



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Διπλωματική Εργασία

Η ΖΕΥΞΗ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟΥ

Σαμουρκασίδης Άγγελος
Κοντοβάς Αθανάσιος

Επιβλέπων: Τσουκαλάς Ελευθέριος, Καθηγητής

ΒΟΛΟΣ 2018



UNIVERSITY OF THESSALY
DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND COMPUTER ENGINEERING

Diploma Thesis

THE LINK OF THE SYSTEMS OF ELECTRIC POWER AND THE INTERNET

Samourkasidis Aggelos

Kontovas Athanasios

Supervisor: Eleutherios Tsoukalas, Professor

VOLOS 2018

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την περάτωση της διπλωματικής εργασίας μας, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον καθηγητή κύριο Ελευθέριο Τσουκαλά, για το θέμα που μας ανέθεσε και μέσα από αυτό αποκτήσαμε ενδιαφέρουσες και πολύτιμες γνώσεις.

Επίσης θέλουμε να ευχαριστήσουμε τον καθηγητή μας κύριο Δημήτριο Μπαργιώτα αρχικά για την υπομονή του και στη συνέχεια για τις συμβουλές, τις ιδέες και τις γνώσεις που μας μετέδωσε.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ στους γονείς μας για τα εφόδια και την αγωγή που μας παρείχαν. Τέλος ευχαριστούμε όλους όσους μας συμπαραστάθηκαν σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μας.

Αθανάσιος Κοντοβάς

Άγγελος Σαμουρκασίδης

Βόλος: Σεπτέμβριος 2018

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής είναι η μελέτη του «έξυπνου δικτύου» (Smart Grid) και το πρόβλημα που καλείται να επιλύσει, είναι ότι το ήδη υπάρχον δίκτυο δεν μπορεί να ικανοποιεί τις σύγχρονες ανάγκες, τόσο των διαχειριστών της ηλεκτρικής ενέργειας όσο και των καταναλωτών, εφόσον οι προκλήσεις του 21ου αιώνα, που αφορούν την ενέργεια και το περιβάλλον είναι τελείως διαφορετικές από εκείνες του προηγούμενου αιώνα. Επίσης το ενεργειακό σύστημα παρουσιάζει σημαντικά προβλήματα που οφείλονται στη μη κάλυψη των αναγκών των χρηστών σε ηλεκτρική ενέργεια. Η απόδοση των παλιών δικτύων είναι μειωμένη και το κόστος παραγωγής αυξημένο, επειδή χρησιμοποιούν τα ορυκτά καύσιμα που ρυπαίνουν το περιβάλλον από τη μια αλλά και από την άλλη δεν μπορούν να καλύψουν όλες τις ανάγκες που παρουσιάζονται. Γι' αυτό πραγματοποιείται η στροφή προς τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) και στη ριζική αναμόρφωση του δικτύου σε «έξυπνο», το οποίο με τη βοήθεια της τεχνολογίας θα καταστήσει περισσότερο αποδοτική την ενοποίηση των ΑΠΕ στο ενεργειακό ισοζύγιο. Ταυτόχρονα θα ανοίξει το δρόμο για την ενεργοποίηση του πολίτη και ως καταναλωτή και ως παραγωγού.

Το Κεφάλαιο 1 περιλαμβάνει την εισαγωγή της διπλωματικής και την μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την συγγραφή της.

Το Κεφάλαιο 2 αποτελείται από την ιστορική αναδρομή, τους ορισμούς και τις τεχνολογίες του Ηλεκτρικού Δικτύου Ενέργειας και των κύριων συστατικών του «έξυπνου δικτύου» (Smart Grid).

Το Κεφάλαιο 3 περιέχει τις προκλήσεις που θα πρέπει να αντιμετωπιστούν κατά την δημιουργία του «έξυπνου δικτύου» (Smart Grid) καθώς και κάποιες προτάσεις για την επίλυσή τους.

Το Κεφάλαιο 4 αναφέρει τις εφαρμογές του «έξυπνου δικτύου» (Smart Grid) στην Ελλάδα και στον υπόλοιπο κόσμο.

Το Κεφάλαιο 5 εμπερικλείει όλα τα σχετικά συμπεράσματα.

Λέξεις κλειδιά: Έξυπνο δίκτυο, έξυπνος μετρητής, ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, τεχνολογίες επικοινωνιών, δίκτυα επικοινωνίας, διαδίκτυο των πραγμάτων, διαδίκτυο της ενέργειας, ασύρματο δίκτυο αισθητήρων.

ABSTRACT

The aim of the present thesis is the study of “Smart Grid”. The problem that it is called to cover, is the fact that the already existing grid cannot satisfy the contemporary needs of neither the administrators of electric power nor the consumers, since the challenges of the 21st century, which refer to the energy and the environment, are completely different from those of the previous years. Moreover, the energy system presents serious problems due to the lack of the fulfillment of the needs of the users for electric power. The efficiency of the old grids is reduced and the cost of the production increased because of the use of fossil fuels which contaminate the environment on the one hand and on the other, cannot satisfy all the needs that arise. This is the reason why an important turning occurs towards the “Renewable sources” and the radical reformation of the grid to “smart grid”, which with the assistance of the technology, will make the conflation of the renewable sources in the energy equilibrium, more effective. Simultaneously it will present ways for the motivation of the citizen as a consumer as well as a producer.

Section 1 includes the introduction of the “Thesis” and the methodology used for its fulfillment.

Section 2 consists of a historical retrospect, the definitions and the technologies of the Electric Power Grid and the main parts of “Smart Grid”.

Section 3 presents the challenges and the problems which will have to be confronted during the creation of “Smart Grid” as well as some proposals for their solutions.

Section 4 refers to the applications of “Smart Grid” in Greece and worldwide.

Section 5 includes all the relevant conclusions.

Key words: Smart grid, smart meter, renewable resource of energy, communication technologies, communication networks, internet of things, internet of energy, wireless sensor network.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	3
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	4
ABSTRACT.....	5
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	6
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	8
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	9
ΣΥΝΤΟΜΕΥΣΕΙΣ ΟΡΟΛΟΓΙΑΣ.....	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1:.....	1
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1 Βασικές έννοιες ηλεκτρικής ενέργειας.....	1
1.2 Μεθοδολογία βιβλιογραφικής αναζήτησης.....	2
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.....	4
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	4
2.1 Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΣΗΕ) ή Ηλεκτρικό Δίκτυο.....	4
2.1.1 Ιστορική αναδρομή ηλεκτρισμού.....	4
2.1.2 Ιστορία των ηλεκτρικών δικτύων.....	5
2.1.3 Ανεξάρτητοι Φορείς στην αγορά Ηλεκτρικής Ενεργείας.....	8
2.1.4 Τι είναι το ΣΗΕ.....	8
2.1.5 Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας.....	9
2.1.6 Μεταφορά και Διανομή ηλεκτρικού ρεύματος.....	10
2.2 Internet.....	13
2.2.1 Ιστορική αναδρομή του Internet.....	13
2.3 Internet of Things (IoT).....	15
2.3.1 Ιστορική αναδρομή του Internet of Things (IoT).....	15
2.3.2 Τεχνολογίες του IoT.....	17
2.3.3 Εφαρμογές του IoT.....	21
2.4 Smart Grid (SG).....	23

2.4.1 Παρουσίαση του Smart Grid.....	23
2.4.2.Γενική θεώρηση ανάγκης δημιουργίας έξυπνων δικτύων	26
2.4.3 Τεχνολογίες Smart Grid.....	28
2.5 Smart Grid και IoT	30
2.5.1Παρουσίαση του Έξυπνου Δικτύου βασιζόμενο στο Διαδίκτυο των Πραγμάτων.	30
2.5.2 Η αρχιτεκτονική ενός έξυπνου δικτύου.....	31
2.5.3 Αρχιτεκτονική Smart Grid βασιζόμενη στο IoT.....	40
2.5.3 Εφαρμογές του IoT στο Smart Grid.....	42
2.6 Energy Internet.....	43
2.6.1 Τι είναι το Internet Of Energy (IoE).....	43
2.6.2 Παράδειγμα	44
2.6.3 Προβλήματα που μπορούν να λυθούν από το IoE.....	44
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	48
ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗΣ ΤΠΕ ΣΤΑ ΣΗΕ	48
3.1 Καθορισμός προκλήσεων	48
3.2 Αντιμετώπιση των προκλήσεων.....	59
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	61
ΕΞΥΠΝΟ ΔΙΚΤΥΟ	61
4.1 Εφαρμογές του έξυπνου δικτύου στην Ελλάδα.....	61
4.2 Εφαρμογές του Smart Grid στον κόσμο.....	65
4.3 Οφέλη του Smart Grid στον τελικό χρήστη.....	66
4.4 Έξυπνο Δίκτυο και προστασία του Περιβάλλοντος.	70
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	76
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	76
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	80

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1 -Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας(πηγή: google.gr)	9
Εικόνα 2- Πηγές παραγωγής ενέργειας (πηγή: google.gr)	10
Εικόνα 3 - Δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας (πηγή: google.gr)	12
Εικόνα 4 - The Smart Grid Conceptual Model (πηγή: nist.gov)	24
Εικόνα 5 - Smart Meter (πηγή: google.gr)	28
Εικόνα 6 - Εννοιολογικό μοντέλο ενός Έξυπνου Δικτύου (πηγή: nist.gov).....	31
Εικόνα 7 - Απεικόνιση του τομέα των Πελατών (πηγή: nist.gov)	34
Εικόνα 8 - Απεικόνιση του τομέα της Αγοράς (πηγή: nist.gov)	35
Εικόνα 9 - Απεικόνιση του τομέα Παροχής Υπηρεσιών (πηγή: nist.gov)	36
Εικόνα 10 - Απεικόνιση του τομέα Κέντρου Ενεργειών (πηγή: nist.gov)	37
Εικόνα 11 - Απεικόνιση του τομέα Παραγωγής (πηγή: nist.gov)	38
Εικόνα 12 - Απεικόνιση του Δικτύου Μεταφοράς (πηγή: nist.gov).....	39
Εικόνα 13 - Απεικόνιση του Δικτύου Διανομής (πηγή: nist.gov).....	40
Εικόνα 14 - Αρχιτεκτονική του Smart Grid (πηγή: [10]).....	41
Εικόνα 15 - Internet Of Energy (πηγή: google.gr)	44
Εικόνα 16 - Διαχείριση συσκευών	68
Εικόνα 17 - Ημερήσια κατανάλωση μέσω σύγκρισης και διάγραμμα συνολικής κατανάλωσης μήνα (πηγή: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.intelen.dig.protergia).....	70

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1 - Διαφορές υπάρχοντος δικτύου σε σχέση με το Smart Grid.....	27
--	----

ΣΥΝΤΟΜΕΥΣΕΙΣ ΟΡΟΛΟΓΙΑΣ

ΑΔΜΗΕ	Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας
ΑΠΕ	Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
ΔΑΦΝΗ	Δίκτυο Αειφόρων Νήσων του Αιγαίου
ΔΕΔΔΗΕ	Διαχειριστής Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας
ΔΕΗ	Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού
ΔΕΣΜΗΕ	Διαχειριστής Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας
ΔΠ	Διεσπαρμένη Παραγωγή
ΕΕ	Ευρωπαϊκή Ένωση
ΕΡ	Εναλλασσόμενο ρεύμα
ΗΠΑ	Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής
ΚΕΕ	Κέντρο Ελέγχου Ενέργειας
ΛΑΓΗΕ	Λειτουργός Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας
Μ/Σ	Μετασχηματιστής
ΜΤ	Μέση Τάση
ΡΑΕ	Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας
ΣΗΕ	Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας
ΣΜΗΕ	Συστήματα Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας
ΣΡ	Συνεχές Ρεύμα
ΤΠΕ	Τεχνολογία Πληροφορικής και Επικοινωνιών
ΥΠΕΚΑ	Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας Κλιματικής Αλλαγής
ΥΤ	Υψηλή Τάση
ΧΤ	Χαμηλή Τάση
AC	Alternating Current
AMI	Advanced Metering Infrastructure
ARPA	Advanced Research Projects Agency
ARPAnet	Advance Research Projects Agency Network
BB-PLC	Broadband Power Line Communication

BBN	BoH Baranek and Newman
BITNET	Because it's Time Network
CPS	Cyber Physical System
CREN	Corporation for Research and Education Networking
CSNET	Computer Science Network
DARPA	Defense Advanced Research Projects Agency
DC	Direct Current
DoS	Denial of Service
DTLS	Datagram Transport Layer Security
E-mail	Ηλεκτρονικό Ταχυδρομείο
EMS	Energy Management Systems
EPRI	Electric Power Research Institute
ESI	Energy Services Interface
FACTS	Flexible AC Transmission System
FCD	Federal Network Council
FDS	Flexible Distribution System
GIS	Geographical Information System
GPS	Global Position System
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile communications
HAN	Home Area Network
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
HVDC	High Voltage Direct Current
IoE	Internet of Energy
IoT	Internet of Things
IP	Internet Protocol
IPv6	Internet Protocol version 6

ITP	Υπέρυθρος Αισθητήρας
ITR	Infrared Sensor Technology
LAN	Local Area Network
M2M	Machine to Machine
NB-PLC	Narrowband Power Line Communication
NCP	Network Control Protocol
NIST	National Institute of Standards and Technology
NNTR	Network news Transfer Protocol
PLC	Power Line Communication
PMU	Phasor Measurement Unit
RAS	Remedial Action Scheme
RFID	Radio Frequency Identification
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition
SG	Smart Grid
SM	Smart Meters
SPS	System Protection Schemes
TCP	Transfer Control Protocol

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1:

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Βασικές έννοιες ηλεκτρικής ενέργειας

Διανύοντας τον 21ο αιώνα, η απαίτηση για την χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας, για την ικανοποίηση των αναγκών των εκατομμύριων καταναλωτών, εξαιτίας του πλήθους των πολύπλοκων ηλεκτρικών συσκευών που χρησιμοποιούνται καθημερινά, είναι ολοένα αυξανόμενη. Για να λειτουργεί σωστά το δίκτυο, θα πρέπει να παρέχεται ηλεκτρική ενέργεια, όπου ζητηθεί και μάλιστα οικονομικά, οικολογικά και με ασφάλεια. Όμως ο άνθρακας, το πετρέλαιο και ο λιγνίτης που χρησιμοποιούνταν μέχρι σήμερα, πέρα από το γεγονός ότι προκαλούν ατμοσφαιρική ρύπανση, είναι και μη ανανεώσιμες μορφές ενέργειας και με ημερομηνία λήξης, επομένως είναι στα πρόθυρα να εξαντληθούν. Γι' αυτό το λόγο θα πρέπει να επιλεγούν διαφορετικοί τρόποι για την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας, κυρίως μέσα από ανανεώσιμες μορφές, οι οποίες αφενός είναι λογικά ανεξάντλητες, αφού ανανεώνονται από την ίδια τη φύση και αφ' ετέρου ο σκοπός μας θα είναι να φτάσουμε πλέον στην εκμετάλλευση ήπιων πηγών ενέργειας, φιλικών προς το περιβάλλον. Κάποιες από αυτές τις ανανεώσιμες πηγές είναι η θερμοηλεκτρική, η υδροηλεκτρική, η αιολική, η ηλιακή, η γεωθερμική, η υδροθερμική, η υδροηλεκτρική και από βιομάζα. [1]

Καθώς η ζήτηση της ηλεκτρικής ενέργειας αυξάνεται, το υπάρχον δίκτυο δυσκολεύεται να ανταπεξέλθει στις υπάρχουσες απαιτήσεις και καθίσταται επιτακτική η ανάγκη να γίνει ολοένα και πιο σύγχρονο και πιο ανθεκτικό, ώστε να αποφεύγονται η δημιουργία βλαβών και διακοπών ρεύματος. Επιπρόσθετα είναι απαραίτητο να μπορούν να αξιοποιούνται οι νέες ανανεώσιμες μορφές ενέργειας, χωρίς να εκπέμπουν αέρια που ρυπαίνουν την ατμόσφαιρα. Τέλος, πρέπει να λειτουργεί, να συντηρείται και να επιδιορθώνεται το δίκτυο αυτόματα. Από αυτό προέκυψε η ανάγκη να δημιουργηθεί ένα νέο δίκτυο πολύ πιο «έξυπνο» από το προηγούμενο, το smart grid επόμενης γενιάς, με τεράστιες και αξεπέραστες δυνατότητες, που εκτός των άλλων θα ενισχύσει και την αποδοτικότητα και την αξιοπιστία, θα αυξήσει τη ζήτηση και τη διαθεσιμότητα της ενέργειας και του δικτύου

και οι καταναλωτές θα πληρώνουν με βάση τις μικρότερες προσαυξήσεις. Το «έξυπνο» αυτό δίκτυο είναι πιο ανθεκτικό στις βλάβες και το πιο σημαντικό είναι ότι μπορεί να επιδιορθωθεί από απόσταση, χωρίς απαραίτητα την ανθρώπινη παρουσία. Άρα το όφελος θα είναι μεγαλύτερο, αφού θα έχει μεγαλύτερη ζήτηση η ηλεκτρική ενέργεια από τους καταναλωτές, θα τους παρέχεται με την όσο το δυνατόν χαμηλότερη τιμή, θα είναι πιο αποδοτική και θα είναι πιο αξιόπιστη και με μάλιστα με μεγάλες δυνατότητες εξέλιξης. Το σύστημα θα περιλαμβάνει κεντρικές και κατακεντρωμένες ηλεκτρικές γεννήτριες μέσω του δικτύου υψηλής τάσεως και σύστημα διανομής χαμηλής τάσεως σε βιομηχανικούς χρήστες ή σε συστήματα αυτοματισμού οικιακών κτηρίων, σε εγκαταστάσεις αποθήκευσης ενέργειας και σε τελικούς καταναλωτές.

1.2 Μεθοδολογία βιβλιογραφικής αναζήτησης

Για την βιβλιογραφική αναζήτηση που πραγματοποιήθηκε στην παρούσα διπλωματική εργασία χρησιμοποιήθηκαν:

- Η μηχανή αναζήτησης "Μελετητής" της Google.
- Ο ιστότοπος της Springer: Personal and Ubiquitous Computing
<http://www.springer.com/gp/>.
- Ο ιστότοπος της Research Gate:
<https://www.researchgate.net/home>
- Ο ιστότοπος του IEEE Pervasive Computing:
http://www.ieee.org/index.html?WT.mc_id=hph_logo
- Διαδικτυακές βάσεις δεδομένων, κυρίως για την αναζήτηση ιστορικών αναφορών όπως αυτή της wikipedia:
https://en.wikipedia.org/wiki/Main_Page

Κάποιες λέξεις κλειδιά που χρησιμοποιήθηκαν ήταν: **Έξυπνο δίκτυο, έξυπνος μετρητής, ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, τεχνολογίες επικοινωνιών, δίκτυα επικοινωνίας, διαδίκτυο των πραγμάτων, διαδίκτυο της ενέργειας, ασύρματο δίκτυο αισθητήρων.**

Η αρχική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της αναζήτησης έγινε βασιζόμενη στην περίληψη (abstract) του εκάστοτε άρθρου με σκοπό της εξακρίβωση ότι το άρθρο ήταν σχετικό με το θέμα της διπλωματικής εργασίας.

Σε συνέχεια της επιλογής των αρχικών άρθρων, η αναζήτηση συνεχίστηκε βασιζόμενη στις βιβλιογραφικές αναφορές του εκάστοτε άρθρου.

Με τον τρόπο επιλέχθηκε η τελική βιβλιογραφία που παρουσιάζεται στο αντίστοιχο κεφάλαιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Σημαντική πηγή πληροφόρησης για την συγγραφή της διπλωματικής εργασίας προσέφερε το διδακτικό υλικό του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και συγκεκριμένα του τμήματός μας Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1 Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΣΗΕ) ή Ηλεκτρικό Δίκτυο

2.1.1 Ιστορική αναδρομή ηλεκτρισμού

Η Γενική Εταιρεία Εργοληψιών δημιούργησε την πρώτη μονάδα ηλεκτρικής ενέργειας το 1889 στην Αθήνα. Το πρώτο κτίριο που πήρε ηλεκτρικό ρεύμα, ήταν τα ανάκτορα. Δέκα χρόνια μετά, μια μεγάλη πολυεθνική εταιρεία από την Αμερική, η Tomson-Houston θα εξαγοράσει με τη βοήθεια της Εθνικής Τράπεζας την Γενική Εταιρεία Εργοληψιών. Στη συνέχεια ιδρύθηκε η Ελληνική Ηλεκτρική Εταιρεία, η οποία θα αναλάβει την ηλεκτροδότηση και άλλων πόλεων.

Μετά το πέρασμα τριάντα περίπου χρόνων, 250 πόλεις απέκτησαν ηλεκτρική ενέργεια και κάθε μια πόλη από αυτές είχε το δικό της ηλεκτρικό εργοστάσιο. Η παρουσία όμως πολλών εργοστάσιων είχε σαν αποτέλεσμα η τιμή του ρεύματος να είναι υψηλότερη σε σχέση με την υπόλοιπη Ευρώπη. Γι' αυτό το λόγο το ρεύμα θεωρήθηκε σαν ένα είδος πολυτελείας.

Το 1950 ιδρύθηκε η ΔΕΗ με σκοπό να εξαγοράσει όλες τις επιχειρήσεις παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος που υπήρχαν μέχρι τότε, με κύριο στόχο της να καλύψει με ηλεκτρικό ρεύμα όλες τις περιοχές της Ελλάδας, ανεξαρτήτως τοποθεσίας και κόστους, αλλά και να δημιουργήσει ένα ενιαίο δίκτυο μεταφοράς και διανομής της ενέργειας, χρησιμοποιώντας ελληνικές πρώτες ύλες για την παραγωγή του ηλεκτρικού ρεύματος.

Το 2001 καταργήθηκε το μονοπώλιο της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, με αποτέλεσμα οποιαδήποτε εταιρεία της Ελλάδας ή της Ευρώπης να μπορεί να παράγει και να διανείμει ηλεκτρικό ρεύμα. Έτσι δημιουργήθηκαν και δύο νέοι ανεξάρτητοι φορείς, η Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ) και ο Διαχειριστής του Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΔΕΣΜΗΕ). Ο λόγος της δημιουργίας των δύο ανεξάρτητων φορέων ήταν η επίβλεψη και η τήρηση των κανόνων ανταγωνισμού. [2]

2.1.2 Ιστορία των ηλεκτρικών δικτύων

Το 1954 ήταν η χρονιά κατά την οποία ξεκίνησε η αναβάθμιση των Συστημάτων Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΣΜΗΕ) Σημειώθηκε μια βελτίωση που ξεκίνησε με την υποθαλάσσια διασύνδεση Συνεχούς Ρεύματος (ΣΡ) του νησιού Gotland και τη χρήση μετατροπέων Εναλλασσόμενου Ρεύματος (ΕΡ)/ΣΡ με βαλβίδες υδραργύρου. Το 1967 ακολούθησε ένα ακόμη μεγάλο έργο, αυτό της διασύνδεσης της Σαρδηνίας και στην συνέχεια το 1970 πραγματοποιήθηκε η διασύνδεση του Ειρηνικού, που αποτελούσε όπως είναι λογικό μια τεράστια απόσταση σύνδεσης και τέλος το 1973 έγινε η διασύνδεση του Nelson River.

Με την μέθοδο αυτή στις διασυνδέσεις που γίνονταν από στεριά και κάτω από τη θάλασσα, ήταν φανερό η μεγάλη προσπάθεια αξιοποίησης των πλεονεκτημάτων της μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας με ΣΡ. Το 1972 ακολούθησε μια ακόμη σπουδαία εξέλιξη με την αντικατάσταση των βαλβίδων υδραργύρου με βαλβίδες θυρίστορ στην ασύγχρονη διασύνδεση (Back to Back) μεταξύ του Quebec και του New Brunswick.

Κατά τη διάρκεια των επόμενων 25 χρόνων, οι μετατροπείς φυσικής μεταγωγής, με βαλβίδες θυρίστορ (line commutated) κατείχαν την πρώτη θέση, όμως ταυτόχρονα υπήρξε και μεγάλη ανάπτυξη των διακοπτικών στοιχείων ισχύος στερεάς κατάστασης. Στα ΣΜΗΕ αναπτύχθηκε ένα μεγάλο πλήθος ελεγκτών, με απώτερο στόχο, τον έλεγχο της ροής της άεργου και της πραγματικής ισχύος με αποτέλεσμα την ταυτόχρονη αύξηση της μεταφορικής τους ικανότητας. Εξαιτίας των παραπάνω προόδων φτάνουμε στο έτος 1968, με τα εξελιγμένα ΣΜΗΕ που ονομάζονται Ευέλικτα Συστήματα Μεταφοράς ΕΡ (Flexible AC Transmission System - FACTS), τα οποία έχουν ως σκοπό την αποστολή και τη λήψη σημάτων σε υψηλές τάσεις γι' αυτό και η τεχνολογία τους βασίζεται σε αξιόπιστους μεγάλης ταχύτητας διακόπτες ισχύος, στερεάς κατάστασης και με μια προχωρημένη θεωρία ελέγχου με σύγχρονους επεξεργαστές.

Την τελευταία δεκαετία του 1980 και προκειμένου να χρησιμοποιηθεί η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) παρουσιάζεται η εφαρμογή των ηλεκτρονικών ισχύος. Αυτή η εφαρμογή παρουσίασε μεγάλη ανάπτυξη, χάριν στις κρατικές επιχορηγήσεις, αλλά και επειδή βελτίωσε τεχνολογικά την παραγωγή από τις ΑΠΕ .σε τοπικό επίπεδο, με σύνδεση στο δίκτυο διανομής. Αυτή η παραγωγή

ονομάζεται Κατανεμημένη ή Διεσπαρμένη Παραγωγή (ΔΠ) και μετέτρεψε το δίκτυο διανομής από παθητικό και μιας κατεύθυνσης ισχύος, σε ενεργητικό και μάλιστα διπλής κατεύθυνσης ισχύος.

Στα φωτοβολταϊκά συστήματα και στα κύτταρα καυσίμου, απαιτείται μετατροπή από ΣΡ σε ΕΡ. Προκειμένου να υπάρχει μεγαλύτερη απόδοση στις ανεμογεννήτριες και στους μικρούς υδροτροβίλους, θα πρέπει να υπάρχουν μεταβλητές στροφές. Για τον παραπάνω λόγο, χρησιμοποιούνται μετατροπείς ΕΡ/ΣΡ/ΕΡ, για να τροφοδοτείται η ισχύς στη συχνότητα του δικτύου.

Για να υπάρξει όμως ποιοτική ηλεκτρική ενέργεια από τις ΑΠΕ, τα δίκτυα διανομής χρειάζονται έξυπνο έλεγχο και είναι απαραίτητο να έχουν την τεχνολογία των δικτύων του μέλλοντος (μικροδίκτυα ή έξυπνα).

Για να είναι δυνατή η ύπαρξη εμπορικής εκμετάλλευσης της ΔΠ και των τοπικών δικτύων πρέπει να λυθούν κάποια θέματα:

- Να διενεργείται συνεχής έλεγχος σε όλα τα δίκτυα, ακόμη και σε εκτεταμένες περιοχές.
- Να υπάρχει προσαρμοστική προστασία και έλεγχος.
- Να χρησιμοποιούνται συσκευές διαχείρισης δικτύων.
- Να γίνεται προσομοίωση των δικτύων σε πραγματικό χρόνο.
- Να υπάρχουν εξελιγμένοι αισθητήρες και να γίνονται μετρήσεις.
- Να είναι κατανεμημένες οι επικοινωνίες.
- Να εφαρμόζονται ευφυείς μέθοδοι εξαγωγής γνώσης και συμπερασμάτων.
- Να υπάρχει μοντέρνα σχεδίαση συστημάτων μεταφοράς και διανομής.

Το 1991 στα συστήματα διανομείς εφαρμόστηκαν οι αντίστοιχοι ηλεκτρονικοί ελεγκτές. Επειδή η ισχύς έφτανε στους καταναλωτές σε καλή ποιότητα χωρίς διακοπές και διακυμάνσεις, χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά η ορολογία «Ισχύς καταναλωτών ή Ποιότητα ισχύος».

Όταν γίνεται αναφορά σε Ευέλικτο Σύστημα Διανομής, εννοείται ένα σύστημα που διανέμει μέσω ηλεκτρονικών ελεγκτών ηλεκτρική ενέργεια με τρόπο αξιόπιστο, ελέγξιμο και πιο αποδοτικό. Οι λόγοι που οδήγησαν στην πραγματοποίηση αυτής της εξέλιξης, είναι οι ακόλουθοι:

A. Οι βιομηχανίες χρησιμοποίησαν νέα συστήματα παραγωγής και επεξεργασίας της πληροφορίας, που ήταν αυτοματοποιημένα.

B. Η αναγκαιότητα για:

- 1) Αξιοποίηση όλων των τοπικών πηγών ενέργειας που υπήρχαν και φυσικά και των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.
- 2) Σύνδεση φορτίων που ήταν μακριά από τα δίκτυα μεταφοράς.
- 3) Τροφοδοσία μικρών νησιωτικών φορτίων και

Γ. Η απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Το τελευταίο διάστημα, στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας όλες οι υπηρεσίες που υπήρχαν, παρουσιάζονται αναβαθμισμένες, εξελιγμένες και διαθέσιμες.

