



Πτυχιακή Εργασία:

Έξυπνα δίκτυα πλέγματος και εφαρμογές σε ενεργειακό
τομέα

Κουτσουμπέη Χάρης Α.Μ 2151

Γιόγιακα Μαρίνα Α.Μ 2103

ANTIPPIO 2018

Κενή σελίδα

Περιεχόμενα

Περίληψη	9
Abstract	11
Κεφάλαιο 1 : Έξυπνα Δίκτυα	12
1.1 Εισαγωγή στα Έξυπνα δίκτυα	12
1.2 Ανάγκη για έξυπνη ενέργεια	13
1.3 Η έννοια του Έξυπνου δικτύου	15
1.4 Βασικά χαρακτηριστικά.....	17
1.5 Διαφορές μεταξύ του παραδοσιακού δικτύου και του έξυπνου δικτύου	18
1.6 Αρχιτεκτονική έξυπνου δικτύου	19
1.6.1 Τομέας μαζικής παραγωγής	20
1.6.2 Τομέας δικτύου διανομής	21
1.6.3 Τομέας πελατών.....	22
1.6.4 Τομέας Κέντρου ενεργειών	23
1.6.5 Τομέας αγοράς.....	24
1.6.6 Τομέας παροχής υπηρεσιών.....	25
1.6.7 Τομέας μεταφοράς.....	26
1.7 Οφέλη έξυπνων δικτύων	27
1.7.1.Οφέλη για τις υπηρεσίες παροχής ενέργειας.....	27
1.7.2 Οφέλη για τους καταναλωτές.....	28
1.7.3.Περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη	30
1.8. Κίνητρα εφαρμογής έξυπνων δικτύων.....	31
1.9.Προκλήσεις.....	32
1.9.1 Προστασία και ασφάλεια	32
1.9.2.Αξιοπιστία.....	33
1.9.3 Ποιότητα ισχύος.....	33
1.9.4. Διαδραστικότητα μεταξύ δικτύου και πελατών	33
Κεφάλαιο 2: Η ανάπτυξη των έξυπνων δικτύων στην Ευρώπη	34

2.1 Κανονιστικές ρυθμίσεις στην Ευρώπη για την εφαρμογή των Έξυπνων Δικτύων	36
2.1.1 Ομάδας Δράσης για τα Ευφυή Δίκτυα	37
2.1.2. Ευρωπαϊκό Ενεργειακό Πρόγραμμα Ανάκαμψης	38
2.1.3 Πακέτο / Πρόταση για την Ενεργειακή Υποδομή.....	38
2.1.4 Οδηγία σχετικά με την ενεργειακή απόδοση	39
2.1.5 Οδηγία σχετικά με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας	40
2.1.6 Κωδικοί δικτύου	41
2.2 Τα έξυπνα δίκτυα στην Ελλάδα	42
2.2.1. Έργα στον ελλαδικό χώρο	43
Κεφάλαιο 3: Μικροδίκτυα.....	44
3.1 Ορισμός	44
3.2 Τα δομικά στοιχεία του μικροδικτύου	45
3.2.1 Μικροπηγές	46
3.2.2 Μικροτουρμπίνες.....	47
3.2.3 Κυψέλες καυσίμου	47
3.2.4. Συσκευές αποθήκευσης	48
3.2.5 Κατανομή των ενεργειακών πηγών	49
3.2.6 Τρόποι λειτουργίας μικροδικτύου	50
3.2.7 Μετατροπείς τάσης.....	51
3.2.8 Λειτουργίες ελέγχου.....	51
3.2.9 Ηλεκτρονικά συζευγμένα μικροδίκτυα	53
3.2.10 Κεντρικός έλεγχος	53
3.3 Πεδίο εφαρμογής.....	54
3.3.1. Ιδρύματα	54
3.3.2 Στρατιωτικές εγκαταστάσεις.....	55
3.3.3 Απομακρυσμένα αυτόνομα μικροδίκτυα.....	55
3.4 Πλεονεκτήματα μικροδικτύου	55
3.4.1 Οικονομικά οφέλη	56
3.4.2. Τεχνικά οφέλη.....	57
3.4.3. Περιβαλλοντικά και κοινωνικά οφέλη	57
3.5 Η αλληλεπίδραση των έξυπνων μικροδικτύων.....	58
Κεφάλαιο 4: Μελέτη περίπτωσης: τα ευφυή πλέγματα στις αερομεταφορές.....	61
4.1 Εισαγωγή: Ευφυή συστήματα μεταφορών.....	61
4.2 Η αρχιτεκτονική των Ευφών Συστημάτων Μεταφοράς	63

