπόψη η εμπειρία του προσωπικού με το σύστημα, η προσαρμοστικότητα της υλοποιούμενης λύσης, η ευχρηστία του συστήματος, η τυποποίηση της διαδικασίας, η αξιοπιστία και η βαθμονόμηση του συστήματος, τα τείχη προστασίας και η καταλληλότητα των δεδομένων [24].

Λόγω των αυξανόμενων αναγκών στη διαχείριση κτιρίων και την έλλειψη του εξειδικευμένου προσωπικού πρέπει να γίνεται μια πιο συστηματική προσπάθεια στα συστήματα διαχείρισης κτιρίου. Στην προσπάθεια αυτή συμβάλλουν οι νέες εξελίξεις στην τεχνητή νοημοσύνη όπως τα συστήματα βάσει γνώσης (KBS) που βοηθούν στη μείωση του φόρτου εργασίας και στο χρόνο εκπαίδευσης του προσωπικού όπως επίσης και τα πρωτόκολλα επικοινωνίας BACnet και LonWorks που είναι εξοπλισμένα με δυνατότητες πρωτοκόλλων διαδικτύου. Η ανάλυση των δεδομένων εξαρτάται από έναν μηχανικό για αυτό και είναι απαραίτητο η ανίχνευση και η διάγνωση λαθών (FDD) με αποτέλεσμα την εξοικονόμηση ενέργειας και κόστους μέσω της διαλειτουργικότητας του δικτύου, των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, την αποθήκευση και τις ευκαιρίες που προκύπτουν ειδικά από τα μεγάλα συστήματα HVAC (θέρμανσης, ψύξης και κλιματισμού) [24].

Τα Συστήματα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) δεν ταιριάζουν με όλες τις ανάγκες και μπορούν να συγκριθούν σε πολλά επίπεδα. Για παράδειγμα ένα κεντρικό Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) με την ασφάλεια Siemens, με τους αισθητήρες και το σύστημα Honeywell HVAC και ένα τρίτο προμηθευτή για πυρασφάλεια. Επίσης τα τελευταία χρόνια τα Συστήματα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) περιλαμβάνουν δεδομένα οικονομικά, καιρού και κατανάλωσης ενέργειας σε σχέση με τα πιο παραδοσιακά τα οποία πρέπει να συγκριθούν και να δομηθούν μέσω ενός εργαλείου τυποποιημένων δεδομένων που αντλεί πληροφορίες από διάφορες βάσεις δεδομένων [24].

Η ανάλυση SWOT αποτελεί ένα τρόπο αξιολόγησης του Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) και μέρος της έναρξης εφαρμογής του προγράμματος CASCADE καθώς επίσης βοηθάει στον εντοπισμό των λαθών στο σύστημα Heating, ventilation and air conditioning (HVAC) όταν εφαρμοστεί το πρόγραμμα CASCADE με αποτέλεσμα την εξοικονόμηση ενέργειας σύμφωνα με τις απαιτήσεις του ISO 50001 η οποία τροφοδοτεί μέσω ποσοτικοποιημένων στόχων που προκύπτουν από το FDD το επιχειρηματικό μοντέλο μειώνοντας το χρόνο επιστροφής επενδύσεων. Επίσης οι επιπτώσεις σχετίζονται με την άνεση, την ποιότητα αέρα του εσωτερικού χώρου και τη συντήρηση του εξοπλισμού [24].

Η ανάλυση SWOT βοηθάει στον εντοπισμό των εσωτερικών και εξωτερικών παραγόντων που βοηθούν ή δυσχεραίνουν την επίτευξη στόχων. Στα πλεονεκτήματα και τις αδυναμίες ανήκουν ο προσδιορισμός βασικών στοιχείων Τεχνολογίας και Πληροφοριών Επικοινωνίας του Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS), η εφαρμογή ενός πίνακα ελέγχου και η ανάλυση των προκυπτόμενων αποτελεσμάτων με εξαγωγή συμπερασμάτων υπό τη μορφή δυνατοτήτων και αδυναμιών, η αντιμετώπιση αδυναμιών για την πλήρη εφαρμογή του προγράμματος CASCADE. Στις ευκαιρίες ανήκουν ο εντοπισμός του εξειδικευμένου προσωπικού και η σύνταξη ερωτηματολογίου σχετικά με αυτούς όπου τα συμπεράσματα αντιπροσωπεύουν τις ευκαιρίες. Ως κατευθυντήριες γραμμές των απειλών μπορούν να θεωρηθούν η αλλαγή στο προσωπικό λόγω εντροπίας ή έλλειψης εμπειρίας, κάθε δυσκολία ή έλλειψη λειτουργικότητας με το σύστημα διεπαφών (GUI) του Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) το οποίο αυξάνει τις πιθανότητες εκτέλεσης εργασιών και μειώνει τις πιθανότητες εξατομικευμένης αναφορών και υλοποίησης ιδεών, ο παλιός εξοπλισμός, ο χρόνος μεταξύ της εξακρίβωσης και των εργασιών συντήρησης, η παροχή ψευδών στοιχείων [24].

Για την ενίσχυση της εφαρμογής του προγράμματος CASCADE αλλά και την παρακολούθηση και συντήρηση όλου του συστήματος τοπικά ή εξ αποστάσεως θα πρέπει να διασφαλιστεί ότι οι κανονισμοί και τα βιομηχανικά πρότυπα διατηρούνται και θα πρέπει να συγκεντρωθούν τα πρότυπα για την ποιότητα αέρα και την άνεση, καθώς και τα πρότυπα κατασκευής και ανάθεσης, να ελεγχθεί αν τα σημεία και τα χρονοδιαγράμματα ανταποκρίνονται στους κανονισμούς και τα πρότυπα ώστε να σχεδιαστούν δράσεις προσαρμογής αν είναι απαραίτητο, η δημιουργία ενός cloud βασισμένο σε φυσική βάση δεδομένων SQL για την αποθήκευση δεδομένων του Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS), η δημιουργία αυτόματων και περιοδικών αντιγράφων ασφαλείας των δεδομένων, η εγκατάσταση ασφαλούς και απομακρυσμένης πρόσβασης στη βάση δεδομένων, η εξασφάλιση καταγραφής και πληρότητας των δεδομένων της βάσης δεδομένων [24].

Κατά την εφαρμογή του προγράμματος CASCADE-FDD θα πρέπει όσον αφορά την ύπαρξη ανοικτού κώδικα να ελεγχθεί ο κωδικός προσβασιμότητας του Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) για την κατανόηση της εσωτερικής λειτουργίας, των ενεργειών και των κανόνων ελέγχου, να τροποποιηθεί το λογισμικό ελέγχου μέσω της πιθανότητας εφαρμογής λειτουργιών ελέγχου εντός του συστήματος ή/και μέσω του ενσωματωμένου ελέγχου λογισμικού του ελεγκτή, να υπάρξει δυνατότητα επικοινωνίας με το σύστημα με άλλο τρόπο από τη γραφική διεπαφή του χρήστη για την ανάγνωση τιμών και τη ρύθμιση παραμέτρων. Επίσης όσον αφορά την επεκτασιμότητα θα πρέπει να ελεγχθούν οι κατασκευαστές μονάδων SW / HW όπου ο κατασκευαστής παρέχει τις λειτουργικές μονάδες λογισμικού και υλικού για την ενίσχυση των δυνατοτήτων του συστήματος, να ελεγχθούν οι ad-hoc μονάδες SW / HW όπου ο κατασκευαστής παρέχει υποδομή για την τοποθέτηση νέων ενοτήτων στο σύστημα. Τέλος οι αισθητήρες αναλύονται σε σχέση με το βαθμό ακρίβειας και την ευρωστία. Ακολουθεί ένας πίνακας για την εύρεση των δυνάμεων και των αδυναμιών ενός Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) [24].

7.1.1 Πίνακας Δυνάμεις και αδυναμίες του Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) και η εξέλιξη τους

Χαρακτηριστι κά συστήματος	Ερωτήσεις κλειδιά	Βασική λύση BMS	Πιο διάχυτη λύση BMS	Ιδανικό BMS για το CASCADE	Μελλοντικό BMS
----------------------------------	-------------------	-----------------------	----------------------------	-------------------------------------	----------------

Βασικά στοιχεία BMS	Κατασκευαστής				
	Μοντέλο				
	Συστήματα υπό BMS	(HVAC, φωτισμός, πληροφορική, έλεγχος πρόσβασης, νερό, σύστημα πυρόσβεσης κ.λπ.)			
	Μεταβλητές που ελέγχονται από το BMS	(Θερμοκρασία αέρα, υγρασία αέρα, θερμοκρασία συστήματος νερού, επίπεδα φωτισμού, ταχύτητα ανεμιστήρων / αντλιών κ.λπ.)			
	Κύριοι δείκτες απόδοσης που χρησιμοποιήθηκαν	Κανένας	Άνετες συνθήκες σε κλιματιζόμενες περιοχές Λογαριασμοί κοινής ωφελείας	+ Λεπτομερή κατανάλωση ενέργειας	+ Πολυλειτουργική λεπτομερής διαχείριση ενέργειας και εκπομπών
	Μετεωρολογικός Σταθμός	Κανένας	Θερμοκρασία / Υγρασία που μετράται από το BMS	Πλήρης μετεωρολογικός σταθμός εγκατεστημένος επί τόπου	Πλήρης υψηλή ανάλυση και ακριβής μετεωρολογικός σταθμός εγκατεστημένος στην περιοχή και ζωντανή σύνδεση με τις καιρικές συνθήκες
Ανοιχτός κώδικας	Προσπελάσιμος Κωδικός BMS			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Τροποποιήσιμο λογισμικό ελεγκτή			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Γλωσσική αλληλεπίδραση με το BMS			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Επεκτασιμότητα	Κατασκευαστής μονάδων / στοιχείων SW / HW		<input type="checkbox"/>		
	Ad-hoc μονάδες / στοιχεία SW / HW			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Αισθητήρες	Ακρίβεια αισθητήρων	Χαμηλό	Μέση τιμή	Υψηλό	Υψηλό
	Ευστάθεια αισθητήρων	Χαμηλό	Χαμηλό	Υψηλό	Υψηλό
Διαθέσιμα δεδομένα για το FDD	Σημεία δεδομένων	Κανένα	Ελεγχόμενες μεταβλητές	+ Σήματα ελέγχου	Πανταχού παρών
	Συχνότητα δεδομένων	Κανένα	> 15 λεπτά	Λεπτό	<Λεπτά
	Οπτικοποίηση δεδομένων	Κανένα	Τάσεις	Οικόπεδα	Διαμορφώσιμα οικόπεδα
	Ακρίβεια	Χωρίς	Φτωχό	Υψηλό	Υψηλό

	δεδομένων	δεδομένα			
	Διαθεσιμότητα βάσης δεδομένων και πρόσβαση	Δεν υπάρχει βάση δεδομένων	Εγχειρίδιο	Αυτοματοποιημένη πρόσβαση ανάγνωσης	Αυτόματη / πλήρης εξωτερική πρόσβαση
Πρωτόκολλα επικοινωνίας	Επίπεδο πεδίου (BACnet, LonWorks, Modbus, M-bus)	Ad-hoc	Ιδιόκτητο / Ανοικτό	BACnet, Modbus, M-Bus,	Tbd
	Επίπεδο μεταφοράς δεδομένων (Ethernet, RS-232, Wireless)	RS-232	RS-232 / Ethernet	RS-232 / Ethernet	Tbd
	Επίπεδο περιεχομένου δεδομένων (csv, xml)	Χωρίς δεδομένα	Txt / csv	Xml	Tbd
Επίπεδο υπηρεσίας	Σύστημα	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Ευκολία		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Εγκατάσταση + Πλέγμα			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Πολυ-εγκατάσταση				<input type="checkbox"/>

Πηγή: (σελ 8, πίνακας 1) [24].

Η διαθεσιμότητα των δεδομένων διερευνάται σύμφωνα με τα σημεία δεδομένων (μέτρηση σωστών μεταβλητών, βέλτιστη θέση, καταγραφή και αποθήκευση τιμών) λαμβάνοντας υπόψιν τις ελεγχόμενες μεταβλητές και τα σήματα ελέγχου, τη συχνότητα δεδομένων (συχνότητα μέτρησης κατάλληλη για ανίχνευση λαθών όπως χαμηλή (μεγαλύτερη από 15'), μέση (μεταξύ 1' και 15'), υψηλή (λιγότερο ή ίσο με 1')), την οπτικοποίηση των δεδομένων (ύπαρξη (τύπος, τάσεις, οικόπεδα, διάσπαρτα), με ύπαρξη), την ακρίβεια δεδομένων περιλαμβάνοντας άμεση συσχέτιση με την ακρίβεια του αισθητήρα και επαλήθευση της συνεκτικότητας της θέσης μέτρησης, την διαθεσιμότητα βάσης δεδομένων και πρόσβασης ((μη)ύπαρξη, προσβασιμότητα) [24].

Τα πρωτόκολλα επικοινωνίας μελετώνται σε επίπεδο διαφορετικών επιπέδων πεδίου, επίπεδο μεταφοράς δεδομένων και επίπεδο πεδίου (BACnet, LonWorks, Modbus, M-bus), επίπεδο μεταφοράς δεδομένων (Ethernet, RS-232, wireless), επίπεδο περιεχομένου δεδομένων (csv, xml) που επικεντρώνονται στο πως είναι δομημένο το περιεχόμενο των δεδομένων, επίπεδο παροχής υπηρεσιών στο σύστημα (έλεγχος, διατήρηση, βελτιστοποίηση του συστήματος (HVAC, φωτισμός, περιοχή εγκατάστασης)), στο επίπεδο εγκατάστασης μέσω της διαχείρισης και της βελτιστοποίησης της λειτουργίας βελτιώνοντας τη συνολική απόδοση, στην εγκατάσταση και το πλέγμα που είναι ίδιο με την εγκατάσταση και τη βελτιστοποίηση ανταλλαγής ενέργειας στο πλέγμα για τη μείωση του κόστους, της κατανάλωσης και των εκπομπών, στις πολλαπλές εγκαταστάσεις περιλαμβάνοντας τη δυνατότητα διαχείρισης πολλαπλών εγκαταστάσεων ανά τομέα, περιφέρεια, εθνικό ή διεθνές επίπεδο [24].

Ένα ερωτηματολόγιο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εύρεση ευκαιριών και απειλών αντικατοπτρίζονται στους πίνακες 7.1.2 και 7.1.3. Οι ευκαιρίες και οι απειλές θεωρούνται εξωτερικοί και μη τεχνικοί παράγοντες που εξάγονται από την αλληλεπίδραση του προσωπικού διαχείρισης της εγκατάστασης [24].

7.1.2 Πίνακας Ερωτήσεις υποστήριξης προσδιορισμού Ευκαιριών και Απειλών

Τύπος αισθητήρα	Χαμηλή ακρίβεια	Μέση ακρίβεια	Υψηλή ακρίβεια
Θερμοκρασία	> 1 ° C	+/- 1 ° C	+/- 0,1 ° C
Υγρασία	+/- 5%	+/- 2%	+/- 1%
Ροή όγκου (αέρα)	> 5%	+/- 5%	+/- 1%
Ροή όγκου (νερό)	+/- 5%	+/- 2%	+/- 1%
Ηλεκτρική ενέργεια	+/- 1%	+/- 0,5%	+/- 0,1%
Φωτόμετρο	+/- 10%	+/- 5%	+/- 1%

Πηγή: (σελ 9, πίνακας 2) [24].