Επίσης, ως τελευταία επισήμανση, θα μπορούσε να αναφερθεί το ότι στην ανάπτυξη των συσκευών αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας έπαιξε σημαντικό ρόλο η συνεισφορά των ηλεκτρονικών ισχύος. Οι παραπάνω αναφερόμενες είναι συσκευές που μπορούν να αποθηκεύουν μερικές δεκάδες MJ και να έχουν την ικανότητα για μερικές εκατοντάδες ms να είναι ικανά να τροφοδοτήσουν φορτία ισχύος μερικών MW και μ' αυτόν τον τρόπο να αξιοποιούνται από τα FACTS και τα FDS. Επομένως στη διάρκεια των βραχυχρόνιων διακοπών της παροχής ηλεκτρικής ενέργειας, για μερικές εκατοντάδες ms, που παρατηρούνται εξαιτίας κάποιων προβλημάτων, αλλά και για να σταματήσουν οι διαταραχές τάσης, είναι απαραίτητο η ενέργεια των συσκευών που προαναφέρθηκαν, να τροφοδοτείται με ευαίσθητα ηλεκτρικά φορτία. Η αποθήκευση αυτής της ενέργειας γίνεται σε σύγχρονες μπαταρίες, σε υπερπυκνωτές, σε υπεραγωγία πηνία και σε σφονδύλους με υπεραγωγίμη έδραση. [3]

2.1.3 Ανεξάρτητοι Φορείς στην αγορά Ηλεκτρικής Ενέργειας

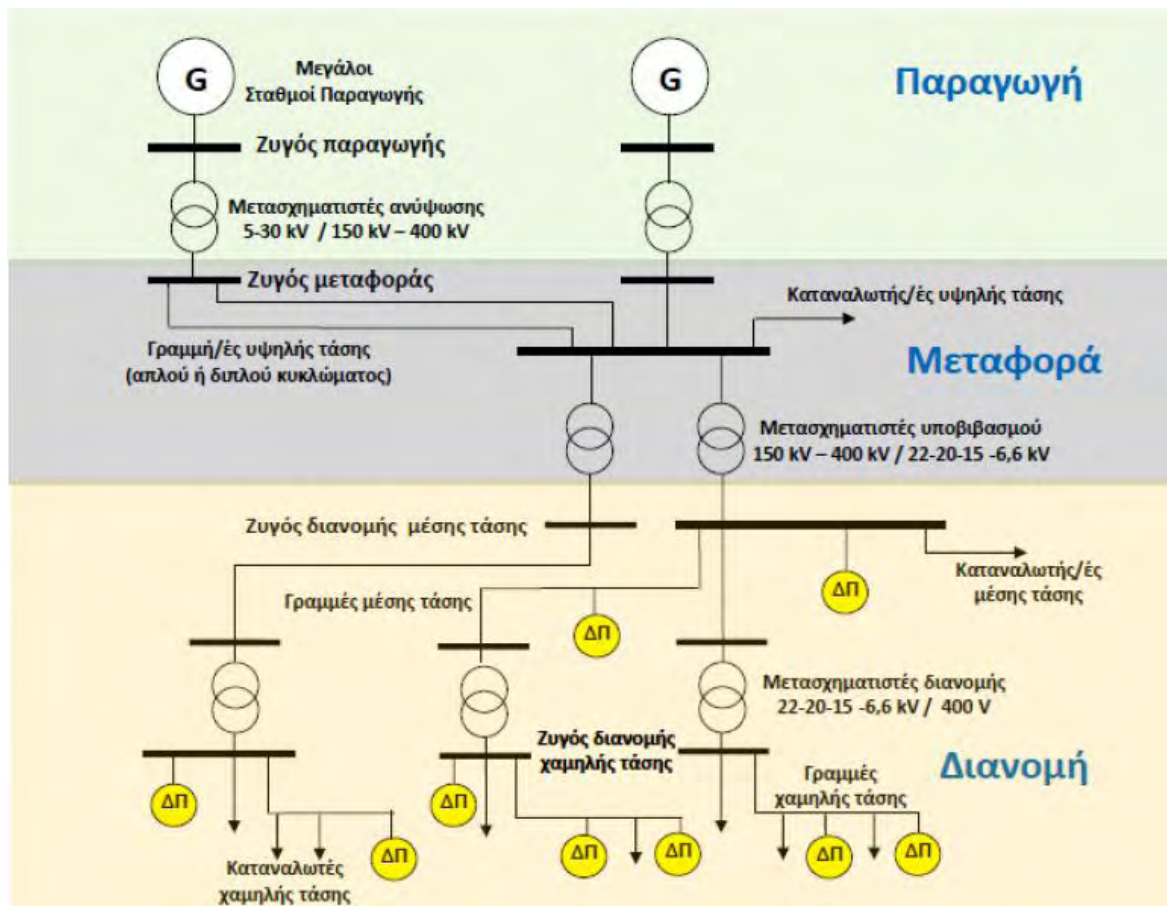
Οι κύριοι φορείς, που συνδέονται με τη λειτουργία της αγοράς ενέργειας στην Ελλάδα παρουσιάζονται στην παρούσα ενότητα και είναι οι εξής:

1. Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (ΥΠΕΚΑ) - www.ypeka.gr
2. Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ) - www.rae.gr
3. Λειτουργός της Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΛΑΓΗΕ) - www.lagie.gr
4. Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΑΔΜΗΕ) - www.admie.gr
5. Διαχειριστής Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΔΕΔΔΗΕ) - www.deddie.gr
6. Συνήγορος του Καταναλωτή - www.synigoroskatanaloti.gr

2.1.4 Τι είναι το ΣΗΕ

Το Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΣΗΕ), είναι ο όρος που περιγράφει ό,τι χρειάζεται και χρησιμοποιείται για την παραγωγή, τη μεταφορά και τη διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας. Το ΣΗΕ περιέχει υπόγειες και εναέριες γραμμές μεταφοράς ρεύματος, υποσταθμούς ανύψωσης και υποβιβασμού της τάσης και σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, όπως φαίνεται στην Εικόνα 1

Στην Ελλάδα το ΣΗΕ λειτουργεί μόνο με εναλλασσόμενες τάσεις και με συχνότητα 50 Hz. Η χρησιμοποίηση των εναλλασσόμενων τάσεων γίνεται λόγω της ευκολίας για ανύψωση και υποβιβασμό της τάσης. Με τον τρόπο αυτό ελαχιστοποιούνται οι απώλειες μεταφοράς. Η αξιόπιστη μεταφορά ηλεκτρικού ρεύματος και κυρίως με χαμηλό κόστος είναι ο κύριος σκοπός του. [4]



Εικόνα 1 -Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας (πηγή: google.gr)

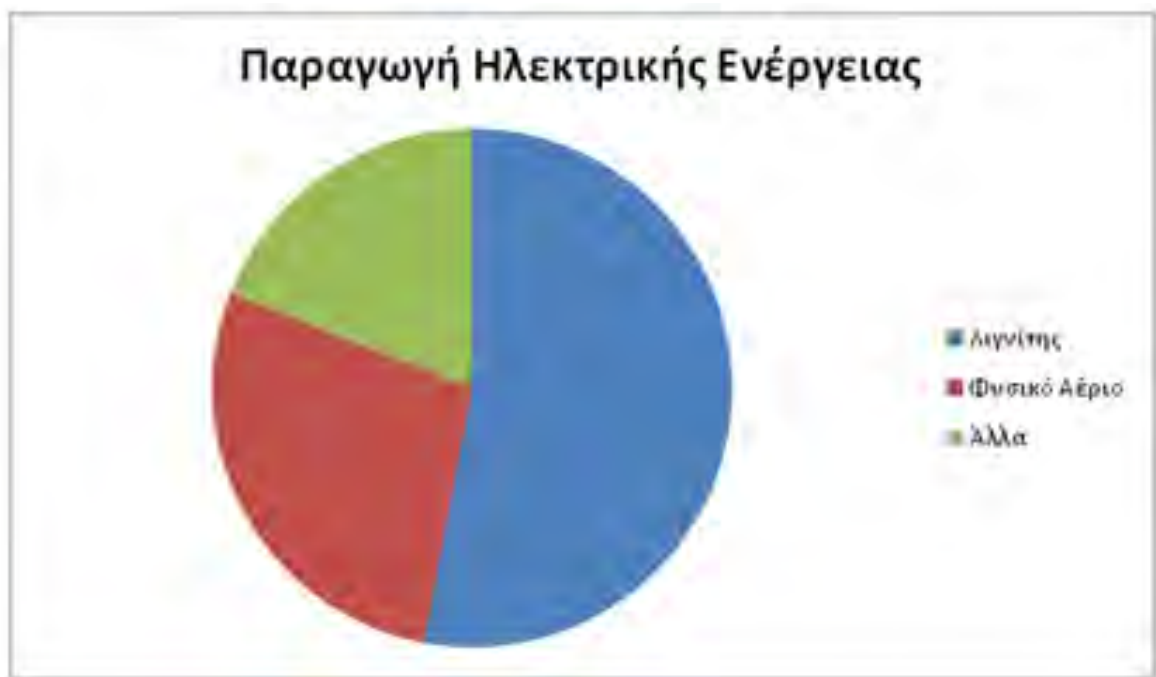
2.1.5 Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας επιτυγχάνεται με τη μετατροπή πρωτογενούς ενέργειας σε ηλεκτρική. Η πρωτογενής μορφή ενέργειας μετατρέπεται αρχικά μέσα στα εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε μηχανική (κινητήριες μηχανές, στρόβιλοι) και στη συνέχεια σε ηλεκτρική μέσω γεννητριών.

Υπάρχουν τέσσερις βασικοί τύποι εργοστασίων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας:

1. Πυρηνικοί σταθμοί παραγωγής ενέργειας.
2. Θερμοηλεκτρικοί σταθμοί παραγωγής ενέργειας.
3. Υδροηλεκτρικοί σταθμοί παραγωγής ενέργειας.
4. Σταθμοί παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές.

Στην Ελλάδα το μεγαλύτερο ποσοστό και συγκεκριμένα το 50% της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας παράγεται από θερμοηλεκτρικούς σταθμούς που βρίσκονται στην Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας. Στη Βόρεια Ελλάδα υπάρχουν τα μεγαλύτερα κοιτάσματα λιγνίτη, που αποτελεί το κύριο καύσιμο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στους σταθμούς αυτούς, γι' αυτό και δημιουργήθηκαν εκεί οι πιο πολλοί. Αυτό όμως δημιούργησε προβλήματα κατά τη μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας και μεγάλες απώλειες, καθώς και διαταραχή της ισορροπίας στη λειτουργία. Ο λιγνίτης είναι η μεγαλύτερη πηγή ενέργειας στην Ελλάδα, συνεισφέροντας περίπου το 53%. Το φυσικό αέριο ακολουθεί με ποσοστό 28%, όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.



Εικόνα 2- Πηγές παραγωγής ενέργειας (πηγή: google.gr)

Στόχος της Ελλάδας ως το 2020, είναι να καταναλώνεται ηλεκτρική ενέργεια η οποία θα προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Επειδή τα αποθέματα λιγνίτη εξαντλούνται, έχει αρχίσει να μπαίνει στο ηλεκτρικό ισοζύγιο το φυσικό αέριο και ο άνθρακας. Κυρίως όμως ο άνθρακας επειδή υπάρχουν μεγάλα αποθέματα, για περίπου 200 χρόνια και θα μπορούσε να αντικαταστήσει το λιγνίτη. [5]

2.1.6 Μεταφορά και Διανομή ηλεκτρικού ρεύματος

Τα κέντρα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας όπως είναι γνωστό, βρίσκονται μακριά από τις πόλεις. Για να είναι δυνατή, επομένως, η μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας στους

καταναλωτές, έπρεπε να δημιουργηθεί ένα σύστημα μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Οι σταθμοί παραγωγής δημιουργούν την ηλεκτρική ενέργεια, και στη συνέχεια αυτή μέσω του συστήματος μεταφοράς φτάνει στους υποσταθμούς και από εκεί μέσω του συστήματος διανομής καταλήγει στους καταναλωτές.

Το σύστημα μεταφοράς παίρνει την ηλεκτρική ενέργεια από τους μετασχηματιστές, οι οποίοι από χαμηλής τάσης τη μετατρέπουν σε υψηλής τάσης. Η μετατροπή αυτή γίνεται, για να μην υπάρχουν μεγάλες απώλειες λόγω των μεγάλων αποστάσεων. Η ηλεκτρική ενέργεια μεταφέρεται και καταλήγει σε υποσταθμούς, οι οποίοι συνδέουν το σύστημα μεταφοράς με το σύστημα διανομής.

Ένα σύστημα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας περιέχει:

- Υποσταθμούς μετασχηματισμού που χρησιμοποιούνται στο δίκτυο.
- Δίκτυα υψηλής τάσης.
- Υποσταθμούς ζεύξης των δικτύων υψηλής τάσης.

Το σύστημα διανομής παραλαμβάνει την ηλεκτρική ενέργεια από τους μετασχηματιστές των υποσταθμών που το συνδέουν με το σύστημα μεταφοράς. Στη συνέχεια η ηλεκτρική ενέργεια βρίσκεται πάλι από υψηλή (ΥΤ) σε χαμηλή (ΧΤ) ή μέση τάση (ΜΤ), έτοιμη να διανεμηθεί στους καταναλωτές, όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.



Εικόνα 3 - Δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας (πηγή: google.gr)

Το δίκτυο διανομής περιλαμβάνει:

- Το δίκτυο διανομής μέσης τάσης που μεταφέρει την ηλεκτρική ενέργεια από τους υποσταθμούς μεταφοράς στους υποσταθμούς διανομής.
- Το δίκτυο διανομής χαμηλής τάσης που μεταφέρει την ηλεκτρική ενέργεια από τους υποσταθμούς διανομής στους καταναλωτές. [6]

Σύμφωνα με τα παραπάνω, είναι ορθό να γίνει στροφή στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από άλλες μορφές, τα αποθέματα των οποίων θα διαρκέσουν για πολλά χρόνια, αν όχι για πάντα. Όπως αναφέρθηκε, υπάρχει η δυνατότητα αντικατάστασης του λιγνίτη από τον άνθρακα και αλλαγή πορείας στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, των οποίων τα αποθέματα είναι ανεξάντλητα.

2.2 Internet

2.2.1 Ιστορική αναδρομή του Internet

Σύμφωνα με την επίσημη παρουσίαση του περιοδικού «Time» η κυβέρνηση των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής (Η.Π.Α.) , μετά την εκτόξευση του πυραύλου Σπούτνικ το 1957 από τους Σοβιετικούς, είχε έντονη ανησυχία για την ικανότητα επιβίωσης από ένα πυρηνικό χτύπημα που τυχόν θα γινόταν από το προαναφερθέν έθνος. Η λέξη επιβίωση, για τους Αμερικανούς είχε να κάνει με την αντοχή του μέχρι τότε συστήματος επικοινωνίας. Για το λόγο αυτό, άρχισε το πρόγραμμα ARPAnet, το οποίο εξελίχθηκε στο σημερινό διαδίκτυο.

Όμως στο βιβλίο: *«Πώς ξεκίνησε το ιντερνέτ»* που συνέγραψαν οι Katie Hafner και Matthew Lyon παρουσιάστηκε μια άλλη εκδοχή για το ξεκίνημα του ARPAnet, το οποίο βασιζόταν, σύμφωνα με τους παραπάνω συγγραφείς σε ειρηνικούς σκοπούς και συγκεκριμένα στην ανάγκη να επικοινωνούν οι επιστήμονες από τα εργαστήριά τους, με τους υπάρχοντες υπολογιστές μέσα σε ένα τεράστιο κράτος και να ανταλλάσσουν πληροφορίες και δεδομένα.

Όλα άρχισαν στις αρχές της δεκαετίας του 1960, όταν η εταιρία Rand Corporation, μετά από επιστάμενες μελέτες, αποφάσισε ότι το δίκτυο των επικοινωνιών θα στηριζόταν σε μια νέα τεχνολογία των ηλεκτρικών διακοπών. Μ' αυτόν τον τρόπο τα μηνύματα θα μοιράζονταν σε πακέτα με διαφορετική και ανεξάρτητη πορεία το καθένα, μέσα από ενδιάμεσους υπολογιστές, μέχρι το μήνυμα να φτάσει στην τελευταία συσκευή, έτοιμο για τον τελικό αποδέκτη του.

Το 1968 υλοποιήθηκε η πρόταση της παραπάνω εταιρίας, όταν η Υπηρεσία Προχωρημένων Σχεδίων του υπουργείου άμυνας των Η.Π.Α Advanced Research Projects Agency (A.R.P.A.) ανέθεσε στην εταιρία BoH Beranek and Newman (B.B.N.) να κατασκευάσει τους κατάλληλους, για την περίπτωση, υπολογιστές.

Το 1969 προτάθηκε από την παραπάνω εταιρία το πρωτόκολλο δικτύου που θα ήλεγχε τους διακόπτες και ονομάστηκε Πρωτόκολλο Ελέγχου Δικτύου (Network Control Protocol- N.C.P.) που χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά το 1970 και συνέδεε τα πανεπιστήμια UCLA, UC Santa Barbara, Stanford και Utah. Σε οποιοδήποτε πρόβλημα παρουσιαζόταν τα

πακέτα όριζαν νέα πορεία κι έτσι αυξήθηκε η αξιοπιστία του συστήματος. Το 1972 πρωτοπαρουσιάστηκε το ARPAnet και το 1973 λειτουργούσαν 37 κόμβοι. Γρήγορα έκανε την εμφάνισή του το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο (E-mail) και ανατέθηκε στον Vinton Cerf η δημιουργία κοινού πρωτοκόλλου για όλα τα δίκτυα.

Στη συνέχεια το 1973 ξεκίνησε ένα πρόγραμμα, για να συνδεθούν διάφορα δίκτυα από την υπηρεσία άμυνας των ΗΠΑ για Προχωρημένα Σχέδια Αναζήτησης (Defense Advanced Research Projects Agency -DARPA), που ονομάστηκε σχέδιο Interneting, από το οποίο προήλθε το INTERNET δηλαδή το διαδίκτυο.

Το 1974 , οι Vinton Cerf και Robert Kahn καθόρισαν πώς θα κινούνται τα δεδομένα σε ένα δίκτυο που θα διακινούσε πακέτα μεταξύ διακοπών, δημοσιεύοντας τις προδιαγραφές του Πρωτοκόλλου του Διαδικτύου (Internet Protocol - IP) και του Πρωτοκόλλου Ελέγχου Αναμετάδοσης (Transfer Control Protocol - TCP).

Το 1981 έγινε το Δίκτυο Έρευνας της Επιστήμης των Υπολογιστών (Computer Science Network CSNET). Οι πιο πολλοί σταθμοί του δεν χρησιμοποιούσαν το πρωτόκολλο TCP/IP, όμως ήταν συνδεδεμένοι μέσω τηλεφωνικής γραμμής και χρησιμοποιούσαν πρωτόκολλα με μία μόνο υπηρεσία, το λεγόμενο ηλεκτρονικό ταχυδρομείο.

Η αρχή του διαδικτύου ξεκίνησε όταν ο Vinton Cerf πρότεινε τη σύνδεση ARPAnet και CSNET χρησιμοποιώντας πρωτόκολλα TCP/IP μ' αυτόν τον τρόπο το διαδίκτυο γίνεται το "το δίκτυο των δικτύων".

Το Μάιο του 1981 δημιουργήθηκε το δίκτυο BITNET (Because it's Time Network), για να συνδέσει τα υπολογιστικά κέντρα της IBM στο City University της Νέας Υόρκης και βασίστηκε στο πρωτόκολλο Network Job Entry (NJE). Για πρώτη φορά χρησιμοποίησε το μηχανισμό του προγράμματος Listserv, που ήταν σαν ένας διακομιστής του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου και οι αναγνώστες έπρεπε να κάνουν εγγραφή στις λίστες του για να μπορούν να συμμετέχουν. Ήταν κάτι σαν την ιδέα των ομάδων ειδήσεων στο USENET, που δεν ήταν φυσικό δίκτυο και στη αρχή χρησιμοποιούσε έναν απλό αλγόριθμο, ενώ αργότερα χρησιμοποιήθηκε το πρωτόκολλο NNTR (Network News Transfer Protocol).

Το 1981 συγχωνεύτηκαν τα δίκτυα BITNET και CSNET και έγινε το δίκτυο CREN (Corporation for Research and Education Networking).

Το 1983 εφευρέθηκε το δίκτυο Fidonet, το οποίο συνδέει προσωπικούς υπολογιστές που χρησιμοποιούν το λειτουργικό σύστημα MS-DOS μέσω τηλεφώνου και modems.

Τα πρώτα τμήματα του σημερινού διαδικτύου λειτούργησαν το 1980 και η τεχνολογία του διαδικτύου ολοκληρώθηκε το 1983.

Το 1990 καταργήθηκε το ARPAnet και αντικαταστάθηκε από το NSFnet, που από το 1986-1995 αναβαθμιζόταν συνέχεια σε υψηλότερες ταχύτητες.

Τέλος, το 1990 ξεκίνησε η «εμπορευματοποίηση» του Διαδικτύου, όταν το FCD (Federal Council Network), που ήταν μέρος του κυβερνητικού σώματος ζήτησε από τους οργανισμούς που ήθελαν να συνδεθούν με το Διαδίκτυο να αιτηθούν χρηματοδότησης από μια μη κυβερνητική υπηρεσία των Η.Π.Α. [7]

2.3 Internet of Things (IoT)

2.3.1 Ιστορική αναδρομή του Internet of Things (IoT)

Το «Internet of Things», επινοήθηκε το 1999 από τον Βρετανό επιχειρηματία και άριστο γνώστη της τεχνολογίας, για την εποχή του, τον Kevin Ashton. Η ιδέα αυτή έγινε γνωστή μέσω του Auto-Id Center στο MIT, που υπήρξε ένας από τους ιδρυτές, και βρήκε, με ποιο τρόπο θα συνδέσει τα αντικείμενα μέσω μιας ετικέτας RFID, η οποία θεωρήθηκε απαραίτητη για το Internet of Things. Τον όρο τον χρησιμοποίησε για πρώτη φορά ο ίδιος σε μια παρουσίαση που πραγματοποίησε το 1999 και από τότε καθιερώθηκε. [8]

Το Internet of Things ή αλλιώς το Διαδίκτυο των Πραγμάτων αποτελεί την εξέλιξη του απλού Internet, όπου οποιοδήποτε αντικείμενο, περιορισμένων πόρων, μπορεί να ενσωματωθεί εύκολα και σωστά στα αντίστοιχα επίπεδα του Internet. Κάποια από αυτά τα αντικείμενα μπορεί να είναι αισθητήρες, ενεργοποιητές, RFID ετικέτες, GPS ή οποιαδήποτε συσκευή που έχει την δυνατότητα επικοινωνίας και υπολογισμού με το διαδίκτυο, μέσω βασικών πρωτοκόλλων, όπως IPv6, UDP/TCP, HTTP κτλ. [9,10,11]

Η τεχνολογία του Διαδικτύου των πραγμάτων, αποτελεί μία καινούργια μέθοδο ανάκτησης και επεξεργασίας πληροφοριών και θεωρείται ως το τρίτο κύμα της βιομηχανίας της πληροφορίας μετά τους υπολογιστές, το Internet και το δίκτυο κινητής επικοινωνίας. [12]

Σύμφωνα, με τους Li, Xiaoguang, Ke, & Ketai, 2011 τα τρία βασικά χαρακτηριστικά του IoT, είναι τα εξής :

1. Του υπολογισμού.
2. Της συνδεσιμότητας με το διαδίκτυο.
3. Της ευφυΐας.

Επίσης, σύμφωνα πάντα με τους Li, Xiaoguang, Ke, & Ketai, 2011 το IoT διαθέτει και 4 βασικούς πυλώνες, που είναι:

1. Της συλλογής πληροφοριών.
2. Της αμφίδρομης επικοινωνίας.
3. Της αυτοθεραπείας.
4. Ενός πολύ ισχυρού feedback (ανατροφοδότηση).

Επιπρόσθετα, μερικά από τα θεμελιώδη χαρακτηριστικά του Internet of Things, σύμφωνα με τους Vermesan & Friess: [13]

- **Η διασυνδεσιμότητα:** Ότι αφορά το IoT, μπορεί να συνδεθεί με πληροφορίες και επικοινωνιακές δομές παγκόσμιας κλίμακας.
- **Τα στοιχεία που σχετίζονται με υπηρεσίες:** Το IoT είναι σε θέση να παρέχει στοιχεία που σχετίζονται με υπηρεσίες, κάτω βέβαια από περιορισμούς όπως είναι η προστασία της ιδιωτικής ζωής και η σημασιολογική συνοχή μεταξύ φυσικών και εικονικών στοιχείων. Για να παρέχουν αυτές τις υπηρεσίες, μέσα στα πλαίσια όμως των περιορισμών, οι τεχνολογίες στο φυσικό κόσμο, όσο και στον κόσμο των πληροφοριών, θα χρειαστεί να διαμορφωθούν κατάλληλα.
- **Η ανομοιογένεια:** Οι συσκευές στο IoT είναι ανομοιογενείς επειδή βασίζονται σε διαφορετικές πλατφόρμες hardware και δικτύων. Μπορούν να αλληλοεπιδράσουν μαζί με άλλες συσκευές ή πλατφόρμες υπηρεσιών μέσω διαφορετικών δικτύων.
- **Οι δυναμικές αλλαγές:** Η κατάσταση των συσκευών αλλάζει δυναμικά, όπως πχ αν είναι σε αδράνεια και ενεργοποιηθούν, ή αν είναι συνδεδεμένες και αν αποσυνδεθούν. Επίσης μπορεί να τροποποιηθεί και το γενικό πλαίσιο των συσκευών

συμπεριλαμβανομένων της τοποθεσίας και της ταχύτητας. Επιπλέον, ο αριθμός των συσκευών μπορεί να μεταβληθεί δυναμικά.

- **Η μεγάλη κλίμακα:** Ο αριθμός των συσκευών που χρειάζεται να διαχειριστούν και να επικοινωνήσουν μεταξύ τους, πρέπει να είναι κατά μια τάξη μεγέθους μεγαλύτερος από τον αριθμό των συσκευών που είναι συνδεδεμένες στο Internet. Ακόμα πιο κρίσιμη, θα είναι η διαχείριση δεδομένων που παράγονται, καθώς και η ερμηνεία τους στο επίπεδο εφαρμογών. Αυτό σχετίζεται με τη σημασιολογία των δεδομένων, αλλά και με τον αποτελεσματικό τους χειρισμό.
- **Η ασφάλεια:** Τα οφέλη από το IoT μπορεί να είναι πολλά. Όμως κάτι σημαντικό που δεν πρέπει να παραληφθεί, είναι το θέμα της ασφάλειας. Τόσο οι δημιουργοί, όσο και οι χρήστες του IoT, πρέπει να βοηθήσουν σε θέματα που αφορούν την ασφάλεια. Αυτό συμπεριλαμβάνει την ασφάλεια των προσωπικών δεδομένων και την ασφάλεια της φυσικής ευεξίας. Με το να διασφαλίζει τους αποδέκτες, τα δίκτυα, και τα δεδομένα που κινούνται σ' αυτά, αυτό συνεπάγεται η δημιουργία ενός παραδείγματος ασφαλείας, που θα κλιμακωθεί.
- **Η συνδεσιμότητα:** Η συνδεσιμότητα καθιστά ικανή την προσβασιμότητα και την συμβατότητα του δικτύου. Η προσβασιμότητα είναι η δυνατότητα σύνδεσης στο δίκτυο, ενώ η συμβατότητα παρέχει την κοινή δυνατότητα κατανάλωσης και παραγωγής δεδομένων. [13]

Το IoT στοχεύει στην αυτοματοποίηση της λειτουργίας διαφορετικών τομέων, όπως πχ οικιακών συσκευών, συστημάτων υγείας, συστημάτων ασφαλείας και παρακολούθησης, βιομηχανικών συστημάτων, ηλεκτρικών συστημάτων και πολλών άλλων. [14]

2.3.2 Τεχνολογίες του IoT

Το Διαδίκτυο των πραγμάτων είναι μια παγκόσμια υποδομή για την κοινωνία των πληροφοριών, επιτρέποντας την παροχή προηγμένων υπηρεσιών με τη διασύνδεση στοιχείων (πραγματικών και εικονικών), με βάση τις υπάρχουσες αλλά και τις υπό ανάπτυξη διαλειτουργικές πληροφορίες και επικοινωνιακές τεχνολογίες.

Με το IoT η επικοινωνία επεκτείνεται μέσω του διαδικτύου σε όλες τις συσκευές-στοιχεία που μας περιβάλλουν. Το IoT είναι κάτι περισσότερο από επικοινωνία από

μηχανή σε μηχανή, ασύρματα δίκτυα αισθητήρων, δίκτυα αισθητήρων, 2G/3G/4G, GSM, GPRS, W-F, GPS, μικροελεγκτές, μικροεπεξεργαστές κλπ. Αυτές θεωρούνται οι τεχνολογίες που συμβάλλουν στο IoT και καθιστούν τις εφαρμογές του δυνατές.

Οι τεχνολογίες αυτές χωρίζονται σε 3 κατηγορίες:

1. Σε τεχνολογίες που επιτρέπουν στις συσκευές να αποκτήσουν συναφείς πληροφορίες.
2. Σε τεχνολογίες που επιτρέπουν στις συσκευές να επεξεργαστούν συναφείς πληροφορίες.
3. Σε τεχνολογίες που βελτιώνουν την ασφάλεια και την ιδιωτικότητα.

Οι δύο πρώτες κατηγορίες μαζί μπορούν να θεωρηθούν ως λειτουργικά δομικά στοιχεία, που απαιτούνται για την ανάπτυξη της «νοημοσύνης» στις συσκευές-αντικείμενα, και αποτελούν τα βασικά χαρακτηριστικά που διαφοροποιούν το IoT από το απλό διαδίκτυο. Η τρίτη κατηγορία δεν είναι τόσο λειτουργική αλλά είναι εξίσου απαραίτητη διότι χωρίς αυτή η δυνατότητα πρόσβασης στο IoT θα μειωνόταν σημαντικά.

Το IoT δεν είναι μία τεχνολογία αλλά ένας συνδυασμός διαφορετικών hardware και software τεχνολογιών. Το IoT παρέχει λύσεις που βασίζονται στην ολοκλήρωση της τεχνολογίας της πληροφορίας και αναφέρονται στο hardware και το software που χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση, την ανάκτηση και την επεξεργασία δεδομένων και τεχνολογιών επικοινωνίας, που συμπεριλαμβάνουν ηλεκτρονικά συστήματα που χρησιμοποιούνται για την επικοινωνία μεταξύ ατόμων ή ομάδων.

Υπάρχει ένας ανομοιογενής συνδυασμός τεχνολογιών επικοινωνίας, οι οποίες πρέπει να προσαρμοστούν προκειμένου να αντιμετωπιστούν οι ανάγκες των εφαρμογών του IoT, όπως η ενεργειακή απόδοση, η ασφάλεια, η ταχύτητα και η αξιοπιστία. Σ' αυτό το πλαίσιο είναι πιθανό το επίπεδο της ποικιλίας τους να φτάσει σε έναν αριθμό που θα καθιστά διαχειρίσιμη τη συνδεσιμότητα των τεχνολογιών, που απαιτούνται για την αντιμετώπιση των αναγκών των εφαρμογών του IoT, να έχουν υιοθετηθεί από την αγορά και να έχουν αποδειχθεί αν είναι εξυπηρετικές και ότι υποστηρίζονται από μια ισχυρή τεχνολογική συμμαχία. Σημαντικά παραδείγματα σ' αυτές τις κατηγορίες αποτελούν οι ενσύρματες και

ασύρματες τεχνολογίες, όπως είναι το Ethernet, το Wi-Fi, το Bluetooth, το ZigBee, το GSM και το GPRS. [15]

Κάποιες από τις σημαντικότερες τεχνολογίες, που χρησιμοποιούνται ευρέως από το IoT είναι οι παρακάτω:

- **RFID (Radio Frequency Identification)**

Η RFID τεχνολογία αποτελείται από τις RFID ετικέτες (RFID tags) και τους RFID αναγνώστες (RFID readers). Με τη χρήση των ραδιοσυχνοτήτων επιτρέπεται η αναγνώριση συγκεκριμένων αντικειμένων μέσω των ετικετών RFID, χωρίς να απαιτείται η επαφή με τους αναγνώστες RFID και με σχετικά πολύ μικρό κόστος, με σκοπό βέβαια την ανταλλαγή-μεταφορά δεδομένων. Σημαντικό στοιχείο αυτής της τεχνολογίας είναι η δυνατότητα επικοινωνίας, από λίγα μέχρι εκατοντάδες μέτρα, κάτι το οποίο δεν ίσχυε σε παλαιότερες τεχνολογίες. [10]

- **ITR (INFARED SENSOR TECHNOLOGY)**

Ο υπέρυθρος αισθητήρας (ITR) μπορεί να μετρήσει τις φυσικές ιδιότητες που επηρεάζουν τη θερμοκρασία από την υπέρυθρη ακτίνα. Το υπέρυθρο φως, επίσης γνωστό ως υπέρυθρο φως, έχει τις φυσικές ιδιότητες της αντανάκλασης, της διάθλασης, της σκέδασης (διασκόρπισης), της παρεμβολής και της απορρόφησης. Οτιδήποτε έχει θερμοκρασία πάνω από το απόλυτο μηδέν, έχει και υπέρυθρη ακτινοβολία. Οι μετρήσεις από τους υπέρυθρους αισθητήρες μπορούν να πραγματοποιηθούν, χωρίς επαφή με το αντικείμενο και χωρίς να υπάρχει κάποια τριβή με αποτέλεσμα την υψηλή ευαισθησία και τη γρήγορη απόκριση.