4.3 Ευφυή Συστήματα Μεταφοράς : Έξυπνα Αεροδρόμια	65
4.3.1 Εξοικονόμηση κόστους.....	70
4.3.2 Τεχνολογίες των έξυπνων αεροδρομίων.....	70
4.3.3 Τεχνολογίες για τη διαχείριση της κινητικότητας.....	71
4.4 Έξυπνα αεροδρόμια: Μελλοντικές προοπτικές.....	75
4.5 Έξυπνα δίκτυα ανα τον κόσμο	76
Σύνοψη.....	80
Βιβλιογραφία	81
Λίστα εικόνων	
Εικόνα 1.1 Υποδομή Έξυπνου Δικτύου	
Εικόνα 1.2 Απεικόνιση Τομέα Μαζικής Παραγωγής	
Εικόνα 1.3 Απεικόνιση Τομέα Δικτύου Διανομής.	
Εικόνα 1.4 Απεικόνιση Τομέα Πελατών.	
Εικόνα 1.5 Απεικόνιση Τομέα Κέντρου Ενεργειών	
Εικόνα 1.6 Απεικόνιση Τομέα Αγοράς.	
Εικόνα 1.7 Απεικόνιση Τομέα Παροχής Υπηρεσιών.	
Εικόνα 1.8 Απεικόνιση Τομέα Μεταφοράς.	
Εικόνα 2.1 Συγκέντρωση έξυπνων δικτύων στην Ευρώπη.	
Εικόνα 2.2 Διάγραμμα του Ευρωπαϊκού προγράμματος ανάκτησης ενέργειας	
Εικόνα 3.1 Σχεδιάγραμμα δομικών στοιχείων μικροδικτύου.	
Εικόνα 4.1 Ευφυή Συστήματα Μεταφορών.	
Εικόνα 4.2 Ψηφιακό δίκτυο και η αλληλεπίδραση του με το αεροπορικό σύστημα.	

Υπόμνημα Όρων

VSP	Vision Service plan (Παρόχους Εικονικών Υπηρεσιών)
AODB	Airport Operational DataBase (Παγκόσμια Βάση Δεδομένων Αεροδρομίου)
CUTE	Common User Terminal Equipment (Συνήθης εξοπλισμός τερματικού χρήστη)
dMS	Distribution management system αυτοματοποίηση

Έξυπνα δίκτυα πλέγματος και εφαρμογές σε ενεργειακό τομέα

	του δικτύου
FIDS	Flight Information Display Systems (Συστήματος Προβολής Πληροφοριών Πτήσης)
GIS	Geographic Information System (Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών)
ITS	Intelligent Transport (Ευφυή Συστήματα Μεταφορών)
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition (Σύστημα εποπτικού ελέγχου και απόκτησης δεδομένων
VSI	Vertical Speed Indicator (Δείκτης κατακόρυφης ταχύτητας)
ACER	Agency for the Cooperation of Energy Regulators (Οργανισμός Συνεργασίας των Ρυθμιστικών Αρχών Ενέργειας)
A-SMGCS	Advanced Surface Movement Guidance & Control System (Σύστημα Καθοδήγησης και Ελέγχου Σύνθετης Επιφάνειας)
ASTERIX	All Purpose Structured Eurocontrol Surveillance Information Exchange (Διάρθρωση Πληροφοριών Δορυφορικής Παρακολούθησης Eurocontrol)
CAIDI	Customer Average Interruption Duration Index (Δείκτης Διάρκειας Διακοπής Πελάτη)
CAIFI	Customer Average Interruption Frequency Index (Δείκτης Συχνότητας Διακοπής του Πελάτη)
DC-AC	Direct current- Alternating current (Συνεχές Ρεύμα – Εναλλασσόμενο Ρεύμα)
DXB	Dubai International Airport (Διεθνές Αεροδρόμιο του Ντουμπάι)
EEGI	European Electricity Grid Initiative Ευρωπαϊκή Πρωτοβουλία για το Δίκτυο Ηλεκτρισμού)
ENTSO-E	European Network of Transmission System Operators for Electricity (Ευρωπαϊκό Δίκτυο Διαχειριστών Συστημάτων Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας)
ERA-NET	European Research Area Ευρωπαϊκή (Ένωση Της Ενεργειακής Έρευνας)
ETP SG	European Technology Platform Smart Grid (Ευρωπαϊκή Τεχνολογική Πλατφόρμα για τα Έξυπνα Δίκτυα)
FACTS	Flexible AC Transmission Systems (Ευέλικτα συστήματα μετάδοσης εναλλασσόμενου ρεύματος)
GPS	Global Positioning System (Παγκόσμιο Σύστημα Στιγματοθέτησης)
HTP SG	Ελληνική Τεχνολογική Πλατφόρμα για τα Έξυπνα Δίκτυα
HVDC	High Voltage Direct Current (Υψηλή Τάση Συνεχούς Ρεύματος)
MRO	Maintenance, Repair and Overhaul (Συντήρησης, Επισκευής και Επιθεώρησης)