7.1.3 Πίνακας Ερωτήσεις προσδιορισμού Ευκαιριών και Απειλών

Αλληλεπίδραση Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS)	Ευχρηστία του συστήματος διεπαφών του Building Management System (BMS)
	Δυσκολίες αλληλεπίδρασης
	Τρόπος βελτίωσης αλληλεπίδρασης
	Τύπος αναφοράς του Building Management System (BMS) (Excel, διαγράμματα, αρχεία κειμένου, ανάλυση κόστους-οφέλους, ετήσιες τάσεις)
	Τροποποίηση αναφοράς για να συμπεριλαμβάνει/αποκλύει λειτουργίες
	Παραλήπτης έκθεσης
Εγκατάσταση Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS)	Χρόνος εγκατάστασης
	Τελευταία ρύθμιση / βαθμονόμηση του συστήματος
	Ψευδώς θετικά και αρνητικά σφάλματα ανα έτος
	Πιο συνηθισμένα ανιχνεύσιμα σφάλματα
Διαχείριση ενέργειας	Ποια σχέδια ελέγχονται / παρακολουθούνται από το σύστημα
	Τύποι βασικών δεικτών απόδοσης
	Πληροφορίες πελατών

	Αναφορά διαχείρισης ενέργειας
	Χρήσιμο σύστημα για αντιμετώπιση διαχείρισης ενεργειακής απόδοσης
	Χαρακτηριστικό πρόσθεσης στο σύστημα για την αντιμετώπιση ενεργειακής απόδοσης

Πηγή: (σελ 9, πίνακας 3) [24].

7.2 Διαδραστικοί έλεγχοι στο Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) βάσει του GridWise™

Το 2005 η Battelle Memorial Institute, Pacific Northwest Division δημιούργησαν το Pacific Northwest GridWise Test Bed με σκοπό τη συνεργασία με το Ενεργειακό τμήμα των ΗΠΑ (U.S. Department of Energy (DOE) GridWise) χρησιμοποιώντας ενισχυμένες τεχνολογίες για την αποτελεσματικότητα των λειτουργιών. Η Pacific Northwest National Laboratory (PNNL) ανέπτυξε και έκθεσε τεχνολογίες ελέγχου για να κάνουν τα κτίρια πιο ανταποκρίσιμα. Στους στόχους του ελέγχου τεχνολογιών GridWise είναι πως να γίνει η ισχύς του ηλεκτρικού πλέγματος πιο αξιόπιστη παρέχοντας μέσα για την καλύτερη διαχείριση των περιορισμών μετάδοσης, για την καλύτερη διαχείριση της διανομής για την αποφυγή τοπικής ικανότητας επεκτασιμότητας και την υποστήριξη υπηρεσιών περιστρεφόμενων και μη αποθεμάτων [30].

Τα κτιριακά συστήματα στα μεγάλα εμπορικά κτίρια συμπεριλαμβάνουν συστήματα θέρμανσης, ψύξης και κλιματισμού (Heating, ventilation and air conditioning - HVAC) τα οποία ελέγχονται μέσω του συστήματος αυτοματισμού κτιρίου (Building Automation Systems - BAS) που αποτελείται από αισθητήρες μέτρησης μεταβλητών ελέγχου, έναν ελεγκτή για την εκτέλεση λογικών λειτουργιών και την παραγωγή εξόδων ελέγχου, συσκευές που δέχονται τα σήματα ελέγχου και εκτελούν ενέργειες, καθώς και ένα παγκόσμιο εποπτικό ελεγκτή εκτέλεσης εργασιών υψηλού επιπέδου όπως επαναφορά θερμοκρασίας βάσει κτιριακών συνθηκών και χρονοδιαγράμματα (απ)ενεργοποίησης. Η τεχνολογία των συστημάτων αυτοματισμού κτιρίου (Building Automation Systems - BAS) έχει εξελιχθεί με τη βοήθεια των μηχανικών συσκευών για άμεσους ψηφιακούς ελέγχους (Direct Digital Controls-DDC) ή των ελεγκτών και συστημάτων βάσει υπολογιστών. Τα σημερινά συστήματα αυτοματισμού κτιρίου (Building Automation Systems - BAS) αποτελούνται από ηλεκτρονικές συσκευές με μικροεπεξεργαστές και δυνατότητες επικοινωνίας. Η διαδεδομένη χρήση ισχυρών, χαμηλού κόστους μικροεπεξεργαστών, η χρήση καθορισμένης καλωδίωσης και η υιοθέτηση πρότυπων πρωτοκόλλων επικοινωνίας όπως το BACnet™ και το LonWorks™ οδήγησαν στη βελτίωση τους. Τα περισσότερα σύγχρονα συστήματα αυτοματισμού κτιρίου (Building Automation Systems - BAS) έχουν ισχυρούς μικροεπεξεργαστές στους πίνακες πεδίου και ελεγκτές που μπορεί να ενσωματωθούν και σε αισθητήρες με αποτέλεσμα την καλύτερη λειτουργικότητα με χαμηλότερο κόστος και τη διανομή επεξεργασίας και ελέγχου λειτουργιών στους πίνακες πεδίου και στους ελεγκτές χωρίς να βασίζεται σε κάποιο κεντρικό εποπτικό σύστημα ελεγκτή για τις λειτουργίες. Τα συστήματα είναι επίσης γνωστά και σαν συστήματα διαχείρισης ενέργειας και ελέγχου (Energy Management and Control Systems-EMCS), Συστήματα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System-BMS), Ενεργειακά Συστήματα Διαχείρισης (Energy Management System-EMS), και Συστήματα Διαχείρισης Εγκατάστασης (Facility Management System-FMS) [30].

Ένα από τα μεγαλύτερα εμπόδια για την ανταπόκριση στην ενεργειακή ζήτηση είναι η έλλειψη τυποποιημένου υλικού και λογισμικού διασύνδεσης ελέγχου. Η τοποθέτηση συστημάτων DR είναι μοναδική και αποτελεί μέτρο οικονομικής κλίμακας για μεταγενέστερες εγκαταστάσεις. Επίσης σημαντικό παράγοντα αποτελεί και η ευελιξία στις ανάγκες και στις δυνατότητες του κτιρίου. Ορισμένες επιχειρήσεις κοινωφελείας με την πάροδο των χρόνων χρησιμοποιούσαν συστήματα DR και τεχνολογίες περικοπής φορτίου. Τα Συστήματα Αυτοματισμού Κτιρίου (Building Automation Systems – BAS) σε μεγάλα κτίρια χρησιμοποιούνται για την εκτέλεση προκαθορισμένων ελέγχων βάσει σημάτων χρησιμοποιώντας κάποιο κτιριακό επίπεδο για την επικοινωνία των σημάτων και του ελέγχου των ενεργειών κυρίως με παλιότερα συστήματα. Γενικά οι έλεγχοι βάσει αγοράς ή οι έλεγχοι συναλλαγής είναι δυνατοί και μπορούν να υλοποιηθούν με τα υπάρχοντα Συστήματα Αυτοματισμού Κτιρίου (Building Automation Systems – BAS) χωρίς σημαντικές κεφαλαιακές επενδύσεις. Το Pacific Northwest National Laboratory-PNNL θα αναπτύξει αυτή την τεχνολογία σε κτίρια χωρίς τη χρήση επιπλέον υλικού στοχεύοντας στη μείωση του κόστους του ελέγχου. Οφέλη από τις τεχνολογίες DR και τις τεχνολογίες ελέγχου συναλλαγών υπάρχουν αλλά το κόστος υλοποίησης αυτών των τεχνολογιών ποικίλλει και δεν είναι πλήρως κατανοητό. Το κόστος υλοποίησης πρέπει να είναι πολύ χαμηλό από τις συμβατικές προσεγγίσεις λόγω των στρατηγικών αυτοματοποιημένου ελέγχου που είναι ευέλικτα και συμβατά με τα Συστήματα Αυτοματισμού Κτιρίου (Building Automation Systems – BAS). Ο χρήστης του κτιρίου θα πρέπει να επωφεληθεί από την επιτυχή ανάπτυξη των προτεινόμενων τεχνολογιών ελέγχου GridWise καθώς αυτές δημιουργούν μεγαλύτερη ζήτηση με καμία ή ελάχιστη κεφαλαιακή επένδυση με αποτέλεσμα οι κατασκευαστές ελέγχου και οι πάροχοι ενεργειακών υπηρεσιών να επωφελούνται από τη χρήση τους όπως επίσης και οι εταίροι κοινής ωφέλειας καθώς οι τεχνολογίες GridWise βοηθάνε στην εξομαλυσμένη μετάδοση και στην αξιόπιστη διανομή [30].

§ Παραδοσιακός έλεγχος Direct Digital Control (DDC)

Στους συμβατικούς ελέγχους Direct Digital Control (DDC) στα κύρια στοιχεία ελέγχου περιλαμβάνεται η θερμοκρασία του παρεχόμενου αέρα που αποτελεί ελεγχόμενη μεταβλητή, ο αισθητήρας θερμοκρασίας λαμπτήρα, ο ελεγκτής που συγκρίνει τη τιμή του αισθητήρα θερμοκρασίας αέρα με μια σταθερή συσκευή και χρησιμοποιεί τη διαφορά που προκύπτει από τη σύγκριση τους για τη δημιουργία ενός σήματος εξόδου, η ελεγχόμενη συσκευή που μπορεί να αποτελεί τη βαλβίδα του ψυκτικού πηνίου και ελέγχει τη ροή του ψυγμένου νερού και η μονάδα επεξεργασίας που μπορεί να αποτελεί το ψυκτικό πηνίο και το ρεύμα αέρα. Ενώ αλλάζει η θερμοκρασία του τροφοδοτούμενου αέρα η διαφορά μεταξύ του μετρούμενου τροφοδοτούμενου αέρα και της μεταφοράς θερμοκρασίας αποτελεί σημείο αναφοράς καθώς ο ελεγκτής χρησιμοποιεί τη διαφορά για τη δημιουργία σήματος εξόδου που επαναφέρει τη βαλβίδα του ψυκτικού πηνίου. Καθώς η βαλβίδα επανατοποθετείται υπάρχουν αλλαγές στην τροφοδοτούμενη θερμοκρασία του αέρα όπου τελικά η μετρούμενη θερμοκρασία και η συνολική τροφοδοτούμενη είναι ίσα. Η θερμοκρασία του παρεχόμενου αέρα αποτελεί τη μόνη ελεγχόμενη μεταβλητή ως μια συμβατική προσέγγιση ελέγχου του κόστους παροχής άνεσης ή απόδοσης της μεταβλητής ή του συστήματος δεν αποτελεί μέρος της διαδικασίας λήψης απόφασης [30].

§ Συναλλακτικός έλεγχος

Τα δίκτυα συναλλαγών και τα συστήματα που βασίζονται σε ελέγχους εφαρμόζουν στρατηγικές με υψηλό βελτιστοποιημένο έλεγχο, τοπικό και παγκόσμιο, βασισμένο στη στρατηγική παρά στα προγραμματισμένα χαρακτηριστικά. Προϋπόθεση του ελέγχου

συναλλαγών αποτελούν οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ διαφόρων στοιχείων σε ένα πολύπλοκο ενεργειακό σύστημα όπου μπορεί να ελεγχθεί μέσω της διαπραγμάτευσης άμεσων και ενδεχομένων συμβάσεων τακτικά ή επιπρόσθετα στη συμβατική εντολή και τον έλεγχο. Κάθε συσκευή μπορεί να διαπραγματευτεί με τους συναδέλφους, τους προμηθευτές και τους πελάτες για τη μεγιστοποίηση των εσόδων ελαχιστοποιώντας το κόστος. Ένα κτίριο μπορεί να έχει αρκετούς ψυκτικούς συλλέκτες που τροφοδοτούν χειριστές αέρα με ψυγμένο νερό μετά από ζήτηση. Εάν πολλοί χειριστές απαιτούν την πλήρη ισχύ ενός ψυκτικού συστήματος και ενός χειριστή αέρα επίσης απαιτεί ψυκτικούς, παραδοσιακούς αλγόριθμους ελέγχου κτιρίου απαιτούν ένα δεύτερο ψυκτικό σύστημα για την ικανοποίηση της ζήτησης των ηλεκτρικών κτιριακών φορτίων [30].

Ένα σύστημα ελέγχου κτιρίων βάσει συναλλαγών συμπεριφέρεται διαφορετικά, καθώς αντί να ζητούν περισσότερο κρύο νερό ο αερομεταφορέας ζητά κάτι αντίστοιχο της προσφοράς αυξάνοντας την ανάλογα με την ανάγκη. Ο ελεγκτής ψύξης γνωρίζοντας το δείκτη ηλεκτρικής δομής μπορεί να εκφράσει το ηλεκτρικό κόστος των υπηρεσιών ως κόστος του πρόσθετου ψύκτη και του πρόσθετου φορτίου ζήτησης. Εάν η ζώνη που εξυπηρετείται από αυτόν τον χειριστή αέρα στην αρχή έχει ανάγκη πολύ υψηλή με αποτέλεσμα την ύπαρξη χαμηλής αξίας προσφοράς υπηρεσιών και το πρόσθετο ψυκτικό σύστημα παραμένει εκτός λειτουργίας μέχρι να αυξηθεί το επίπεδο ανάγκης. Εάν ένας άλλος χειριστής αέρα ικανοποιεί την ανάγκη ψύξης το κόστος του κρύου νερού πέφτει κάτω από την τιμή προσφοράς επειδή δεν χρειάζεται ένα δεύτερο ψυκτικό σύστημα και ο χειριστής αέρα περιμένοντας υπηρεσίες λαμβάνει κρύο νερό εναλλακτικά μπορεί να πραγματοποιηθεί συναλλαγή όπου ο χειριστής αέρα χρειάζεται για να αντικαταστήσει έναν που σχεδόν προσφέρει ικανοποιητικές υπηρεσίες. Με τον τρόπο αυτό το σύστημα ελέγχου μπορεί να καταφέρει πράγματα όπως να περιορίσει τη ζήτηση παρέχοντας την πιο οικονομικά αποδοτική υπηρεσία δίνοντας προτεραιότητα στην εξυπηρέτηση των πιο σημαντικών αναγκών, επίσης μειώνει τη ζήτηση και τη κατανάλωση ενέργειας εμποδίζοντας τη λειτουργία όλου του ψυκτικού συστήματος σε μικρό φόρτο εργασίας που λειτουργεί ανεπαρκώς υποθέτοντας ότι κανένα Air Handling Unit (AHU) δεν είναι πρόθυμο να πληρώσει το πρόσθετο υπηρεσιακό κόστος του δεύτερου ψυκτικού [30].