Ο αισθητήρας υπέρυθρων αποτελείται από ένα οπτικό σύστημα ανίχνευσης (optical sensing system), ένα στοιχείο ανίχνευσης (detection element) και ένα κύκλωμα μεταγωγής (switching circuit). Σύμφωνα με κάποιες δομές, το οπτικό σύστημα ανίχνευσης μπορεί να διαχωριστεί σε ένα σύστημα ανίχνευσης τύπου μετάδοσης (Transmission type induction system) και ένα σύστημα ανακλαστικής επαγωγής (reflective induction system). [10]

- **GPS (Global Position System)**

Το σύστημα GPS αποτελείται από ένα δορυφόρο, ένα σημείο σύνδεσης που μεταφέρει το σήμα γείωσης και μία συσκευή λήψης του σήματος. Κάποια από τα βασικά

χαρακτηριστικά του είναι η παροχή υψηλής ακρίβειας θέσης, η ταχύτητα πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο, ανεξάρτητα από τις καιρικές συνθήκες. Τα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιούν το GPS, κυρίως για την παρακολούθηση και την προστασία τους. Η ανάπτυξη και η επέκταση των σύγχρονων ηλεκτρικών δικτύων έχουν οδηγήσει στην ανάγκη για υψηλότερα πρότυπα, όσον αφορά την ακρίβεια και την αξιοπιστία. [10]

- **M2M (Machine to Machine)**

Η τεχνολογία M2M αποτελεί τεχνολογία αιχμής για τις επικοινωνίες επόμενης γενιάς και επιδέχεται συνεχώς ανάπτυξη αλλά και συμμετέχει σε πολλές εφαρμογές και ιδιαίτερα στα έξυπνα δίκτυα. [16]

Το M2M έχει τη δυνατότητα να μετασχηματίζει την πληροφορία από τερματικό σε τερματικό, κάτι το οποίο δικαιολογεί και τον τίτλο της τεχνολογίας Machine to Machine, δηλαδή η επικοινωνία ανάμεσα στις συσκευές. Με λίγα λόγια το M2M επιτρέπει την επικοινωνία ανάμεσα σε μηχανές και ανθρώπους, και αποτελεί όρο αρκετά συνδεδεμένο με το IoT, επειδή αναφέρεται πολλές φορές ως “βασικός εκπρόσωπος” του IoT. Επιπλέον, παίζει και πολύ σημαντικό ρόλο για την αποτελεσματική λειτουργία του «έξυπνου δικτύου», (Smart Grid) εφόσον προσφέρει μια ενιαία πλατφόρμα δικτύου. Η ενσωμάτωση της RFID, ενός δικτύου αισθητήρων με βάση την τεχνολογία των αισθητήρων, του M2M, της εκβιομηχάνισης αποτελούν τις τέσσερις βασικές τεχνολογίες υποστήριξης του IoT. [10]

Επίσης, στο βιβλίο τους οι Boswarthick & etal. με τίτλο "*M2M Communications : A Systems Approach*", υπογραμμίζουν πως ο ρόλος του M2M είναι «να θέσει τις βάσεις που θα επιτρέψουν σε μία συσκευή να ανταλλάξει πληροφορίες με τρόπο αμφίδρομο με μία επιχειρηματική εφαρμογή μέσω δικτύου επικοινωνίας, ώστε αυτή η συσκευή ή αντιστοίχως η εφαρμογή να συμπεριφερθεί σαν η βάση γι' αυτή την ανταλλαγή πληροφορίας». [17]

Σε μία άλλη απόδοση, ο Naima Kaabouch και οι επιστημονικές του προσεγγίσεις μέσα από το "*Handbook of Research on Software-Defined and Cognitive Radio Technologies for Dynamic Spectrum Management*", προσδιορίζει το M2M ως μία "διαδικτυακή δομή, όπου διάφοροι κόμβοι χαρακτηρίζονται από χαμηλά ποσοστά ανταλλαγής δεδομένων, από σύντομα και μικρά μηνύματα και χαμηλής προτεραιότητας επικοινωνίες". [18]

- **Power Line Communication (PLC)**

Οι επικοινωνίες ηλεκτρικής γραμμής (PLC) χρησιμοποιούν τις γραμμές ρεύματος που ήδη υπάρχουν για να μεταδώσουν σήματα δεδομένων υψηλής ταχύτητας (2-3 Mb/s) μεταξύ δύο συσκευών. Με αυτόν τον τρόπο οι επιχειρήσεις έχουν την δυνατότητα να έχουν μία κοινή γραμμή για μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας και δεδομένων. Η δυνατότητα αυτή των συστημάτων PLC συντέλεσε ώστε αυτά να αποτελούν μια οικονομική λύση. Οι περισσότεροι αυτόματοι μετρητές χρησιμοποιούν τεχνολογία PLC για τη μεταφορά δεδομένων. Για να γίνει αξιόπιστη η μεταφορά δεδομένων μέσω των ήδη υπαρχόντων καλωδίων μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας πρέπει να λυθούν κάποια τεχνικά ζητήματα, όπως είναι η υψηλή εξασθένιση σήματος και η παρεμβολή άλλων σημάτων ισχύος. Για τις αξιόπιστες μεταφορές δεδομένων από το μετασχηματιστή διανομής έως τον τελικό χρήστη δεν είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί η περιοχή συχνοτήτων από 10 έως 20 MHz. Για να επιλυθεί αυτό το πρόβλημα χρησιμοποιήθηκε ο επαναλήπτης (repeater) και τα σχήματα διαμόρφωσης. Τα καλώδια δεν είναι φτιαγμένα για τη μετάδοση δεδομένων και παρεμβαίνουν στο αποτέλεσμα του μετατροπέα.

Αν και υπάρχουν δύο μεγάλες κατηγορίες PLC, που λειτουργούν σε διαφορετικές ζώνες και έχουν διαφορετικές ικανότητες, τα PLC modems δεν μπορούν να ανταποκριθούν στις οικιακές ανάγκες. Υπάρχουν στενές ζώνες PLC (NB-PLC), που μεταδίδουν συχνότητες μέχρι 500kHz και ευρείας ζώνης (BB-PLC) που έχει μεγαλύτερη απόδοση έως και 200Mbps. [19,20]

2.3.3 Εφαρμογές του IoT

Το IoT χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο σε διάφορους τομείς δραστηριότητας, δεδομένου ότι επιτρέπει τη δημιουργία μιας πληθώρας εφαρμογών και υπηρεσιών. Με τη χρήση μεγάλων και ποικίλων δεδομένων που παράγονται από δικτυωμένες συσκευές, το IoT προωθεί τη δημιουργία νέων εφαρμογών που μπορούν πχ να παρακολουθούν το περιβάλλον και το κλίμα, να ενεργοποιούν δράσεις και γεγονότα, να παρέχουν βοήθεια στη λήψη αποφάσεων και να βελτιώνουν την ποιότητα της ζωής με την αυτοματοποίηση καθημερινών εργασιών. Μερικοί τομείς των εφαρμογών του IoT είναι η Έξυπνη Πόλη (Smart City), η βιομηχανία, η υγεία και ευεξία.

Ο τομέας Smart City περιλαμβάνει υπηρεσίες βασισμένες στο IoT και εφαρμόζονται σε διαφορετικές αστικές περιοχές. Οι εφαρμογές του Smart City προβλέπουν την καλύτερη χρήση δημόσιων πόρων, βελτιώνουν τις υπηρεσίες που παρέχονται στους ανθρώπους και μειώνουν το λειτουργικό κόστος της δημόσιας διοίκησης. Ο συνδυασμός των εφαρμογών του Smart City και των υπηρεσιών που βασίζονται στο IoT επιτρέπουν την εγκατάσταση και την βελτίωση υπηρεσιών που στοχεύουν:

1. Στην κινητικότητα και τον έξυπνο τουρισμό παρέχοντας, πχ, πληροφορίες για την κατάσταση των δρόμων, τις θέσεις παρκαρίσματος, την ιστορία τουριστικών αξιοθέατων κ.α.
2. Στα έξυπνα δίκτυα, επιτρέποντας την καλύτερη διαχείριση του δικτύου, μέσω νέων πληροφοριών για την κατανάλωση ενέργειας.
3. Στο έξυπνο κτήριο, που επιτρέπει νέες εφαρμογές οικιακού αυτοματισμού και υποδομές για παρακολούθηση και έλεγχο.
4. Στη δημόσια ασφάλεια και στην παρακολούθηση του περιβάλλοντος, τη διευκόλυνση της διαχείρισης περιβαλλοντικών καταστροφών και στην ενίσχυση της ασφάλειας των δημόσιων κτηρίων.

Οι υπηρεσίες που βασίζονται στο IoT, χρησιμοποιούνται επίσης στον τομέα της βιομηχανίας, όπως είναι οι γεωργικές δραστηριότητες, τα εργοστάσια και τα θέματα εφοδιασμού των μονάδων με πόρους και προϊόντα. Στη γεωργία, οι εφαρμογές του IoT χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση της υγρασίας του εδάφους και των συνθηκών των φυτών, ελέγχει τις συνθήκες μικροκλίματος και παρακολουθεί τις καιρικές συνθήκες, που μπορούν να βλάψουν τις καλλιέργειες. Στα εργοστάσια μπορούμε να βρούμε εφαρμογές, όπως είναι η παρακολούθηση ρυπογόνων αερίων, ο εντοπισμός των εργαζομένων και η βελτίωση της παραγωγικής διαδικασίας. Επιπλέον, υπηρεσίες που βασίζονται στο IoT, μπορούν να εφαρμοστούν και στη βελτίωση των διαδικασιών που εμπλέκονται σε αλυσίδες εφοδιασμού.

Στον τομέα της υγείας και της ευεξίας βρίσκουμε εφαρμογές του IoT, που χρησιμοποιούνται στην παρακολούθηση και στη διάγνωση ασθενειών και στη διαχείριση ατόμων και ιατρικών πόρων. Οι υπηρεσίες που βασίζονται στο IoT και εφαρμόζονται στον

τομέα της υγείας επιτρέπουν τη δημιουργία εφαρμογών για απομακρυσμένη και συνεχή παρακολούθηση ζωτικών σημείων των ασθενών, ιδιαίτερα αυτών με χρόνιες παθήσεις, προκειμένου να βελτιώσουν την ιατρική περίθαλψη καθώς και την ποιότητα ζωής τους. [21]

2.4 Smart Grid (SG)

2.4.1 Παρουσίαση του Smart Grid

Το Smart Grid ή αλλιώς το «έξυπνο δίκτυο», αποτελεί ένα ευφυές δίκτυο αναβαθμισμένο σε τέτοιο βαθμό σε σχέση με τα απλά δίκτυα, που προσφέρει άμεση και αμφίδρομη επικοινωνία της πληροφορίας, αλλά και της ενέργειας. Άλλα στοιχεία που χαρακτηρίζουν αυτό το έξυπνο δίκτυο είναι η δυνατότητα για παρακολούθηση και έλεγχο στα δίκτυα μεσαίας αλλά και χαμηλής τάσης. Το SG προσφέρει μία πιο οικολογική πλευρά στα υπάρχοντα δίκτυα και διαθέτει μεγαλύτερη ασφάλεια και αποτελεσματικότητα. [20]

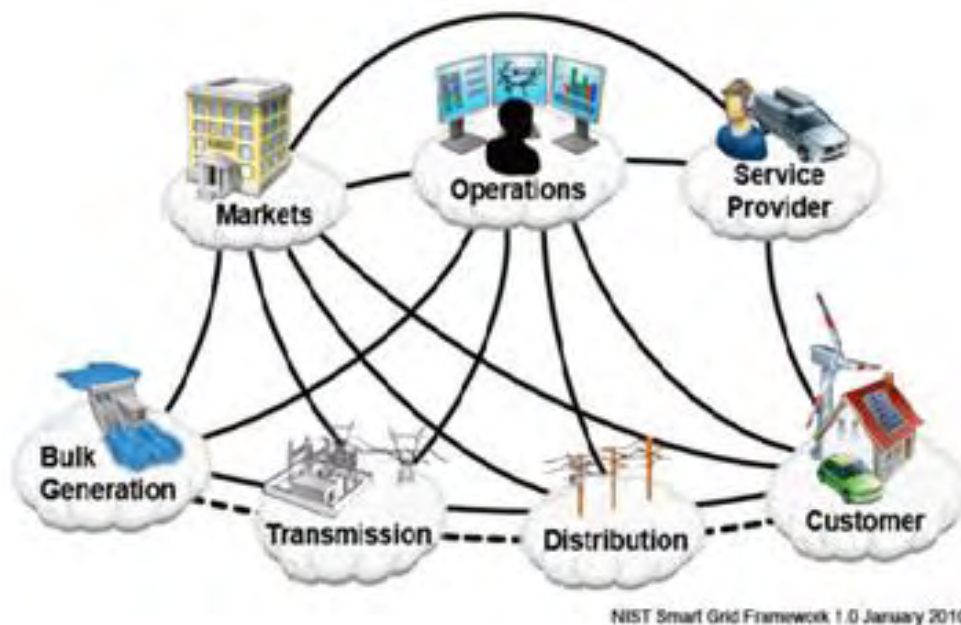
Ένα έξυπνο δίκτυο, είναι ένα σύγχρονο ηλεκτρικό δίκτυο που ενσωματώνει τεχνολογίες επικοινωνιών και πληροφοριών, για να διαχειριστεί καλύτερα τον τρόπο παραγωγής, κατανάλωσης, αποθήκευσης και παράδοσης της ηλεκτρικής ενέργειας. Με τη συλλογή δεδομένων-πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο σε όλο το ηλεκτρικό δίκτυο και τη δυνατότητα προσαρμογής των δυνατοτήτων απομακρυσμένα, ένα έξυπνο δίκτυο βοηθά τον πάροχο ενέργειας στο να διαχειρίζεται αποτελεσματικότερα τις διακυμάνσεις της προσφοράς και της ζήτησης ενέργειας και να παράγει αποτελεσματικότερα την ηλεκτρική ενέργεια όταν αυτή χρειάζεται. Αυτό δίνει στο ηλεκτρικό δίκτυο μεγαλύτερη ευελιξία στην ενσωμάτωση της ανανεώσιμης ενέργειας και προσφέρει περισσότερα εργαλεία διαχείρισης ενέργειας και επιλογές τιμολόγησης, όπως είναι πχ τα ποσοστά χρήσης του χρόνου. [22]

Ένα πολύ σημαντικό χαρακτηριστικό του SG, όπως προαναφέρθηκε, είναι η αμφίδρομη ροή της επικοινωνίας αλλά και της ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτό φαίνεται στην Εικόνα 4. Η ανάλυσή της ακολουθεί. Αποτελείται από:

- **Ηλεκτρική ροή** (οι διακεκομμένες γραμμές στην Εικόνα 4), από πάροχο στον τελικό πελάτη, που αποτελεί και την βασική ροή του κλασικού δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας. Σύμφωνα με το σκοπό λειτουργίας του SG, η ηλεκτρική ροή είναι αμφίδρομη και ο

τελικός πελάτης σύμφωνα με τις ενεργειακές του ανάγκες μπορεί να αγοράσει αλλά και να πουλήσει την περίσσια ηλεκτρική ενέργεια πίσω στον πάροχο.

- **Ροή πληροφοριών** (οι κανονικές γραμμές στην Εικόνα 4): Αποτελεί την αμφίδρομη ροή των δεδομένων-πληροφοριών, μέσα σε ένα ευρύτερο πλαίσιο μεταξύ των συστατικών και των χρηστών του δικτύου του SG. Αυτή η ροή επικοινωνίας επιτυγχάνεται με την ολοένα αυξανόμενη χρήση αισθητήρων, ενεργοποιητών και άλλων έξυπνων αντικειμένων σε απόλυτο συνδυασμό με τις περιοχές εκπομπής και διανομής, ανεξάρτητα από την ήδη υπάρχουσα χρήση έξυπνων μετρητών και άλλων έξυπνων αντικειμένων, όπως είναι οι έξυπνες συσκευές, τα ηλεκτρικά οχήματα κλπ, σε επίπεδο τελικού χρήστη (πελάτη). [9]



Εικόνα 4 - The Smart Grid Conceptual Model (πηγή: nist.gov)

Το Smart Grid ή αλλιώς το έξυπνο δίκτυο δεν έχει συγκεκριμένο ορισμό και μορφή, επειδή διαφορετικές χώρες του αποδίδουν διαφορετικό ορισμό. Στην πιο διαδεδομένη του μορφή, το SG μπορεί να θεωρηθεί ως η επέκταση του κλασικού δικτύου με την χρήση τεχνολογιών ΤΠΕ (Τεχνολογίες Πληροφοριών και Επικοινωνίας), όπως είναι το λογισμικό,

το υλικό και τα δίκτυα , σε συνδυασμό με την ενσωμάτωση της κατανεμημένης ικανότητας παραγωγής και αποθήκευσης της ανανεώσιμης ενέργειας. [9,10,20]

Κατά κύριο λόγο ο στόχος του Smart Grid είναι η όσο το δυνατόν πιο οικονομική και πιο αξιόπιστη διαχείριση της ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας ως προς τη διανομή και τη μετάδοση από τους προμηθευτές στους τελικούς χρήστες και αντίστροφα. [20]

Το SG είναι ένα εξελιγμένο δίκτυο όπως αναφέρθηκε παραπάνω, και έχει μοναδικά χαρακτηριστικά, σε σχέση με τα παλαιότερα δίκτυα. Κάποια από αυτά συνοψίζονται και παρουσιάζονται παρακάτω: [10,23]

- 1) Η ανίχνευση και διόρθωση προβλημάτων, σε πολύ αρχικό στάδιο ή αλλιώς η αυτοθεραπεία (self-healing).
- 2) Η λήψη και η απόκριση σε ένα μεγαλύτερο φάσμα πληροφορίας.
- 3) Η αμφίδρομη ροή της ενέργειας και της πληροφορίας.
- 4) Η δυνατότητα ταχείας ανάκτησης της πληροφορίας.
- 5) Η δυνατότητα ευελιξίας και προσαρμογής στις αλλαγές, ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν.
- 6) Ο κατάλληλος σχεδιασμός, με σκοπό την εξασφάλιση της αξιοπιστίας και της ασφάλειας.
- 7) Η παροχή της καταλληλότερης μορφής οπτικοποίησης της πληροφορίας στον χρήστη.
- 8) Μια τέτοια διαμόρφωση, με σκοπό την κινητοποίηση του χρήστη για τη συμμετοχή του στην λειτουργία του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας (incentive).
- 9) Η αξιόπιστη προσφορά υψηλής ποιότητας ηλεκτρικής ενέργειας (high quality).
- 10) Η ικανότητα να περιλαμβάνει διάφορους τύπους παραγωγής και αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας (new energy participation).
- 11) Η δημιουργία μιας νέας ελκυστικής αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας.

12) Η βελτιστοποίηση του εξοπλισμού δικτύου και η μείωση της απώλειας ισχύος και του κόστους λειτουργίας.

13) Η μείωση των περιβαλλοντολογικών επιπτώσεων.

2.4.2. Γενική θεώρηση ανάγκης δημιουργίας έξυπνων δικτύων

Σύμφωνα με το US Department of Energy (<http://www.oe.energy.gov>) οι αδυναμίες που έχει το σημερινό ηλεκτρικό δίκτυο εξαιτίας των οποίων δημιουργούνται διάφορα προβλήματα στους καταναλωτές και όχι μόνο είναι οι ακόλουθες:

- 1) Η έλλειψη αυτοματοποιημένων αναλύσεων των συνθηκών λειτουργίας.
- 2) Η μειωμένη ορατότητα των περιστατικών.
- 3) Η αργή απόκριση εξαιτίας της χρήσης μηχανικών μέσων.
- 4) Η απουσία αντίληψης των γεγονότων.

Άλλοι επιβαρυντικοί παράγοντες που οδηγούν στην ανάγκη δημιουργίας ενός νέου ηλεκτρικού δικτύου και τους οποίους αναφέρουν οι Erol-Kantarci and Mouftah (2011) είναι:

- 1) Η κατακόρυφη αύξηση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας από τους καταναλωτές, επειδή με την πάροδο του χρόνου αυξήθηκαν και οι ίδιοι και οι ανάγκες τους.
- 2) Η παγκόσμια κλιματική αλλαγή.
- 3) Η έλλειψη ποιοτικών υλικών και η μη ορθή χρησιμοποίησή τους.
- 4) Η μη σωστή αποθήκευση της παραγόμενης ενέργειας κάπου και με κάποιο τρόπο, προκειμένου να διατηρηθεί για το μέλλον.
- 5) Η περιορισμένη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, λόγω των μηχανισμών δυναμικότητας.
- 6) Η μονόδρομη επικοινωνία των υποσυστημάτων και των κέντρων διαχείρισης
- 7) Η μείωση των αποθεμάτων των ορυκτών καυσίμων.
- 8) Η εξάλειψη των βλαβών επειδή τα δίκτυα έγιναν πιο ανθεκτικά. [24]

Εξαιτίας όλων αυτών των προβλημάτων ,αλλά και λόγω των απαιτήσεων που δημιουργήθηκαν με τη βοήθεια των τεχνολογιών που εξελίσσονται ραγδαία, έπρεπε να γίνει μια ριζική αλλαγή και επέκταση στο ήδη υπάρχον δίκτυο. Έτσι προήλθε η δημιουργία

ενός πιο «έξυπνου δικτύου» ηλεκτρικής ενέργειας, επόμενης γενιάς, το Smart Grid, με άλλες ονομασίες IntelliGrid, Gridwise, FutureGrid, Intergrid, Intragrid και πολλές άλλες.

Το «έξυπνο δίκτυο» δημιουργήθηκε από τη συνύπαρξη των τεχνολογιών της πληροφορίας και των επικοινωνιών με την εφαρμοσμένη μηχανική του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας με σκοπό την ορθότερη παρακολούθηση και τον έλεγχό του.

Οι διαφορές που παρατηρούνται στο ήδη υπάρχον δίκτυο σε σχέση με το «έξυπνο» είναι πολλές ποικίλες και εμφανείς όπως αναγράφονται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1 - Διαφορές υπάρχοντος δικτύου σε σχέση με το Smart Grid.

Υπάρχον δίκτυο	Έξυπνο δίκτυο
Είναι ηλεκτρομηχανολογικό	Είναι ψηφιακό
Έχει μονόδρομη επικοινωνία	Έχει αμφίδρομη επικοινωνία
Έχει κεντρική παραγωγή	Έχει κατακεκολλημένη παραγωγή
Έχει λίγους αισθητήρες	Έχει αισθητήρες παντού
Παρακολουθείται χειροκίνητα	Αυτό-παρακολουθείται
Η αποκατάστασή του γίνεται χειροκίνητα	Αυτοϊαση(self-healing)
Διακοπές ρεύματος που προκαλούνται από βλάβες	Προσαρμοστικότητα
Περιορισμένος έλεγχος	Εξονυχιστικός έλεγχος
Ελάχιστες επιλογές των πελατών	Πλήθος επιλογών των πελατών

2.4.3 Τεχνολογίες Smart Grid

- **Smart Meters**

Οι έξυπνοι μετρητές ή αλλιώς Smart Meters είναι σύγχρονοι ηλεκτρικοί μετρητές, που αντικατέστησαν τους παλιούς αναλογικούς μετρητές και αποτελούν πολύ σημαντικό μέρος στην τεχνολογία των έξυπνων δικτύων (Smart Grid). Ο ρόλος τους αφορά την αμφίδρομη ανταλλαγή δεδομένων, αναφορικά με την κατανάλωση ενέργειας μεταξύ του παρόχου ενέργειας και του τελικού καταναλωτή μέσω ενός ασφαλούς και ασύρματου δικτύου επικοινωνιών. Τέλος, οι έξυπνοι μετρητές διαθέτουν ψηφιακή οθόνη και έχουν μικρό μέγεθος, όπως και οι ηλεκτρικοί μετρητές, όπως φαίνεται στην Εικόνα 5. [22,25]



Εικόνα 5 - Smart Meter (πηγή: google.gr)

Μετά την εμφάνιση του έξυπνου δικτύου υπήρξε η αντικατάσταση του ηλεκτρικού μετρητή με τον «έξυπνο ηλεκτρονικό μετρητή». Ο παραπάνω τύπος μετρητή περιέχει έναν επεξεργαστή που δεν χάνει τα δεδομένα του με τις διακοπές ρεύματος και περιλαμβάνει επίσης και εγκαταστάσεις επικοινωνίας. Ακόμη, έχει την ικανότητα, ανάλογα με την ώρα της μέρας, να παρακολουθεί τη χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας, να καταγράφει τις μετρήσεις μέσω του λογισμικού του και μέσω αυτού να διακόπτει έναν πελάτη κι αν παρουσιαστούν προβλήματα, να σημάνει συναγερμό. Επιπρόσθετα θα μπορεί να συνδεθεί με έξυπνες συσκευές, οι οποίες θα ειδοποιούν, όταν χρειάζεται να εκτελείται

μια εντολή, π.χ να κλείσουν οι πελάτες τα κλιματιστικά τους λόγω υπερφόρτωσης του δικτύου ή άλλων προβλημάτων, που θα προκύψουν. [26]

Επίσης σύμφωνα με τους Biao & et al. [10] κάποιες από τις τεχνολογίες που διακρίνουν το SG είναι οι εξής:

- 1) Τεχνολογία έξυπνης ανίχνευσης.** Το έξυπνο δίκτυο για να λειτουργεί και για να αποδίδει ομαλά χρειάζεται αποτελεσματική παρακολούθηση. Αυτή η παρακολούθηση επιτυγχάνεται με τη χρήση αισθητήρων, όπως είναι οι αισθητήρες ινών, οι έξυπνοι αισθητήρες, και οι ασύρματοι αισθητήρες. οι οποίοι παρέχουν αμφίδρομη ροή δεδομένων μέσα στο δίκτυο .
- 2) Τεχνολογία ηλεκτρικής ισχύος.** Μέσω της τεχνολογίας ηλεκτρικής ισχύος είναι δυνατή η μετάδοση HVDC (High Voltage Direct Current ή συνεχούς ρεύματος υψηλής τάσης), η μετάδοση AC (Alternating Current ή εναλλασσόμενου ρεύματος), η προσαρμοσμένη ισχύς και η μετάδοση DC (Direct Current ή συνεχούς ρεύματος), στοιχεία που βρίσκουν εφαρμογή στα In SVC, TCSC, FCL, CSR, UPQC ως εκπρόσωποι μιας νέας τεχνολογίας μετάδοσης για τον έλεγχο της ποιότητας ισχύος.
- 3) Τεχνολογία ανάλυσης προσομοίωσης και ελέγχου απόφασης.** Μέσω της ψηφιοποίησης, της οπτικοποίησης, αλλά και του ελέγχου αποφάσεων για την πραγματοποίηση ενός ενιαίου σχεδιασμού έξυπνου δικτύου, στην επιθεώρηση και τη διαχείριση δίνεται η δυνατότητα ανάλυσης, ελέγχου και διασφάλισης της κατάστασης του έξυπνου δικτύου.
- 4) Τεχνολογία πληροφοριών και επικοινωνιών.** Η τεχνολογία πληροφοριών και επικοινωνιών μπορεί να παρέχει την τεχνική υποστήριξη «plug and play» για έξυπνο δίκτυο. Χαρακτηριστικά παραδείγματα της τεχνολογίας αυτής αποτελούν το GIS (Geographical Information System), το GPS (Global Position System), η ευφυής επεξεργασία πληροφοριών κλπ. Αρκετές από αυτές τις τεχνολογίες εφαρμόζονται στο υπάρχον ηλεκτρικό δίκτυο, αλλά σε περιορισμένο ακόμα βαθμό.
- 5) Ευφυής εξοπλισμός και έξυπνες συσκευές.** Ένα έξυπνο δίκτυο, για να λειτουργεί ομαλά και αποτελεσματικά, χρειάζεται την υποστήριξη από κατάλληλο εξοπλισμό και συσκευές.

Συνοψίζοντας τους παραπάνω ορισμούς, το SG αποτελεί την εξέλιξη του κλασικού ηλεκτρικού δικτύου. Σε αυτό το έξυπνο δίκτυο, σημαντικό ρόλο παίζουν η αμφίδρομη ροή της πληροφορίας, αλλά και της ενέργειας, η κατανεμημένη παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας, η υψηλή ποιότητα όλων των υπηρεσιών και τέλος η αποθήκευση της ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία θα μοιράζεται ανάλογα με τη ζήτηση και την προσφορά. Κύριος σκοπός του SG είναι η οικολογική και οικονομική παραγωγή, διανομή και κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας με αξιοπιστία, αποδοτικότητα και ασφάλεια.

2.5 Smart Grid και IoT

2.5.1 Παρουσίαση του Έξυπνου Δικτύου βασιζόμενο στο Διαδίκτυο των Πραγμάτων.

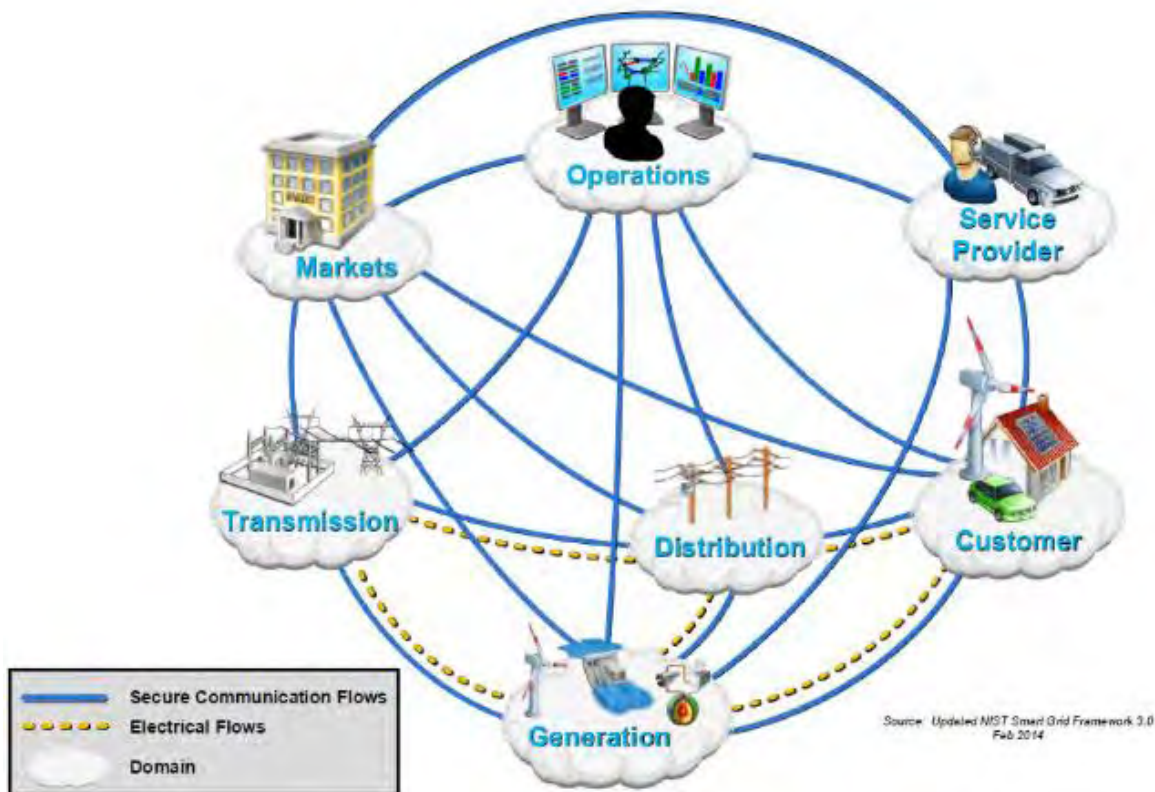
Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, το IoT είναι ένα πάρα πολύ σημαντικό εργαλείο που βοήθησε στην ανάπτυξη αλλά και στη συμβατότητα του Smart Grid. Το IoT και το SG αποτελούν τη ζεύξη της πληροφορίας και της βιομηχανίας. Ο συνδυασμός τους αναπτύσσει σε πολύ μεγάλο βαθμό την επικοινωνία και την παροχή πληροφοριών μέσα στο δίκτυο. Όλα τα βασικά χαρακτηριστικά του IoT χρησιμοποιούνται από το SG, με σκοπό την παρακολούθηση και την διαχείριση πληροφοριών μέσα στο δίκτυο. [10]

Το IoT υπολογίζεται ότι θα φτάσει να έχει περίπου 50 δισεκατομμύρια συνδεδεμένες συσκευές μέχρι το 2020, προσφέροντας πληροφορίες και βοήθεια σε καταναλωτές, κατασκευαστές αλλά και παρόχους υπηρεσιών. Επίσης αναμένεται όλες οι συσκευές από διάφορες βιομηχανίες να συνδεθούν μεταξύ τους μέσω Internet και peer-to-peer συνδέσεις, καθώς και κλειστών δικτύων, όπως συμβαίνει στην υποδομή του έξυπνου αυτού δικτύου. Μ' αυτό τον τρόπο το IoT, την παρούσα εποχή που γίνεται μεγάλη εστίαση ως προς τη διαχείριση και τη διατήρηση της ενέργειας, θα προσφέρει ακόμη περισσότερα στα έξυπνα δίκτυα πέρα από την διανομή, την αυτοματοποίηση και την παρακολούθηση.