NIST	National Institute of Standards and Technology (Εθνικό Ινστιτούτο Προτύπων και Τεχνολογίας, Υπουργείο Εμπορίου των Η.Π.Α.)
PCI	Project Common Interest (Εργα Κοινού Ενδιαφέροντος)
RFID	Radio Frequency Identification (αναγνώριση ραδιοσυχνοτήτων)
SAIDI	System Average Interruption Duration Index (Δείκτης Διάρκειας Μέσης Διακοπής Συστήματος)
SAIFI	System Average Interruption Frequency Index (Δείκτης Μέσης Συχνότητας Διακοπής Συστήματος)
STATCOM	Static Compensator (Στατικός αντισταθμιστής)
VSDF	Video Sensor Data Fusion(Συνδυασμός Δεδομένων Αισθητήρα Βίντεο)
ΑΠΕ	Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
ΓΔ	Γενικών Διευθύνσεων
ΔΕΔΔΗΕ	Διαχειριστής Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας
ΔΕΗ-ΕΜΠ	Δημόσια Εταιρία Ηλεκτρισμού-Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
ΔΟΕ	Διεθνής Οργανισμός Ενέργειας
ΔΣΜ	Διαχειριστές Συστημάτων Μεταφοράς
ΕΕ	Ευρωπαϊκή Ένωση.
ΕΕΠΑ	Ευρωπαϊκό Ενεργειακό Πρόγραμμα για την Ανάκαμψη
ΕΚ	
ΗΠΑ	Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής
ΜΜΕ	Μικρές και Μεσαίες Επιχειρήσεις
ΟΔΕΔ	Ομάδα Δράσης για τα Ευφυή Δίκτυα
σ.α.λ.	Στροφές Ανά Λεπτό
ΤΠΕ	Τεχνολογία Πληροφοριών και Επικοινωνίας
ΥΠΕΚΑ	Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής

Έξυπνα δίκτυα πλέγματος και εφαρμογές σε ενεργειακό τομέα

Περίληψη

Με την παρούσα διπλωματική γίνεται προσπάθεια για την περιγραφή του θεωρητικού πλαισίου των έξυπνων δικτύων, την ανάλυση των κυρίαρχων χαρακτηριστικών του καθώς και η καταγραφή βασικών αρχών που είναι άμεσα συνδεδεμένες με αυτό. Παράλληλα, παρατίθεται ένα παράδειγμα εφαρμογής των έξυπνων δικτύων στον τομέα των αερομεταφορών.

Πιο συγκεκριμένα, στο πρώτο κεφάλαιο αρχικά γίνεται μια αναφορά στα προβλήματα που παρουσιάζει το σημερινό δίκτυο και εν συνεχεία εισάγεται ο όρος του έξυπνου δικτύου, όπου επιχειρείται η εννοιολογική οριοθέτηση του. Παράλληλα επισημαίνονται τα βασικά του χαρακτηριστικά, όπως και τα πλεονεκτήματα, οι διάφορες που υπάρχουν σε σχέση με το παραδοσιακό δίκτυο, οι προκλήσεις που καλείται να αντιμετωπίσει αλλά και η αρχιτεκτονική που είναι σχεδιασμένο αυτό .

Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφονται οι προσπάθειες καθιέρωσης των έξυπνων δικτύων στον ευρωπαϊκό χώρο, με τα έργα που έχουν αρχίσει ή βρίσκονται σε στάδιο σχεδιασμού όπως χρήση Α.Π.Ε σε δημοσιά κτίρια και μεταφορές στις πόλεις. Επίσης αναφέρονται οι διασυνοριακές επικοινωνίες. Για τον ελλαδικό χώρο γίνεται αναφορά για τις εταιρίες που προάγουν τα έξυπνα δίκτυα και τα έργα που πρόκειται να λάβουν χώρα .

Στο επόμενο κεφάλαιο γίνεται λεπτομερής ανάλυση των μικροδικτυων ως προς τα δομικά του στοιχεία όπως κυψέλες καυσίμου, μικροπηγες, τον τρόπο λειτουργίας τους και άλλα. Στην συνέχεια αναφέρονται τα πεδία εφαρμογής αυτών, τα πλεονεκτήματα τους αλλά και τα οφέλη σε τομείς όπως οικονομία, περιβάλλον αλλά και κοινωνία. Κλείνει παραθέτοντας τις αλληλεπιδράσεις και τα προ απαιτούμενα που θα πρέπει να διαθέτει ένα μικροδίκτυο.

Τέλος, στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται παράθεση ενός παραδείγματος εφαρμογής των έξυπνων δικτύων στον τομέα των αερομεταφορών. Παρουσιάζονται τα διάφορα είδη ευφυών συστημάτων που ενισχύουν την ασφάλεια των αεροδρομίων και πραγματοποιείται μια αξιολόγηση αυτών, μέσω της ανάλυσης τόσο των ωφελειών όσο

και τον κατάλληλων μεθόδων σχεδιασμού, αλλά και των μειονεκτημάτων τους. Αναφέρεται η αρχιτεκτονική των ευφυών συστημάτων και οι τεχνολογίες για την διαχείριση της κινητικότητάς. Κλείνοντας, γίνεται γνωστό ποιες θα είναι οι μελλοντικές προοπτικές στον χώρο και παρουσιάζονται τρία έργα αεροδρομίων σε τοπικό και διεθνές επίπεδο

Κενή σελίδα

Abstract

This diploma thesis attempts to describe the theoretical framework of smart grids, the analysis of its dominant features as well as the recording of basic principles directly associated with it.

Alongside, it is quoted an example of smart grids application in the field.

More specifically, the first chapter is reported to the problems which presents the current network and continually it is introduced the term of smart grids, where is attempting its conceptual delimitation. In addition, it is highlighted its basic characteristics, likewise the benefits, the differences which are related to the traditional network, the challenges which are asked to face and the architecture that is designed the net.

In the second chapter it is described the attempts of the smart grids establishment in the European field, by the construction which have been started or they are at the designing stage like the use of renewable energy sources at the public buildings and the city transportation. Also, it is mentioned the cross-border communications. A reference is made about the companies which promote the smart nets and the constructions which are going to take part in Greece.

In the next field is being detailed analysis of micro-networks for its structural data such fuel hives, micro-sources, the way of its function and others. Subsequently it is mentioned their fields of application, their advantages and benefits in fields as economy, environment and society. This chapter ends quoting the interactions and the prerequisites which must be available in a micro-network.

Finally, in the fourth chapter it is quoted an example of application of smart nets in the field of air -transport.

It is presented different kinds of intelligent systems that boost airport safety and it has been carried out the evaluation through the analysis both the benefits and the suitable designing methods, as well as their drawbacks. It is mentioned the architecture of intelligent systems and the technology for motility administration.

To sum up, it is disclosed which will be the future perspective in space and three airport constructions are presented at local and national level.