Επίσης οι έλεγχοι βάσει συμφωνητικού δείχνουν τις επιπτώσεις του κόστους για όλα τα ιεραρχικά επίπεδα του συστήματος ελέγχου. Οι επιπτώσεις του συστήματος που εκτιμώνται εύκολα στη ψυκτική λειτουργία χρησιμοποιούνται ως βάση έκφρασης κόστους των παρεχόμενων υπηρεσιών διαχείρισης αέρα και ζώνης. Η χρήση του κόστους ως κοινό παράγοντα ελέγχου κάνει τη βελτιστοποίηση πολύ απλή στην έκφραση από μια μηχανική λύση. Ο μηχανισμός αυτός επιτρέπει στους ελέγχους να εκφραστούν σε τοπικούς όρους συμβάλλοντας παράλληλα στις παγκόσμιες επιπτώσεις όλου του συστήματος. Η μηχανική διαδικασία λήψης αποφάσεων υποτίθεται βάσει της αγοραίας αξίας διαδικασίας λήψης αποφάσεων παρέχοντας έμμεσα παγκόσμια πληροφόρηση που μεταδίδεται από τις δραστηριότητες της αγοράς στους τοπικούς μηχανικούς παραμέτρους που χαρακτηρίζουν τη συμπεριφορά ατομικών συστημάτων σε μια πολλαπλή χρονική κλίμακα. Πολλά συστήματα Heating, ventilation and air conditioning (HVAC) ελέγχονται από θερμοστάτες για τη ρύθμιση της θερμοκρασίας σύμφωνα με τις προτιμήσεις των χρηστών βάσει αισθητήρα θερμοκρασίας χώρου για τον έλεγχο ροής αέρα ικανοποιώντας τις ανάγκες θέρμανσης και ψύξης. Σε ένα συμβατικό σύστημα ελέγχου η εσωτερική θερμοκρασία και η ρύθμιση αποτελούν τις μόνες πληροφορίες για τον έλεγχο της θέρμανσης και της ψύξης ενώ σε ένα συναλλασσόμενο σύστημα ελέγχου ο θερμοστάτης χρησιμοποιεί πληροφορίες τιμής για τη δημιουργία αποφάσεων ελέγχου [30].

§ Συναλλακτικός έλεγχος για έλεγχο θερμοστατικού εξοπλισμού

Στο διαδραστικό στρατηγικό έλεγχο γίνεται θερμοστατικός έλεγχος μέσω του συστήματος Heating, ventilation and air conditioning (HVAC). Ο έλεγχος συναλλαγής τροποποιεί τους συμβατικούς ελέγχους χρησιμοποιώντας τις πληροφορίες της αγοράς. Ο έλεγχος συναλλαγής επιτρέπει στον χρήστη να ρυθμίσει την επιθυμητή θερμοκρασία και μια αποδεκτή κλίμακα θερμοκρασιών εσωτερικού χώρου. Επίσης ο χρήστης μπορεί να φτιάξει μια καμπύλη προσφοράς θερμοκρασίας που προκύπτει από τη μέση τιμή λειτουργίας και σχετίζεται λειτουργικά με το υπηρεσιακό κόστος συμβάλλοντας στην άνεση όπου η απόκλιση τιμής για μια ορισμένη περίοδο έχει καθορισμένη ελάχιστη και μέγιστη θερμοκρασία αντιστοιχώντας σε τυπικές αποκλίσεις από τη μέση τιμή που είναι επιλέξιμη από το χρήστη όπου εάν είναι χαμηλή οδηγεί σε προσφορές πελατών αλλιώς απέχει από τη μέση τιμή και οδηγεί σε μεγαλύτερες προσφορές όταν η θερμοκρασία ζώνης προέρχεται από επιθυμητή θερμοκρασία ζώνης διαβεβαιώνοντας ότι η ζώνη ικανοποιείται όπως με το συμβατικό έλεγχο. Η ενσωμάτωση της στρατηγικής συναλλακτικού ελέγχου απαιτεί πολλά βήματα. Παρόλο που η ηλεκτρική τιμή αλλάζει σε πραγματικό χρόνο, ο συναλλακτικός έλεγχος μπορεί να εφαρμοστεί σε άλλους δυναμικούς δείκτες όπως η χρονική διάρκεια, οι προβλεπόμενες μέρες και η μέγιστη κριτική τιμή με μικρές τροποποιήσεις [30].

Το πρώτο βήμα στη διαδικασία ελέγχου συναλλαγής είναι η παρακολούθηση της τρέχουσας εσωτερικής θερμοκρασίας και ο υπολογισμός της τιμής της υπηρεσίας (π.χ. άνεση) η οποία βασίζεται στη διαφορά της τρέχουσας θερμοκρασίας και της επιθυμητής αλλά και στις παραμέτρους του χρήστη ενώ οι μέσες και οι τυπικές αποκλίσεις αποτελούν εξωτερικούς εισόδους της αγοράς. Το επόμενο βήμα είναι η δημοσίευση της προσφοράς στην αγορά όπου καθιερώνει την αγοραία τιμή εκκαθάρισης και στη συνέχεια υπολογίζεται το προσαρμοσμένο σημείο ρύθμισης. Στο τελευταίο βήμα γίνεται επαναφορά του σημείου ρύθμισης της ζώνης στο νέο σημείο της νέας ζώνης και ξεκινάει ο συμβατικός έλεγχος. Η διαδικασία προσφοράς, εκκαθάρισης και προσαρμογής συνεχίζεται για κάθε κύκλο εκκαθάρισης της αγοράς. Το σημείο ρύθμισης μπορεί να είναι υψηλότερο ή χαμηλότερο από το επιθυμητό βάσει της τιμής εκκαθάρισης. Στην ψύξη η μείωση του ρυθμισμένου σημείου κάτω από το επιθυμητό αυξάνει την καταναλώμενη ενέργεια που θεωρείται ως προ-ψύξη. Ο μεταβατικός έλεγχος υποστηρίζει τη βέλτιστη προ-ψύξη και προθέρμανση εάν γνωρίζουμε τη μελλοντική τιμή ηλεκτρικής ενέργειας. Για κάποιους δυναμικούς δείκτες δομής η μελλοντική τιμή είναι ήδη γνωστή παρολαυτά σε πραγματικές χρονικές τιμές είναι άγνωστη. Για να προθερμάνουμε ή να προ-ψύξουμε με τιμές πραγματικού χρόνου πρέπει να υπάρχει πρόβλεψη τιμής αλλιώς η θερμοκρασία περιορίζεται με αποτέλεσμα την μη ύπαρξη προ-ψύξης ή προθέρμανσης. Παρόλο που υπάρχουν πολλά βήματα για την επιτυχή ενσωμάτωση της διαδικασίας συναλλακτικού ελέγχου όλα τα βήματα μπορούν να αυτοματοποιηθούν με τα σύγχρονα Building and Control (BAC) [30].

7.3 Εφαρμογή ελέγχου σε Σύστημα Διαχείρισης Ενέργειας Κτιρίου (Building Energy Management System-BEMS) με το μετρητή ενέργειας Διαδικτυακών πραγμάτων (Internet of Things-IoT)

Η τοποθέτηση έξυπνου δικτύου και η ενεργειακή διαχείριση αποτελούν μέρος του Συστήματος Κτιριακού Αυτοματισμού (Building Automation Systems-BAS). Η ενσωμάτωση του επιπέδου πεδίου παρέχει χαρακτηριστικά στην κτιριακή παρακολούθηση ενέργειας και στην βελτίωση ποιότητας ελέγχου γι αυτό η αλληλεπίδραση των συσκευών Συστήματος Κτιριακού Αυτοματισμού (Building Automation Systems-BAS) είναι σημαντική και μπορεί να επιτευχθεί με τυποποιημένες λειτουργίες προφίλ. Η τεχνολογία διαδικτυακών πραγμάτων

παρέχει λύσεις ενσωμάτωσης και δυνατότητες μεταφοράς της εγκατάστασης σε Συστήματα Ενεργειακής Διαχείρισης Κτιρίου (Building Energy Management Systems-BEMSs) [40].

Στα σύγχρονα κτίρια τα Συστήματα Αυτοματισμού Κτιρίων (Building Automation Systems - BAS) εφαρμόζονται ολοένα και περισσότερο και ταξινομούνται είτε ως ιδιόκτητα (κλειστά) όπου ενσωματώνουν εξοπλισμό και λογισμικό που παράγεται μόνο από την εταιρεία που κατασκευάζει το σύστημα είτε ως μη ιδιόκτητα (ανοικτά) όπου ενσωματώνουν εξοπλισμό από διαφορετικούς κατασκευαστές και πλατφόρμες λογισμικού. Σε επίπεδο πεδίου ενσωματώνουν διάφορους αισθητήρες και ενεργοποιητές από τις υποδομές των κτιρίων όπως φωτισμό, θέρμανση, εξαερισμό και κλιματισμό (Heating, ventilation and air conditioning - HVAC), ασφάλεια κ.λπ. Χρησιμοποιούνται για την οργάνωση περισσότερο προηγμένων συστημάτων διαχείρισης κτιρίων (Building Management Systems - BMS) παρέχοντας στους χρήστες κτιριακές υποδομές άνεσης και ασφάλειας. Προκειμένου να διαχειριστεί η ενέργεια στα κτίρια εφαρμόζονται τα Συστήματα Διαχείρισης Ενέργειας Κτιρίου (Building Energy Management System - BEMS) καθώς τα κτίρια θεωρούνται ένας από τους μεγαλύτερους καταναλωτές ενέργειας και γίνονται στοιχεία ενεργητικής διαχείρισης της ενεργής ισχύος για ηλεκτρική ενέργεια ως μέρος των αναδυόμενων συστημάτων έξυπνου δικτύου [40].

Ένας αυξανόμενος αριθμός συσκευών που είναι εγκατεστημένος στα κτίρια είναι εφοδιασμένα με έλεγχο και μονάδες παρακολούθησης (κόμβοι δικτύου) συνδεδεμένα στο Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management Systems – BMS). Το Σύστημα Αυτοματισμού Κτιρίων (Building Automation Systems - BAS) επιτρέπει την οργάνωση των εργασιών σύμφωνα με χρονοδιαγράμματα αλλά και ανάλογα με τα σήματα που μεταδίδονται από καταναλωτές αισθητήρες, ελεγκτές ή παραμέτρους διαμόρφωσης παρεχόμενα από τους χρήστες και τα δεδομένα που ανταλλάσσονται με άλλες συσκευές. Είναι πολύ σημαντική η ενοποίηση του πρότυπου επικοινωνίας στο επίπεδο πεδίου του Συστήματος Αυτοματισμού Κτιρίων (Building Automation Systems - BAS) για την εύκολη επικοινωνία όλων των κόμβων. Πολύ δημοφιλές είναι το πρωτόκολλο IP που εφαρμόζεται σε δίκτυα τεχνολογίας της πληροφορίας (Information Technology - IT) και έχει νέα έκδοση την IPv6 που είναι βασική συνιστώσα της τεχνολογίας διαδικτύου των πραγμάτων (Internet of Things - IoT) που θα μπορούσε να εφαρμοστεί σε διάφορα επίπεδα ελέγχου και δίκτυα παρακολούθησης επιτρέποντας την ενσωμάτωση διαφορετικών τύπων υποσυστημάτων και συσκευών. Προτεινόμενα λειτουργικά τμήματα με μεταβλητές δικτύου και ιδιότητες διαμόρφωσης έχουν επαληθευτεί με την βιομηχανική πλατφόρμα Internet of Things (IoT) που εισήχθη το 2014 από την Echelon Corp [40].

Τα βασικά χαρακτηριστικά των σύγχρονων Συστημάτων Αυτοματισμού Κτιρίων (Building Automation Systems - BAS) είναι η ολοκλήρωση και η ευκαμψία. Υπάρχουν διαφορετικά είδη συστημάτων αποκλειστικά για τα Συστήματα Αυτοματισμού Κτιρίων (Building Automation Systems - BAS) στην αγορά που προσφέρονται συχνά ως ιδιόκτητα συστήματα ελέγχου όπου μερικά βασίζονται σε κύριους ελεγκτές ("έξυπνοι διακομιστές") εξοπλισμένα με μονάδες I / O (εισόδου / εξόδου) και υπάρχουν και οι δημοφιλείς υβριδικές λύσεις με μερική ενσωμάτωση ανοικτών προτύπων (Modbus, CANopen). Επίσης υπάρχουν και τα ανοικτά, διεθνή πρότυπα όπως το KNX και το LonWorks που παρέχουν τυποποιημένα λειτουργικά προφίλ, αντικείμενα σημείων δεδομένων και μεταβλητές δικτύου ως στοιχεία της τυπικής λογικής διεπαφής για το δίκτυο συσκευών αυτοματισμού τα οποία αφοσιώνονται στα δίκτυα επικοινωνιών πεδίου και καθορίζουν το πρωτόκολλο IP. Ορισμένες λύσεις όπως τα oBIX, OPC UA ή BACnet / WS (WS-Web Service) βασίζονται στις τεχνικές διαδικτύου, χρησιμοποιούν ήδη τα Συστήματα Αυτοματισμού Κτιρίων (Building Automation Systems - BAS) και ενσωματώνουν την διεπαφή υπηρεσιών ιστού (RESTful Web Services) με πρωτόκολλο HTTP. Ωστόσο, οι τεχνολογίες αυτές χαρακτηρίζονται από απαιτήσεις σχετικά υψηλού εξοπλισμού όπως ισχύ επεξεργασίας, μνήμη και εύρος ζώνης δικτύου. Η λύση είναι η

Περιορισμένη Εφαρμογή Πρωτοκόλλου (Constrained Application Protocol-CoAP) που αποτελεί ένα πρωτόκολλο λογισμικού που χρησιμοποιείται σε πολύ απλές ηλεκτρονικές συσκευές (αισθητήρες, διακόπτες) [40].

Η τεχνολογία Internet of Things (IoT) με τα πρωτόκολλα IPv6 και CoAP καθιστά δυνατή την ενσωμάτωση όλων των ειδών των συσκευών του Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management Systems – BMS) χρησιμοποιώντας IP πρωτόκολλο απευθείας στο επίπεδο πεδίου. Νέες συσκευές με ενσωματωμένα εργαλεία Internet of Things (IoT) εμφανίζονται στην αγορά όπου μερικά νέα συμπληρώνουν τις πλατφόρμες Internet of Things (IoT) αντικαθιστώντας τα κλασικά Συστήματα Αυτοματισμού Κτιρίων (Building Automation Systems - BAS). Παρόλο που τα Συστήματα Αυτοματισμού Κτιρίων (Building Automation Systems - BAS) και τα Συστήματα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management Systems – BMS) είναι ακόμα πολύ δημοφιλή και προσφέρουν επιπλέον εργαλεία και λειτουργίες για τη μείωση της καταναλώμενης ενέργειας στα κτίρια θα μπορούσαν να λειτουργούν αποτελεσματικά μόνο σε πλήρως ολοκληρωμένα δίκτυα συνδεδεμένες με τεχνολογίες Internet of Things (IoT) και τα Συστήματα Αυτοματισμού Κτιρίων (Building Automation Systems - BAS) παρέχοντας νέα αξία και δυνατότητες στον αυτοματισμό γι αυτό η παραδοσιακή έννοια της δομής του διαδικτύου αλλάζει και αξιολογείται σε κατανεμημένο δίκτυο έξυπνων αντικειμένων και ανταλλάσσει δεδομένα μεταξύ τους περιοδικά ή κατόπιν αιτήματος αποτελώντας μια καινοτομία παρέχοντας σημαντική αυτονομία στους κόμβους του δικτύου όπου θα μπορούσαν να λειτουργήσουν και να ανταλλάξουν τα δεδομένα απευθείας στο επίπεδο πεδίου. Αυτός ο μηχανισμός είναι γνωστός στον βιομηχανικό αυτοματισμό ως από μηχανή σε μηχανή M2M και βασίζεται στις παραδοχές της ταυτοποίησης αυτόματων κόμβων, στην peer-to-peer επικοινωνία και στη διαλειτουργικότητα [40].