Επίσης το IoT, σε συνδυασμό με το SG εφοδιάζουν και με μία επιπλέον δυνατότητα τους ίδιους του χρήστες. Παρέχουν ένα απλό σύστημα διαχείρισης για οικιακή χρήση, για να προσαρμόσουν τις κινήσεις τους και τις ανάγκες τους, γνωρίζοντας και παρακολουθώντας την χρήση-κατανάλωσή τους αλλά και τη χρέωσή τους ανά πάσα στιγμή. Αυτά τα συστήματα θα δουλεύουν αυτόματα, κατά τις ώρες, που δεν θα είναι ώρες αιχμής και θα συνδέονται με αισθητήρες και μετρητές για να παρακολουθούν και να λαμβάνουν και να στέλνουν πληροφορίες. [27]

2.5.2 Η αρχιτεκτονική ενός έξυπνου δικτύου

Το έξυπνο δίκτυο αποτελείται από πολλά υποσυστήματα και θεωρείται ένα πολύπλοκο σύστημα, το οποίο μπορεί να καλύψει τις απαιτήσεις πολλών διαφορετικών εμπλεκόμενων φορέων, όπως είναι οι επιχειρήσεις, οι προμηθευτές και οι καταναλωτές. Κατά καιρούς, έχουν γίνει πολλές προσπάθειες για να περιγραφεί η μορφή αυτού του δικτύου, με διαφορετικούς τρόπους. Στη διπλωματική αυτή, θα χρησιμοποιηθεί ένα μοντέλο για την περιγραφή του έξυπνου δικτύου, το οποίο έχει προταθεί από το Εθνικό Ίδρυμα Προτύπων και Τεχνολογίας των ΗΠΑ (National Institute of Standards and Technology - NIST). Το μοντέλο αυτό, μπορεί να οδηγήσει στην ανάπτυξη της αρχιτεκτονικής ενός εξαιρετικά κατανεμημένου και ιεραρχημένου δικτύου. Το μοντέλο αυτό φαίνεται στην παρακάτω Εικόνα 6.



Εικόνα 6 - Εννοιολογικό μοντέλο ενός Έξυπνου Δικτύου (πηγή: nist.gov)

Βάσει αυτού του μοντέλου, το έξυπνο δίκτυο χαρακτηρίζεται από επτά τομείς, οι οποίοι περιέχουν εφαρμογές, άλλους τομείς και οντότητες, οι οποίες έχουν ρόλους και συνδέονται μεταξύ τους με συσχετίσεις μέσω διεπαφών, όπως αυτά αναλύονται παρακάτω.

Οι οντότητες: Αποτελούν τους έξυπνους μετρητές, τα συστήματα ελέγχου, τα προγράμματα, τους οργανισμούς και τα άτομα που έχουν μια αρμοδιότητα η οποία αλληλοεπιδρά με μια λειτουργία. Σκοπός των οντοτήτων είναι να παίρνουν αποφάσεις, να δέχονται και να στέλνουν πληροφορίες μεταξύ τους, συμβάλλοντας με αυτόν τον τρόπο, στο να γίνουν οι εφαρμογές πιο δυνατές.

Ο ρόλος: Είναι η λειτουργία μιας οντότητας, αυτό δηλαδή που προσφέρει σε κάτι που συνέβη. Μία οντότητα είναι δυνατόν να έχει παραπάνω από έναν ρόλους μέσα στο δίκτυο.

Οι εφαρμογές: Είναι οι συντονισμένες λειτουργίες που εκτελούνται ή χρειάζονται να εκτελεσθούν από μία ή πολλές οντότητες που αλληλοεπιδρούν στον ίδιο τομέα. Μια εφαρμογή πχ που μπορεί να αντιστοιχεί στους έξυπνους μετρητές, είναι η αυτοματοποίηση ενός σπιτιού.

Ο τομέας: Κατατάσσει μαζί τις οντότητες, οι οποίες στοχεύουν σε ίδια πράγματα και οι επικοινωνίες, που βρίσκονται μέσα στον τομέα, ίσως έχουν κοινά χαρακτηριστικά και απαιτήσεις.

Οι συσχετίσεις: Είναι οι λογικές συνδέσεις που ενώνουν τις διάφορες οντότητες μεταξύ τους. Στην παραπάνω Εικόνα 6 απεικονίζονται οι ηλεκτρικές συσχετίσεις, με διακεκομμένες γραμμές και οι επικοινωνίες με κανονικές γραμμές.

Οι διεπαφές: Είναι σημεία πρόσβασης μεταξύ των τομέων. Οι διεπαφές είναι, είτε συνδέσεις επικοινωνίας, είτε ηλεκτρισμού και υπάρχουν και στις δύο πλευρές των συσχετίσεων. Μέσω των διεπαφών, ένας τομέας μπορεί και να λαμβάνει και να στέλνει πληροφορίες. Οι διεπαφές επικοινωνίας χαρακτηρίζονται ως λογικές συνδέσεις, ενώ του ηλεκτρισμού ως φυσικές.

Προχωρώντας σε μια πιο βαθιά αναπαράσταση του μοντέλου, εντοπίζουμε επτά τομείς, που το χαρακτηρίζουν. Αυτοί είναι:

- **Ο Τομέας Πελατών**
- **Ο Τομέας Αγοράς**
- **Ο Τομέας Παροχής Υπηρεσιών**
- **Ο Τομέας Κέντρου Ενεργειών**

- **Ο Τομέας Παραγωγής**
- **Ο Τομέας Δικτύου Μεταφοράς**
- **Ο Τομέας Δικτύου Διανομής**

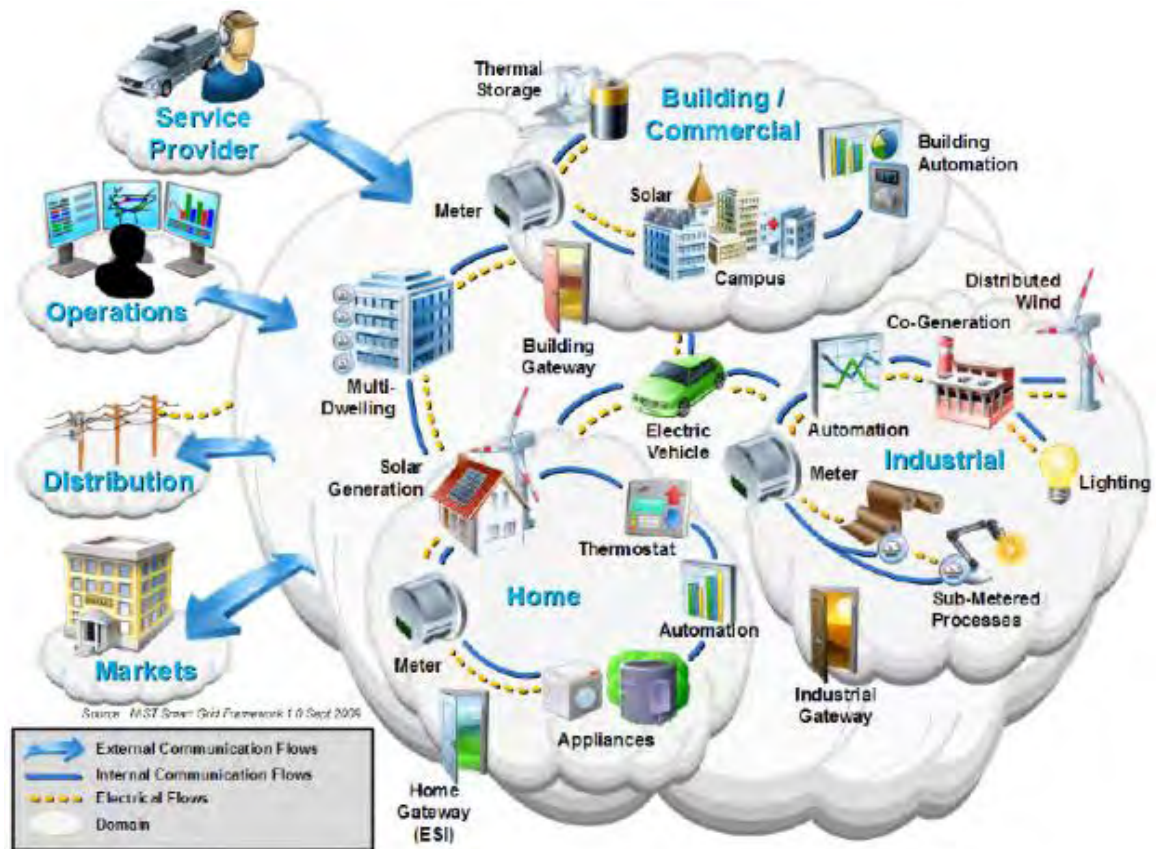
Παρακάτω αναλύονται με περισσότερες λεπτομέρειες και πιο διεξοδικά οι τομείς αυτοί.

- **Ο Τομέας Πελατών**

Ένας από τους πιο σημαντικούς τομείς, είναι αυτός των πελατών. Όπως είναι γνωστό παντού ο πελάτης είναι το κύριο πρόσωπο για υποστήριξη, το ίδιο συμβαίνει κι εδώ. Για αυτό και δημιουργείται το δίκτυο. Στον τομέα αυτό δαπανάται η ηλεκτρική ενέργεια και με τη συμβολή των οντοτήτων μπορούν οι καταναλωτές να χειρίζονται τη χρήση αλλά και την παραγωγή της.

Η διεπαφή υπηρεσιών ενέργειας (ESI) παρέχει επικοινωνία με τις επιχειρήσεις ηλεκτρισμού, μέσω εξελιγμένων υποδομών μέτρησης (AMI) ή μέσω του διαδικτύου. Μέσω της διεπαφής αυτής, γίνεται η πρόσβαση του πελάτη σε συστήματα και συσκευές, ευθέως ή με τη χρήση οικιακών δικτύων (HAN), αλλά και τοπικών δικτύων (LAN). Το μονοπάτι επικοινωνίας δεν είναι μοναδικό για κάθε πελάτη.

Στην παρακάτω Εικόνα 7 φαίνεται μια επισκόπηση του τομέα των πελατών, όπου διακρίνονται και οι ηλεκτρικές συνδέσεις με τον τομέα Διανομής, αλλά και οι συνδέσεις επικοινωνίας με τους τομείς Διανομής, Παροχής Υπηρεσιών, Αγοράς και Κέντρου Ενεργειών.



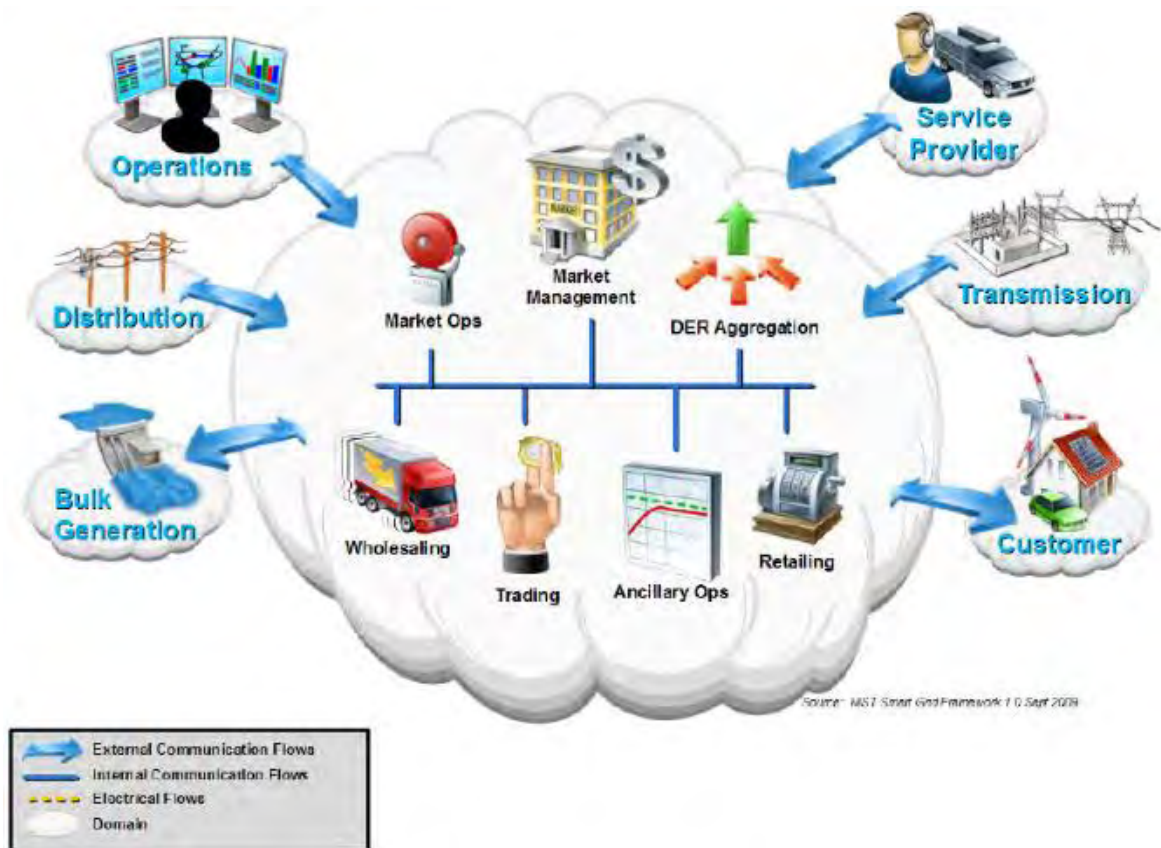
Εικόνα 7 - Απεικόνιση του τομέα των Πελατών (πηγή: nist.gov)

- **Ο Τομέας Αγοράς**

Όλες οι αγοραπωλησίες των πόρων του δικτύου και οι καινούργιες ευκαιρίες που παρουσιάζονται, είναι ικανές να επηρεάσουν την εξέλιξη της μορφής του δικτύου. Επιπλέον με τον τομέα της αγοράς συντονίζεται και η κατανάλωση με την παραγωγή, κάτι που στοχεύει να κάνει το έξυπνο δίκτυο.

Στον τομέα της αγοράς, μόνο μεγάλοι παραγωγοί ενέργειας μπορούν να συμμετέχουν. Για το λόγο αυτό υπάρχουν στον τομέα οι φορείς συγκέντρωσης ενέργειας (Aggregators), που μπορούν να συλλέγουν την ενέργεια από πολλές μικρές διαφορετικές μονάδες παραγωγής, όπως είναι οι οικιακές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Έτσι σαν ένας μεγάλος παραγωγός, μπορεί να ανταγωνιστεί με καλύτερες προοπτικές.

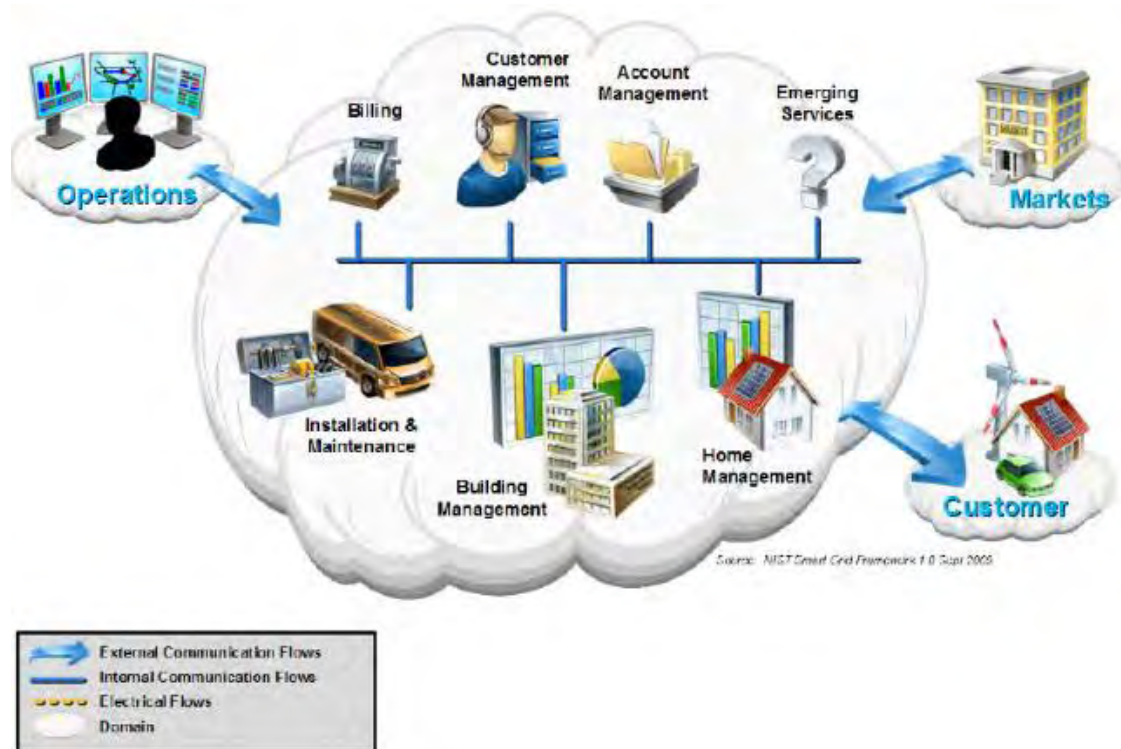
Βλέπουμε στην Εικόνα 8 την απεικόνιση του τομέα Αγοράς, μαζί με τις ροές πληροφοριών.



Εικόνα 8 - Απεικόνιση του τομέα της Αγοράς (πηγή: nist.gov)

- **Ο Τομέας Παροχής Υπηρεσιών**

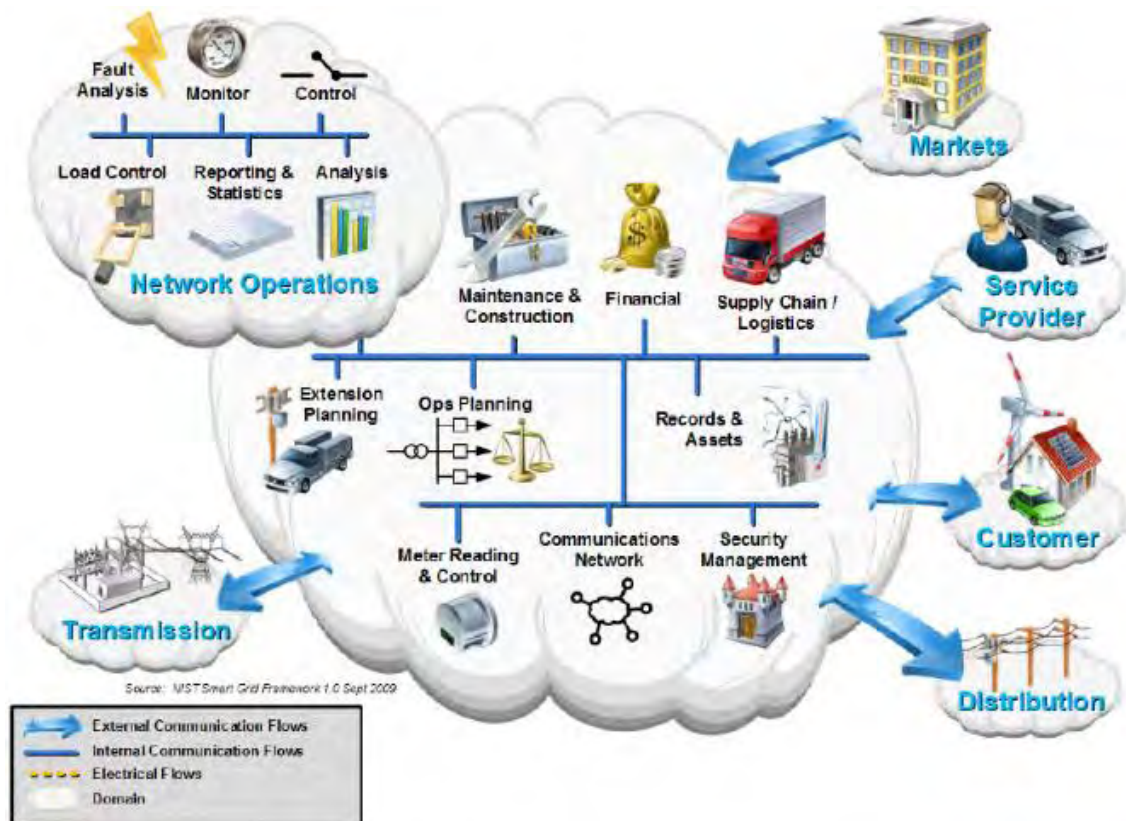
Συνεχώς παρουσιάζονται νέες και ταυτόχρονα καινοτόμες υπηρεσίες, που αξιοποιούν τις ευκαιρίες που προκύπτουν από τη νέα μορφή δικτύου, όπως φαίνεται στην Εικόνα 9. Οι υπηρεσίες αυτές προσφέρονται από επιχειρήσεις ηλεκτρισμού ή άλλες εταιρείες, που δεν παράγουν ή έχουν σχέση με την ηλεκτρική ενέργεια, αλλά έχουν μπει στην αγορά και προσπαθούν να εκμεταλλευτούν το νέο επιχειρηματικό μοντέλο. Διάφορες εταιρείες εμπλέκονται με τη συντήρηση ή την εγκατάσταση εξοπλισμού, όπως είναι οι έξυπνοι μετρητές.



Εικόνα 9 - Απεικόνιση του τομέα Παροχής Υπηρεσιών (πηγή: nist.gov)

- **Ο Τομέας Κέντρου Ενεργειών**

Οι οντότητες στον τομέα αυτό ορίζουν τη σωστή λειτουργία του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας. Για να γίνει αυτό, χρειάζεται να γίνει παρακολούθηση κάποιων μεταβλητών του δικτύου. Τέτοιες μεταβλητές είναι η παρακολούθηση του εξοπλισμού, ο έλεγχος και η συντήρηση του δικτύου, αλλά και η αντιμετώπιση των σφαλμάτων. Αν και οι διαδικασίες αυτές πραγματοποιούνται από μία επιχείρηση, το έξυπνο δίκτυο θα παρέχει την ευκαιρία και σε άλλες επιχειρήσεις να προσφέρουν υπηρεσίες. Ακόμα ο τομέας αυτός περιέχει τις εφαρμογές, που χρησιμοποιούνται για τη συλλογή πληροφοριών, έτσι ώστε να υπάρχουν στατιστικά στοιχεία για μελλοντική χρήση. Στον τομέα αυτό βάσει της Εικόνας 10, διακρίνουμε ότι υπάρχουν αμφίδρομες συνδέσεις με όλους τους τομείς.

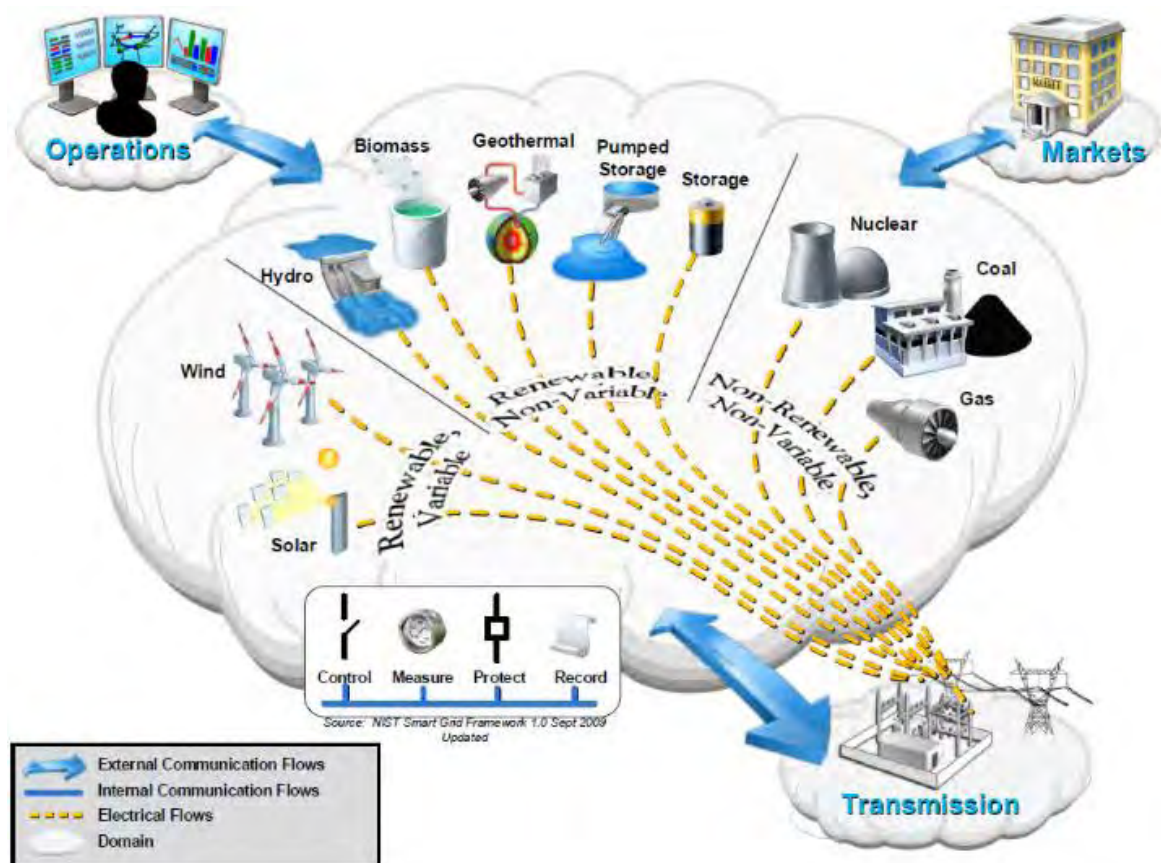


Εικόνα 10 - Απεικόνιση του τομέα Κέντρου Ενεργειών (πηγή: nist.gov)

- **Ο Τομέας Παραγωγής**

Ο τομέας Παραγωγής συμπεριφέρεται όπως περιγράφεται στην παράγραφο 2.1.5. Επιπλέον, βρίσκεται σε επικοινωνία με τα δίκτυα μεταφοράς και διανομής, έτσι ώστε να γνωρίζει, τότε πχ χρειάζεται περισσότερη ενέργεια επειδή υπάρχει μεγάλη ζήτηση. Με τις πληροφορίες αυτές, μπορεί εκείνη την στιγμή να εισάγει ενέργεια από άλλα δίκτυα ή να παράγει μεγαλύτερη ποσότητα.

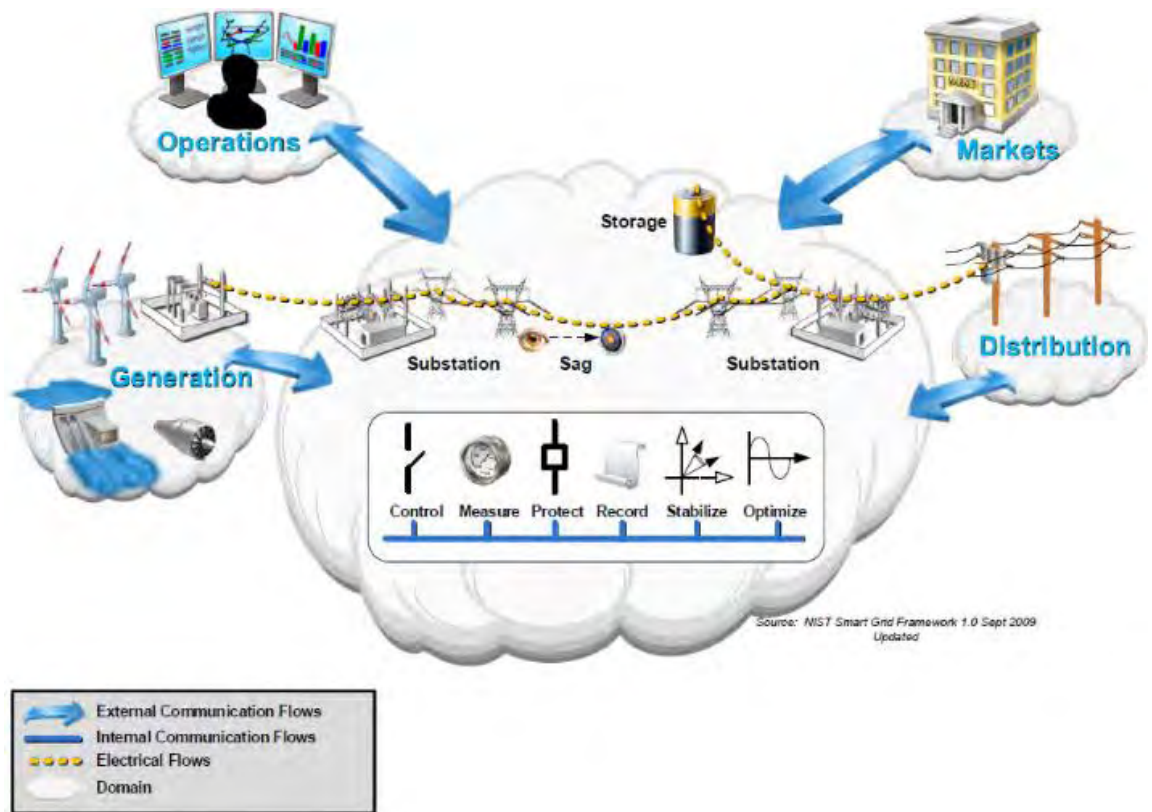
Για να συμβούν όλα αυτά θα πρέπει να γίνουν αρκετές αλλαγές στον τομέα Παραγωγής. Στην παρακάτω Εικόνα 11, αναπαριστώνται οι ροές και οι πηγές ενέργειας, που έχουμε στον τομέα.



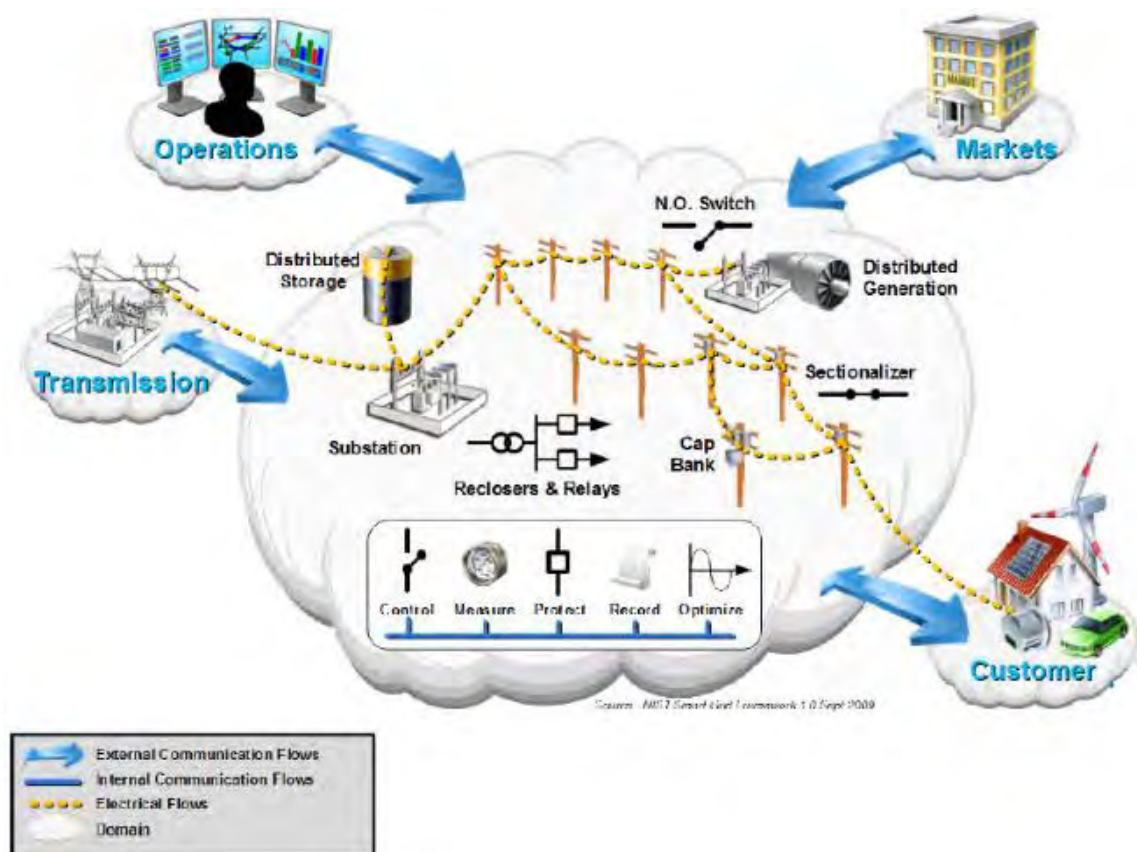
Εικόνα 11 - Απεικόνιση του τομέα Παραγωγής (πηγή: nist.gov)

- **Ο Τομέας Δικτύου Μεταφοράς και Δικτύου Διανομής**

Είναι η επέκταση του δικτύου παραγωγής, όπως αναφέρθηκε και στην παράγραφο 2.1.6. Το δίκτυο Διανομής, με την εφαρμογή του έξυπνου δικτύου θα πάρει άλλη μορφή, για να μπορεί να υποστηρίξει αμφίδρομες συνδέσεις, αφού οι καταναλωτές θα είναι σε θέση να παράγουν ενέργεια, όπως φαίνεται στις Εικόνες 12 και 13. [28]



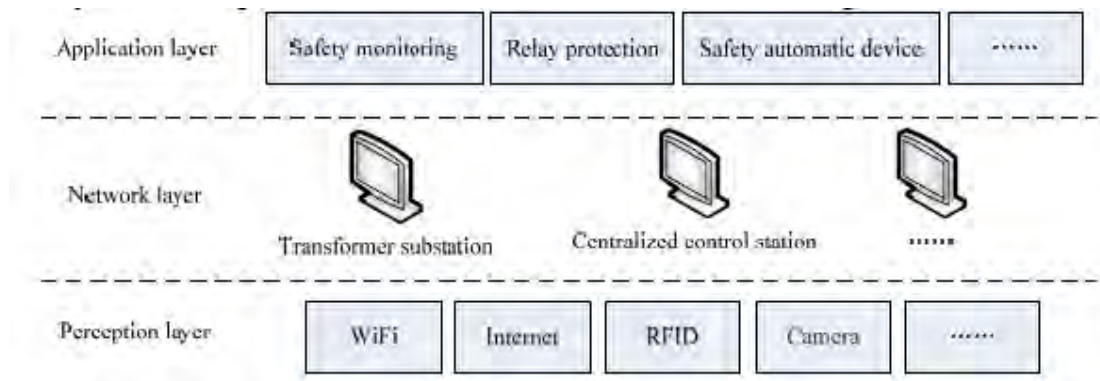
Εικόνα 12 - Απεικόνιση του Δικτύου Μεταφοράς (πηγή: nist.gov)



Εικόνα 13 - Απεικόνιση του Δικτύου Διανομής (πηγή: nist.gov)

2.5.3 Αρχιτεκτονική Smart Grid βασιζόμενη στο IoT

Το Smart Grid αποτελεί μία από τις πιο σημαντικές εφαρμογές του IoT και αντίστροφα. Η τεχνολογία που χρησιμοποιείται στη δικτύωσή του βοηθά σε πολύ σημαντικό βαθμό στην μετάδοση, τον έλεγχο και στον υπολογισμό του συνόλου των πληροφοριών που ανταλλάσσονται μέσα στο δίκτυο. Με την χρήση έξυπνων αντικειμένων και κατάλληλου εξοπλισμού, παρέχεται η δυνατότητα δημιουργίας ενός ενοποιημένου δικτύου πληροφοριών, με σκοπό την ανάλυση των πληροφοριών για την μείωση του κόστους και την βελτίωση της λειτουργίας και της διαχείρισης του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας. Γι' αυτό και είναι σημαντική και η αρχιτεκτονική του Smart Grid βασιζόμενη στο IoT, η οποία χωρίζεται σε τρία επίπεδα: στο επίπεδο αντίληψης (perception layer), στο επίπεδο δικτύου (network layer) και στο επίπεδο εφαρμογής (application layer), όπως φαίνεται στην Εικόνα 14.



Εικόνα 14 - Αρχιτεκτονική του Smart Grid (πηγή: [10])

Τα τρία αυτά επίπεδα αναλύονται παρακάτω ως εξής: [10,12]

- **Perception layer:** Το επίπεδο αντίληψης χωρίζεται σε δύο επιμέρους επίπεδα: το επίπεδο ελέγχου και το επίπεδο επικοινωνίας. Το επίπεδο ελέγχου περιλαμβάνει αισθητήρες, RFID, κάμερες και ετικέτες και άλλα έξυπνα αντικείμενα, μέσω των οποίων γίνεται η συλλογή των πληροφοριών μέσα στο δίκτυο. Το επίπεδο επικοινωνίας είναι συζευγμένο με τα δύο άλλα επίπεδα μέσω τερματικού επικοινωνίας ή με επέκταση του δικτύου. Η τεχνολογία αυτή χρησιμοποιεί οπτικές ίνες ή ασύρματους αισθητήρες, για την παρακολούθηση της γραμμής μεταφοράς ή του ηλεκτρικού εξοπλισμού για τη μετάδοση πληροφοριών.
- **Network layer:** Το επίπεδο δικτύου έχει ως κύριο ρόλο τη μετάδοση κάθε είδους πληροφορίας ανάμεσα στο επίπεδο αντίληψης και στο επίπεδο εφαρμογής. Το επίπεδο δικτύου, στο Smart Grid, λειτουργεί με βάση ένα δίκτυο οπτικών ινών και υποστηρίζεται από το ευρυζωνικό ασύρματο δίκτυο (wireless broadband network) και από το δίκτυο επικοινωνίας φορέα ηλεκτρικής ενέργειας (PLC).
- **Application layer:** Το επίπεδο εφαρμογής αποτελεί το κέντρο εφαρμογών ή το κέντρο ελέγχου του IoT, στο Smart Grid. Οι εφαρμογές του IoT, που χρησιμοποιούνται στο SG, λαμβάνουν μέρος στην παραγωγή και στη διαχείριση ενέργειας και πληροφοριών. Με τη χρήση των ΤΠΕ καθίσταται δυνατή η ανάλυση και η επεξεργασία των δεδομένων και ταυτόχρονα επιτυγχάνεται έξυπνη λήψη αποφάσεων, με σκοπό την βελτίωση του επιπέδου εφαρμογής στο «έξυπνο δίκτυο».

2.5.3 Εφαρμογές του IoT στο Smart Grid

Το «έξυπνο δίκτυο» έχει πετύχει ευρεία υιοθέτηση πληροφοριών ανίχνευσης, μετάδοσης και επεξεργασίας, και τώρα η τεχνολογία του IoT διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην κατασκευή του. Η τεχνολογία του IoT παρέχει διαδραστική σύνδεση δικτύου, σε πραγματικό χρόνο, στους χρήστες και στις συσκευές μέσω διαφόρων τεχνολογιών επικοινωνίας, με εξοπλισμό ισχύος μέσω διαφόρων έξυπνων συσκευών IoT και με τη συνεργασία, που απαιτείται για την πραγματοποίηση, σε πραγματικό χρόνο, αμφίδρομη και ταχύτατη κοινή χρήση δεδομένων, σε διάφορες εφαρμογές, βελτιώνοντας μ' αυτό τον τρόπο τη συνολική απόδοση ενός έξυπνου δικτύου. Η εφαρμογή του IoT στα έξυπνα δίκτυα, μπορεί να κατηγοριοποιηθεί σε 3 τύπους. Πρώτον το IoT εφαρμόζεται στην ανάπτυξη διαφόρων έξυπνων συσκευών IoT με σκοπό την παρακολούθηση της κατάστασης του εξοπλισμού. Δεύτερον, το IoT χρησιμοποιείται για τη συλλογή πληροφοριών του εξοπλισμού, με τη βοήθεια συνδεδεμένων έξυπνων συσκευών IoT, μέσω διαφόρων τεχνολογιών επικοινωνίας. Και τρίτον, το IoT εφαρμόζεται στον έλεγχο του έξυπνου δικτύου μέσω διεπαφών εφαρμογής.

Οι συσκευές ανίχνευσης IoT αποτελούνται από ασύρματους αισθητήρες, RFIDs, M2M(machine-to-machine), κάμερες, υπέρυθρους αισθητήρες, σαρωτές λέιζερ, GPS και διάφορες συσκευές συλλογής δεδομένων. Η εύρεση πληροφοριών σ' ένα έξυπνο δίκτυο, μπορεί να επωφεληθεί σημαντικά και να βελτιωθεί από την τεχνολογία του IoT. Το IoT παίζει σημαντικό ρόλο στην υποδομή ανάπτυξης εύρεσης και μετάδοσης δεδομένων στο έξυπνο δίκτυο, βοηθώντας στην κατασκευή του δικτύου, στη λειτουργία, στην ασφάλεια, στη διαχείριση, στη συντήρηση, στην ασφαλή επιτήρηση, στη συλλογή πληροφοριών, στη μέτρηση, αλλά και στην αλληλεπίδραση μεταξύ των χρηστών κλπ. Επιπλέον, το IoT επιτρέπει την ενσωμάτωση ροής πληροφοριών, ισχύος και διανομής σ' ένα έξυπνο δίκτυο. [9]

Ένα έξυπνο δίκτυο περιλαμβάνει τέσσερα κύρια υποσυστήματα: την παραγωγή, τη μετάδοση, τη διανομή και τη χρήση ενέργειας. Το IoT μπορεί να εφαρμοστεί σε όλα αυτά τα υποσυστήματα και εμφανίζεται ως μια πολλά υποσχόμενη λύση για τη βελτίωσή τους, που μπορεί να αποτελέσει το στοιχείο-κλειδί για ένα έξυπνο δίκτυο. Στον τομέα της παραγωγής ενέργειας, το IoT μπορεί να βοηθήσει στην παρακολούθηση και στον έλεγχο της κατανάλωσης της ενέργειας, των μονάδων, του εξοπλισμού, των εκπομπών αέριων

ρύπων, αλλά και στην πρόβλεψη χρήσης/παραγωγής ενέργειας, στην αποθήκευση και στη σύνδεση ενέργειας καθώς και στη διαχείριση διανεμημένων σχεδίων ενέργειας, αντλιοστασίων, αιολικής ενέργειας, βιομάζας και φωτοβολταϊκών σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Στον τομέα της μετάδοσης, το IoT μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παρακολούθηση και τον έλεγχο γραμμών μεταφοράς και υποσταθμών, αλλά και για την προστασία του πύργου μετάδοσης. Στον τομέα της διανομής, το IoT μπορεί να συμβάλει στην κατανομημένη αυτοματοποίηση, αλλά και για τη διαχείριση εργασιών και εξοπλισμού. Στον τομέα της χρήσης, το IoT μπορεί να φανεί χρήσιμο σε διάφορες εφαρμογές στα «Έξυπνα σπίτια», στην αυτόματη ανάγνωση μετρητών, στη φόρτιση και στην εκφόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων, στη συλλογή πληροφοριών για την κατανάλωση ενέργειας οικιακών συσκευών, στον έλεγχο φορτίου ισχύος, στην παρακολούθηση και στη διαχείριση ενεργειακής απόδοσης, στη διαχείριση ζήτησης της ενέργειας και στην κατανάλωση πολλαπλών δικτύων. [29]

2.6 Energy Internet

2.6.1 Τι είναι το Internet Of Energy (IoE)

Το «Internet of Energy (IoE)» είναι ένα παρακλάδι του «Internet of Things (IoT)», της καινούργιας τεχνολογίας, που έχει ήδη αρχίσει να αναπτύσσεται στο χώρο της βιομηχανίας και η οποία δημιουργεί «έξυπνα» συστήματα μέσω της αλληλοσύνδεσης και της αλληλολειτουργίας συσκευών, όπως φαίνεται στην Εικόνα 15. Συγκεκριμένα, το «Internet of Energy» χρησιμοποιεί «έξυπνους» αισθητήρες, οι οποίοι μετρούν την ενεργειακή απόδοση σε πραγματικό χρόνο και παρέχουν αναλύσεις και στοιχεία. Οι αισθητήρες και οι συσκευές λειτουργούν συνδυαστικά με αποτέλεσμα να στέλνουν και να λαμβάνουν πληροφορίες, δημιουργώντας μ' αυτό τον τρόπο ενημερωμένα και ολοκληρωμένα συστήματα. Κύριος σκοπός του διαδικτύου της ενέργειας είναι να βελτιστοποιήσει την αποδοτικότητα της ενεργειακής υποδομής και να μειώσει τη σπατάλη. Η ανώφελη δαπάνη αποτελεί ένα μεγάλο πρόβλημα, κυρίως στον τομέα της ανανεώσιμης ενέργειας. Πολλές εταιρείες και επιχειρήσεις έχουν αρχίσει να εφαρμόζουν την τεχνολογία του διαδικτύου στην παραγωγή, στη μετάδοση ή στην κατανάλωση ενέργειας.



Εικόνα 15 - Internet Of Energy (πηγή: google.gr)

2.6.2 Παράδειγμα

Παράδειγμα αποτελεί η αλυσίδα ξενοδοχείων "Marriott Hotels" που συνέδεσε μια μονάδα μεταγωγής στα κλιματιστικά της. Όταν υπάρχει μεγάλη ζήτηση, στέλνει μήνυμα στο ξενοδοχείο Marriott, αν είναι πρόθυμο να υποστεί πτώση ισχύος. Εάν το ξενοδοχείο συμφωνήσει, τα κλιματιστικά απενεργοποιούνται από απόσταση και οι πελάτες δεν θα παρατηρήσουν τη μικρή αύξηση της θερμοκρασίας. Σύμφωνα με υπολογισμούς, αν αυτό γινόταν σε ολόκληρη την αλυσίδα των ξενοδοχείων, θα εξοικονομούσαν περίπου 700.000 λίρες ετησίως. Ακόμη και ένας απλός καταναλωτής θα μπορούσε να εξοικονομήσει χρήματα και να μην φορτώσει και άλλο το δίκτυο σε ώρες αιχμής. Με το να συνδέσει ένα πλυντήριο με το διαδίκτυο, θα μπορούσε αυτό να ενεργοποιηθεί, μόνο αν υπήρχε επαρκής ηλιακή ενέργεια. [30]

2.6.3 Προβλήματα που μπορούν να λυθούν από το IoE

Ο Kedrik Neite που είναι διευθύνων σύμβουλος της Siemens σε μια συνέντευξη που έδωσε στις 28 Φεβρουαρίου του 2018 ανέφερε τους πέντε λόγους που θα πρέπει να μετατραπεί το δίκτυο σε ενεργειακό. Μεταξύ άλλων ανέφερε τα παρακάτω:

Βρισκόμαστε στον 21ο αιώνα και οι αλλαγές που έχουν πραγματοποιηθεί αφορούν από τη μια την εξέλιξη του διαδικτύου και από την άλλη την στροφή στη χρησιμοποίηση των ΑΠΕ (Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας), εφόσον από το 2015 υπάρχει μια δέσμευση ότι μέχρι το 2100 πρέπει να καταργηθούν τα ορυκτά καύσιμα. Από τη στιγμή όμως που εμφανίστηκε το διαδίκτυο των πραγμάτων (Internet of Things) και υπάρχουν και οι προηγούμενες αλλαγές, είναι φανερό ότι οδηγούμαστε στο διαδίκτυο της ενέργειας (Internet of Energy). Το παλιό σύστημα ενέργειας καταργείται και τη θέση του καταλαμβάνουν εκατομμύρια μικρές μονάδες παραγωγής ενέργειας όπως είναι οι ανεμογεννήτριες, τα ηλιακά συστήματα και άλλα, με σκοπό τη μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα. Στη συνέχεια ανέφερε και πέντε λόγους, για τους οποίους πρέπει να μετατραπούν τα παλιά ηλεκτρικά δίκτυα σε διαδίκτυα ενέργειας. Επίσης αξίζει να σημειωθεί, ότι στην αναφορά που γίνεται παρακάτω, υπάρχουν εκτός από τα στοιχεία που δίνει ο διευθύνων σύμβουλος της Siemens και πρόσφατες προβλέψεις της Gartner και της Ericsson.

- **Ο πρώτος λόγος είναι η παγκόσμια ζήτηση για ηλεκτρική ενέργεια**

Σύμφωνα με μια μελέτη που ανέλαβαν να πραγματοποιήσουν τα Ηνωμένα Έθνη, διαπιστώθηκε δυστυχώς, ότι στις υπανάπτυκτες χώρες ζουν περισσότεροι από 1 δισεκατομμύριο άνθρωποι, που δεν έχουν πρόσβαση στο ηλεκτρικό ρεύμα και ότι θα υπάρξει μεγάλο πρόβλημα, αν όλοι αυτοί ζητήσουν να καταναλώνουν ενέργεια. Εξάλλου, αν ληφθούν υπ' όψη από τη μια, τα επίσημα στοιχεία της συνεχούς αύξησης του παγκόσμιου πληθυσμού, αλλά και της κατανάλωσης της ενέργειας από ορυκτά καύσιμα, γεγονός που θα έχει ως συνέπεια την υπερθέρμανση του πλανήτη και την αύξηση των εκπομπών ρύπων από τα διαρκώς περισσότερα κινούμενα αυτοκίνητα. Αλλά και από την άλλη αν σκεφτεί κανείς την εξάπλωση των υπολογιστών, των τηλεφώνων, και άλλων συσκευών, θα γίνει αντιληπτό πως όλα αυτά συνηγορούν στο ότι πρέπει πια να οδηγηθούμε στη διαδικτυακή ενέργεια.

- **Ένας δεύτερος λόγος είναι ότι τα ηλεκτρικά δίκτυα δεν επαρκούν.**

Το πρόβλημα δημιουργείται όταν ενσωματώνονται στο σύστημα περισσότερες μονάδες όπως π.χ. είναι οι ηλιακοί συλλέκτες και άλλες. Αναφέρεται ότι το γερμανικό δίκτυο παρά το ότι θεωρείται πως είχε 100% διαθεσιμότητα ωστόσο όταν έγινε η

μετάβαση στις ανανεώσιμες μορφές ενέργειας, άρχισαν να υπάρχουν διακυμάνσεις στο σύστημα παροχής, το οποίο επηρεάστηκε σημαντικά και θα έπρεπε να δημιουργηθούν φορείς που θα έπρεπε να παρεμβαίνουν στο δίκτυο, με σκοπό την αποκατάστασή του. Αυτές βέβαια οι παρεμβάσεις πληρώνονταν από τους χρήστες μαζί με το λογαριασμό κατανάλωσής τους.

- **Ένας τρίτος λόγος είναι ότι την αξιόπιστη παροχή τη εξασφαλίζουν τα «έξυπνα δίκτυα»**

Με την ψηφιακή τεχνολογία, τα «έξυπνα δίκτυα» θα φέρουν σε επικοινωνία τους παραγωγούς με τους καταναλωτές της ενέργειας ,με αποτέλεσμα να γίνει περισσότερο αξιόπιστο το δίκτυο ,στην αγορά και πώληση της ενέργειας Τέλος, σημειώνεται ότι η ψηφιοποίηση αυξάνει την ανταγωνιστικότητα των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. Στη Γερμανία εγκρίθηκαν προσφορές για την κατασκευή των πρώτων παράκτιων αιολικών πάρκων που θα εξαρτώνται εξ ολοκλήρου από τις τιμές της αγοράς της ηλεκτρικής ενέργειας και όχι από την υποστήριξη της κυβέρνησης και των επιδοτήσεων. Αυτό ήταν δυνατό χάρη στην αύξηση της αποτελεσματικότητας μέσω της ψηφιοποίησης.

- **Ο τέταρτος λόγος είναι η ασχολία με τα υπέρογκα δεδομένα.**

Είναι λογικό, ότι από τη στιγμή που αυξάνονται υπερβολικά οι συνδεδεμένες συσκευές και θα εξακολουθούν βεβαίως να πληθαίνουν με αλόγιστους ρυθμούς θα πολλαπλασιάζονται με τον ίδιο ρυθμό και τα δεδομένα. Όμως, το ζητούμενο είναι η καλύτερη αξιοποίηση των δεδομένων, με απώτερο σκοπό την αξιοποίηση των συστημάτων.

- **Ο πέμπτος λόγος είναι η τεχνητή νοημοσύνη και ο κβαντικός υπολογισμός.**

Πρόκειται για δυο νέες πρωτοποριακές τεχνολογίες, με τις οποίες μπορούμε να εκμεταλλευτούμε τον τεράστιο όγκο των δεδομένων, για καθαρότερη ενέργεια, κάτι που δεν μπορεί να γίνει με τις συμβατικές τεχνολογίες. Όσον αφορά την τεχνητή νοημοσύνη, είναι η μόνη που μπορεί να μετατρέψει τον ενεργειακό τομέα επειδή μπορεί να εκτελεί ανθρωπομορφικά έργα.

Η κβαντική υπολογιστική βασίζεται σε λειτουργικές αρχές των ιδιοτήτων της κβαντικής θεωρίας. Μ' αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται αποθήκευση και επεξεργασία τεράστιων δεδομένων.

Σύμφωνα με τα παραπάνω καταλήγουμε στο ότι το ηλεκτρικό δίκτυο πρέπει και οφείλει να μετατραπεί σε ένα ενεργειακό δίκτυο για όλους. Γιατί σε ένα τέτοιο δίκτυο το περίσσειμα της ηλεκτρικής ενέργειας θα μετατρέπεται από τη μια μορφή ενέργειας σε άλλη και επομένως θα υπάρχουν νέες πηγές και τα διαφαινόμενα και προαναφερθέντα οφέλη στο διαδίκτυο της ενέργειας θα είναι τεράστια. [31]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗΣ ΤΠΕ ΣΤΑ ΣΗΕ

3.1 Καθορισμός προκλήσεων

Η ανάπτυξη και η ενσωμάτωση των Τεχνολογιών Πληροφοριών και Επικοινωνίας (ΤΠΕ) στο κλασικό ΣΗΕ, με σκοπό την δημιουργία ενός έξυπνου δικτύου μέσω της χρήσης έξυπνων "αντικειμένων", μπορεί να θεωρηθεί ως ένα από τα μεγαλύτερα δίκτυα IoT. Αυτό το έξυπνο δίκτυο σε συνδυασμό με την χρησιμοποίηση όλων αυτών των τεχνολογιών, προσφέρει πολλά σε διάφορους τομείς, αρχίζοντας από τον πάροχο-δίκτυο και φτάνοντας μέχρι τον τελικό χρήστη-καταναλωτή. Παρόλα αυτά, έχουν γεννηθεί και αρκετές προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπιστούν, με μεγαλύτερες από αυτές: το θέμα της ασφάλειας, της ιδιωτικότητας και της επικοινωνίας. Αρκετές από αυτές τις προκλήσεις φαίνεται ότι δημιουργούν εμπόδια στην κινητοποίηση του τελικού χρήστη, όσο αφορά την ανάπτυξη, την υιοθέτηση και την αφοσίωσή του μέσα στο έξυπνο δίκτυο και στις εφαρμογές του.

Το «έξυπνο δίκτυο» δημιουργεί πολλές ανησυχίες, σχετικά με την ασφάλεια και την ιδιωτικότητα του συστήματος. Επειδή οι πελάτες μοιράζονται πολλές πληροφορίες, για τον τρόπο που χρησιμοποιούν την ενέργεια, είναι αναπόφευκτο να βρίσκονται ανά πάσα στιγμή σε κίνδυνο από αυτούς που παραμονεύουν να παραβιάσουν την ιδιωτικότητα και να γίνεται διαρροή πληροφοριών οποιασδήποτε φύσης. Ακόμη και οι καταναλωτές που είναι συνδεδεμένοι με ένα δίκτυο «έξυπνων μετρητών», κινδυνεύουν από διάφορες παράνομες επιθέσεις, μέσα από αυτό το δίκτυο. Για αυτούς τους λόγους το ζητούμενο είναι να προκύψουν, όσο το δυνατόν νέα δεδομένα που θα φροντίζουν για τη μείωση ανεπιθύμητων ενεργειών, προκειμένου να αυξηθεί η ασφάλεια της χρησιμοποίησής τους και το απαραβίαστο της ιδιωτικής ζωής.

Θέματα ασφάλειας και ιδιωτικότητας

Το μεγαλύτερο πρόβλημα έχει να κάνει με τη χρήση έξυπνων αντικειμένων, όπως είναι οι έξυπνοι μετρητές, που είναι ευάλωτος στόχος για hackers και κακόβουλα λογισμικά, που μπορούν να πάρουν κατευθείαν τα κόστη της ενέργειας, να τα διαχειριστούν, αλλά

και να παραβιάσουν συστήματα και να φτιάξουν νέα, που θα διαβάζουν ή θα αλλάζουν τα δεδομένα των παραπάνω μετρητών και των συστημάτων συσκευών IoT. Επίσης μπορούν να στέλνουν μηνύματα που δεν ισχύουν στα συστήματα μέσα στα σπίτια ή στις επιχειρήσεις και να κατασκοπεύουν ή και να εκβιάζουν τα θύματά τους. Όσες περισσότερες συσκευές μπορούν να ελέγχουν τόσο μεγαλύτερος θα είναι και ο όγκος των άχρηστων δεδομένων που θα διανέμουν.

Με τον τρόπο αυτό όμως μπορεί να χαθούν τεράστια χρηματικά ποσά όπως δείχνει σύμφωνα με μια έρευνα που διεξήχθη στην Αμερική ότι οι πάροχοί της έχασαν 6 δισεκατομμύρια δολάρια, από την εξαπάτηση καταναλωτών στο ηλεκτρικό δίκτυο. Επίσης άλλος τρόπος παραβίασης ενδέχεται να προέρχεται από τους ίδιους τους χρήστες. Εκείνοι μπορούν να βάλουν π.χ. έναν παραδοσιακό προηγούμενης γενιάς μετρητή με τέτοιο τρόπο ώστε να γυρίζει πίσω ο μετρητής αντί να πηγαίνει μπροστά ή και να επινοήσουν άλλους τρόπους προκειμένου να μην αφήνουν να μετριέται σωστά η ηλεκτρική κατανάλωση. Τέλος, είναι δυνατόν να ελέγχουν τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές και να στέλνουν ιούς και κάθε είδους "ασθένεια" του διαδικτύου, προκειμένου να τροποποιούν τα αντίγραφα, να διαγράφουν δεδομένα και να εκμεταλλεύονται την ηλεκτρική ενέργεια και τα κόστη της και να λαμβάνονται λανθασμένες αποφάσεις κι όλα αυτά μέσω των έξυπνων μετρητών.

Ένα ακόμη τεράστιο πρόβλημα που υφίσταται, είναι η ιδιωτικότητα του πελάτη και οι όποιες συνέπειες συνεπάγονται από την παραβίασή της. Η χρήση ενέργειας του κάθε καταναλωτή, καταγράφεται και αποθηκεύεται στους «έξυπνους μετρητές». Στη συνέχεια, κατά τη διανομή της γνωστοποιούνται κάποιες πληροφορίες, σχετικές με την κατανάλωση, οι οποίες όμως εκθέτουν τους πελάτες. Η διανομή των πληροφοριών, σχετικά με την καταναλωτική συμπεριφορά, μπορεί να γίνει ή στις υπηρεσίες κοινής ωφέλειας ή οι πελάτες να είναι εν γνώσει τους εγγεγραμμένοι στην υπηρεσία «Google Power Meter», η οποία επεξεργάζεται στατιστικά στοιχεία χρήσης της ηλεκτρικής ενέργειας από «έξυπνους μετρητές». Όλα τα προαναφερθέντα στοιχεία είναι εύκολο να διαρρεύσουν και να φτάσουν στα χέρια ανθρώπων, που είναι αναρμόδιοι. [26,32]

Μέσα στο ίδιο πλαίσιο, σύμφωνα με τους Chakib [9] και Biao, Lv, & Pan [10], κάποια θέματα ασφάλειας και ιδιωτικότητας, αφορούν τα παρακάτω:

- 1) Skimming (Υποκλοπή),** πρόκειται για υποκλοπή πληροφοριών που μεταδίδονται μέσα στο δίκτυο.
- 2) Eavesdropping (Υποκλοπή Δεδομένων),** είναι δυνατόν να παραβιαστούν προσωπικά δεδομένα των χρηστών του Smart Grid, αποσπώντας πληροφορίες για την ενεργειακή κατανάλωση του εκάστοτε χρήστη, διότι ο συχνότερος τρόπος ανταλλαγής πληροφοριών γίνεται μέσω δημόσιων δικτύων που διαθέτουν χαμηλά επίπεδα ασφάλειας.
- 3) Impersonation/Identity Spoofing (Πλαστοπροσωπία),** αφορά την απόκτηση πληροφοριών σχετικά με την ταυτότητα κάποιου χρήστη, με σκοπό την εξαπάτηση και την χρέωση των ενεργειακών καταναλώσεων του πραγματικού χρήστη στα στοιχεία αυτά.
- 4) Data Tampering (Αλλοίωση δεδομένων),** σχετίζεται με την τροποποίηση ανταλλασσόμενων δεδομένων από κακόβουλους χρήστες, όπως είναι η μείωση της τιμής χρήσης του ηλεκτρισμού, παραποιώντας την επίσημη κοστολόγηση, κατά τη διάρκεια της περιόδου υψηλής ζήτησης-κατανάλωσης, με αποτέλεσμα την υπερφόρτωση του δικτύου, λόγω της μεγαλύτερης κατανάλωσης, που θα δημιουργηθεί.
- 5) Authorization and Control Access issues (Εξουσιοδότηση και έλεγχος πρόσβασης),** επειδή το μεγαλύτερο μέρος των συσκευών που αποτελούν το Smart Grid, παρακολουθούνται και ρυθμίζονται απομακρυσμένα, υπάρχει μεγάλος κίνδυνος για μια μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση στις συσκευές αυτές, και συνεπώς στο δίκτυο, με άμεσα αποτέλεσμα την απειλή για κακόβουλες διακοπές ρεύματος και καταστροφή κάποιων από αυτές τις συσκευές.
- 6) Compromising and Malicious code (Εκθεση σε κακόβουλο κώδικα),** επειδή όλα τα αντικείμενα μέσα στο έξυπνο δίκτυο χρησιμοποιούν διαφορετικά είδη λογισμικών, είναι πιο εύκολο να παραβιαστούν από κακόβουλα λογισμικά και να δημιουργήσουν αρκετά προβλήματα, όπως αναφέραμε και παραπάνω. [9,10]

Επιπρόσθετα ο Chakib [9] θέτει και τα παρακάτω θέματα :

- 1. Privacy issues (Ιδιωτικότητα),** οι έξυπνες συσκευές και μετρητές μπορούν να παρέχουν αρκετές πληροφορίες για τον τελικό χρήστη, πέρα από την κατανάλωση. Αυτό θα οδηγήσει στην παραβίαση της ιδιωτικότητας του χρήστη και των

καθημερινών του συνηθειών, προδίδοντας ακόμα και τις ώρες απουσίας του από το σπίτι, με όλα τα δυσάρεστα επακόλουθα, που μπορεί αυτό να συνεπάγεται.

2. Availability and DoS issues (Διαθεσιμότητα και DoS), στο κλασσικό δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας ήταν δύσκολο να πραγματοποιηθεί κάποιου είδους επίθεση στα αντικείμενα, όπως είναι οι ηλεκτρικοί μετρητές, οι υποσταθμοί κλπ. Αλλά η ενσωμάτωση των ΤΠΕ στο Smart Grid, το καθιστά ευάλωτο σε πιθανές επιθέσεις, διότι οι περισσότερες συσκευές διαθέτουν IP και δεν χρησιμοποιούν κοινά πρωτόκολλα επικοινωνίας. Όλο αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μερική ή ολοκληρωτική μη διαθεσιμότητα του δικτύου, εξαιτίας της επίθεσης DoS (Denial of Service).