Η ενσωμάτωση του Συστήματος Αυτοματισμού Κτιρίων (Building Automation Systems - BAS) και του Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management Systems – BMS) βασίζονται στο πρωτόκολλο IPv6. Το πρωτόκολλο IP έχει ήδη ενσωματωθεί στο Σύστημα Αυτοματισμού Κτιρίων (Building Automation Systems - BAS) μόνο στην αυτοματοποίηση και στα επίπεδα διαχείρισης, συνήθως για απομακρυσμένη πρόσβαση σε επιλεγμένο τμήμα του δικτύου και διακομιστές αυτοματισμού. Η ενσωμάτωση τεχνολογίας Internet of Things (IoT) στο Σύστημα Αυτοματισμού Κτιρίων (Building Automation Systems - BAS) και στο Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management Systems – BMS) αποτελεί δυνατότητα άμεσης ανταλλαγής δεδομένων μεταξύ όλων των κόμβων του δικτύου που συνδέονται λειτουργικά ανεξάρτητα από το εάν είναι σωματικά συνδεδεμένα στο fieldbus ή στα κανάλια IP. Η προτεινόμενη αρχιτεκτονική της τεχνολογίας Internet of Things (IoT) που ισχύει στο Σύστημα Αυτοματισμού Κτιρίων (Building Automation Systems - BAS) ονομάστηκε BIoT [40].

Σήμερα με την αυξανόμενη χρήση των Συστημάτων Αυτοματισμού Κτιρίων (Building Automation Systems - BAS) σε κτίρια πολλές διαφορετικές συσκευές - κόμβοι πρέπει να διαχειριστούν στο δίκτυο καθώς αυξάνουν την πολυπλοκότητα του σχεδιασμού για κάθε συσκευή και τον αριθμό των διαφόρων συσκευών που ενσωματώνονται σε διάφορες λειτουργίες ελέγχου οι οποίες οργανώνονται χρησιμοποιώντας τα λειτουργικά προφίλ για το σχεδιασμό και την ενσωμάτωση των διαδικασιών του Συστήματος Αυτοματισμού Κτιρίων (Building Automation Systems - BAS) αποτελώντας λειτουργικά προγράμματα προσανατολισμένα σε μπλοκ, με είσοδο και έξοδο τα σημεία δεδομένων για τη σύνδεση με άλλα προφίλ και το σχηματισμό λογικού δικτύου, προσέγγιση που εφαρμόζεται και στο BIoT. Τα ολοκληρωμένα δίκτυα BIoT είναι έτοιμα για ενσωμάτωση σε μια αυτο-οργανωτικό, συνεταιριστικό Σύστημα Αυτοματισμού Κτιρίων (Building Automation Systems - BAS) χρησιμοποιώντας λειτουργικά προφίλ ανοίγοντας το δρόμο για την ενσωμάτωση νέων λειτουργιών των Συστημάτων Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management Systems – BMS).

Η ολοκλήρωση στην πλατφόρμα Internet of Things (IoT) παρέχει νέες δυνατότητες για την οργάνωση πιο προηγμένου ελέγχου λειτουργιών στα Συστήματα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management Systems – BMS) και τα Συστήματα Διαχείρισης Ενέργειας Κτιρίου (Building Energy Management System - BEMS) βελτιώνοντας την ενέργεια διαχείρισης και τον έλεγχο της ζήτησης ισχύος στα κτίρια [40].

Για την ενσωμάτωση της τεχνολογίας Internet of Things (IoT) στο Σύστημα Αυτοματισμού Κτιρίων (Building Automation Systems - BAS) χρησιμοποιείται η πλατφόρμα IzoT από την Echelon Corp. που θεωρείται ως η επόμενη γενιά του προτύπου τεχνολογίας LonWorks με δυνατότητα να χρησιμοποιήσει το IP μέχρι στο τέλος της συσκευής. Το IzoT είναι ένα πλήρες αναπτυξιακό περιβάλλον με τσιπάκια, στοίβες, επικοινωνία, διεπαφές εφαρμογών (Application Interfaces-API) και λογισμικό διαχείρισης. Η διαλειτουργικότητα μεταξύ του δικτύου IzoT και των συσκευών παρέχονται από λειτουργικά προφίλ σύμφωνα με το πρότυπο LonWorks. Βάσει της πλατφόρμας IzoT προτείνεται μια πλατφόρμα Internet of Things (IoT) με διεπαφή λογικής συσκευής. Η λειτουργία του μετρητή ενέργειας έχει ενσωματωθεί από την ανάπτυξη ενός παγκόσμιου λειτουργικού προφίλ ενεργειακού μετρητή υποστηρίζοντας τις κύριες λειτουργίες του μετρητή και του καταγραφέα ενέργειας [40].

Στο λειτουργικό προφίλ υπάρχουν καθορισμένες μεταβλητές δικτύου (Network Variables - NVs) και οι ιδιότητες διαμόρφωσης (Configuration Properties - CPs) μαζί με τους τύπους και τους αλγόριθμους επεξεργασίας. Και τα δύο λειτουργικά τμήματα παρουσιάζονται σύμφωνα με το μοντέλο περιγραφής συσκευής σημασιολογίας και είναι ανοικτά για χρήση σε αυτοματοποιημένα Συστήματα βάσει στοιχείου (Component Based Automation Systems - CBAS). Οι μεταβλητές του δικτύου και οι αλγόριθμοι είναι παγκόσμια καθορισμένοι και θα μπορούσαν να ενσωματωθούν εύκολα σε άλλα δίκτυα Συστήματος Αυτοματισμού Κτιρίων (Building Automation Systems - BAS) βασισμένα σε ανοικτά, διεθνή πρότυπα. Τα λειτουργικά μπλοκ χρησιμοποιούνται για την απόκτηση και την καταχώρηση δεδομένων από μετρητές χρησιμότητας με απομακρυσμένο αναγνώστη μετρημένων παραμέτρων. Ένας πολύ σημαντικός στόχος του προφίλ του μετρητή ενέργειας είναι να παρέχει διαλειτουργικότητα υποστηρίζοντας την τρέχουσα τιμή του μετρητή και ένα σύνολο από ιστορικές τιμές από προεπιλογή. Ο χρόνος μεταξύ της καταχώρησης των τιμών του μετρητή στο ιστορικό του καταχωρητή μπορεί να ρυθμιστεί ως ωριαία, ημερήσια ή μηνιαία. Το λειτουργικό μπλοκ ενεργειακού μετρητή χρησιμοποιείται κυρίως σε εφαρμογές χρησιμότητας για την καταγραφή της συσσωρευμένης τιμής των μετρημένων παραμέτρων όπου οι τιμές είναι αθροιστικές με ένδειξη χρόνου και ένδειξης κατάστασης [40].

Οι λειτουργικές μονάδες του μετρητή και του καταγραφέα ενέργειας περιγράφουν τη διεπαφή του επιπέδου εφαρμογής (Network Variables - NVs, Configuration Properties - CPs) και προσδιορίζουν το πρότυπο των λειτουργικών ομάδων της εφαρμογής. Οι Network Variables (NV) είναι αντικείμενα της διεπαφής του κόμβου του δικτύου που μπορεί να συνδεθεί σε μια ή περισσότερες μεταβλητές δικτύου ενός ή περισσότερων άλλων κόμβων. Ορίζουν τις λειτουργικές εισόδους και εξόδους και επιτρέπουν την ανταλλαγή δεδομένων σε ένα διανεμημένο δίκτυο. Απλοποιούν σε μεγάλο βαθμό τη διαδικασία ανάπτυξης και εγκατάστασης κατανεμημένων συστημάτων δεδομένου ότι οι κόμβοι μπορούν να ορίζονται ξεχωριστά, να συνδέονται και να επανασυνδέονται εύκολα σε νέες εφαρμογές. Προωθούν επίσης τη διαλειτουργικότητα μεταξύ των κόμβων παρέχοντας μια καλά ορισμένη λογική διεπαφή επικοινωνίας των κόμβων. Ο μετρητής ενέργειας λειτουργικού μπλοκ περιέχει Network Variables (NV) και Configuration Properties (CPs) για την περιγραφή των λειτουργιών της με πιο σημαντικά Network Variables (NV) αυτά που σχετίζονται άμεσα με τις τιμές του μετρητή όπως τα nvoEnergy, nvoPower, nvoVoltage, nvoCurrent, nvoFreq οι οποίες περιέχουν την παρούσα τιμή των μετρημένων παραμέτρων σε ένα χρονικό σήμα. Η μεταβλητή εξόδου μεταδίδεται όταν ερωτάται ή όταν η κατάσταση Send On Delta

εμφανίζεται. Μερικές από τις Network Variables (NV) χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο του φορτίου που συνδέεται επίσης στον κόμβο παρέχοντας την κατάσταση του ενεργοποιητή ρελέ. Τα πιο σημαντικά Network Variables (NV) σε ένα άλλο λειτουργικό μπλοκ ενεργειακού Logger έχουν σχεδιαστεί για να παρέχουν πληροφορίες σχετικά με την ενέργεια [40].

Το nvoEnergy περιέχει από προεπιλογή ένα αντίγραφο της έγκυρης τιμής του μετρητή του τελευταίου μήνα όπου αυτή η έξοδος Network Variables (NV) είναι επίσης σε θέση να εμφανίζει άλλα ιστορικά δεδομένα που έχουν αποθηκευτεί από τον κόμβο και η επιθυμητή τιμή της εξόδου επιλέγεται από την είσοδο Network Variables (NV) nviTimeSelection που είναι υπεύθυνη για τον έλεγχο της τιμής του ιστορικού. Μια άλλη σημαντική ομάδα Network Variables (NV) είναι αφιερωμένη στο χειρισμό της ζήτησης ισχύος όπως το nvoDemand που περιέχει την καταχωρημένη αξία των ζητούμενων μετρήσεων. Η ζήτηση ορίζεται ως η μέση ισχύος σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Ο καταγραφέας υποστηρίζει επίσης την κύλιση ζήτησης ("συρόμενο παράθυρο") στην οποία τα διαστήματα ζήτησης κατανέμονται ομοιόμορφα σε ένα σταθερό αριθμό υποδιαστημάτων όπου στο τέλος κάθε υποδιαστήματος η μέση ισχύς επί του διαστήματος ζήτησης υπολογίζεται και αποστέλλεται. Επιπλέον η μεγαλύτερη θετική τιμή ζήτησης με την ημερομηνία και τη χρονική σφραγίδα περιγράφεται από το nvoDemandPeak και το nvoDemandPeakTime αντίστοιχα όπου και στις δύο περιπτώσεις υπάρχουν Network Variables (NV) και Configuration Properties (CPs) χρήσιμα για τη συσκευή / φορτίο διαχείρισης των κτιρίων. Μερικές από τις Network Variables (NV) χρησιμοποιούνται για να οριστεί η τρέχουσα ημερομηνία και ώρα (απαραίτητες για τις μετρήσεις συγχρονισμού), υποδεικνύοντας τον αριθμό των ωρών λειτουργίας, ρυθμίζουν τις αναγνώσεις σε μηδενικές μετρήσεις ή καθορίζουν τους παράγοντες των σημείων των δεδομένων της κατάλληλης τιμής καταχώρησης [40].

Μια εφαρμογή της παραπάνω μορφής ελέγχου αποτελεί η ενσωμάτωση των λειτουργικών μπλοκ σε αυτόνομο IzoT αυτοματισμένου κόμβου δικτύου με ενσωματωμένη στοίβα συσκευής IzoT βάσει του μικροελεγκτή Raspberry Pi με ενσωματωμένο κύκλωμα μέτρησης ισχύος. Το σύστημα μέτρησης βασισμένο στο ολοκληρωμένο κύκλωμα (Integrated Circuit- IC) με δύο μετατροπείς αναλογικού-ψηφιακού σήματος (Analog-to-digital Converters - ADC) CS5460 κατασκευασμένα από την εταιρεία CIRRUS LOGIC για την ακριβή μέτρηση και υπολογισμό της πραγματικής ενέργειας, της στιγμιαίας ισχύος, του ρεύματος (IRMS) και της τάσης (VRMS) για μονοφασικές εφαρμογές μέτρησης ισχύος δύο ή τριών συρμάτων. Επίσης μπορεί να συνδεθεί μια ακίδα γενικής χρήσης εισόδου / εξόδου (General Purpose Input/Output- GPIO) με σήματα SDI, SDO, CLK, GND και CS. Στο επόμενο στάδιο της ενσωμάτωσης μια εφαρμογή παγκόσμιου λογισμικού έχει αναπτυχθεί για το προτεινόμενο σύστημα μέτρησης ενσωματωμένο στον κόμβο της συσκευής με την πλατφόρμα στοίβας IzoT. Η εφαρμογή του λογισμικού παρέχει και υποστηρίζει την επικοινωνία μεταξύ του CS5460 IC και του Raspberry Pi από την διεπαφή SPI και την ανάγνωση συγκεκριμένων δεδομένων από το CS5460 χρησιμοποιώντας τις κατάλληλες εντολές που καθορίζονται στο δελτίο δεδομένων. Ο κώδικας εφαρμογής έχει γραφτεί στη γλώσσα προγραμματισμού C για την επαλήθευση της ευελιξίας της πλατφόρμας IzoT στον προγραμματισμό. Επιπρόσθετα, πραγματοποιήθηκε βαθμονόμηση του IC5460 IC μαζί με την ενσωμάτωση ενός συντελεστή διόρθωσης των μετρημένων τιμών στις πραγματικές τιμές [40].

Ο ανεπτυγμένος παγκόσμιος μετρητής ενέργειας και ο λειτουργικός ενεργειακός καταγραφέας ενεργοποιεί έχουν ενσωματωθεί στο κόμβο του δικτύου. Στο τελευταίο στάδιο ενσωμάτωσης του συστήματος μέτρησης ενέργειας αναπτύσσεται μια εφαρμογή εξυπηρέτησης για έναν άλλο κόμβο με τον μικροελεγκτή Raspberry Pi και τον εξυπηρετητή στοίβας IzoT όπου επικοινωνεί με το τωρινό κόμβο του μετρητή ενέργειας IzoT. Για την ενσωμάτωση της επικοινωνίας ένα αρχείο "κατηγορία συσκευής" που ορίζεται για το

Raspberry Pi έχει τροποποιηθεί και κατά τη διάρκεια των δοκιμών ο ανεπτυγμένος εξυπηρετητής κόμβου έχει χρησιμοποιηθεί για την επικοινωνία με τον κόμβο της συσκευής (ενέργεια μετρητή και καταγραφέα) για να επαληθεύσει τις λειτουργίες του. Κάποιοι έξοδοι Network Variables (NV) από τον κόμβο της συσκευής αντιμετωπίζονται από τον εξυπηρετητή παρέχοντας απομακρυσμένη πρόσβαση και απλή απεικόνιση με αποτέλεσμα την ανάπτυξη και την ενσωμάτωση ενός πλήρους πρωτότυπου του συστήματος μέτρησης IoT. Ο μετρητής ενέργειας και το καταγραφικό έχουν ελεγχθεί και πληρούν τις απαιτήσεις. Ο μετρητής ενέργειας συνεργάζεται με επιτυχία με τη συσκευή εξυπηρετητή IoT και οι λειτουργικές μονάδες ενεργειακής μέτρησης και καταγραφής με τα Network Variables (NV) και τα Configuration Properties (CPs) τους επιτρέπουν τη μέτρηση των ουσιωδών παραμέτρων και της καταναλώμενης ενέργειας στις συσκευές και τα φορτία που διανέμονται στα κτίρια. Είναι δυνατόν να γίνει ανάλυση της ζήτησης ισχύος για μεμονωμένες συσκευές και υποσυστήματα της υποδομής του κτιρίου με την προϋπόθεση ότι χρησιμοποιείται η Network Variables (NV) για τον έλεγχο των συσκευών / φορτίων και ότι η διαχείριση του έργου και η ενεργή ζήτηση ισχύος μπορεί να εκτελεστεί [40].