3. Cyber attack (Ηλεκτρονική Επίθεση), επειδή με τη δημιουργία του Smart Grid, όλα τα αντικείμενα που το απαρτίζουν, είναι συνδεδεμένα στο διαδίκτυο, αυτό έχει ως αποτέλεσμα αυτά να είναι πιο επιρρεπή σε μια πιθανή επίθεση από χάκερς. Η δυνατότητα σύνδεσης όλων των αντικειμένων του SG όπως είναι οι μετασχηματιστές, οι διακόπτες, οι έξυπνοι μετρητές κλπ) στο internet, το καθιστούν ως το μεγαλύτερο CPS (Cyber Physical System). [9]

Από την άλλη μεριά οι Βίαιο, Lv, &Pan [10] στη συνέχεια των παραπάνω, θέτουν και κάποιες προκλήσεις, που αφορούν το μεσαίο αλλά και το βασικό στάδιο ανάπτυξης του IoT και κατ' επέκταση του Smart Grid, οι οποίες θα βοηθήσουν στην επίλυση κάποιων από τα τα παραπάνω θέματα ασφάλειας, Αυτά είναι:

- Η δημιουργία ενιαίου συστήματος ασφαλείας.
- Η εξασφάλιση ενιαίου τύπου ανάγνωσης και μεταφοράς πληροφοριών.
- Η δημιουργία ενός συστήματος αυτοθεραπείας (self-healing), σε περίπτωση έλλειψης σύνδεσης ή καταστροφής εξοπλισμού.
- Η εξασφάλιση της διάκρισης και της αποδοχής, του εκάστοτε έξυπνου αντικειμένου από το δίκτυο, με σκοπό την ασφαλή και αξιόπιστη μετάδοση πληροφοριών. [10]

Σε μία πιο αναλυτική προσέγγιση ο Chakib [9] λαμβάνοντας υπόψη την πολυμορφία των αλγορίθμων και των πρωτοκόλλων, που διαμορφώνουν το Smart Grid ,αναφέρει και αυτός κάποιες προκλήσεις, που θα βελτιώσουν την ασφάλεια του. Κάποιες από αυτές είναι οι παρακάτω:

- **Scalability (Επεκτασιμότητα)**, αφορά τη δυνατότητα επέκτασης του έξυπνου δικτύου και των αντικειμένων του, χωρίς περιορισμούς με σκοπό την κάλυψη ευρύτερης περιοχής ή ακόμα και ολόκληρης χώρας.
- **Mobility (Κινητικότητα)**, σχετίζεται με τη χρήση κινητών συσκευών και αντικειμένων, που δημιουργούν την ανάγκη συνεχούς πιστοποίησης και ασφαλούς επικοινωνίας σε ένα μεταβαλλόμενο περιβάλλον.
- **Deployment (Ανάπτυξη)**, πρόκειται για τη δυνατότητα ανίχνευσης οποιασδήποτε προσπάθειας παραβίασης μέσα στο έξυπνο δίκτυο, διότι τα αντικείμενα και οι συσκευές που το αποτελούν, αναπτύσσονται σε μεγάλη κλίμακα χωρίς επίβλεψη ή οποιαδήποτε προστασία.
- **Legacy systems (Συστήματα παλαιού τύπου)**, αναφέρεται στη δυνατότητα ενσωμάτωσης παλαιότερων συστημάτων ή συσκευών, ήδη εγκατεστημένων στο 5G που βασίζεται στο IoT. Τέτοια συστήματα τείνουν να έχουν μικρή ή και καθόλου ασφάλεια, επειδή αναπτύχθηκαν μεμονωμένα χωρίς επικοινωνία ή με επικοινωνία ιδιωτικής υποδομής. Η ενσωμάτωσή τους αποτελεί μία μεγάλη πρόκληση εφόσον και η αντικατάστασή τους από νέα ασφαλή συστήματα στις περισσότερες περιπτώσεις, είναι ανέφικτη.
- **Constrained Resources (Περιορισμένοι πόροι)**, έχει σχέση με τη δυνατότητα ανάπτυξης λύσεων σε θέματα ασφαλείας, λαμβάνοντας υπόψη ότι οι περισσότερες συσκευές / έξυπνα αντικείμενα, που χρησιμοποιούνται από το 5G, έχουν περιορισμένους πόρους, οπότε καθιστούν την εφαρμογή κλασικών λύσεων, σε θέματα ασφαλείας, μια πρόκληση.
- **Heterogeneity (Ετερογένεια)**, είναι η δυνατότητα επίτευξης ασφαλούς επικοινωνίας μεταξύ ετερογενών συστημάτων / συσκευών, αναφορικά με τους πόρους όπως είναι η μνήμη, ο υπολογισμός, το εύρος ζώνης, η ενεργειακή αυτονομία, η ευαισθησία χρόνου και άλλα, αλλά και αναφορικά με τα πρωτόκολλα επικοινωνίας που χρησιμοποιούν.
- **Interoperability (Διαλειτουργικότητα)**, πρόκειται για τη δυνατότητα επικοινωνίας, ανάμεσα σε δύο συσκευές, που αν και χρησιμοποιούν τα ίδια πρωτόκολλα και στοίβα επικοινωνίας, έχουν διαφορετικές δυνατότητες χαρακτηριστικών: η μία συσκευή μπορεί να υποστηρίξει πλήρως και η άλλη μερικώς (πρώην DTLS με / χωρίς υποστήριξη πιστοποιητικών)

- **Bootstrapping (Εκκίνηση)**, αναφέρεται στη δυνατότητα εκκίνησης των εκατομμυρίων συσκευών / αντικειμένων, που απαρτίζουν το SG χρησιμοποιώντας τα κατάλληλα αρχικά κλειδιά, όπως είναι τα κρυπτογραφικά κλειδιά, οι κρυπτογραφικές λειτουργίες / αλγόριθμοι και οι παράμετροι κλπ.
- **Trust Management (Διαχείριση εμπιστοσύνης)**, αφορά τη δυνατότητα δημιουργίας σχέσης εμπιστοσύνης μεταξύ συστημάτων / συσκευών / αντικειμένων που διαχειρίζονται διαφορετικές οντότητες όπως είναι οι τελικοί χρήστες για έξυπνες συσκευές, οι χειριστές SG για έξυπνους μετρητές οι αισθητήρες κλπ.
- **Latency / Time Constraint (Καθυστέρηση / Περιορισμός χρόνου)**, σχετίζεται με τη δυνατότητα απόκρισης σε πραγματικό χρόνο στα γεγονότα και στα μηνύματα, αποφεύγοντας χρονοβόρες λειτουργίες δηλ. λειτουργίες δημόσιου κλειδιού. Η απόκριση πχ του ηλεκτρικού συστήματος SCADA 8 που χρησιμοποιείται στους υποσταθμούς μετάδοσης και διανομής, θα πρέπει να πραγματοποιείται σε πραγματικό χρόνο, για κάθε μεταβολή των τιμών ρεύματος, τάσης ή συχνότητας του ηλεκτρικού ρεύματος συμπεριλαμβάνοντας και τις άλλες μετεωρολογικές παραμέτρους (αισθητήρες, ενεργοποιητές κ.λπ.), διατηρώντας όμως τα ασφαλή στοιχεία και αποφεύγοντας τη διάδοση ανωμαλιών (υπερφόρτωση ή διακοπή ισχύος) σε άλλα μέρη του ηλεκτρικού δικτύου. [9]

Θέματα επικοινωνίας

Σύμφωνα με τους Tsampasis & et al. [20] και το Ινστιτούτο Έρευνας Ηλεκτρικής Ισχύος (EPRI), η ασφάλεια είναι μια μεγάλη πρόκληση που χρειάζεται να αντιμετωπιστεί για τη δημιουργία ενός «έξυπνου δικτύου». Το δίκτυο αυτό, πρέπει να είναι σε θέση να αντιμετωπίσει όχι μόνο σχεδιασμένες επιθέσεις από εξωτερικούς παράγοντες, αλλά και τα λάθη των χρηστών, τις φυσικές καταστροφές και τις αστοχίες του εξοπλισμού. Πολύ σημαντικό στοιχείο είναι και η επικοινωνία. Επιτακτική ανάγκη αποτελεί η διασφάλιση της ποιότητας στις υπηρεσίες παραγωγής, μεταφοράς και διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας από τους σταθμούς παραγωγής μέχρι τους καταναλωτές.

Ένα άλλο σημαντικό ζήτημα, είναι αυτό του απορρήτου των δεδομένων. Λόγω της αποθήκευσης δεδομένων και πληροφοριών στον έξυπνο μετρητή, καταγράφονται οι συνήθειες των χρηστών του έξυπνου δικτύου και μ' αυτόν τον τρόπο δημιουργείται η ανάγκη της προστασίας της ιδιωτικής ζωής των ανθρώπων. Η ιδιωτική ζωή είναι

διαφορετική για τον καθένα χρήστη του έξυπνου δικτύου και δεν μπορούμε να πούμε ότι υπάρχει μία συγκεκριμένη κατηγορία ιδιωτικής ζωής, αλλά μπορούμε να την κατηγοριοποιήσουμε σε τέσσερις τύπους. Αυτοί είναι:

- Η Προστασία Προσωπικών Δεδομένων, η ιδιωτικότητα του σώματος και της περιοχής του χρήστη.
- Η διαφύλαξη του Απορρήτου Πληροφοριών, η προστασία από τη διαρροή πληροφοριών στα μέσα ενημέρωσης.
- Το Απόρρητο του Οργανισμού, περιλαμβάνει την προστασία πληροφοριών, σχετικά με μελλοντικά προϊόντα, το πελατολόγιο, τα στατιστικά στοιχεία κέρδους και άλλα.
- Η Πνευματική Προστασία, αφορά την πνευματική φύση του ανθρώπου και τη διάνοιά του.

Η **ακεραιότητα** συνιστά μία ακόμα πρόκληση για την ασφάλεια ενός υπολογιστή ή ενός δικτύου. Με την παραβίαση της ακεραιότητας, μπορεί να δημιουργηθούν προβλήματα στον εξοπλισμό ή ακόμα και στους χρήστες. Για το λόγο αυτό, πρόσβαση στο δίκτυο πρέπει να έχουν μόνο εξουσιοδοτημένα άτομα και συστήματα. Δύο βασικές πτυχές για το σχεδιασμό της ασφάλειας των υπολογιστών και των δικτύων είναι η ακεραιότητα της κυβέρνησης και της βιομηχανίας.

Τέλος, μία από τις πιο σημαντικές απαιτήσεις ενός συστήματος είναι η **αξιοπιστία**. Τα περισσότερα προβλήματα αξιοπιστίας στο δίκτυο τα προκαλούν:

- Η εξέλιξη της ήδη παλιάς υποδομής σε πιθανή αναβάθμιση του συστήματος.
- Η αύξηση της ζήτησης ενέργειας.
- Η αύξηση της κατανάλωσης. [20]

Ο Yan [19] αναφέρει, ότι υπάρχουν τέσσερις σημαντικές προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπιστούν σε ένα «έξυπνο δίκτυο». Οι προκλήσεις αυτές αφορούν την πολυπλοκότητα, την αποδοτικότητα, την αξιοπιστία και την ασφάλεια.

- **Η Πολυπλοκότητα:** Τα συστήματα επικοινωνίας ενός «έξυπνου δικτύου», είναι αρκετά πολύπλοκα και συχνά παρουσιάζονται προβλήματα στο σχεδιασμό και στην ανάλυσή του. Ένα τέτοιο σύστημα πρέπει να σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορεί να αντιμετωπίσει τυχόν προβλήματα και να είναι σε θέση να τα λύσει.

Οι προκλήσεις στο σχεδιασμό της πολυπλοκότητας ενός έξυπνου δικτύου συνοψίζονται παρακάτω:

- 1. Η ανάγκη υποστήριξης πολυφασικής προσέγγισης:** Τα συστήματα είναι έτσι διασυνδεδεμένα, ώστε να μην είναι δυνατόν να προσομοιώσουν απλά το ηλεκτρικό υποσύστημα.
 - 2. Η ανάγκη για υποστήριξη της επιστημονικής προσέγγισης πολλών επιστημόνων:** Διαφορετικοί άνθρωποι θα πρέπει να δουλεύουν πάνω στο ίδιο αντικείμενο αλλά σε άλλο τομέα, όπως είναι ο έλεγχος, η ροή ισχύος, οι επικοινωνίες.
 - 3. Η ανάγκη υποστήριξης του δυναμικού και η αναδιαμόρφωση του επιπέδου του μοντέλου:** Αν και διαφορετικοί χρήστες αλληλεπιδρούν στο σχηματικό προσομοίωμα, ωστόσο χρειάζεται να επικεντρωθούν σε διαφορετικές πτυχές του συστήματος. Το σύστημα προσομοίωσης της επόμενης γενιάς, πρέπει να υποστηρίζει αυτή τη διαδικασία αυτόματα.
 - 4. Η υποστήριξη προβολής γραφικών υψηλού επιπέδου:** Οι μηχανικοί ίσως θέλουν να επικεντρωθούν στις λεπτομέρειες των γραφημάτων, η ανάλυση όμως του συστήματος χρειάζεται διαφορετικούς τύπους οπτικοποίησης, για να δημιουργήσει ένα σύστημα εικόνας.
 - 5. Η ανάγκη υποστήριξης για τη διάδοση της αβεβαιότητας:** Η αβεβαιότητα εμφανίζεται στο σύστημα για διάφορους λόγους και προέρχεται από διαφορετικές πηγές. Γι αυτό θα πρέπει να υπάρχει στο σχεδιασμό και στη λειτουργία, το πώς θα εκτιμήσει μία στατική και μία δυναμική κατάσταση.
- **Η αποδοτικότητα:** Προκειμένου να υλοποιηθεί το μελλοντικό έξυπνο δίκτυο θα πρέπει να αντιμετωπιστούν οι διάφορες προκλήσεις που προκύπτουν συνεχώς, οι οποίες σχετίζονται με την αποδοτικότητα και τη σωστή αξιοποίηση των νέων

τεχνολογιών επικοινωνίας και πληροφοριών, έτσι ώστε να πραγματοποιηθεί μια υποδομή επικοινωνίας σε επίπεδο δικτύου, που θα παρέχει τη δυνατότητα παρακολούθησης και ελέγχου. Η εν λόγω υποδομή επικοινωνίας, απαιτεί την ικανότητα εξασφάλισης μιας αλληλεπιδραστικής επικοινωνίας, μεταξύ όλων των απαραίτητων συσκευών, με τη βοήθεια της επεξεργασίας δεδομένων για ανάλυση και αυτοματοποίηση, όπως επίσης και την αποτελεσματικότερη δυνατή απόδοση. Αυτό είναι απαραίτητο για να επιτευχθεί ο καλύτερος συντονισμός, αλλά και η πρόληψη τυχόν ανεπιθύμητων ενεργειών.

Οι προκλήσεις, που πρέπει να αντιμετωπιστούν είναι οι εξής:

- 1. Καλύτερη τηλεμετρία:** Η τεχνολογία PMU (Phasor Measurement Unit) παρέχει ταχύτερη και υψηλότερη ακρίβεια, αλλά και δευτερεύουσα σάρωση, για να επιτρέψει την έγκυρη ευαισθητοποίηση, σχετικά με την κατάσταση στο δίκτυο.
- 2. Ταχύτεροι έλεγχοι:** Με βάση τα ηλεκτρονικά ισχύος, η υποδομή επικοινωνίας έξυπνου δικτύου επιτρέπει γρήγορες αυτοματοποιημένες ενέργειες ελέγχου για τη διαχείριση της τάσης και της ισχύος, στις εγκαταστάσεις της παραγωγής, της μεταφοράς και της διανομής ηλεκτρικής ενέργειας.
- 3. Περισσότεροι ισχυροί έλεγχοι:** Χρειάζεται προληπτική και προσαρμοστική διαχείριση των ρυθμίσεων προστασίας και επικοινωνίας, για την ευρεία παρακολούθηση, αλλά και για τον έλεγχο της υποστήριξης των απομακρυσμένων περιοχών.
- 4. Ενσωματωμένες επικοινωνίες έξυπνων συστημάτων:** Προκειμένου να ενεργοποιηθούν οι ευφυείς επικοινωνίες και να διαγνωστούν τυχόν σφάλματα, θα πρέπει, τόσο οι λειτουργίες, όσο και οι περιορισμοί, να καθορίζονται από τους διαχειριστές συστημάτων ή από τα κέντρα ελέγχου, από τα συστήματα έξυπνης αποκατάστασης (RAS), από μηχανισμούς προστασίας του συστήματος (SPS), από αυτόνομη αποκατάσταση του εξοπλισμού όπως και από αυτόνομες ενέργειες τοπικού ελέγχου.
- 5. Ολοκληρωμένες και ασφαλείς επικοινωνίες:** Οι επικοινωνίες υψηλής απόδοσης, που διανέμονται και βασίζονται σε ανοιχτά πρότυπα, προσφέρουν τη δυνατότητα

της ευελιξίας, όσον αφορά τη διαμόρφωση του δικτύου. Έτσι διασφαλίζεται η συνεχής παρακολούθηση και η αυτοματοποίηση των αλληλεπιδραστικών επικοινωνιών, μεταξύ όλων των διαχειριστών, αλλά και των πελατών.

6. Βελτιωμένες δυνατότητες πληροφορικής: Αφορούν τα ασφαλή συστήματα επικοινωνίας, για την επίτευξη αξιόπιστης ανάλυσης, υποστήριξης των αποφάσεων των διαχειριστών και των αυτόνομων μέσων, γεωγραφικά και χρονικά με τη βοήθεια της υποδομής της επικοινωνίας του δικτύου.

• **Αξιοπιστία:** Μια δομή επικοινωνίας δικτύου, για την αντιμετώπιση των προκλήσεων αυτών, εξετάζεται παρακάτω και είναι οι εξής:

1. Ανανεώσιμοι πόροι: Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας παρουσιάζουν αρκετές προκλήσεις, όσον αφορά την αξιοπιστία του έξυπνου δικτύου, όπως είναι η χαμηλή χωρητικότητα και η μεταβλητότητα, τα θέματα επιχειρησιακής απόδοσης, όπως η τάση και η ρύθμιση, αλλά και οι παράγοντες που καθιστούν τη καθαρή ζήτηση πιο απότομη. Γι' αυτό για την αντιμετώπιση της μεταβλητότητας της καθαρής ζήτησης, πρέπει να υπάρχει αποτελεσματική επικοινωνιακή υποδομή, για καλύτερη ανταλλαγή πληροφοριών.

2. Ανταπόκριση στη ζήτηση: Η ανταπόκριση της ζήτησης επιτυγχάνει τη μείωση του φορτίου από τον καταναλωτή σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης ή και υψηλών τιμών στο έξυπνο δίκτυο. Η ανταπόκριση στη ζήτηση μπορεί να προσφέρει σημαντικά οφέλη στη μείωση της ανάγκης για πρόσθετους πόρους, όπως επίσης και στη μείωση των τιμών της ηλεκτρικής ενέργειας.

3. Διαχείριση φορτίου: Η απόρριψη του φορτίου ως πόρου πρώτης ανάγκης για την κατοχύρωση της προστασίας του έξυπνου δικτύου από κάποια αποδιοργάνωση, εφαρμόζεται, για να λειτουργεί έπειτα από εντολή του διαχειριστή του συστήματος είτε μέσω ρελέ, που δημιουργούν την πτώση της συχνότητας.

4. Συσκευές αποθήκευσης: Οι πιο διαδεδομένοι αποθηκευτικοί πόροι, είναι η υδροηλεκτρική και η αντλημένη αποθήκευση. Το δυναμικό ανάπτυξης αυτών των πόρων, είναι μικρότερο από την ανάγκη για την αποθήκευση που απαιτείται για την αντιμετώπιση της αυξανόμενης διακύμανσης της καθαρής ζήτησης. Το κενό αυτό το

καλύπτουν οι διάφορες τεχνολογίες αποθήκευσης, που αναδύονται. Μια τέτοια τεχνολογία αποθήκευσης, αποτελεί η αποθήκευση μπαταριών, η οποία φαίνεται και πολύ ελπιδοφόρα λόγω των βελτιώσεων, που παρουσιάζει στη τεχνολογία, αλλά και στην ανταπόκριση, όσον αφορά τις χρονικές κλίμακες δευτερολέπτων. Έτσι μια μπαταρία μπορεί να συμβάλει στον ταχύτερο έλεγχο ενός έξυπνου δικτύου, αλλά και στη μείωση της συμφόρησης, τόσο σε επίπεδο μετάδοσης, όσο και σε επίπεδο διανομής.

5. Ηλεκτρική μεταφορά: Τα ηλεκτρικά οχήματα αποτελούν σημαντικό μέσο, για τη μείωση των ρύπων του περιβάλλοντος, αλλά και για την εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα. Ωστόσο, ένα πρόβλημα που εμποδίζει τη ζήτησή τους, είναι οι μεγάλοι χρόνοι επαναφόρτισης που απαιτούνται. Όσον αφορά την αξιοπιστία τους, η ηλεκτρική μεταφορά έχει κοινά χαρακτηριστικά με τους πόρους ανταπόκρισης της ζήτησης, καθώς και με τους πόρους αποθήκευσης.

• **Ασφάλεια:** Με βάση την εξέλιξη των υποδομών ασφαλείας του συστήματος ηλεκτρισμού και την ανησυχία για ασφάλεια, όσον αφορά τον κυβερνοχώρο, πολλά νέα προβλήματα έχουν προκύψει στο πλαίσιο του έξυπνου δικτύου. Αυτά αφορούν:

1. Τομείς ασφάλειας πληροφοριών: Δεδομένου ότι τα συστήματα SCADA/EMS γίνονται ολοένα και πιο ολοκληρωμένα, καθίσταται αυτομάτως και πιο δύσκολη η αντιμετώπιση της δομής του συστήματος, από πλευράς εξαρτημάτων ή από μέρους των υποσυστημάτων. Η κατανόηση των διαφόρων λειτουργιών είναι λιγότερο εμφανής από το χρήστη. Γι' αυτό το λόγο ένα σύστημα SCADA/EMS είναι πιο σύνθητες να μελετάται σε τομείς, δηλαδή σε μια συγκεκριμένη περιοχή που διεξάγονται συγκεκριμένες δραστηριότητες και είναι δυνατόν να ομαδοποιηθούν. Κατά την επικοινωνία μεταξύ υπηρεσιών κοινής ωφέλειας και διαφόρων οργανισμών και εταιρειών, πρέπει να υπάρχουν τομείς ασφαλείας, προκειμένου να καταχωρηθεί η συμμόρφωση με νομοθετικές και κανονιστικές απαιτήσεις.

2. Κυβερνητικός συντονισμός για την ασφάλεια SCADA: Η κυβέρνηση, σε συνεργασία με τις αρχές, αλλά και τους διάφορους οργανισμούς, ξεκίνησε μια δράση συντονισμού, η οποία βασίζεται στη συμμετοχή των επιχειρήσεων παροχής ενέργειας-ύδρευσης, καθώς επίσης και στη σύμπραξη των σιδηροδρομικών

συστημάτων, τα οποία διαθέτουν το σύστημα SCADA, ως το πιο κρίσιμο μέρος των λειτουργιών τους.

- 3. Αποσύνδεση μεταξύ επιχειρησιακού SCADA/EMS και διαχειριστή IT:** Όταν ανακοινώνονται ή αντικαθίστανται τα υπάρχοντα συστήματα SCADA/EMS, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα ζητήματα ασφαλείας πληροφοριών και πληροφορικής. Πιο συγκεκριμένα, σε περίπτωση ανανέωσης ενός τέτοιου συστήματος το λειτουργικό του τμήμα, θα πρέπει να προστατεύεται από το διοικητικό, έτσι ώστε να αποφευχθούν τυχόν απειλές από τη σύνδεση στο διαδίκτυο. Σε περίπτωση αντικατάστασης ενός συστήματος SCADA/EMS, θα πρέπει η ασφάλεια να ενσωματωθεί σε όλη του τη δομή. Ένας ασφαλής τρόπος, για να συμβεί αυτό, είναι να αποσυνδεθεί το λειτουργικό σύστημα πληροφορικής ή ακόμη και να διαμορφωθεί ένα τείχος προστασίας μεταξύ των τμημάτων αυτών.
- 4. Απειλές:** Το γεγονός ότι τα συστήματα SCADA/EMS αλληλοσυνδέονται και ενσωματώνονται με εξωτερικά συστήματα δημιουργούν νέες δυνατότητες, και απειλές, όσον αφορά την ασφάλεια στον κυβερνοχώρο.
- 5. Ευπάθεια:** Η χρήση ενός ασύρματου δικτύου αισθητήρων σε ένα έξυπνο δίκτυο είναι τόσο ευπαθής, ώστε να δεχτεί επίθεση από έναν έξυπνο αντίπαλο , ακόμη και από έναν κοινό φούρνο μικροκυμάτων.
- 6. Προστασία προσωπικών δεδομένων:** Η προστασία προσωπικών δεδομένων των πελατών και των δικτύων έξυπνης μέτρησης, είναι σημαντική για την ενδεχόμενη αποδοχή από το ευρύ κοινό. [19]

3.2 Αντιμετώπιση των προκλήσεων

Αντιλαμβανόμενοι όλα τα παραπάνω, καταλαβαίνει κάποιος, ότι η ασφάλεια και η ιδιωτικότητα για το έξυπνο δίκτυο, είναι πολύ σημαντικές ιδιότητες. Για αυτό είναι εξίσου σημαντικό, το ίδιο το κράτος και οι κυβερνήσεις να φροντίζουν για την προστασία των πελατών τους, με ένα ενιαίο εθνικό καθεστώς που θα τιμωρεί αυστηρά και παραδειγματικά αυτούς που επωφελούνται από τις πληροφορίες για να προξενήσουν κακό στους χρήστες ή στο κράτος. Στη συνέχεια, ως πρωταρχικό καθήκον για τους αρμόδιους θα πρέπει να είναι η μεγαλύτερη με τον οποιοδήποτε τρόπο, ασφάλεια του

«έξυπνου μετρητή» και των υπολοίπων συσκευών που χρησιμοποιούνται, με σκοπό τη βελτίωση της ποιότητάς τους με το ελάχιστο οικονομικό κόστος, αλλά τεράστια οφέλη για την προστασία της ιδιωτικότητας και της ασφάλειας της λειτουργίας, γενικά του «έξυπνου δικτύου».

Τέλος, θα ήταν πολύ χρήσιμο να συνεργαστούν οι υπηρεσίες κοινής ωφέλειας με τους πωλητές της ηλεκτρικής ενέργειας, προκειμένου να μπορεί γρήγορα να επιδιορθώνεται το λογισμικό από τυχόν σφάλματα ή να απομονώνονται τα συστήματα, στα οποία βρίσκεται το πρόβλημα.

Μ' αυτόν τον τρόπο σύντομα θα μπορεί το κράτος και οι καταναλωτές να απολαμβάνουν τα σημαντικά οφέλη του «έξυπνου δικτύου» με τα όσο το δυνατόν μικρότερα προβλήματα, τα οποία θα μπορούν να επιλύονται άμεσα για να επιτυγχάνεται η ομαλή λειτουργία του. [26]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΕΞΥΠΝΟ ΔΙΚΤΥΟ

4.1 Εφαρμογές του έξυπνου δικτύου στην Ελλάδα

Η Ελλάδα, ως μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ) συμμετέχει στη κοινή λήψη αποφάσεων, σε μια ενιαία ευρωπαϊκή πολιτική μεταξύ των άλλων και στον τομέα της ενέργειας. Στην Ελλάδα κυρίως λόγω της ηλιοφάνειας και γενικά εξαιτίας της μορφολογίας της, είναι δυνατή η χρησιμοποίηση Ανανεώσιμων Μορφών Ενέργειας (ΑΠΕ) και επομένως είναι εφικτή η εξοικονόμηση της ενέργειας με την ταυτόχρονη ανάπτυξη της τεχνολογίας και τεχνογνωσίας. Στα πλαίσια αυτής της πολιτικής στην Αθήνα, το Μάιο του 2014 έγινε διεθνές συνέδριο από το Δίκτυο Αειφόρων Νήσων του Αιγαίου (ΔΑΦΝΗ) με θέμα: «ΕΞΥΠΝΑ ΔΙΚΤΥΑ ΚΑΙ ΝΗΣΙΑ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΗΣ», μια νέα πράσινη τεχνολογική επανάσταση. Στο συνέδριο συμμετείχαν διάφορες εταιρείες δικτύου και ενέργειας, παραγωγοί ανανεώσιμης ενέργειας, ρυθμιστικές αρχές, η τοπική αυτοδιοίκηση, οι τοπικοί φορείς, τα μέσα ενημέρωσης, τα ενδιαφερόμενα πανεπιστήμια, τα ερευνητικά κέντρα και τέλος κάποιοι καταναλωτές ευαισθητοποιημένοι, που θέλουν να γνωρίσουν τις τεχνολογίες του τομέα στη Ελλάδα αλλά και στην Ευρώπη και για να μάθουν περισσότερα για ό,τι νέο υπήρχε σε τομείς της διαρκώς εξελισσόμενης αγοράς.

Ο στόχος του συνεδρίου ήταν, η τεχνολογία των «έξυπνων δικτύων» να γίνει γνωστή στη νησιωτική και ηπειρωτική Ελλάδα και να εξοικονομηθεί ενέργεια, με τη χρησιμοποίηση των Ανανεώσιμων Μορφών και να δοθεί βελτιωμένο και ποιοτικό ρεύμα στους καταναλωτές. Το δεδομένο ήταν ότι ο Διαχειριστής Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΔΕΔΔΗΕ) δημοπράτησε 160.000 έξυπνους μετρητές, για να τοποθετηθούν στη Μυτιλήνη, στη Λήμνο, στη Λευκάδα και στην Ξάνθη και ελάχιστοι από αυτούς στην Αθήνα και στη Θεσσαλονίκη, με βασική προϋπόθεση τη χαμηλή τάση Στην ίδια λογική κινήθηκε και η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) που μαζί με το Υπουργείο Ενέργειας και Ανάπτυξης (ΥΠΕΚΑ) αποφάσισαν, ώστε μέχρι το 2020 το 80% να χρησιμοποιούν τους έξυπνους μετρητές. Αυτή η νέα αλλαγή στο ηλεκτρικό δίκτυο θα βοηθήσει τους καταναλωτές να γνωρίζουν ανά πάσα στιγμή την κατανάλωση της ηλεκτρικής τους ενέργειας, να έχουν ρεύμα καλύτερης ποιότητας, αλλά και να χρησιμοποιούν τα ηλεκτρικά

αυτοκίνητα, τις έξυπνες εφαρμογές στα δίκτυα και στον αντίποδα οι πάροχοι της ενέργειας να μπορούν να εκδίδουν διαφορετικά τιμολόγια, να διαχειρίζονται καλύτερα την ενέργεια, να χρησιμοποιούνται οι ΑΠΕ και να αποφεύγεται η ρυπογόνα εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα (CO₂).

Σαν απόρροια όλων αυτών θεωρείται το έργο που προωθεί τα «έξυπνα δίκτυα» σε 5 νησιά του Αιγαίου και συγκεκριμένα στη Λέσβο, στη Λήμνο, στη Σαντορίνη, στη Κύθνο και στη Μήλο. Εκτός από τους έξυπνους μετρητές, θα τοποθετηθούν σ' αυτά και μετρητικά συστήματα στους Σταθμούς Παραγωγής Ενέργειας και στα Κέντρα Ελέγχου Ενέργειας (ΚΕΕ) Ακόμη θα γίνουν και σταθμοί φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων. Το έργο χρηματοδοτείται από το πρόγραμμα ELENA της Ευρωπαϊκής Επιτροπής και θα υλοποιηθεί από τον ΔΕΔΔΗΕ Στο συνέδριο αυτό παρουσίασαν όλοι οι ομιλητές, που προέρχονταν από την Ελλάδα την Αμερική και την υπόλοιπη Ευρώπη τις θέσεις τους και τις ενέργειες στις οποίες θα προβούν για την πραγματοποίηση της ορθής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μέχρι το 2020.