7.4 Προοπτική περίπλοκων Συστημάτων Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS)

Τα έξυπνα κτίρια αποτελούνται από αισθητήρες, ενεργοποιητές, κινητές συσκευές και συστήματα όπως τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων WSN τα οποία αλληλεπιδρούν με τους χρήστες στοχεύοντας στην καλύτερη παροχή υπηρεσιών, την άνεση βιοτικού και εργασιακού περιβάλλοντος και στην ενεργειακή απόδοση (μείωση εκπομπών αερίων θερμοκηπίου, αύξηση της ενεργειακής κατανάλωσης από ανανεώσιμες πηγές, βελτίωση/εξοικονόμηση της ενεργειακής απόδοσης). Τα έξυπνα Συστήματα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) προσπαθούν να βελτιώσουν τη διαχείριση διαφορετικών υποσυστημάτων ενεργειακής κατανάλωσης. Μερικά συστήματα σχεδιάζονται για να διαχειρίζονται την αλληλεπίδραση με τα μελλοντικά έξυπνα δίκτυα και τα μικροσυστήματα χειρίζοντας αποτελεσματικά τις τοπικές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Τελευταία υιοθετούν Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) βάσει υπηρεσιών web για την αντιμετώπιση προκλήσεων και σχεδιάζονται λαμβάνοντας υπόψιν την επεκτασιμότητα, τη δυνατότητα συντήρησης, τη συμμετοχή χρηστών στη λήψη αποφάσεων κλπ. για τη δημιουργία συστημάτων πελατοκεντρικής διαχείρισης και ενεργειακής εξοικονόμησης με δυνατότητα επέκτασης μελλοντικά σε ολόκληρο το δίκτυο [26].

Ένα έξυπνο κτίριο αντιπροσωπεύει ένα διανεμημένο σύστημα ελέγχου όπου μέσω συσκευών ανίχνευσης και ενεργοποίησης στοχεύουν στην αύξηση της άνεσης, της ασφάλειας και της αποτελεσματικότητας κατασκευής. Η αρχιτεκτονική του κτιρίου αποτελείται από ένα σύστημα που περιέχει διάφορους αισθητήρες και ενεργοποιητές τα οποία συντονίζονται από ένα κεντρικό Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) υπεύθυνο για τη συλλογή δεδομένων από τους αισθητήρες, τη διαδικασία λήψης αποφάσεων και την παράδοση στοιχείων στους ενεργοποιητές. Επίσης είναι υπεύθυνο για τα API που χρησιμοποιούνται για την έκθεση πληροφοριών για τα κτίρια. Επίσης ένα δίκτυο αισθητήρων χρησιμοποιείται για τη συλλογή δεδομένων και αποτελείται από την απασχόληση, τη θερμοκρασία, την υγρασία, τη φωτεινότητα, συσκευές παρακολούθησης και αισθητήρες καιρού. Τέλος, το δίκτυο ενεργοποιητών περιέχει αιτήματα που προκύπτουν από τη λήψη αποφάσεων με ενεργοποιητές τα συστήματα Heating, ventilation and air conditioning (HVAC), τα φώτα, τα παράθυρα και οι έξυπνες συσκευές [26].

Βασικό στοιχείο που πρέπει να ληφθεί υπόψιν είναι η επεκτασιμότητα του συστήματος δεδομένου του κτιριακού μεγέθους με αποτέλεσμα την ύπαρξη δύο προσεγγίσεων εφαρμογής ενός Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS), η κεντροποιημένη ή αποκεντροποιημένη όπου η πρώτη αποτελείται από μια μόνο κεντρική μονάδα ελέγχου αισθητήρων και ενεργοποιητών με μειονέκτημα το χαμηλό βαθμό επεκτασιμότητας για το διαχειρισμό μεγάλου αριθμού εισόδων όπου πρέπει να παρέχεται η κεντρική μονάδα με πολύ ισχυρούς πόρους. Μια άλλη προσέγγιση αποτελείται από ένα κεντρικό Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) και διαφορετικές πύλες που χρησιμοποιούνται για την αποκέντρωση μέρους της διαδικαστικής απόφασης περιορίζοντας την απαιτούμενη ποσότητα επικοινωνίας μεταξύ τους με αποτέλεσμα το σχεδιασμό πολύπλοκης λύσης αλλά η ιεραρχική δομή παρέχει πολύ υψηλό επίπεδο επεκτασιμότητας σε όλο το σύστημα για την κάλυψη μεγάλων κτιρίων με πολλούς αισθητήρες και ενεργοποιητές. Αξιόλογα παραδείγματα θεωρούνται το Boss του UC Berkley που αποτελεί ένα καταναμημένο σύστημα ελέγχου για κτίρια με διαφορετικά επίπεδα υπηρεσιών όπου ένα χαμηλό στρώμα συστημάτων sMAP παρέχει μια διεπαφή με τους αισθητήρες ενώ τα υψηλότερα στρώματα παρέχουν ανάπτυξη εξωτερικών εφαρμογών. Επίσης είναι το BuildingDepot που αναπτύχθηκε στο UC San Diego το οποίο αποτελεί ένα επεκτάσιμο και καταναμημένο Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) [26].

Τα έξυπνα δίκτυα αποτελούν τη επόμενη γενιά ηλεκτρικών δικτύων όπου οι Τεχνολογίες Πληροφορίας και Επικοινωνίας μπορούν να αξιοποιηθούν για να βοηθήσουν τους παρόχους ηλεκτρικής ενέργειας αυξάνοντας την αποτελεσματικότητα τους συντονίζοντας τα διαφορετικά στοιχεία του πολύπλοκου διανεμημένου συστήματος ελέγχοντας την κατάσταση του δικτύου βελτιστοποιώντας την παραγωγή και την κατανάλωση ενέργειας. Τα έξυπνα κτίρια μπορούν να συλλέξουν πληροφορίες για την κατανάλωση ενέργειας και τις συνήθειες των χρηστών που χρησιμοποιούνται με τη βοήθεια ενεργοποιητών. Για την αξιοποίηση ενός έξυπνου κτιρίου πρέπει να μπορούν να λαμβάνουν και να παρέχουν πληροφορίες από και προς το δίκτυο [26].

Τα χαρακτηριστικά των έξυπνων οικήσιμων κτιρίων συμπίπτουν με αυτά των εμπορικών κτιρίων όπως η ύπαρξη ενός ευρέως δικτύου αισθητήρων και ενεργοποιητών, τα στοιχεία λήψης αποφάσεων κλπ. Ένα εμπορικό κτίριο αποτελείται από ένα σύστημα που συνδέει όλα τα δωμάτια με αποτέλεσμα να είναι πιο εύκολη η ανάπτυξη και ο χειρισμός των πρωτοκόλλων και των δικτύων βάσει του επικοινωνιακού πρωτοκόλλου TCP/IP όπου το σύστημα συλλέγει δεδομένα από ένα δίκτυο αισθητήρων, τα στέλνει σε ένα κεντρικό σύστημα ελέγχου και μετά σε ένα δίκτυο ενεργοποιητών. Από την άλλη ένα οικήσιμο κτίριο αποτελείται από διαφορετικά διαμερίσματα χωρίς να μοιράζονται κάποιο πρωτόκολλο επικοινωνίας και η πρόσβαση στο ίντερνετ γίνεται μέσω ενός εξωτερικού παρόχου όπως το δίκτυο ευρείας περιοχής (Wide Area Network WAN) και μιας εγκατεστημένης πύλης όπως το τοπικό δίκτυο (Local Area Network - LAN) με αποτέλεσμα την ανάγκη ύπαρξης ενός ενιαίου συστήματος [26].

Στην προσπάθεια αυτή συνέβαλε η δημιουργία ενός Εικονικού Ιδιωτικού Δικτύου Κτιρίου (BVPN) όπου κάθε διαμέρισμα είναι εφοδιασμένο με ένα Τοπικό Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίων (Local Building Management System - LBMS) ενσωματωμένη στην πύλη δικτύου διαχειριζόμενα παγκοσμίως και συντονιζόμενα από ένα Απομακρυσμένο Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Remote Building Management System - RBMS) στοχεύοντας στην αλληλεπίδραση και στην επικοινωνία κάθε χρήστη με αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός ιεραρχικού συστήματος αποτελούμενο από ένα κεντρικό συντονιστή (*Remote Building Management System - RBMS*) που συλλέγει συγκεντρωτικές πληροφορίες από το Local Building Management System (LBMS) και επικοινωνεί με τους διαχειριστές των έξυπνων

δικτύων αποφασίζοντας για τις καλύτερες ενέργειες που διεκπεραιώνονται. Επίσης αποτελείται από τα *καταναεμημένα στοιχεία* (*Local Building Management System - LBMS*) που είναι υπεύθυνα για την συλλογή δεδομένων, την ενεργοποίηση και εκτέλεση των εντολών και την επικοινωνία [26].

Η δομή ενός πρότυπου υπολογιστικού συστήματος αποτελείται από το χαμηλότερο επίπεδο δηλαδή το φυσικό υλικό του κτιρίου (συσκευές, αισθητήρες, ενεργοποιητές) το οποίο το διαχειρίζεται μια πύλη όπως το BuildingDepot, το Energy @ Home η οποία λειτουργεί στο Hardware Abstraction Layer (HAL) και μπορεί να αποσυνδέσει όλα τα υψηλότερα επίπεδα από τη διοίκηση του φυσικού υλικού και να υποστηρίξει διαφορετικά πρωτόκολλα χαμηλού επιπέδου όπως τα ZigBee, BACNet κλπ.. Η πύλη χρησιμοποιεί μια απλή διεπαφή HTTP που αποτελείται από ένα διακομιστή κτιρίου με ένα λειτουργικό που προσφέρει μια διεπαφή προγραμματισμού κτιρίου (Building Programming Interface - BPI) επιτρέποντας στις εξωτερικές εφαρμογές να προγραμματίσουν το κτίριο, μια Διαχείρισης Χρονικού Ελέγχου Κτιρίου (Building Runtime Manager - BRM) και το περιβάλλον προσομοίωσης (Building Simulation Environment - BSM) για την πρόβλεψη της κτιριακής συμπεριφοράς. Επίσης ο Κτιριακός εξυπηρετητής που εκθέτει μια διεπαφή βασισμένη σε HTTP που χρησιμοποιείται από το επίπεδο εφαρμογής [26].

Η Ψηφιακή Διασύνδεση Smart Grid (Smart Grid Digital Interface - SGDI) αποτελείται από τα φυσικά στοιχεία του έξυπνου κτιρίου όπως οι αισθητήρες, οι ενεργοποιητές, οι συσκευές και οι συσσωρευτές. Οι αισθητήρες και οι ενεργοποιητές συνθέτουν το λογισμικό επίπεδο και αποτελούν βασικό στοιχείο του συστήματος λαμβάνοντας υπόψιν το εργασιακό περιβάλλον αντιδρώντας στις αλλαγές και στις νέες ανάγκες των χρηστών. Επίσης το λογισμικό περιλαμβάνει τις συσκευές και τους συσσωρευτές. Οι συσκευές μπορεί να είναι μοντέρνες με ψηφιακή αλληλεπίδραση εκτελώντας ενέργειες μέσω εξωτερικής ψηφιακής συσκευής και ελέγχοντας την ενεργειακή κατανάλωση ή μπορεί να είναι απλές συσκευές χωρίς ψηφιακή αλληλεπίδραση μέσω ενός έξυπνου βύσματος για τη σύνδεση των συσκευών. Ένα έξυπνο βύσμα θεωρείται ένα ηλεκτρικό βύσμα που παρέχει ψηφιακή αλληλεπίδραση χρησιμοποιώντας ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας όπως το ZigBee τα οποία ελέγχονται εξ αποστάσεως και χρησιμοποιούνται ως αισθητήρες κατανάλωσης ενέργειας. Οι συσσωρευτές αποτελούν το βασικό πόρο για τη βελτιστοποιημένη διαχείριση της ανανεώσιμης ενέργειας και της διοίκησης. Χάρη στη δυνατότητα προσθαφαίρεσης και τα εργαλεία του λειτουργικού συστήματος μπορούν να αναπτυχθούν σύνθετες εφαρμογές διαχείρισης [26].

Η ενσωμάτωση του Smart Grid Digital Interface (SGDI) σε ένα έξυπνο δίκτυο στοχεύει στην παροχή ακριβούς πρόβλεψης της κτιριακής συμπεριφοράς και στην αντίδραση των αιτημάτων του έξυπνου δικτύου αποφασίζοντας κατά την εκτέλεση την τιμή της ενέργειας και επιλέγοντας ορθά λαμβάνοντας υπόψιν ότι οι χρήστες έχουν περιοδικό χαρακτήρα. Είναι πιθανόν οι χρήστες να δηλώσουν πότε χρησιμοποιούν τις συσκευές στοχεύοντας στην πρόβλεψη ενός προφίλ φορτίου για τη βελτιστοποίηση μετρήσεων εξοικονόμησης ενέργειας, κόστους κλπ. Επίσης είναι πιθανόν η εκμετάλλευση των προσομοιώσεων με το OS που χρησιμοποιούνται για την πρόβλεψη της συμπεριφοράς διαφόρων συσκευών, την απόσταση, την μέγιστη, ελάχιστη και μέση κατανάλωση ενέργειας χρησιμοποιώντας εργαλεία όπως το EASIM, έναν προσομοιωτή ελαφρούς φωτισμού βασισμένο στο SystemC, προσομοιώνοντας το σε πολύ υψηλές επιδόσεις την συμπεριφορά ενός δικτύου συσκευών για να αποκατασταθεί η λειτουργία του. Η έξοδος της προσομοίωσης μπορεί να σταλεί στο έξυπνο δίκτυο προς εκμετάλλευση [26].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

Μελέτη Περίπτωσης

Στην ενότητα αυτή γίνεται μια περιγραφή μιας μελέτης ενός τριώροφου κτιρίου με ισόγειο πάρκινγκ σχετικά με την λειτουργικότητα του. Το κτίριο χαρακτηρίζεται από χωρική τοποθέτηση με δυνατότητα αξιοποίησης των τοπικών κλιματικών συνθηκών, χώρου φύτευσης, δυνατότητα ηλιασμού, φωτισμού και αερισμού προκειμένου να επιτευχθεί άνετο και ποιοτικό εσωτερικό περιβάλλον [15].

Για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης και της ενεργειακής κατάταξης του κτιρίου εφαρμόζεται η μέθοδος ημι-σταθερής κατάστασης σύμφωνα με το ευρωπαϊκό πρότυπο ΕΛΟΤ EN ISO 13790 και παρεμφερών προτύπων. Σύμφωνα με το νόμο του Τεχνικού Επιμελητηρίου 20701-1/2010, οι θερμικές ζώνες ενός κτιρίου θεωρούνται ασύζευκτες και ο υπολογισμός της ενεργειακής απόδοσης κτιρίου γίνεται με τη χρήση ειδικού εργαλείου του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.) ενώ για τους επιμέρους υπολογισμούς των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων χρησιμοποιούνται αναλυτικές μέθοδοι και τεχνικές οδηγίες. Τέλος είναι απαραίτητη η έκδοση Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ) [15].

Προκειμένου να υπάρξει αυτοματοποιημένη λειτουργία, η κεντρική παρακολούθηση των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων αλλά και η παρέμβαση στη λειτουργία των ελεγχόμενων εγκαταστάσεων από τουλάχιστον ένα κεντρικό σταθμό ελέγχου προτείνεται η εγκατάσταση ενός ψηφιακού συστήματος ανοιχτής τεχνολογίας όπως το Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) στοχεύοντας στην αύξηση της ευελιξίας όλου του συστήματος ελέγχου εξασφαλίζοντας μέγιστη αξιοπιστία καθώς σε περίπτωση επιμέρους βλάβης επηρεάζεται μόνο η ελεγχόμενη συσκευή χωρίς να επηρεάζεται η λειτουργία του υπόλοιπου συστήματος. Το Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) περιλαμβάνει την εκπαίδευση των χρηστών, τη σχεδίαση, την εγκατάσταση, τον προγραμματισμό, τη ρύθμιση, τη λειτουργία και τη συντήρηση όλων των μερών του συστήματος περιέχοντας όλες τις απαιτούμενες βασικές και περιφερειακές συσκευές, αισθητήρες κλπ., για την κατασκευή ενός ολοκληρωμένου συστήματος [16].

Σκοπός της εγκατάστασης ενός Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) είναι η παρακολούθηση απευθείας ή εξ'αποστάσεως και ο έλεγχος της λειτουργίας των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων προκειμένου να γνωρίζουμε ανά πάσα στιγμή την κατάσταση λειτουργίας των διαφόρων συσκευών με τη βοήθεια γραφικών και αναφορών, η αυτόματη ρύθμιση των παραμέτρων λειτουργίας βάσει εξωτερικών συνθηκών, η ικανοποίηση επιθυμητών συνθηκών με τη μικρότερη δυνατή καταναλώμενη ενέργεια, το ελάχιστο δυνατό κόστος συντήρησης των εγκαταστάσεων από τη μείωση φθοράς των μηχανημάτων, η καταμέτρηση και η γραφική απεικόνιση ενεργειακών καταναλώσεων με σκοπό την επέμβαση σε περίπτωση προβλήματος, η εξοικονόμηση ενέργειας, η επέκταση με προσθήκη συσκευών ή / και σύνδεση με διάφορα πρωτόκολλα επικοινωνίας και η

συνεργασία με τα υπάρχοντα κτιριακά πληροφοριακά συστήματα για την ανταλλαγή πληροφοριών [16].

Οι βασικές λειτουργίες του Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) είναι η παρακολούθηση της σωστής λειτουργίας των εγκαταστάσεων και η άμεση ενημέρωση για τυχόν πρόβλημα με σκοπό την έγκαιρη αντιμετώπιση καθώς και η ενεργοποίηση εναλλακτικών σεναρίων λειτουργίας για την αυτόματη αντιμετώπιση προβλημάτων, η μετάδοση εντολών χρονοπρογραμματισμού επί 24ώρου βάσεως ασχέτως αργιών βάσει αποθηκευμένου προγράμματος σε κάθε προκαθορισμένη χρονική στιγμή για την λειτουργία ή την διακοπή των συσκευών και των λειτουργιών των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων αλλά και η χειρονακτική διόρθωση, αποτροπή ή μη ενεργειών του χρήστη με σκοπό την διόρθωση ή αποτροπή σοβαρών καταστάσεων, επέμβαση στη λειτουργία των εγκαταστάσεων μέσω της διαδικασίας λήψης πληροφοριών - εντολών - επιβεβαίωσης, η καταγραφή των συνθηκών λειτουργίας και αναγγελίες βλαβών, η καταγραφή των ωρών λειτουργίας των μηχανημάτων σε συνδυασμό με το πρόγραμμα συντήρησης και προειδοποίηση για τις κατάλληλες ενέργειες, η καταγραφή των ηλεκτρικών καταναλώσεων και καυσίμου σε συνδυασμό με τις καιρικές συνθήκες παράγοντας αναφορές αξιοποίησης ενέργειας, η δημιουργία αναφορών για μέσες τιμές κατανάλωσης ανά επιφάνεια - εγκατάσταση - χρονικό διάστημα και η παρουσίαση δεδομένων με έγχρωμες απεικονίσεις [16].

Το Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) αποτελείται από το Κεντρικό Σταθμό Ελέγχου (ΚΣΕ), τα Απομακρυσμένα Κέντρα Ελέγχου (ΑΚΕ), το δίκτυο ρυθμιστών και τις συσκευές λήψεως πληροφοριών όπως αισθητήρες κλπ., ή συσκευές εκτέλεσης εντολών όπως βαλβίδες, ρελέ εκκίνησης κλπ. [16].

Ο Κεντρικός Σταθμός Ελέγχου (ΚΣΕ) που αποτελεί ενεργό κόμβο επικοινωνίας του δικτύου ώστε να διασφαλιστεί η επικοινωνία του με κάθε κόμβο του δικτύου τοποθετείται στο ισόγειο του κτιρίου απ όπου θα παρακολουθούνται οι λειτουργίες και θα επεξεργάζονται τα διαθέσιμα δεδομένα του δικτύου. Το λειτουργικό σύστημα που είναι εγκατεστημένο στο σταθμό εργασίας συμβάλει στην επεξεργασία των διαθέσιμων δεδομένων στο δίκτυο επικοινωνίας. Επίσης ο σταθμός εργασίας δίνει τη δυνατότητα οπτικής παρακολούθησης, αναγγελίας συναγερμού, χρήσης προγραμμάτων εφαρμογών ελέγχου και επικοινωνίας σε διάφορους αισθητήρες και κινητήρες συμπεριλαμβάνοντας διαγνωστικές διαδικασίες. Θεωρείται ως ένα φιλικό μέσο επικοινωνίας του χρήστη με το σύστημα αλλά ανεξάρτητο από την λειτουργία του υπόλοιπου συστήματος ώστε σε περίπτωση τεχνικού προβλήματος να μην επηρεάζεται όλο το σύστημα [16].

Τα Απομακρυσμένα Κέντρα Ελέγχου (ΑΚΕ) αποτελούνται από τους ελεγκτές που κατευθύνουν τις ηλεκτρολογικές και μηχανολογικές εγκαταστάσεις του κτιρίου. Τοποθετούνται σε θέσεις αναλόγως με τις απαιτήσεις του κτιριακού χώρου στοχεύοντας στην κάλυψη των αναγκών του συστήματος παρέχοντας αυτονομία ελέγχου και εφεδρική χωρητικότητα. Επίσης δίνουν τη δυνατότητα τοπικής επικοινωνίας μέσω των θυρών RS 232 των θυρών με φορητή λειτουργική συσκευή ως ενεργό μέρος του δικτύου επιτρέποντας την πρόσβαση στη δομή και στις παραμέτρους του συστήματος και την αλλαγή ορίων επιτρέποντας απευθείας χειρισμό μέρους ή όλου του συστήματος χωρίς να χρειαστεί να συνδεθεί με το σταθμό εργασίας διευκολύνοντας την απευθείας ρύθμιση του συστήματος λόγω χρήσης κάποιων περιφερειακών συσκευών [16].

Το δίκτυο ρυθμιστών ή τα Απομακρυσμένα Κέντρα Ελέγχου (ΑΚΕ) πρέπει να διαθέτουν δυνατότητες επέκτασης χρησιμοποιώντας απλά routers ως μονάδες υποστήριξης της επικοινωνίας του δικτύου χωρίς να έχουν δυνατότητες επεξεργασίας ή ελέγχου των μεταβλητών. Η τεχνολογία του δικτύου μπορεί να είναι Lonworks ή άλλη εξασφαλίζοντας

καταναμημένη λογική, γρήγορες ταχύτητες επικοινωνίας και εναλλαγή ελεγκτών και περιφερειακών συσκευών του δικτύου ανεξαρτήτως κατασκευαστή. Η επικοινωνία μεταξύ δικτυακών κόμβων και περιφερειακών συσκευών μη τεχνολογίας Lonworks μπορεί να επιτευχθεί με προτυποποιημένα μηνύματα δικτυακών μεταβλητών (Standard Network Variable Types - SNVT) επιτυγχάνοντας βέλτιστη εξοικονόμηση σημείων σχετικά με τη δομή και σε επίπεδο ελεγκτών. Τέλος, η μετάδοση των πληροφοριών γίνεται μέσω καλωδίου δύο συνεστραμμένων ζευγών αγωγών ή όχι αναλόγως την αρχιτεκτονική του δικτύου, τις απαιτήσεις επικοινωνίας μεταξύ κόμβων και τις ιδιαιτερότητες της εγκατάστασης [16].

Τα όργανα λήψεως πληροφοριών αποτελούνται από τους αισθητήρες θερμοκρασίας και τους μεταδότες υγρασίας χώρου, αεραγωγού και εξωτερικού περιβάλλοντος, τους μεταδότες ποιότητας αέρα αεραγωγού και χώρου, τους διακόπτες διαφορικής πίεσης αέρα για την κατάσταση ροής αέρα και φίλτρων ρύπανσης, τους διακόπτες ροής νερού και στάθμης, τους μεταδότες πίεσης αέρα, νερού, στάθμης δεξαμενών και φωτεινότητας. Οι ενεργοποιητές αποτελούνται από τους κινητήρες διόδων και τριόδων βαλβίδων, τους ηλεκτρομαγνητικούς διόδους βαλβίδων νερού για ύγρανση, τους τηλεχειριζόμενους διακόπτες (ρελέ), τους κινητήρες διαφραγμάτων αναλογικής λειτουργίας ή δύο θέσεων [16].

8.1 Περιγραφή των κτιριακών ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων

Το έξυπνο κτίριο είναι εξοπλισμένο με το σύστημα παρακολούθησης και το σύστημα διαχείρισης με αποτέλεσμα να επηρεάζεται από τις εσωτερικές και εξωτερικές συνθήκες. Τα βασικά κριτήρια κατά το σχεδιασμό ενός Συστήματος Διαχείρισης κτιρίου είναι η άνεση, η λειτουργικότητα, η ασφάλεια χρήσης, η μείωση κόστους και η βελτίωση της ενεργειακής αποτελεσματικότητας του κτιρίου. Η ηλεκτρική ενέργεια και η θέρμανση αποτελούν τις κύριες πηγές του κτιρίου. Ακολουθούν το ζεστό και κρύο νερό, ο αέρας, η ασφάλεια του κτιρίου και των ενοίκων, η πρόσβαση, οι πληροφορίες και ο χώρος εγκατάστασης του συστήματος. Τα παραπάνω αποτελούν πόρους του συστήματος που επηρεάζουν το κόστος εγκατάστασης καθώς χαρακτηρίζονται από υψηλό κόστος συντήρησης με αποτέλεσμα να δίνεται μεγαλύτερη προσοχή στα συστήματα εξοικονόμησης ενέργειας και αξιοπιστίας. Αρχικός στόχος ήταν η μείωση των εξόδων με αποτέλεσμα τη δημιουργία εγκαταστάσεων χαμηλού κόστους αλλά με τον καιρό συνειδητοποιήθηκε ότι αυτό αποτελεί ένα μικρό μέρος του συνολικού κόστους καθώς η συντήρηση εγκαταστάσεων αντιπροσωπεύει το 70% του συνολικού κόστους ενώ το υπόλοιπο αποτελείται από κόστη επένδυσης, μοντερνισμού, απεγκατάστασης κ.α. Για παράδειγμα η χρήση λαμπτήρων φθορισμού αντί κανονικών μπορεί να οδηγήσει σε εξοικονόμηση ενέργειας έως 70%. Ο χώρος δεν χρησιμοποιείται ταυτόχρονα και με τον ίδιο τρόπο ούτε με την ίδια συχνότητα από όλους τους ένοικους επομένως με τη βοήθεια του διαμοιρασμού πόρων μπορούμε να περιορίσουμε την κατανάλωση πόρων κατά τη χρήση τους λαμβάνοντας υπόψιν τη μέγιστη χρήση τους αλλά και τη διανομή στη ζήτηση πόρων [23].

Το κτίριο πληροί τους περιορισμούς θερμομόνωσης σύμφωνα με τον Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.) και θα υπάρξει παθητικό ηλιακό σύστημα κτιρίου με σκοπό επίτευξης κέρδους. Όσον αφορά τις ελάχιστες προδιαγραφές των ηλεκτρολογικών συστημάτων του κτιρίου σύμφωνα με το άρθρο 8 του Κ.Εν.Α.Κ. είναι απαραίτητη η τοποθέτηση κεντρικής κλιματιστικής μονάδας ή μονάδας εξαερισμού ή παροχής αέρα όπου όσες λειτουργούν με αέρα άνω του 60% θα πρέπει να διαθέτουν σύστημα ανάκτησης θερμότητας με απόδοση τουλάχιστον 50%. Όλα δίκτυα των συστημάτων θέρμανσης, ψύξης ή κλιματισμού και Ζεστού Νερού Χρήσης (ZNX) πρέπει να έχουν την

ελάχιστη θερμομόνωση σύμφωνα με το νόμο του Τεχνικού Επιμελητηρίου 20701-1/2010. Ειδικά για τα δίκτυα που προέρχονται από εξωτερικούς χώρους προβλέπεται ελάχιστη θερμομόνωση πάχους 19mm για τα συστήματα θέρμανσης, ψύξης ή κλιματισμού και 13mm για το σύστημα Ζεστού Νερού Χρήσης (ZNX) με αγωγιμότητα θερμομονωτικού υλικού της τάξεως $\lambda=0,040 \text{ W/(m.K)}$ στους 20°C ή ισοδύναμο πάχος παρόμοιου πιστοποιημένου θερμομονωτικού υλικού. Οι αεραγωγοί κλιματιζόμενου αέρα που προέρχονται από εξωτερικούς χώρους πρέπει να έχουν θερμομόνωση με αγωγιμότητα θερμομονωτικού υλικού της τάξεως $\lambda=0,040 \text{ W/(m.K)}$ στους 20°C και ελάχιστο πάχος 40mm ενώ όταν προέρχονται από εσωτερικούς χώρους το ελάχιστο πάχος είναι 30mm ή ισοδύναμο πάχη παρόμοιων πιστοποιημένων θερμομονωτικών υλικών. Τα δίκτυα διανομής θερμού και ψυχρού μέσου πρέπει να διαθέτουν σύστημα αντιστάθμισης της θερμοκρασίας προσαγωγής σε μερικά φορτία ή κάποιο άλλο πιστοποιημένο σύστημα. Στα μεγάλα δίκτυα Ζεστού Νερού Χρήσης (ZNX) ανά κλάδους πρέπει να χρησιμοποιηθούν κυκλοφορητές με ρύθμιση στροφών σύμφωνα με τη ζήτηση. Στα νέα ή ριζικά ανακαινισμένα κτίρια είναι υποχρεωτική η κάλυψη από ηλιοθερμικά συστήματα τουλάχιστον του 60% των αναγκών σε Ζεστό Νερό Χρήσης (ZNX) με κάποιες εξαιρέσεις.