Τέλος ένα νέο πρόγραμμα με το όνομα SMILEGOV, που χρηματοδοτείται από την ΕΕ έρχεται κοντά σε κάποια νησιά με σκοπό τη συνεργασία τους για την αειφόρο δράση. Τα νησιά αυτά είναι από την Εσθονία, τη Σουηδία, τη Φιλανδία, τη Δανία, τη Σκωτία το Ιόνιο και το Αιγαίο, τα Κανάρια, τη Μαδέιρα, τη Μάλτα, την Κύπρο και την Κρήτη. που μαζί με το συντονιστή τους το δίκτυο «ΔΑΦΝΗ», θα βοηθήσουν στη διαδικασία του αειφόρου ενεργειακού σχεδιασμού με σημαντικά οφέλη. [33]

Ένα ακόμη φιλόδοξο, πρωτοποριακό, παγκόσμιο πρόγραμμα, με την ονομασία TILOS (Technology Innovation for the Local Scale, Optimum Integration of Battery Energy), το οποίο αναφέρεται στο ελληνικό νησί της Τήλου, που με τη χρήση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας θα καλύπτει τις ενεργειακές ανάγκες τόσο των κατοίκων όσο και των τουριστών, που φιλοξενεί το καλοκαίρι το νησί. Πρόκειται για μια προσπάθεια, που ξεκίνησε το 2013 και στη συνέχεια, με τη συμμετοχή στο πρόγραμμα HORIZON, απέσπασε το πρώτο βραβείο στις Βρυξέλλες, για θέματα πολιτικής που αφορούν τη βιώσιμη ενέργεια. Το πρόγραμμα απεικονίζει το νησί σαν αυτόνομο ενεργειακά δημιουργώντας υβριδικό σταθμό, με τη συμμετοχή συσσωρευτών και με μπαταρίες ειδικού τύπου που αποθηκεύουν τις ανανεώσιμες μορφές ενέργειας. Συγκεκριμένα, μία ανεμογεννήτρια

ισχύος 800 Kw σε συνδυασμό με φωτοβολταϊκά πάνελ 200 Kw και τη χρήση σύγχρονων συσσωρευτών τεχνολογίας αποθηκευτικής ικανότητας 2,4 MWh, καλύπτει τις ενεργειακές ανάγκες των κατοίκων και παράλληλα αποθηκεύει ενέργεια, που προέρχεται αποκλειστικά από τις ανανεώσιμες πηγές: την ηλιακή και την αιολική, εξάγοντας ενέργεια σύμφωνα με το πρόγραμμα στην Kw για 5 ώρες τη μέρα και για κάθε μέρα εγγυημένη ισχύ 400 KW. Μέχρι σήμερα η ηλεκτροδότηση της Τήλου γινόταν με υποβρύχιο καλώδιο από την Kw, με ενέργεια που παραγόταν από τη χρήση πετρελαίου και που κάθε στιγμή κινδύνευε να αφήσει το νησί χωρίς ρεύμα, με ανεπανόρθωτες συνέπειες για το ίδιο, αλλά και για τους τουρίστες. Με βάση το παραπάνω πρόγραμμα, το οποίο συντονίζει το Εργαστήρι Ήπιων Μορφών Ενέργειας και Προστασίας του Περιβάλλοντος του ΑΕΙ Πειραιά Τ.Τ. (πρώην ΤΕΙ Πειραιά), με τη συμβολή κοινοπραξίας 15 εταίρων από επτά ευρωπαϊκές χώρες, θα κατακτήσει η Τήλος την ενεργειακή της αυτονομία στο μεγαλύτερο μέρος, συμβάλλοντας συνάμα και στη μείωση χρήσης του ρυπογόνου πετρελαίου. Η ενεργειακή σύνδεση με την Kw θα παραμείνει αφενός μεν ως παράγοντας ασφαλείας και αφετέρου για τη μεταφορά της περίσσιας ενέργειας του συστήματος της Τήλου. Ταυτόχρονα, στα σπίτια του νησιού τοποθετήθηκαν smart meters (έξυπνοι μετρητές), οι οποίοι ελέγχουν τη συνολική κατανάλωση και την τάση του ρεύματος. Αφορούν τον εξοπλισμό του συστήματος με «έξυπνο δίκτυο», δηλαδή με την εγκατάσταση σε κάθε σπίτι και χώρο εργασίας «έξυπνων μετρητών», οι οποίοι θα προειδοποιούν για πιθανή πτώση στα φορτία ενέργειας και που θα οδηγεί τους καταναλωτές στον αντίστοιχο περιορισμό στη χρήση ηλεκτρικών συσκευών. Η δημιουργία του υβριδικού συστήματος, συνδυάζει τεχνολογίες, τόσο παραγωγής (ανεμογεννήτρια και φωτοβολταϊκό πάρκο), όσο και αποθήκευσης ενέργειας (συσσωρευτές). Το πιο ενδιαφέρον, όμως, είναι η είσοδος της σύγχρονης τεχνολογίας λογισμικού (software) στον τομέα της ενέργειας, που θα μπορεί να προβλέπει τη μελλοντική ηλιακή και αιολική ενέργεια. Παράλληλα, το έργο TILOS συμβάλλει στην εξοικονόμηση ενέργειας, καθώς το περίσσειμα ενέργειας από ΑΠΕ μπορεί να προσφερθεί στην τροφοδοσία ηλεκτρικών οχημάτων για τοπικές μεταφορές. Σταδιακά οι κάτοικοι του νησιού θα εξελιχθούν σε παραγωγούς-καταναλωτές, καθώς από τη μία θα παράγουν και θα καταναλώνουν ενέργεια και από την άλλη θα μπορούν να διευθετούν τα ζητήματα των ενεργειακών τους αναγκών μέσω του ηλεκτρικού δικτύου. Όσο για τα οφέλη του έργου στην τοπική κοινωνία, αυτά είναι πολλά και διάφορα. Το νησί δεν θα χρειάζεται πλέον εισαγόμενες πηγές ενέργειας εφόσον θα εκμεταλλεύεται τον ήλιο και τον άνεμο, με

οικονομικό κέρδος για τον καταναλωτή, διότι για τη χρέωση της ηλεκτρικής ενέργειας που ξοδεύει θα λαμβάνεται υπόψη η παραγωγή. [34,35]

Τέλος, θα αναφερθούμε και στο νησί της Κύθνου που το Μάρτιο του 2017 συγκαταλεγόταν στις πρώτες θέσεις σε όλη την Ελλάδα, σε ποσότητες συλλογής, τόσο ηλεκτρονικών, όσο και ηλεκτρικών αποβλήτων, ανά κάτοικο. Την ίδια εποχή η Κύθνος απέκτησε τον πρώτο σταθμό φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων. Εγκρίθηκε για αυτήν ευρωπαϊκό έργο με δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Το πιλοτικό έργο στην Κύθνο, είναι το μοναδικό τέτοιο έργο σε μη διασυνδεδεμένο νησιωτικό ηλεκτρικό σύστημα. Συγκεκριμένα, στην Κύθνο προβλέπεται η δημιουργία ενός σύγχρονου ολοκληρωμένου ηλεκτρικού συστήματος που θα περιλαμβάνει:

- Μονάδες φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων.
- Προμήθεια ηλεκτρικών οχημάτων.
- Συστήματα αποθήκευσης ενέργειας (μπαταρίες) σε δημόσια και δημοτικά κτήρια.
- Εξοπλισμό βελτιστοποίησης λειτουργίας μονάδας αφαλάτωσης.
- Συστήματα αποθήκευσης ενέργειας (μπαταρίες) για την αύξηση της απορρόφησης ηλεκτρικής ενέργειας, παραγόμενης από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε.).
- Εξοπλισμό ευέλικτης και άριστης λειτουργίας του ηλεκτρικού δικτύου, ενισχύοντας την αμφίδρομη επικοινωνία με τους καταναλωτές.
- Νέες εφαρμογές διαχείρισης ηλεκτρικού δικτύου.

Με τη βοήθεια όλων των παραπάνω θα βελτιωθεί το βιοτικό επίπεδο των κατοίκων, αλλά και σύντομα το νησί θα γίνει δημοφιλής προορισμός, εκπαιδευτικού και επιστημονικού τουρισμού, με ταυτόχρονα σεμινάρια, ημερίδες και συνέδρια.

Τέλος, με την ολοκλήρωση του έργου, θα υπάρξουν έξυπνες τεχνολογίες που θα αφορούν την αποθήκευση της ενέργειας ,τη σωστή διαχείριση των δικτύων, που θα διανέμουν την ηλεκτρική ενέργεια, αλλά θα σχετίζονται και με την ένταξη έξυπνων μεταφορών στο ηλεκτρικό δίκτυο και τέλος θα έχουν σχέση με την ευπροσάρμοστη διαχείριση της ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας. [36,37]

4.2 Εφαρμογές του Smart Grid στον κόσμο

Κοινή συνείδηση πλέον αποτελεί για τις περισσότερες χώρες του κόσμου η σημασία της ανάπτυξης του έξυπνου δικτύου και του διαδικτύου των πραγμάτων. Γι' αυτό το κάθε κράτος ανάλογα με την οικονομική του κατάσταση ,τα κονδύλια που διαθέτει και τις εθνικές συγκυρίες, ανακοινώνει τα προγράμματα υλοποίησης για την εφαρμογή του έξυπνου δικτύου.

Με πρώτη στη σειρά τις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής (Η.Π.Α) όταν ήδη από το 2006 η I.B.M. η οποία εργάζεται μαζί με διάφορες εταιρείες ηλεκτρικής ενέργειας ,αλλά και με επαγγελματικούς και παγκόσμιους ερευνητικούς οργανισμούς, παρουσίασε μια λύση του Internet Smart Grid. Η λύση αυτή κατείχε σημαντική θέση στο σύστημα ισχύος. Αυτή η εταιρεία παραγωγής ενέργειας χρησιμοποιώντας αισθητήρες, εργαλεία ανάλυσης και κάνοντας ψηφιακούς ελέγχους με τους κατάλληλους μετρητές, κατάφερε να παρακολουθεί αυτόματα το δίκτυο, αλλά και να κάνει καλύτερη την απόδοσή και πέτυχε να μην γίνονται διακοπές ρεύματος, αλλά να παρέχεται υψηλότερο ποσό ενέργειας σε συντομότερο χρονικό διάστημα και σε οποιαδήποτε δικτυωμένη συσκευή να μπορεί να διευθετεί τη διαχείριση των καταναλωτών. Τα τελευταία χρόνια, η κυβέρνηση των Ηνωμένων Πολιτειών, έχοντας ως διττό σκοπό από τη μια την επανάκαμψη της οικονομίας της και από την άλλη τη μείωση της ρύπανσης του περιβάλλοντος χρησιμοποίησε συστήματα πράσινης ενέργειας. Ετησίως δίνονται περίπου 45 δισεκατομμύρια δολάρια για επενδύσεις που αφορούν τα έξυπνα δίκτυα. Το Smart Grid, προκειμένου να συλλέγει, να ανταλλάσσει και να επεξεργάζεται δεδομένα, να κάνει βέλτιστη και αξιόπιστη τη λειτουργία του χρησιμοποιεί τεχνολογίες ψηφιακές. Οι σύμβουλοι των έξυπνων δικτύων φροντίζουν να πείσουν τους πελάτες τους ότι θα έχουν μεγάλο οικονομικό όφελος.

Αρχής γενομένης από τις Η.Π.Α. και η Ιαπωνία, σύμφωνα με τα δικά της δεδομένα και στην προσπάθειά της να σταθεροποιήσει το σύστημα ενέργειάς της, θα κατασκευάσει το δικό της έξυπνο δίκτυο, αφού πρώτα η κυβέρνησή της έρθει σε επαφή και συνεργαστεί με μεγάλες εταιρείες ηλεκτρικής ενέργειας. Στη συνέχεια, θα προβεί σε δοκιμές κατασκευής έξυπνου δικτύου, λαμβάνοντας υπόψη την ηλιακή ενέργεια ως εναλλακτική πηγή και προκειμένου να βρουν τρόπο για να ελέγχουν την ισχύ που περισσεύει, αλλά και τις διακυμάνσεις της συχνότητας και των μπαταριών.

Στην Ευρώπη, και συγκεκριμένα στην Βρετανία, τη Γαλλία και την Ιταλία ετοιμάζουν ένα ενιαίο είδος έξυπνου δικτύου. Η Ιταλία έχει φτιάξει ένα είδος έξυπνου δικτύου. Στις αρχές της πρώτης δεκαετίας του 2000 η Ευρωπαϊκή Ένωση (Ε.Ε.) αποφάσισε να χρησιμοποιήσει στο ευρωπαϊκό ηλεκτρικό δίκτυο την αιολική ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, που παραγόταν στη Βόρεια θάλασσα, στον Ατλαντικό Ωκεανό, στη Νότια Ευρώπη και στη Βόρεια Αφρική.

Η ευρωπαϊκή τεχνολογία έξυπνων δικτύων περιλαμβάνει:

- Τα ενεργειακά δίκτυα
- Τη λειτουργία του ηλεκτρικού δικτύου
- Τη μέτρηση από την πλευρά της ζήτησης και
- Την αποθήκευση της ενέργειας.

Στην Κίνα, το Μάιο του 2009 η State Grid Corporation έφτιαξε ένα πολύ δυνατό έξυπνο δίκτυο με τα δίκτυα UHV, με χαρακτηριστικά της αυτοματοποίησης, της πληροφορικής και της αλληλεπίδρασης. Η παραπάνω εταιρεία πρότεινε τρία στάδια ανάπτυξης του διαδικτύου των πραγμάτων και εφαρμόζοντας πολλές νέες τεχνικές με μοναδικό σκοπό να πετύχει καινοτόμες τεχνολογίες στο παραπάνω δίκτυο και πρωτοπόρα κατορθώματα που θα χρησιμοποιηθούν στην έρευνα και στην εφαρμογή του «έξυπνου δικτύου» και «του διαδικτύου των πραγμάτων». [11]

4.3 Οφέλη του Smart Grid στον τελικό χρήστη

Στη σημερινή εποχή και από τη στιγμή, που η ηλεκτρική ενέργεια μπήκε μέσα στα σπίτια, τα παγκόσμια ηλεκτρικά δίκτυα έφτασαν στη μεγαλύτερη τεχνολογική τους ανάπτυξη. Όλο το δίκτυο άρχισε κάποια στιγμή να εκσυγχρονίζεται από ψηφιακά συστήματα τα λεγόμενα «έξυπνα δίκτυα», που βοήθησαν τους πελάτες και τις εταιρείες κοινής ωφέλειας, στο να μπορούν να παρατηρούν, να ελέγχουν και να κάνουν ασφαλείς εκτιμήσεις για τη χρήση της ενέργειας. Έτσι, οι χρήστες είναι δυνατόν να μειώνουν ή να αυξάνουν τη χρήση της και να ελέγχουν τα χρήματα, που θα πληρώνουν από την κατανάλωσή της. Επίσης και οι βιομηχανίες μπορούν να ελέγξουν τη χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας και να την πληρώνουν, μόνο κατά τη διάρκεια της χρήσης της.

Το πιο δελεαστικό χαρακτηριστικό των έξυπνων δικτύων, είναι οι λύσεις διαχείρισης της ενέργειας, οι οποίες μειώνουν το κόστος παραγωγής και με την ενεργή συμμετοχή των πελατών αποκομίζουν οφέλη σημαντικά οι ίδιοι, αλλά και το κράτος γενικότερα. Έτσι οι γεωργοί π.χ. με την εμφάνιση των έξυπνων δικτύων μπορούν να πουλήσουν την περίσσια ενέργεια γεγονός που δεν γινόταν με τα παραδοσιακά δίκτυα. Μ' αυτόν τον τρόπο μπορούν να ελαττώσουν ή να εξαφανίσουν το ενεργειακό κόστος και να κερδίσουν και οι αγρότες ως πελάτες. Γιατί, αναπτύσσοντας Τεχνολογίες Παραγωγής Ενέργειας που αφορούν την παραγωγή, την αποθήκευση και τη μεταφορά, όλα αυτά επιφέρουν σαν τελικό στόχο την επίλυση του ενεργειακού προβλήματος, που ωφελεί και το ίδιο το κράτος. [26]

Οι εταιρείες ενέργειας, στην προσπάθειά τους να μειωθεί η ενεργειακή κατανάλωση, ψάχνουν να βρουν τρόπους για την κινητοποίηση του καταναλωτή που είναι και ο κυριότερος τελικός χρήστης. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, το μεγαλύτερο ποσοστό της ενέργειας, που καταναλώνουμε, προέρχεται από ορυκτά καύσιμα, με επιβλαβείς επιπτώσεις στο περιβάλλον, ενώ οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας εξαρτώνται, κυρίως από τον καιρό, με αποτέλεσμα να μην μπορούν να είναι πάντα διαθέσιμες σε αφθονία. Παρόλο που η χρήση πιο αποδοτικής τεχνολογίας έχει αρχίσει να γίνεται πιο συστηματική, είναι κατανοητό ότι οι καταναλωτικές συνήθειες των χρηστών θα πρέπει να αλλάξουν. [37]

Η ενσωμάτωση συστημάτων ενεργειακής διαχείρισης, στα συστήματα οικιακού αυτοματισμού, αναλαμβάνει σημαντικό ρόλο στον έλεγχο της κατανάλωσης ενέργειας στο σπίτι και στην αύξηση της συμμετοχής του καταναλωτή. [39]

Οι εταιρείες ηλεκτρικής ενέργειας, μέσω την δημιουργίας διαδραστικών εφαρμογών παιχνιδιοποίησης, μετατρέπουν το σπίτι σε ένα περιβάλλον παρακίνησης για τον καταναλωτή, βοηθώντας τον να αντιληφθεί την ενεργειακή κατανάλωση της εκάστοτε συσκευής που χρησιμοποιεί. [40]

Στόχος όλων αυτών των εφαρμογών είναι η παροχή αναλυτικών πληροφοριών για την κατανάλωση μεμονωμένων οικιακών συσκευών, σε πραγματικό χρόνο, επειδή συχνά οι καταναλωτές έχουν λανθασμένη εντύπωση για τον πραγματικό αντίκτυπό τους στην συνολική κατανάλωση. Οι εφαρμογές αναπτύσσονται με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι εύκολες στην εγκατάσταση, στη χρήση και στη διαχείριση, με μικρό κόστος για να είναι

προσιτές και εύκολες στην υιοθέτησή τους. Οι καταναλωτές έχουν τη δυνατότητα να ελέγχουν το σύστημα και τις συσκευές απομακρυσμένα, όπως φαίνεται στην Εικόνα 16, ενώ το ίδιο το σύστημα συχνά έχει την δυνατότητα λήψης έξυπνων αποφάσεων που αφορούν την εξισορρόπηση της κατανάλωσης ενέργειας, μειώνοντας με αυτόν τον τρόπο την ευθύνη του χρήστη για συνεχή έλεγχο του συστήματος. Οι εφαρμογές, παρόλα αυτά θα πρέπει να παραμένουν διακριτικές, χωρίς να επηρεάζουν το χρήστη στις καθημερινές του δραστηριότητες, επιβάλλοντας βέβαια επιπρόσθετα μέτρα, αλλά και χωρίς να απαιτούν την απόκλιση του από τις συνήθειές του. [38,39,40,41]



Εικόνα 16 - Διαχείριση συσκευών
(πηγή: <https://play.google.com/store/apps/details?id=pt.isa.cloogy>)

Σημαντικά στοιχεία των εφαρμογών αυτών αποτελούν η ενσωμάτωση πληροφοριών πέρα από αυτές που αφορούν την ενέργεια, όπως πχ είναι η εσωτερική ή εξωτερική θερμοκρασία, η υγρασία, η φωτεινότητα με στόχο την καλύτερη ρύθμιση της θερμοκρασίας ή του φωτισμού του σπιτιού, αλλά και τη χρήση στοιχείων παιχνιδιού, ώστε

να επιτευχθεί μεγαλύτερη κινητοποίηση αλλά και δέσμευση από τον ίδιο τον χρήστη. [38,39]

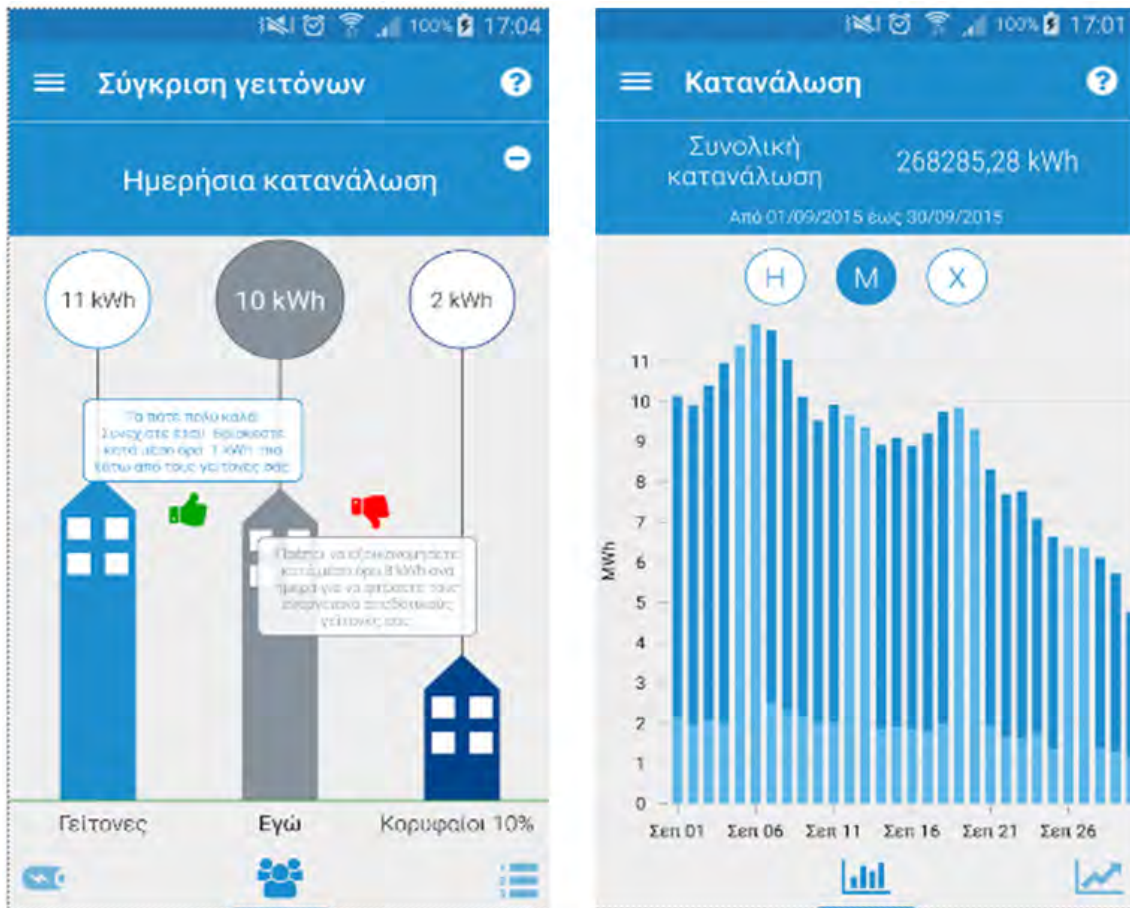
Εξίσου σημαντικό είναι το ότι η παρουσίαση της ανατροφοδότησης της πληροφορίας ,σχετικά με την κατανάλωση του χρήστη αλλά και αυτή των ομότιμων του, θα πρέπει να δίνεται με τέτοιο τρόπο, ώστε να είναι κατανοητή και χωρίς να απαιτείται από το χρήστη να αφιερώσει επιπρόσθετο χρόνο για την ανάλυση της.

Μια πρόκληση, που καλούνται οι εταιρείες ενεργείας να αντιμετωπίσουν, κατά την ανάπτυξη των διαδραστικών αυτών εφαρμογών, είναι αυτή της ασφάλειας και της ιδιωτικότητας. Γι' αυτό το λόγο όλες οι ενέργειες θα πρέπει να επικυρώνονται από το σύστημα, για να διασφαλίζεται το γεγονός, ότι τα δεδομένα καθώς και οι διαδικασίες ελέγχου του χρήστη, παραμένουν ασφαλή και χωρίς να επιτρέπεται η πρόσβαση σε τρίτους δίχως τη ρητή συγκατάθεσή του. [39]

Επιπρόσθετα, οι εταιρείες ενεργείας, για την ενθάρρυνση των χρηστών για να χρησιμοποιούν τις εν λόγω εφαρμογές και κατ' επέκταση για την αλλαγή της συμπεριφοράς τους αναφορικά με την κατανάλωση παρέχουν διάφορα είδη κινήτρων όπως είναι τα παρακάτω:

- **Κίνητρο για τη σύγκριση.** Ένα από τα κυριότερα κίνητρα, που προτείνονται στα άρθρα, είναι αυτό της σύγκρισης όπως φαίνεται στην Εικόνα 17. Το κίνητρο αυτό, μπορεί να χρησιμοποιηθεί από το χρήστη για:
 - ✓ **Συγκριτική αξιολόγηση** ανάμεσα σε άλλους χρήστες.
 - ✓ **Ανταγωνισμό** μεταξύ του χρήστη και των φίλων του ή άλλων χρηστών της εφαρμογής.
 - ✓ **Μάθηση και βελτίωση**, με τη χρήση των πληροφοριών που λαμβάνει ο χρήστης και μπορεί να δει την εξέλιξη της κατανάλωσης και να βρει τρόπους για τη μείωσή της.
 - ✓ **Περιέργεια** όσον αναφορά τα στοιχεία κατανάλωσης των άλλων χρηστών.
 - ✓ **Κοινωνική επικύρωση και Αναγνώριση (Εκτίμηση)** από τους άλλους χρήστες.
- **Κίνητρο εξοικονόμησης ενέργειας** με στόχο τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων αλλά και για λόγους αποταμίευσης χρημάτων.

- **Επιβράβευση και Ποινές** μέσω της χρήσης τεχνικών, όπως είναι η παροχή πόντων ή χρηματικών ποσών ως κύρια κίνητρα επιβράβευσης ή με την επιβολή αφαιρέσεων πόντων ή με κάποιο είδος πρόστιμου, που αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα κίνητρα για την επίτευξη της αφοσίωσης του χρήστη, τόσο στην ίδια την εφαρμογή όσο και την διασφάλιση της αλλαγής της συμπεριφοράς του. [38,42,43]



Εικόνα 17 - Ημερήσια κατανάλωση μέσω σύγκρισης και διάγραμμα συνολικής κατανάλωσης μήνα (πηγή:

<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.intelen.dig.protergia>)

4.4 Έξυπνο Δίκτυο και προστασία του Περιβάλλοντος.

Ένας από τους αρχικούς σκοπούς της δημιουργίας του έξυπνου δικτύου ήταν η βελτίωση της ηλεκτρικής ενέργειας Σύμφωνα με τους Paul Hines, Jason Veneman και Brian Tinnan στο άρθρο τους στις 28-1 2014 που αναφέρουν σχετικά με την αξιοπιστία, την ασφάλεια και την ανθεκτικότητα του smart grid τονίζουν τα εξής:

Η βελτίωση της ηλεκτρικής ενέργειας έχει άμεση σχέση με την αξιοπιστία ,τη μείωση των πάσης φύσης περιβαλλοντολογικών επιπτώσεων και τη μείωση των εξόδων.

Ένα άλλο θέμα, που επισήμαναν ήταν το ότι με τη συνένωση των δικτύων επικοινωνιών με τα δίκτυα της ηλεκτρικής ενέργειας, θα είχαμε αυτόματα ανάπτυξη των έξυπνων δικτύων. Όμως, σύμφωνα με έρευνα, διαπιστώθηκε ότι η στενή σύνδεση, που προαναφέρθηκε, μπορούσε να δημιουργήσει και μεγάλα προβλήματα από τυχόν βλάβες. Η έρευνα αυτή δεν ήταν ιδιαίτερα διευκρινιστική και κατατοπιστική. Οι βελτιώσεις, βέβαια, στην κατανόηση της συνένωσης των δικτύων ήταν σίγουρο ότι θα λιγόστευαν τους καινούριους κινδύνους, που θα δημιουργούνταν. Για πρώτη αρχή, θα ήταν καλό να αποσαφηνιστεί ο τρόπος που περιγράφεται ο όρος «κίνδυνος» και στα δύο συστήματα.

Σύμφωνα με την ίδια πηγή, στην Αμερική από το 2009 δόθηκαν πολλά εκατομμύρια δολάρια για την ανάπτυξη της τεχνολογίας των έξυπνων δικτύων και δεκάδες δισεκατομμύρια δολάρια για ταυτόχρονες επενδύσεις στην επικοινωνία και τη βελτίωση της υποδομής της ηλεκτρικής ενέργειας. Έτσι οι τεχνολογίες των έξυπνων δικτύων, όπως και τα έξυπνα συστήματα μέτρησης και η διανομή αυτοματισμού του συστήματος αναπτύχθηκαν με πολύ μεγάλους ρυθμούς. Επειδή όμως υπήρχε η αβεβαιότητα για την ασφάλεια των συστημάτων, αυτό είχε σαν αποτέλεσμα να μην αναδειχθούν πλήρως ορισμένες από τις δυνατότητες των έξυπνων δικτύων. Για να υλοποιηθούν οι νέες δυνατότητες, θα πρέπει να γίνει αντιληπτό και κατανοητό, πως η συνένωση των δύο συστημάτων θα επηρεάσει την αξιοπιστία, την ασφάλεια, την ευελιξία και την ευρωστία των δικτύων. Αυτές όμως οι παραπάνω έννοιες έχουν διαφορετική σημασία στο καθένα από αυτά τα δύο δίκτυα. Όσο αφορά την αξιοπιστία, πάντα υπάρχει ο κίνδυνος από καταστροφές εξ αιτίας έντονων καιρικών φαινομένων ή και τρομοκρατικών επιθέσεων που μπορούν να βλάψουν και τα δύο δίκτυα. Για αυτό έπρεπε να ληφθούν κάποια μέτρα, όπως πχ στην πλευρά του ηλεκτρικού δικτύου, στην ηπειρωτική χώρα, οι διασυνδέσεις να γίνονται μέσω γραμμών συνεχούς ρεύματος, έτσι ώστε οι γεννήτριες να μην συγχρονίζονται και οι διακοπές να μην επεκτείνονται σε όλο το δίκτυο. Η Αμερική έχει τρεις διασυνδέσεις: τη Δυτική, την Ανατολική και το Τέξας. Επιπρόσθετα, τα δίκτυα διανομής μεγάλων αποστάσεων έχουν διαφορετική δομή και ξεχωριστό έλεγχο από εκείνα των ατομικών, που αφορούν τους πελάτες. Ακόμη οικοδομούνται διαφορετικά συστήματα ανάλογα με αυτόν στον οποίο απευθύνονται. Διαφορετικά κατασκευάζονται

από τις υπηρεσίες κοινής ωφέλειας, αλλά και από την πλευρά του πελάτη- καταναλωτή υπάρχουν πολλά επικοινωνιακά συστήματα που δίνουν τη δυνατότητα να συνδέονται οι συσκευές τους με τους έξυπνους μετρητές. Διαφορετικά είναι τα εμπορικά και βιομηχανικά συστήματα, στα οποία από την πλευρά του πελάτη τα ειδικά συστήματα συνδέονται με το διαδίκτυο με τέτοιο τρόπο, ώστε να υπάρχει μεγαλύτερη ασφάλεια και διαφύλαξη της ιδιωτικής ζωής. Τέλος, διαφορετικά είναι εκείνα που απευθύνονται σε χρηματοοικονομικούς εμπόρους και παραγωγούς με τους οποίους η διαπραγμάτευση γίνεται με τέτοιο τρόπο, ώστε τα μηνύματα να διαβάζονται μόνο από το νόμιμο παραλήπτη τους.

Σύμφωνα επίσης με τους προαναφερόμενους μελετητές, έγινε μια προσπάθεια να δοθεί μια ερμηνεία των όρων «κίνδυνος και αξιοπιστία» και κατέληξαν Κίνδυνος= Έκθεση-Ευπάθεια-Κόστος. Με τον όρο «έκθεση» νοείται η έκθεση ενός αντικειμένου στον κίνδυνο. Ευπάθεια είναι η πιθανότητα να αποτύχει ένα αντικείμενο που ήρθε σε επαφή με τον κίνδυνο. Έκθεση και ευπάθεια μαζί οδηγούν στο κόστος που αναφέρεται στο συνολικό κόστος που θα προκύψει από την αποτυχία ενός αντικειμένου, που θα έρθει σε επαφή με τον κίνδυνο. Όσο για τον όρο αξιοπιστία, έχει διαφορετική ερμηνεία, στον τομέα των επικοινωνιών, άλλο νόημα στη βιομηχανία ηλεκτρικής ενέργειας όπου κι εκεί μετριέται διαφορετικά και άλλο στη διανομή και στη μαζική μεταφορά. Η ορολογία της λέξης «ανθεκτικότητα» στα ηλεκτρικά συστήματα, έχει σχέση με την αποκατάσταση, μετά από μια διακοπή ρεύματος οποιασδήποτε αιτιολογίας. Ένα από τα αναμενόμενα οφέλη του έξυπνου δικτύου είναι η όσο το δυνατόν καλύτερη και γρηγορότερη διαδικασία αποκατάστασης. Για να πετύχουν όλα τα παραπάνω, πρέπει να γίνει έρευνα σε βάθος και άλλα προβλήματα θα λυθούν σύντομα και άλλα θα χρειαστούν περαιτέρω μελέτη και πειραματισμούς, προκειμένου το έξυπνο δίκτυο να γίνει πραγματικά αξιόπιστο και ασφαλές. [11]

Παρακάτω, γίνεται μια μικρή αναφορά στους αισθητήρες ασύρματων δικτύων, σημαντικών τεχνολογικών επιτευγμάτων, που χρησιμοποιούνται, τόσο για την καταγραφή και παρακολούθηση του «έξυπνου δικτύου» με την χρήση του ασύρματου δικτύου, όσο και για την διαρκή καταχώρηση περιβαλλοντικών στοιχείων όπως είναι η θερμοκρασία, η υγρασία κτλ.) και τη χρησιμοποίησή τους στην «ευφυή προστασία περιβάλλοντος» αλλά και στη «γεωργία ακριβείας».

Η αρχή της ασύρματης τεχνολογίας σηματοδοτείται με την παρουσίαση του προτύπου 802.15.4 με το όνομα Zigbee από την IEEE. Πρόκειται για ένα γνωστό δίκτυο, χαμηλής όμως ισχύος, αλλά και χαμηλής κατανάλωσης. Χαρακτηριστικό του ήταν επίσης και ο μειωμένος αριθμός μετάδοσης δεδομένων, σε μια περιορισμένη ακτίνα μετάδοσης.

Η εξέλιξη της ασύρματης τεχνολογίας οδηγεί στα Ασύρματα Δίκτυα Αισθητήρων, WSN (Wireless Sensor Networks), που υπερτερούν των αισθητήρων Zigbee στα παρακάτω:

Η τεχνολογία Wi-Fi έχει μεγαλύτερη ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων και δεν δημιουργεί κωλύματα και καθυστερήσεις. Επίσης το Wi-Fi έχει χωρητικότητα μετάδοσης, που δεν φαίνεται, ενώ στο Zigbee δεν υπάρχει, άρα το δεύτερο υστερεί σε θέματα αξιοπιστίας .

Τα ασύρματα κύματα Wi-Fi έχουν μεγαλύτερη κάλυψη σε σχέση με τα ραδιοκύματα του Zigbee, έτσι μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε πολυκατοικίες. Ακόμη τα πρώτα είναι πιο οικονομικά και αποδοτικά, με αποτέλεσμα κάποια στιγμή να μην μπορούν να αντικαταστήσουν το δεύτερο. Επιπλέον έχουν τα πλεονεκτήματα της μεγάλης απόστασης μετάδοσης.

Τέλος, είναι καλύτερο, όσο αφορά κάποιες εφαρμογές όπως πχ στην παρακολούθηση βίντεο που χρειάζεται συλλογή και μετάβαση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο.

Τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων παίζουν σημαντικό ρόλο σε οτιδήποτε μπορεί να φανταστεί κάποιος. Εκτός από το «έξυπνο δίκτυο» έχουν εφαρμογές, όπως προαναφέρθηκε και στην «ευφυή προστασία περιβάλλοντος» (intelligent environmental protection) και στην «γεωργία ακριβείας ή ευφυή γεωργία» (Precision Agriculture).

Η προστασία του περιβάλλοντος, αποτελεί μια δέσμευση των κρατών και συνδέεται άμεσα με τα πολλαπλά προβλήματα που προέκυψαν από την αλόγιστη χρησιμοποίηση των φυσικών πόρων και της σύγχρονης τεχνολογίας. Η Agenda 21 (Ρίο ντε Τζανέιρο, 1992), ένα από τα πλέον διεθνώς γνωστά κείμενα για το περιβάλλον, αποτελεί ένα παγκόσμιο πρόγραμμα δράσης για την αφύπνιση και ενεργοποίηση της κοινωνίας προς τις αρχές και αξίες της αειφόρου ανάπτυξης. [44] Η αειφόρος ή βιώσιμη ανάπτυξη είναι ένα κοινωνικό, οικονομικό και περιβαλλοντικό μοντέλο, σύμφωνα με το οποίο η ανάπτυξη ικανοποιεί μεν

τις ανάγκες του παρόντος, με τέτοιο τρόπο όμως, που δεν αποδυναμώνει την ικανότητα των μελλοντικών γενεών να ικανοποιήσουν τις δικές τους. [45]

Προς την κατεύθυνση λοιπόν της αειφόρου ανάπτυξης, η προστασία του περιβάλλοντος αποτελεί μια από τις πιο σύγχρονες και πολλά υποσχόμενες εφαρμογές του Internet of Things. Στο πλαίσιο αυτής της προσπάθειας πραγματοποιείται η συλλογή περιβαλλοντικών δεδομένων. Αυτά μπορεί να περιλαμβάνουν, π.χ. τη μέτρηση ρυπογόνων αερίων, υπεύθυνων για την ρύπανση του αέρα, με απώτερο σκοπό την λήψη μέτρων για την αποφυγή της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Επίσης, μπορεί να συλλέγονται δεδομένα για την παρακολούθηση και ανάλυση των υδάτων, των εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων, του συστήματος αποχέτευσης, της καταστροφής των δασών, της μείωσης της βιοποικιλότητας και γενικά δεδομένα που μπορεί να χρησιμεύσουν για την λήψη μέτρων προστασίας της φύσης. Τα δεδομένα συλλέγονται από τους αισθητήρες του δικτύου και διαβιβάζονται στον διακομιστή, προκειμένου μέσω ενός λογισμικού να τυγχάνουν επεξεργασίας όλες οι πληροφορίες, να αναλύονται και να λαμβάνονται κάποια μέτρα προστασίας προς όφελος της προστασίας του περιβάλλοντος.

Η πραγματοποίηση όλων των παραπάνω προς το παρόν επιτυγχάνεται μέσω ενός ιδιωτικού δικτύου, καλωδιακής τηλεόρασης, GPRS, GPS με πλεονεκτήματα τη μεγαλύτερη ασφάλεια και την ταχύτητα μετάδοσης. Μειονεκτήματα αποτελούν όμως το μεγάλο κόστος και η εξάρτηση από το καλώδιο, που έχει ως αποτέλεσμα να μην μπορούν να διαβιβαστούν πολλά δεδομένα κι έτσι είναι λογικό να μην καλύπτονται όλοι οι έλεγχοι, σχετικά με το περιβάλλον. Όσο αφορά τη μετάδοση των δεδομένων, δίχως κόστος και σε μεγάλη κλίμακα γίνεται όταν το δίκτυο με GPRS χρησιμοποιεί το ήδη υπάρχον ασύρματο δίκτυο επικοινωνιών. Τα μειονεκτήματα επικεντρώνονται στο χαμηλό ρυθμό διαβίβασης δεδομένων, τη δύσκολη παρακολούθηση βίντεο σε πραγματικό χρόνο και τέλος στα υψηλά κόστη λειτουργίας και συντήρησης του δικτύου.

Οι υποδομές των αισθητήρων δικτύων που ολοένα και δημιουργούνται, βρίσκουν εφαρμογή και στη γεωργία ακριβείας. Η γεωργία ακριβείας αποτελεί ένα οργανωμένο σύστημα παραγωγής αγροτικών προϊόντων με βάση την ορθολογική διαχείριση των εισροών στην παραγωγική διαδικασία. Οι νέες και μάλιστα οι εξελισσόμενες τεχνολογίες, παρέχουν τη δυνατότητα αναγνώρισης των διαφορετικών αναγκών μιας καλλιέργειας,

μέσα από την καταγραφή, τη συλλογή και την επεξεργασία μιας μεγάλης κλίμακας δεδομένων όπως είναι τα εδαφικά, τα περιβαλλοντικά, τα ατμοσφαιρικά, τα θερμοκρασιακά κτλ. Η γεωργία ακριβείας χρησιμοποιεί τεχνολογίες, όπως είναι οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές, τα παγκόσμια συστήματα εντοπισμού θέσης (GPS), τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών (GIS), τα διάφορα είδη αισθητήρων, και τα συστήματα ελέγχου της εφαρμογής εισροών. Η ενσωμάτωση της σύγχρονης τεχνολογίας στη γεωργία επιτρέπει την αποδοτικότερη διαχείριση της παραλλακτικότητας του αγρού και της καλλιέργειας και προσβλέπει στην αύξηση της παραγωγής, στη βελτίωση της ποιότητας των αγροτικών προϊόντων, την ορθολογικότερη, οικονομικότερη ως προς τον παραγωγό και όσο το δυνατόν λιγότερο επιζήμια για το περιβάλλον, χρήση των χημικών φυτοπροστατευτικών προϊόντων ή λιπασμάτων, την αειφορική χρησιμοποίηση των φυσικών πόρων (έδαφος, νερό) και στην μείωση της κατανάλωσης ενέργειας. [46]

Τέτοιες τεχνολογίες ευφυούς γεωργίας χρησιμοποιούνται ευρέως στις ΗΠΑ, περίπου το 80% των παραγωγών, ενώ τα αντίστοιχα νούμερα στην Ευρώπη είναι αρκετά χαμηλότερα μόνο το 24%. Στην Ελλάδα το τεχνολογικό επίπεδο του γεωργικού τομέα, χαρακτηρίζεται ως ιδιαίτερα χαμηλό, ενώ μόλις πρόσφατα (2018) το Υπουργείο Ψηφιακής Πολιτικής, σε συνεργασία με το ΥΠΑΑΤ ανάγγειλαν μια πρωτοβουλία χρηματοδότησης. [24]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σύμφωνα με τα όσα αναπτύχθηκαν διεξοδικά στα προηγούμενα κεφάλαια, καταλήγουμε στα εξής συμπεράσματα:

Στην Ελλάδα το 50% της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας παράγεται από θερμοηλεκτρικούς σταθμούς που βρίσκονται στη Δυτική Μακεδονία, με κύριο καύσιμο το λιγνίτη, δεδομένου ότι εκεί υπήρχαν τα μεγαλύτερα κοιτάσματα αυτού του ορυκτού. Ο λιγνίτης είναι η μεγαλύτερη πηγή ενέργειας στη χώρα μας και ακολουθεί το φυσικό αέριο. Επειδή όμως τα αποθέματα λιγνίτη λιγοστεύουν, έχει αρχίσει να μπαίνει στο ηλεκτρικό ισοζύγιο το φυσικό αέριο και κυρίως ο άνθρακας, εφόσον υπάρχουν αποθέματα, που μπορούν να καλύψουν τις ανάγκες της χώρας μας για 200 χρόνια και να αντικαταστήσει το λιγνίτη. Βέβαια στόχος της Ελλάδας ως το 2020 είναι το 20-30% της ηλεκτρικής ενέργειας που θα καταναλώνεται, να προέρχεται από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, όπως είναι η ηλιακή, η αιολική και η πράσινη. Κάποια από τα σημαντικότερα προτερήματα των παραπάνω πηγών ηλεκτρικής ενέργειας είναι ότι δεν ρυπαίνουν το περιβάλλον, δεν προσβάλλουν την υγεία των ανθρώπων, έχουν μικρότερα κόστη και θα διαρκέσουν για πολλά χρόνια αν όχι για πάντα, αφού τα αποθέματά τους είναι ανεξάντλητα.

Στην Ελλάδα λόγω της ηλιοφάνειας και γενικότερα της μορφολογίας της, είναι εφικτή η χρησιμοποίηση των ΑΠΕ με την ταυτόχρονη ανάπτυξη της τεχνολογίας και της τεχνογνωσίας. Επίσης στη χώρα μας, έχουν ξεκινήσει πολλά πρωτοπόρα προγράμματα και έργα με τα οποία προωθούνται τα «έξυπνα δίκτυα» και οι «έξυπνοι μετρητές», με σκοπό να βοηθήσουν στη διαδικασία της αειφόρου ανάπτυξης, με σημαντικά οφέλη για τον τόπο. Τέλος η διενέργεια συνεδρίων όπως αυτό που έγινε το 2015 στην Αθήνα, θα βοηθήσουν στη διεξοδικότερη ενημέρωση όλων των ενδιαφερόμενων ατόμων, εταιρειών ή επιχειρήσεων, για την κάλυψη περισσότερων θέσεων εργασίας και την εξοικονόμηση χρημάτων.

Πολύ χρήσιμο αποδεικνύεται ότι η ανάπτυξη του Internet of Things, με τις διάφορες εφαρμογές του που παρέχουν βοήθεια στον έλεγχο, την διαχείριση αλλά ακόμα και στη λήψη αποφάσεων, τείνουν να βελτιώσουν την ποιότητα της ζωής κυρίως μέσω της αυτοματοποίησης των καθημερινών εργασιών του χρήστη, με την προϋπόθεση πάντα ότι όλες οι διαδικασίες και τα δεδομένα του χρήστη, θα προφυλάσσονται και δε θα επιτρέπεται η πρόσβαση σε τρίτους δίχως τη ρητή συγκατάθεσή του. Το IoT έχει εφαρμογές σε πολλούς τομείς και μερικοί από αυτούς είναι η έξυπνη πόλη, η βιομηχανία και η υγεία. Εφαρμογές που προβλέπουν τη χρήση των δημόσιων πόρων, βελτιώνουν τις υπηρεσίες που παρέχονται στους ανθρώπους και μειώνουν το λειτουργικό κόστος της δημόσιας διοίκησης. Ο συνδυασμός των εφαρμογών της έξυπνης πόλης και των υπηρεσιών που βασίζονται στο IoT στοχεύουν στον έξυπνο τουρισμό, με πληροφορίες για την κατάσταση των δρόμων, για θέσεις παρκαρίσματος κλπ, αλλά και στην παρακολούθηση του περιβάλλοντος και στην ενίσχυση της ασφάλειας των δημόσιων κτηρίων.

Ακόμη οι υπηρεσίες που βασίζονται στο IoT, μπορούν να φανούν χρήσιμες στις διάφορες γεωργικές δραστηριότητες, όπως είναι η παρακολούθηση της υγρασίας του εδάφους, ο έλεγχος των συνθηκών του μικροκλίματος και η παρακολούθηση των καιρικών συνθηκών που μπορούν να βλάψουν τις καλλιέργειες, αλλά και ο περιορισμός των ρυπογόνων αερίων των εργοστασίων και γενικά η βελτίωση της παραγωγικής διαδικασίας.

Μία από τις σημαντικότερες εφαρμογές του, αφορούν το χώρο της υγείας και της ευεξίας, και σχετίζονται με τη βελτίωση της ιατρικής περίθαλψης και της ποιότητας ζωής των ασθενών, ειδικότερα όσων πάσχουν από χρόνιες παθήσεις, αλλά και των κατοίκων των ορεινών και απομακρυσμένων περιοχών καθώς και των νησιών μας, μέσω της απομακρυσμένης παρακολούθησης, με σκοπό να εξυπηρετούνται σε θέματα σχετικά με την υγεία.

Το διαδίκτυο των πραγμάτων βοήθησε πολύ στην ανάπτυξη και στη συμβατότητα του «Smart Grid». Ο συνδυασμός αυτών των δύο αναπτύσσει πάρα πολύ την επικοινωνία και την παροχή πληροφοριών μέσα στο δίκτυο. Προσφέρουν ένα απλό σύστημα διαχείρισης για οικιακή χρήση, για να προσαρμόσουν οι χρήστες τις κινήσεις τους και τις ανάγκες τους,

γνωρίζοντας και παρακολουθώντας τη χρήση-κατανάλωσή τους, αλλά και τη χρέωσή τους ανά πάσα στιγμή. Η αξιοποίηση τεχνολογιών του IoT έδωσε στο «Smart Grid» την δυνατότητα να ανιχνεύει και να διορθώνει προβλήματα του ηλεκτρικού δικτύου σε πολύ αρχικό στάδιο ή και αυτοθεραπεύεται. Ταυτόχρονα η ευελιξία και προσαρμογή στις αλλαγές, ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν, αλλά και η προσφορά αξιόπιστης υψηλής ποιότητας ηλεκτρικής ενέργειας με τη μείωση των περιβαλλοντολογικών επιπτώσεων, θα αλλάξει τη ζωή των ανθρώπων.

Κύριος σκοπός του Smart Grid είναι να βελτιστοποιήσει την αποδοτικότητα της ενεργειακής υποδομής και να μειώσει τη σπατάλη, η οποία αποτελεί ένα μεγάλο πρόβλημα κυρίως στον τομέα της ανανεώσιμης ενέργειας. Πολλές εταιρείες και επιχειρήσεις άρχισαν να εφαρμόζουν την παραπάνω τεχνολογία, στην παραγωγή, στη μετάδοση και στην κατανάλωση ενέργειας. Με πρώτη και καλύτερη τη δοκιμαστική εφαρμογή των ξενοδοχείων "Marriott Hotels", ως προς τη χρήση των κλιματιστικών τους που είχε ως όφελος την εξοικονόμηση ενέργειας και χρημάτων.

Παρόλο που το Smart Grid μπορεί να επιλύσει πολλά προβλήματα, σχετικά με την ηλεκτρική ενέργεια, χρειάζεται να δοθεί σημασία στην αρνητική παράμετρο που αφορά την τεχνητή νοημοσύνη. Πρόκειται για μια πρωτοποριακή τεχνολογία που όπως φαίνεται είναι η μόνη που μπορεί να μετατρέψει τον ενεργειακό τομέα, αφού μπορεί και εκτελεί ανθρωπομορφικά έργα. Όμως πρέπει να μελετηθεί πάρα πολύ το τελευταίο, διότι αν αναθέσουμε στα μηχανήματα αυτά που μπορεί να εκτελέσει το ανθρώπινο μυαλό, θα φτάσουμε σιγά-σιγά στην αντικατάσταση του ανθρώπου με όλες τις δυσάρεστες και ανεξέλεγκτες, για τον άνθρωπο και την κοινωνία συνέπειες.

Υπάρχουν ανησυχίες από το Smart Grid που σχετίζονται με την ασφάλεια και την ιδιωτικότητα του συστήματος και της επικοινωνίας. Επειδή οι πελάτες μοιράζονται πληροφορίες σχετικά με τον τρόπο χρησιμοποίησης της ενέργειας, κινδυνεύουν να γίνουν γνωστές κάποιες πληροφορίες σχετικά με την καταναλωτική τους συμπεριφορά. Μπορεί επίσης να υποκλαπούν δεδομένα, να πλαστογραφηθούν ή και να αλλοιωθούν. Άρα ο στόχος είναι να δημιουργηθούν τέτοιες συνθήκες που να προστατευθεί η ιδιωτική ζωή του ατόμου, τα προσωπικά του δεδομένα, το απόρρητο των πληροφοριών και η προστασία από τη διαρροή δεδομένων στα μέσα ενημέρωσης. Επιπρόσθετα είναι πολύ

σημαντικό η πολιτεία να φροντίζει για την προστασία των πελατών, με ένα καθεστώς που θα τιμωρεί αυστηρά όσους αναρμόδιους επωφελούνται πληροφορίες, για να κάνουν κακό στους χρήστες ή και στο κράτος. Η συνεργασία των υπηρεσιών κοινής ωφέλειας με τους πωλητές της ηλεκτρικής ενέργειας, μπορεί και βοηθάει στη γρήγορη διόρθωση του λογισμικού από τυχόν σφάλματα ή και η απομόνωση του συστήματος.

Τέλος με τις διαδραστικές εφαρμογές παιχνιδοποίησης που εφαρμόζουν οι διάφορες εταιρείες ηλεκτρικής ενέργειας, μετατρέπουν το σπίτι σε περιβάλλον, όπου ο καταναλωτής παρακινείται να αντιληφθεί την ενεργειακή κατανάλωση της εκάστοτε συσκευής που χρησιμοποιεί με κύριο στόχο να συνειδητοποιήσει τη χρήση, τη διαχείριση και το κόστος τις εκάστοτε συσκευής, μέσω της χρησιμοποίησης στοιχείων παιχνιδιού ως κίνητρο με σκοπό την παρακίνηση και αφοσίωση του χρήστη.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Κασίνης and Πιριπίτση, “ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ πρόγραμμα για την ενεργεια - για μαθητές μέσης και τεχνικής εκπαίδευσης.” 2010 [Online]. Available: [http://www.mcit.gov.cy/mcit/energyse.nsf/C979C6E784F6869BC2257F6C00299328/\\$file/ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ%20ΒΙΒΛΙΟ%20ΓΙΑ%20ΜΑΘΗΤΕΣ%20ΜΕΣΗΣ%20ΚΑΙ%20ΤΕΧΝΙΚΗΣ%20ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ.pdf](http://www.mcit.gov.cy/mcit/energyse.nsf/C979C6E784F6869BC2257F6C00299328/$file/ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ%20ΒΙΒΛΙΟ%20ΓΙΑ%20ΜΑΘΗΤΕΣ%20ΜΕΣΗΣ%20ΚΑΙ%20ΤΕΧΝΙΚΗΣ%20ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ.pdf)
- [2] Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ), “Το ιστορικό της ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα.” 2018 [Online]. Available: http://www.rae.gr/site/categories_new/consumers/know_about/electricity/history.csp%0d%5b3%5d
- [3] Ζ. Καραγεώργος, “Έλεγχος τάσης σε μικροπαραγωγές (χαρακτηριστική στατισμού Q-V ελεγκτή) με δυνατότητα τροφοδοσίας από ευρύ φάσμα ΣΡ πηγών τάσης,” Master’s thesis, Τμήμα Ηλεκτρολ. Μηχαν. και Τεχνολ. Υπολογιστών (ΜΔΕ) - Πανεπιστήμιο Πατρών, 2016 [Online]. Available: <http://hdl.handle.net/10889/10138>
- [4] Γ. Β. Γιαννακόπουλος and Ν. Α. Βοβός, Εισαγωγή στα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας. Εκδόσεις Ζήτη, 2008.
- [5] Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ), “Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.” 2018 [Online]. Available: http://www.rae.gr/site/categories_new/consumers/know_about/electricity/production.csp
- [6] Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ), “Μεταφορά και Διανομή Ηλεκτρικής Ενέργειας.” 2018 [Online]. Available: http://www.rae.gr/site/categories_new/consumers/know_about/electricity/distribution.csp
- [7] Α. Σ. Καράκος, Διαδίκτυο, παγκόσμιος ιστός και τεχνικές προγραμματισμού. Εκδόσεις Γκιούρδα, 2007.
- [8] K. Ashton, “That ‘internet of things’ thing,” RFID journal, vol. 22, no. 7, pp. 97–114, 2009.
- [9] C. Bekara, “Security issues and challenges for the iot-based smart grid,” Procedia Computer Science, vol. 34, pp. 532–537, 2014.

- [10] B. Li, S. Lv, and Q. Pan, "The internet of things and smart grid," in IOP conference series: Earth and environmental science, 2018, vol. 113, p. 012038.
- [11] L. Li, H. Xiaoguang, C. Ke, and H. Ketai, "The applications of wifi-based wireless sensor network in internet of things and smart grid," in 6th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA), 2011, pp. 789–793.
- [12] L. Hua, Z. Junguo, and L. Fantao, "Internet of things technology and its applications in smart grid," Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science, vol. 12, no. 2, pp. 940–946, 2014.
- [13] [13] O. Vermesan and P. Friess, Internet of things-from research and innovation to market deployment, vol. 29. River publishers Aalborg, 2014.
- [14] M. Jaradat, M. Jarrah, A. Bouselham, Y. Jararweh, and M. Al-Ayyoub, "The internet of energy: Smart sensor networks and big data management for smart grid," Procedia Computer Science, vol. 56, pp. 592–597, 2015.
- [15] K. K. Patel and S. M. Patel, "Internet of things-iot: Definition, characteristics, architecture, enabling technologies, application & future challenges," Int. J. Eng. Sci. Comput, vol. 6, no. 5, 2016.
- [16] D. Niyato, L. Xiao, and P. Wang, "Machine-to-machine communications for home energy management system in smart grid," IEEE Communications Magazine, vol. 49, no. 4, 2011.
- [17] D. Boswarthick, O. Elloumi, and O. Hersent, M2M communications: A systems approach. John Wiley & Sons, 2012.
- [18] N. Kaabouch, Handbook of research on software-defined and cognitive radio technologies for dynamic spectrum management. IGI Global, 2014.
- [19] Y. Yan, Y. Qian, H. Sharif, and D. Tipper, "A survey on smart grid communication infrastructures: Motivations, requirements and challenges," IEEE communications surveys & tutorials, vol. 15, no. 1, pp. 5–20, 2013.

- [20] E. Tsampasis, D. Bargiotas, C. Elias, and L. Sarakis, "Communication challenges in smart grid," in MATEC web of conferences, 2016, vol. 41, p. 01004.
- [21] V. Rozsa, "An application domain-based taxonomy for iot sensors." in ISPE te, 2016, pp. 249–258.
- [22] Hawaiian Electric Company, Inc., "kai ypoloipo Smart Grid and Smart Meters." <https://www.hawaiielectric.com/clean-energy-hawaii/smart-grid-and-smart-meters>, 2018.
- [23] L. H. Tsoukalas and R. Gao, "From smart grids to an energy internet: Assumptions, architectures and requirements," in Proceedings of 3rd intl. conference on electric utility deregulation and restructuring and power technologies, 2008, pp. 94–98.
- [24] Ζαχαράκης, Κομνηνός, και Κουτκιάς, "Ζητήματα ανάπτυξης συστημάτων διάχυτου υπολογισμού που σχετίζονται με τον άνθρωπο και την κοινωνία." 2015 [Online]. Available: https://www.eap.gr/images/stories/pdf/sdy51_c_16.pdf
- [25] The Department of Energy's Office of Electricity Delivery and Energy Reliability (OE), "What is the Smart Grid?" 2015 [Online]. Available: https://www.smartgrid.gov/the_smart_grid/smart_grid.html
- [26] P. McDaniel and S. McLaughlin, "Security and privacy challenges in the smart grid," IEEE Security & Privacy, no. 3, pp. 75–77, 2009.
- [27] O. Monnier, "A smarter grid with the internet of things," Texas Instruments, technical report, 2013 [Online]. Available: <http://www.ti.com/lit/ml/slyb214/slyb214.pdf>
- [28] Locke and Gallagher, "NIST framework and roadmap for smart grid interoperability standards." 2010 [Online]. Available: https://www.nist.gov/sites/default/files/documents/public_affairs/releases/smartgrid_interoperability_final.pdf
- [29] Y. Saleem, N. Crespi, M. H. Rehmani, and R. Copeland, "Internet of things-aided smart grid: Technologies, architectures, applications, prototypes, and future research directions," arXiv preprint arXiv:1704.08977, 2017.

- [30] NES Global Talent, “What is the Internet of Energy?” 2017 [Online]. Available: <https://www.nesgt.com/blog/2017/10/what-is-the-internet-of-energy>
- [31] C. Neike, “5 problems the internet of energy can solve.” 2018 [Online]. Available: <https://www.greenbiz.com/article/5-problems-internet-energy-can-solve>
- [32] S. Karnouskos, “The cooperative internet of things enabled smart grid,” in Proceedings of the 14th IEEE International Symposium on Consumer Electronics (ISCE2010), June, 2010, pp. 07–10.
- [33] DAFNI - Network of Aegean Islands for Sustainability, “Smart grids and islands of Europe.” 2014 [Online]. Available: <http://www.dafni.net.gr/en/archives/020514.htm>
- [34] Γ. Παλαιολόγος, “Η ελληνική επιχειρηματικότητα σε 850 λέξεις.” Mar-2018 [Online]. Available: <http://www.kathimerini.gr/951573/gallery/epikairothta/ellada/h-ellhnikh-epixeirhmatikothta-se-850-le3eis>
- [35] CNNGreece, “Τήλος: Το «πράσινο νησί» διεκδικεί ευρωπαϊκό βραβείο για το πρωτοποριακό ενεργειακό του πρόγραμμα.” 2017 [Online]. Available: <https://www.cnn.gr/news/ellada/story/85519/tilos-to-prasino-nisi-diekdikiei-eyropaiko-vraveio-gia-to-protoporiako-energeiako-toy-programma>
- [36] Γ. Ηλίου, “Κύθνος «ΕΞΥΠΝΟ ΝΗΣΙ» - Έγκριση έργου HORIZON 2020 με πιλοτικές εφαρμογές στην Κύθνο.” 2018 [Online]. Available: <https://www.kythnos.gr/κύθνος-εξυπνο-νησι-έγκριση-έργου-horizon-2020/>
- [37] Ν. Παπουτσάς, “Κύθνος: το πρώτο νησί στο Αιγαίο που απέκτησε σταθμό φόρτισης ηλεκτροκίνητων οχημάτων.” 2017 [Online]. Available: <http://cycladesplus.gr/kythnos-proto-nisi-sto-eggeo-pou-apoktise-stathmo-fortisis-ilektrokiniton-ochimaton/>
- [38] E. Costanza, S. D. Ramchurn, and N. R. Jennings, “Understanding domestic energy consumption through interactive visualisation: A field study,” in Proceedings of the 2012 ACM conference on ubiquitous computing, 2012, pp. 216–225.

- [39] S. Aman, Y. Simmhan, and V. K. Prasanna, "Energy management systems: State of the art and emerging trends," *IEEE Communications Magazine*, vol. 51, no. 1, pp. 114–119, 2013.
- [40] M. Bång, M. Svahn, and A. Gustafsson, "Persuasive design of a mobile energy conservation game with direct feedback and social cues," in *Breaking new ground: Innovation in games, play, practice and theory. proceedings of digra 2009*, 2009.
- [41] A. Spagnolli, "Eco-feedback on the go: Motivating energy awareness," *Computer*, vol. 44, no. 5, pp. 38–45, 2011.
- [42] J. Froehlich, L. Findlater, and J. Landay, "The design of eco-feedback technology," in *Proceedings of the sigchi conference on human factors in computing systems*, 2010, pp. 1999–2008.
- [43] T. Vilarinho, B. Farshchian, L. W. Wienhofen, T. Franang, and H. Gulbrandsen, "Combining persuasive computing and user centered design into an energy awareness system for smart houses," in *12th international conference on intelligent environments (ie)*, 2016, pp. 32–39.
- [44] U. N. D. for Sustainable Development, *United nations conference on environment and development*, vol. 31. CambridgeUniversityPress, 1992.
- [45] Υπουργείο Διοικητικής Ανασυγκρότησης, "Η έννοια της αειφορίας και η ενσωμάτωση της στο εθνικό θεσμικό πλαίσιο." 2014 [Online]. Available: http://www.ekdd.gr/ekdda/files/ergasies_esdd/13/2/425.pdf
- [46] Ευαγγέλου and Τσαντήλας, "Γεωργία ακριβείας: το μελλοντικό σύστημα παραγωγής αγροτικών προϊόντων." 2010 [Online]. Available: <http://www.nagref.gr/journals/ethg/images/44/ethg44p18-21.pdf>
- [47] Στουπής and Βλάχος, "«Ευφυής γεωργία»: Μύθος ή ανάγκη;" 2018 [Online]. Available: <https://tvxs.gr/news/egrapsan-eipan/eyfyis-georgia-mythos-i-anagki>