Τα συστήματα φωτισμού πρέπει να έχουν ελάχιστη ενεργειακή απόδοση 55 lumen/W. Σε περίπτωση που η επιφάνεια είναι μεγαλύτερη από 15 τ.μ. ο τεχνητός φωτισμός πρέπει να ελέγχεται με χωριστούς διακόπτες. Στους εσωτερικούς χώρους με φυσικό φωτισμό υπάρχει η δυνατότητα χρήσης τουλάχιστον του 50% των λαμπτήρων. Σε κτίριο με πολλά κεντρικά συστήματα και πολλές ιδιοκτησίες είναι απαραίτητη η αυτονομία θέρμανσης, ψύξης ή κλιματισμού και Ζεστού Νερού Χρήσης (ZNX) με κεντρική διανομή, εφαρμόζοντας κατανομή δαπανών με θερμιδομέτρηση. Στο κτίριο απαιτείται θερμοστατικός έλεγχος της εσωτερικής θερμοκρασίας τουλάχιστον ανά ελεγχόμενη θερμική ζώνη κτιρίου. Επίσης είναι απαραίτητη η εγκατάσταση κατάλληλου εξοπλισμού αντιστάθμισης της άεργης ισχύς των ηλεκτρικών καταναλώσεων προκειμένου να αυξηθεί ο συντελεστής ισχύος (συνφ) σε επίπεδο τουλάχιστον 0,95. Η αδυναμία εφαρμογής όλων των παραπάνω απαιτεί κατά την ισχύουσα νομοθεσία επαρκή τεχνική τεκμηρίωση [15].

Οι εγκαταστάσεις που θα ελέγχονται μέσω του Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) είναι το σύστημα θέρμανσης, ψύξης, αερισμού, η παραγωγή Ζεστού Νερού Χρήσης (ZNX), το σύστημα φωτισμού, το σύστημα ανελκυστήρων, το σύστημα πυρόσβεσης, το σύστημα ύδρευσης και αποχέτευσης, οι ηλιακοί συλλέκτες και τα λεβητοστάσια [16].

§ Σύστημα θέρμανσης, ψύξης, αερισμού

Τα στοιχεία επιτήρησης του περιβάλλοντος είναι η θερμοκρασία και η υγρασία. Η θέρμανση όλων των εσωτερικών χώρων του κτιρίου θα γίνεται από τη κεντρική μονάδα θέρμανσης με αυτονομία μέσω ενός μονοσωλήνιου συστήματος κατακόρυφων στηλών προσαγωγής και επιστροφής θερμού νερού με τη βοήθεια λέβητα-καυστήρα φυσικού αερίου ενώ η ψύξη θα γίνεται με τοπικές αντλίες θερμότητας. Όλες οι σωληνώσεις προσαγωγής και επιστροφής θα τροφοδοτούνται μέσω ενός κεντρικού συλλέκτη. Η θερμοκρασία λειτουργίας του συστήματος θέρμανσης πρέπει να είναι 85°C για την προσαγωγή και 70°C για την επιστροφή. Όλες οι σωληνώσεις του δικτύου διανομής που διέρχονται από μη θερμαινόμενους χώρους θα είναι μεμονωμένες και θα συμφωνούν με τις ελάχιστες προδιαγραφές του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.) κατά το νόμο του Τεχνικού Επιμελητηρίου 20701-1/2010 όπου για τις κατακόρυφες σωληνώσεις το πάχος της μόνωσης πρέπει να είναι 13mm ενώ για τις οριζόντιες 9mm. Οι σωληνώσεις διανομής από τους τοπικούς συλλέκτες μέχρι τις τερματικές μονάδες επειδή διέρχονται από

εσωτερικούς θερμαινόμενους χώρους δεν απαιτείται θερμομόνωση των σωληνώσεων ενώ οι κεντρικές κατακόρυφες σωληνώσεις του δικτύου διανομής θα θερμομονωθούν στο σύνολο τους. Επίσης θα εφαρμοστεί αυτόματος θερμοστατικός έλεγχος θερμοκρασίας εσωτερικών χώρων ενώ η κεντρική μονάδα εγκατάστασης θέρμανσης θα διαθέτει σύστημα αντιστάθμισης προκειμένου να καλυφθούν μερικά φορτία θέρμανσης. Θα χρησιμοποιηθεί κυκλοφορητής της διανομής θερμού νερού θέρμανσης με μεταβλητό αριθμό στροφών και παροχή σταθερού μανομετρικού. Ίδια διαδικασία θα ακολουθηθεί και για τα συστήματα ψύξης και αερισμού με τη βοήθεια δύο μονάδων παροχής [15].

Στις κλιματιστικές μονάδες μέσω της εγκατάστασης υλικού ψηφιακής επικοινωνίας με το Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) γίνεται προσπάθεια *επιτήρησης* καταστάσεων εντός - εκτός - χειρονακτική - αυτόματη, λειτουργίας και βλάβης ανεμιστήρα προσαγωγής και επιστροφής, κατάσταση προφίλτρων – σακκόφιλτρων και επιπέδου φίλτρου, ένδειξη θέσης ρύθμισης διαφραγμάτων, *εντολής* λειτουργίας ή διακοπής ανεμιστήρα προσαγωγής και επιστροφής, διακοπής ανεμιστήρα προσαγωγής σε συνθήκη συναγερμού, *μέτρησης* θερμοκρασίας προσαγωγής και επιστροφής, υγρασίας επιστροφής και *οδήγησης* υγραντή νερού, κινητήρα τριόδου ψυχρού και διόδου θερμού και ρυθμιστικών διαφραγμάτων [16].

Στους ανεμιστήρες μέσω της εγκατάστασης υλικού ψηφιακής επικοινωνίας με το Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) γίνεται προσπάθεια *εντολής* λειτουργίας και διακοπής (1^{ης}, 2^{ης} ταχύτητας) ανεμιστήρα, επιλογής βαθμίδας λειτουργίας ανεμιστήρα και *επιτήρησης* λειτουργίας (1^{ης}, 2^{ης} ταχύτητας) και βλάβης ανεμιστήρα, καταστάσεων εντός - εκτός - χειρονακτική – αυτόματη [16].

Στο σύστημα ψύξης μέσω της εγκατάστασης υλικού ψηφιακής επικοινωνίας με το Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) γίνεται προσπάθεια *εντολής* λειτουργίας και διακοπής, *επιτήρησης* καταστάσεων εντός - εκτός - χειρονακτική – αυτόματη, βλαβών, ένδειξης λειτουργίας, θερμικού, θέση αυτόματου διακόπτη αντλίας, ένδειξης ροής και *μέτρησης* θερμοκρασίας εισόδου και εξόδου κυκλώματος συμπυκνωτή και εξατμιστή [16].

§ Παραγωγή ζεστού νερού χρήσης (ZNX)

Σύμφωνα με τον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.) κατά το νόμο του Τεχνικού Επιμελητηρίου 20701-1/2010 η κατανάλωση του Ζεστού Νερού Χρήσης (ZNX) είναι 2,5 lt/ημέρα/m² βάσει θερμαινόμενης επιφάνειας των κατοικιών με μέση θερμοκρασία χρήσης 50⁰C. Η παροχή θα γίνει με τη βοήθεια δύο κεντρικών θερμαντήρων διπλής ενέργειας όπου θα λαμβάνουν θερμική ενέργεια από ανεξάρτητη μονάδα λέβητα-καυστήρα φυσικού αερίου και από μια συστοιχία ηλιακών συλλεκτών όπου θα ενισχύονται από τοπικούς θερμαντήρες και το από δίκτυο ανακυκλοφορίας Ζεστού Νερού Χρήσης (ZNX). Οι σωληνώσεις του δικτύου διανομής Ζεστού Νερού Χρήσης (ZNX) θα είναι θερμομονωμένες σύμφωνα με το Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.) και θα έχουν πάχος 9mm [15].

§ Σύστημα φωτισμού

Η κατανάλωση ενέργειας στις κατοικίες για φωτισμό υπολογίζεται στην ενεργειακή απόδοση του κτιρίου. Σύμφωνα με τον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.) στις περιοχές φυσικού φωτισμού θα πρέπει να εξασφαλίζεται η δυνατότητα μείωσης τουλάχιστον των μισών λαμπτήρων και η τοποθέτησή τους θα εξαρτηθεί από τη

μεταβολή της στάθμης φυσικού φωτισμού κατά τη διάρκεια της ημέρας και τον προσανατολισμό του κτιρίου γι αυτό θα γίνει εγκατάσταση απλών συστημάτων ελέγχου των φωτιστικών με αισθητήρα φυσικού φωτισμού και αυτόματους διακόπτες σβέσης [15].

Στο φωτισμό μέσω της εγκατάστασης υλικού ψηφιακής επικοινωνίας με το Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) γίνεται προσπάθεια *φωτισμού* διαδρόμων και κοινόχρηστων χώρων, *εντολής* on-off και *επιτήρησης* επιβεβαίωσης [16].

§ Σύστημα ανελκυστήρων

Στους ανελκυστήρες μέσω της εγκατάστασης υλικού ψηφιακής επικοινωνίας με το Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) γίνεται προσπάθεια *επιτήρησης* σήμανσης βλάβης, *μπουτόν* πανικού [16].

§ Σύστημα πυρόσβεσης

Στην πυρόσβεση μέσω της εγκατάστασης υλικού ψηφιακής επικοινωνίας με το Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) γίνεται προσπάθεια *μέτρησης* πίεσης και *επιτήρησης* λειτουργίας κύριας αντλίας, βλάβης κύριας αντλίας, λειτουργίας και βλάβης αντλίας diesel και jockey, alarm κάτω στάθμης νερού πυρόσβεσης [16].

Στα ασθενή ρεύματα πυρόσβεσης μέσω της εγκατάστασης υλικού ψηφιακής επικοινωνίας με το Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) γίνεται προσπάθεια *επιτήρησης* ένδειξης βλάβης (τηλεφωνικού κέντρου), σήμανσης έναρξης πυρκαγιάς και *μέτρησης* θερμοκρασίας χώρου [16].

§ Σύστημα ύδρευσης και αποχέτευσης

Στην ύδρευση – άρδευση – αποχέτευση – όμβρια μέσω της εγκατάστασης υλικού ψηφιακής επικοινωνίας με το Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) γίνεται προσπάθεια *μέτρησης* θερμοκρασίας νερού, *εντολής* on-off και *επιτήρησης* επιβεβαίωσης, καταστάσεων εντός - εκτός - χειρονακτική – αυτόματη, βλάβης, ένδειξη υψηλής στάθμης [16].

§ Ηλιακοί συλλέκτες

Η μεγάλη επιφάνεια εγκατάστασης ηλιακών συλλεκτών επιφέρει τη μείωση του ποσοστού ηλιακής αξιοποίησης σχετικά με την μικρή αύξηση του ποσοστού κάλυψης του θερμικού φορτίου για Ζεστό Νερό Χρήσης (ZNX). Επίσης θα πρέπει να αποφευχθεί κατά την εγκατάσταση η αλληλοσκίαση των επιφανειών. Η βέλτιστη γωνία κλίσης των ηλιακών συλλεκτών εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής αλλά και από το προσανατολισμό του κτιρίου, και μπορεί να μεταβληθεί αλλά όχι πάνω από 40⁰ για καλύτερη αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας άρα και των θερμικών φορτίων για Ζεστό Νερό Χρήσης (ZNX) [15].

§ Λεβητοστάσια

Στα λεβητοστάσια μέσω της εγκατάστασης υλικού ψηφιακής επικοινωνίας με το Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System - BMS) γίνεται προσπάθεια *εντολής* λειτουργίας και διακοπής, *επιτήρησης* βλάβης (καυστήρα), καταστάσεων εντός - εκτός -

χειρονακτική – αυτόματη, (κρίσιμης) χαμηλής και άνω στάθμης, θερμικού, ένδειξης ροής, θέση αυτόματου διακόπτη αντλίας, μέτρησης θερμοκρασίας (συλλογικής) προσαγωγής και επιστροφής, ομάδας αντλιών και οδήγησης ρύθμισης στροφών inverter [16].

Μελέτη συναλλακτικού ελέγχου

Το κτίριο εξυπηρετείται από ένα ψύκτη θερμότητας και ένα λέβητα για τη συμπλήρωση της θερμοκρασίας όταν χρειάζεται με ανεξάρτητα συστήματα Heating, ventilation and air conditioning (HVAC). Ο χώρος κλιματίζεται από μια πολλαπλή ζώνη μεταβλητού αέρα (Variable Air Volume-VAV) διαχειριστικής μονάδας αέρα (Air Handling Unit-AHU). Ο χώρος εξυπηρετείται από μια τερματική μονάδα Variable Air Volume (VAV) που ελέγχεται μέσω ενός θερμοστάτη και έχουν λέβητα θέρμανσης για την παροχή θέρμανσης και επαναθέρμανσης. Τα σημεία ρύθμισης των ζωνών της θερμοκρασίας διαφέρουν στις περιόδους θέρμανσης και ψύξης αλλά και κατά τη χρήση και τις ελεύθερες περιόδους. Ο χώρος ελέγχεται από το Σύστημα Αυτοματισμού Κτιρίου (Building Automation Systems (BAS) και η στρατηγική ελέγχου συναλλαγής μπορεί να προγραμματιστεί βάσει του Building Automation Systems (BAS) (επίπεδο ζώνης και επίπεδο κτιρίου). Η υποβολή προσφορών και ο υπολογισμός του προσαρμοσμένου σημείου θέρμανσης εμφανίζεται στο επίπεδο ζώνης και κάθε ζώνη θεωρείται ανεξάρτητη από τις άλλες. Ο χρήστης καθορίζει τις παραμέτρους όπως μέγιστες και ελάχιστες θερμοκρασίες κάθε ζώνης. Επίσης παρέχεται μια παράκαμψη επιπέδου ζώνης ώστε ο χρήστης μέσω της στρατηγικής ελέγχου συναλλαγής να οδηγηθεί στους συμβατικούς ελέγχους. Εναλλακτικός τρόπος ελέγχου συναλλαγής είναι ο ορισμός μιας υψηλής τιμής που οδηγεί σε συμβατικό έλεγχο. Κάποιοι έλεγχοι συναλλαγής πραγματοποιούνται σε επίπεδο κτιρίου. Η αγοραία και η μέση τιμή καθώς και η τυπική απόκλιση καταχωρούνται από εξωτερική πηγή στο επίπεδο κτιρίου. Επιπρόσθετα μπορεί να γίνει και αντικατάσταση του κτιριακού επιπέδου. Η παράκαμψη σε επίπεδο κτιρίου σε αντίθεση με το επίπεδο ζώνης αντικαθιστά όλους τους ελέγχους συναλλαγής σε όλα τα επίπεδα συμπεριλαμβανομένου και του επιπέδου ζώνης. Οι αγορές ενέργειας είναι καθορισμένες και οι προσφορές από τις ζώνες πηγαίνουν στις αγορές σκιές όπου όταν οι αγορές καθορίζονται η καθαρή τιμή αποστέλλεται στο Σύστημα Αυτοματισμού Κτιρίου (Building Automation Systems - BAS). Η επικοινωνία μεταξύ της αγοράς και του Συστήματος Αυτοματισμού Κτιρίου (Building Automation Systems – BAS) γίνεται μέσω ενός εξυπηρετητή OPC [30].

8.2 Περιγραφή εναλλακτικών λύσεων των κτιριακών ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων

Σε περίπτωση μη ύπαρξης κεντρικών σταθμών παραγωγής ενέργειας όπως εγκαταστάσεις συμπαραγωγής ή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με τηλεθέρμανση ή άλλες κεντρικές μονάδες παραγωγής και δεν υπάρχει δυνατότητα τέτοιας εγκατάστασης τότε προκειμένου να καλυφθούν οι κτιριακές ανάγκες σε θέρμανση, ψύξη ή εξαερισμό καταφεύγουμε στις εξής εναλλακτικές. Στην εγκατάσταση συστήματος συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας που θεωρείται οικονομικά ασύμφορο, στην εγκατάσταση οριζόντιων γεωθερμικών εναλλακτικών με δυνατότητα λειτουργίας αντλίας θερμότητας που εξαρτάται από το διαθέσιμο ελεύθερο χώρο και στην εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών που είναι υποχρεωτική βάσει νόμου, καλύπτοντας σχεδόν το 70% του θερμικού φορτίου για Ζεστό Νερό Χρήσης (ZNX) όλου του κτιρίου επιφέροντας εξοικονόμηση θερμικής ενέργειας [15].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

Συμπεράσματα

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η παρουσίαση των προσπαθειών στην ενίσχυση του βιοτικού επιπέδου της κτιριακής υποδομής βάσει κτιριακής και ενεργειακής διαχείρισης με τη βοήθεια της νομοθεσίας και της τεχνολογίας.

Στην ελληνική πραγματικότητα ο κτιριακός τομέας παρουσιάζει μεγάλη ενεργειακή κατανάλωση με αποτέλεσμα την επιρροή του βιοτικού επιπέδου αλλά και του περιβάλλοντος. Στην προσπάθεια ενίσχυσης μιας θετικής εικόνας έπαιξε ρόλο τόσο η επιρροή της από τις προσπάθειες της Ευρωπαϊκής Ένωσης σχετικά με την ενεργειακή νομοθεσία όσο και η εξέλιξη της τεχνολογίας [18]. Ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.) και η κτιριακή πιστοποίηση είναι σίγουρο ότι άλλαξαν τις πρακτικές δόμησης κτιρίων αλλά και τις συνθήκες διαβίωσης προς το καλύτερο. Παρολαυτά το μεγαλύτερο εμπόδιο στην προσπάθεια αυτή αποτελεί η ουσιαστική ενσωμάτωση των βιώσιμων ενεργειακών πρακτικών στα κατασκευαστικά πρότυπα και τις συνήθειες των χρηστών τους. Η ενεργειακή προστασία και εξοικονόμηση των κτιρίων σε ένα Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) είναι υποχρέωση όλων για την επίτευξη καλύτερων συνθηκών διαβίωσης. Η οικονομική κρίση αποτελεί ένα παράγοντα που συμβάλλει αρνητικά στην προσπάθεια αυτή με αποτέλεσμα να μην υπάρχει αντίκρισμα της προσπάθειας του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.) των ενεργειακών επιθεωρητών και των χρηστών με αποτέλεσμα να οδηγηθούμε σε αδιέξοδο [13].

Παρολαυτά επενδύοντας στην ενεργειακή πολιτική με στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας μέσω των Συστημάτων Ενεργειακής Διαχείρισης Κτιρίου (Building Energy Management System – BEMS), των πρωτοκόλλων επικοινωνίας και των Συστημάτων Αυτοματισμού και Ελέγχου (Building and Control System – BACS) το αποτέλεσμα μόνο δυσάρεστο δεν μπορεί να θεωρηθεί καθώς ο κτιριακός τομέας δημιουργεί συνεχώς νέες επενδυτικές δυνατότητες και προοπτικές στον επιχειρηματικό κόσμο αλλά και στον επιστημονικό τομέα ενισχύοντας τον υγιή ανταγωνισμό μεταξύ των επιχειρήσεων και των επιστημών στην προσπάθεια εύρεσης βέλτιστων λύσεων για την ικανοποίηση των αναγκών της σημερινής κοινωνίας στοχεύοντας από τη μία πλευρά στην αναγνωρισιμότητα και στην βιωσιμότητα τους και από την άλλη στη βελτίωση της ποιότητας ζωής των πολιτών μιας κοινωνίας παρέχοντας καλύτερες συνθήκες διαβίωσης. Στην επίτευξη ολοκληρωμένων και αξιολογών Συστημάτων Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) συμβάλει η μεταφορά τεχνογνωσίας και εμπειρίας καθώς και η πληροφόρηση, η ευαισθητοποίηση και η εκπαίδευση.

Τέλος, λόγω των κλιματικών αλλαγών αλλά και των απαιτήσεων των χρηστών και των επιχειρήσεων για καλύτερες συνθήκες διαβίωσης αναμένεται στο μέλλον τα Συστήματα Διαχείρισης Κτιρίου (Building Management System – BMS) αλλά και τα Συστήματα Ενεργειακής Διαχείρισης Κτιρίου (Building Energy Management System – BEMS) να αλλάξουν ριζικά προσφέροντας ανέσεις και διευκολύνσεις με το χαμηλότερο δυνατό κόστος και χωρίς επιβάρυνση του περιβάλλοντος.

Βιβλιογραφία

- [1] ΚΑΠΕ, http://www.cres.gr/kape/publications/pdf/pdf18FEB/6_6%20Siopis.pdf
(Ανάκτηση την 20/7/2017)
- [2] Βικιπαιδεία, https://en.wikipedia.org/wiki/Building_management_system
(Ανάκτηση την 20/7/2017)
- [3] Kumara, W.H.C.D. and Waidyasekara, K.G.A.S. (2013). Contribution of building management system towards sustainbale built environment. In: *The Second World Construction Symposium: Socio-Economic Sustainability in Construction*, June 14-15, 2013, pp. 118-128, Colombo, Sri Lanka.
- [4] Vascon solar experts Ltd,
<http://www.vasconsolar.com.cy/%cf%80%cf%81%ce%bf%cf%8a%ce%bf%ce%bd%cf%84%ce%b1/%ce%b4%ce%b9%ce%b1%cf%83%cf%85%ce%bd%ce%b4%ce%b5%ce%b4%ce%b5%ce%bc%ce%ad%ce%bd%ce%b1-%cf%83%cf%85%cf%83%cf%84%ce%ae%ce%bc%ce%b1%cf%84%ce%b1-net-metering-2-2/> (Ανάκτηση την 20/7/2017)
- [5] Κατασκευές κτιρίων: Το πληρέστερο πόρταλ των μηχανικών,
<http://kataskevesktirion.gr/%CF%83%CF%85%CF%83%CF%84%CE%AE%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1-%CE%B4%CE%B9%CE%B1%CF%87%CE%B5%CE%AF%CF%81%CE%B9%CF%83%CE%B7%CF%82-%CE%B5%CE%BE%CE%BF%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CE%BD%CF%8C%CE%BC%CE%B7%CF%83%CE%B7/> (Ανάκτηση την 20/7/2017)
- [6] Triedrasi, http://www.triedrasi.gr/index.php/diaxeirisi_energias.html
(Ανάκτηση την 20/7/2017)
- [7] Τεχνικές προδιαγραφές Συστήματος Ενεργειακής Διαχείρισης Κτιρίων,
http://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC_WORK/arxeia_diafora/energeiaki%20apodosi%20ktiriwn/TEXNIKES_PRODIAGRAFES_SYSTIMATON_ENERGEIAKIS_DIAXIRISIS_.pdf (Ανάκτηση την 20/7/2017)
- [8] Συστήματα ελέγχου και ασφάλειας (Γ'ΕΠΑΛ),
http://iep.edu.gr:8080/images/school_books/24-0529_Systimata-Elenxou-kai-Asfaleias_G-EPAL_BM.pdf (Ανάκτηση την 20/7/2017)
- [9] Χώρος Σ.Μ. A.E Engineering, http://www.horos.gr/technical/141020_deos.pdf
(Ανάκτηση την 20/7/2017)
- [10] Prezi, <https://prezi.com/ytgtxe1ap2rh/x10-protocol/> (Ανάκτηση την 20/7/2017)
- [11] https://eclass.teicrete.gr/modules/document/file.php/TH132/BMS_Ktiria.pdf
(Ανάκτηση την 20/7/2017)

- [12] Πληροφοριακά Συστήματα Διαχείρισης Κτιρίων και Αυτοματισμοί (Τσικαλάκης Α.), http://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC_WORK/GR_ENERGEIAS/kenak (Ανάκτηση την 20/7/2017)
- [13] Ενεργειακή απόδοση κτιρίων και δημόσιες πολιτικές (Χαράλαμπος Κουτρούλης), <https://www.elke.teicrete.gr/LinkClick.aspx?fileticket=prKexYfnp3I%3D&tabid=1034> (Ανάκτηση την 20/7/2017)
- [14] Ashrae Hellenic Chapter: Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, Διεθνές συνέδριο "Energy in buildings" 13 Οκτωβρίου 2012, <https://www.ashrae.gr/perch/resources/hellenicchapter-teenergyinbuildings2012gaglia.pdf> (Ανάκτηση την 20/7/2017)
- [15] Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (Υ.Π.Ε.Κ.Α.), https://www.teclar.gr/images/Epaggelmatika/KENAK/Paradeigma_meleths_Energeiakhs_Apodoshs/Paradeigma_Meleths_Energeiakhs_Apodoshs.pdf (Ανάκτηση την 20/7/2017)
- [16] Διεύθυνση Τεχνικών Υπηρεσιών Δήμου Ρεθύμνης, https://www.rethymno.gr/files/items/4/4472/tehniki_perigrafia_i-m_atsipopoylo-.pdf?rnd=1362984795 (Ανάκτηση την 20/7/2017)
- [17] Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, <http://portal.tee.gr/portal/page/portal/tptee/dg2013/ktirio/DE1-Eisagogi%20stin%20energeia-final.pdf> (Ανάκτηση την 20/7/2017)
- [18] Πανελλήνιος Σύνδεσμος Ανώνυμων Τεχνικών Εταιριών & ΕΠΕ, <http://www.sate.gr/nea/energy.pdf> (Ανάκτηση την 20/7/2017)
- [19] ZeMeds, https://issuu.com/ancitoscana/docs/toolkit_anci_140115_v9.3_n_greek_v1 (Ανάκτηση την 20/7/2017)
- [20] Χώρος Σ.Μ. Α.Ε Engineering, <http://deos.com.gr/deos/20manage.html> (Ανάκτηση την 20/7/2017)
- [21] Διοίκηση 3^{ης} Υγειονομικής Περιφέρειας Μακεδονίας, <http://dguide.nrgproject.eu/wp-content/uploads/2016/02/D2.pdf> (Ανάκτηση την 20/7/2017)
- [22] Κεφάλαιο 23: Ασφάλεια και Διαχείριση δικτύων, https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/3058/1/02_chapter_23.pdf (Ανάκτηση την 20/7/2017)
- [23] Borkowski, P., Pawlowski, M. and Makowiecki T. (2011), Economical Aspects of Building Management Systems Implementation
- [24] Costa, A., Raymond, S., Blanes, L.M., Howley, M. and Keane, M.M. (2013). A SWOT framework to investigate the integration between Building Management Systems and fault detection and diagnosis tools, *International Conference on Applied Energy ICAE 2013, Jul 1-4, Pretoria, South Africa (Paper ID: ICAE2013-199)*
- [25] Corna, A., Fontana, L., Nacci, A.A. and Sciuto, D. (2015). Occupancy Detection via iBeacon on Android Devices for Smart Building Management, Politecnico di Milano

- [26] Nacci, A.A., Rana, V. and Sciuto, D. (2015). A perspective vision on complex residential Management Systems
- [27] Yin, H. (2010). Building Management System to support building renovation.Snapshots of doctoral research at university college Cork.
- [28] Vinyes, J., Vazquez, E. and Miguel, T. (1996). Throughput analysis of p-CSMA based LonkTalk protocols for building management systems. Universidad Politecnica de Madrid, Departamento de Ingenieria Telematica
- [29] Spinar, R., Muthukumaran, P., de Paz, R., Pesch, D., Song, W., Chaudhry, S.A., Sreenan, C.J., Jafer, E., O'Flynn, B., O'Donnell, J., Costa, A. and Keane, M. (2009). Demo abstract: Efficient Building Management with IP-based Wireless Sensor Network, University College Cork, Ireland.
- [30] Katipamula, S., Chassin, D.P., Hatley, D.D., Pratt, R.G. and Hammerstrom, D.J. (2006). Transactive Controls: Market-Based GridWise™ Controls for Building Systems. Pacific Northwest National Laboratory, operated by Battelle for the U.S. Department of Energy
- [31] Hussan, B.K. (2005). Embedded system of Building Management Systems using microcomputer approach, Electronics' 2005, 21 – 23 September, Sozopol, Bulgaria
- [32] Haris, D., Patlitzianas, K. D., Iatropoulos, K. and Psarras, J. (2007). Intelligent building energy management system using rule sets Building and Environment, 42, 3562–3569, ScienceDirect
- [33] Swarnalatha, P., Babu, M.R. and Thallapelly, S. (2011). Building Management System Using Windows Communication Foundation And XAML, International Journal of Engineering and Technology Vol.3 (2), 2011, 95-99
- [34] Luo, Q., Lam, H., Wang, D., Chan, D., W. Peng, Y. and Peng, X. Demo Abstract: Towards a Wireless Building Management System with Minimum Change to the Building Protocols
- [35] Bai, J., Xiao, H., Zhu, T., Liu, W. and Sun, A. (2008). Design of a Web-based Building Management System using Ajax and Web Services, International Seminar on Business and Information Management
- [36] Paridari, K., Mady, A. E. D., Porta, L. S., Chabukswar, R., Blanco, J., Teixeira, A., Sandberg, H. and Boubekeur, M. (2016). Cyber-Physical-Security Framework for Building Energy Management System
- [37] Shang, W., Ding, Q., Marianantoni, A., Burke, J. and Zhang, L. (2014). Securing Building Management Systems Using Named Data Networking
- [38] Park, K., Kim, Y., Kim, S., Kim, K., Lee, W. and Park, H. (2011). Building Energy Management System based on Smart Grid

- [39] O'Flynn, B. Jafer, Essa, Š. R.; Keane, M. M. and Ó Mathúna, S. C. (2010). Development of miniaturized wireless sensor nodes suitable for building energy management and modeling
- [40] Ożadowicz, A. and Grela, J. (2015). Control Application for Internet of Things Energy Meter – a Key Part of Integrated Building Energy Management System
- [41] Han, J., Jeong, Y.K. and Lee, I. (2011). Efficient Building Energy Management System Based on Ontology, Inference Rules, and Simulation. International Conference on Intelligent Building and Management Proc. of CSIT vol.5 (2011) IACSIT Press, Singapore