Κεφάλαιο 1 : Έξυπνα Δίκτυα

1.1 Εισαγωγή στα Έξυπνα δίκτυα

Η ηλεκτρική ενέργεια και το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας αποτέλεσαν αντικείμενο επιστημονικού ενδιαφέροντος στα τέλη του 17ου αιώνα με το έργο του William Gilbert. Έκτοτε έχουν επιτευχθεί πολλές μεγάλες ανακαλύψεις και τεχνολογικές εξελίξεις. Η μεγαλύτερη ανακάλυψη όλων αυτών ήταν από τον Michael Faraday, ο οποίος ανακάλυψε την αρχή της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής το 1831. Στις αρχές του 20ού αιώνα οι εφευρέσεις και οι αποκαλύψεις του Thomas Edison και του Nikola Tesla έθεσαν τα θεμέλια για την οικοδόμηση σύγχρονων ηλεκτρικών πλεγμάτων (Abbott, 2010).

Το πλέγμα χρησιμεύει ως το βασικό μέσο για την παροχή ζωτικής ενέργειας. Οι ξεχωριστές λειτουργίες των ηλεκτρικών πλεγμάτων περιλαμβάνουν την παραγωγή, τη μετάδοση και τη διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας. Ο ηλεκτρισμός πρώτα παράγεται και στη συνέχεια μεταδίδεται σε μεγάλες αποστάσεις στις μονάδες, όπου διανέμεται

πραιτέρω στους καταναλωτές. Το σύστημα παραγωγής προέρχεται από διάφορες μορφές ενέργειας, όπως πηγές ενέργειας υψηλής πυκνότητας άνθρακα, φυσικού αερίου και πετρελαίου, καθώς και διάχυτες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπως η υδροηλεκτρική ενέργεια, η εκπεμπόμενη βιομάζα, η ηλιακή ενέργεια και ο άνεμος. Επί του παρόντος, ο κυρίαρχος μηχανισμός παραγωγής είναι ηλεκτρομηχανικές γεννήτριες που κινούνται από κινητήρες θερμότητας τροφοδοτούμενοι με χημική καύση ή πυρηνική σχάση. Οι παραδοσιακές μονάδες παραγωγής ενέργειας από ορυκτά καύσιμα έχουν πολύ χαμηλή απόδοση, από την πηγή (άνθρακας) έως τον τελικό χρήστη, πλησιάζοντας συνολικά το 30% (οι θερμοδυναμικοί κύκλοι έχουν περιορισμένη απόδοση και υπάρχουν πολλές άλλες απώλειες, συμπεριλαμβανομένων των απωλειών μετάδοσης και διανομής) ενώ η τοπική παραγωγή από πηγές ανανεώσιμης ενέργειας, θα έχει πολύ υψηλότερη απόδοση (εκτιμάται ότι είναι περίπου 70%). Σύμφωνα με στοιχεία της Διεθνούς Υπηρεσίας Ενεργειακών Στατιστικών 2010, το 63% της ηλεκτρικής ενέργειας στις Ηνωμένες Πολιτείες προέρχεται από την καύση ορυκτών καυσίμων, ενώ στην Κίνα είναι περισσότερο από το 70%, με τις περισσότερες αναπτυγμένες χώρες να βρίσκονται στο ίδιο εύρος. Το σύστημα μετάδοσης αποτελείται συνήθως από γραμμές μεταφοράς υψηλής τάσης που μεταφέρουν ηλεκτρική ενέργεια σε μεγάλες αποστάσεις και παραδίδουν στους υποσταθμούς διανομής όπου η τάση μειώνεται για περαιτέρω διανομή στους καταναλωτές μέσω δικτύων διανομής (Amin & Wollenberg, 2005).

1.2 Ανάγκη για έξυπνη ενέργεια

Η έξυπνη ενέργεια αφορά την αποδοτικότερη χρήση της ενέργειας, με την ενσωμάτωση προηγμένων τεχνολογιών, όπως οι τεχνολογίες πληροφοριών και επικοινωνιών (ΤΠΕ), η ηλεκτρονική και η υλικοτεχνική, με στόχο τη διατήρηση ενός περιβαλλοντικά βιώσιμου συστήματος. Σε γενικές γραμμές, περιλαμβάνει ένα ευρύ φάσμα θεμάτων έρευνας και ανάπτυξης, όπως το πλαίσιο πολιτικής και οι μεταρρυθμίσεις, επιχειρησιακές τεχνολογίες και συστήματα (π.χ. συστήματα ελέγχου, ασφάλεια δικτύου και σταθερότητα, ανίχνευση και πρόβλεψη σφαλμάτων, διαχείριση της ζήτησης, αυτοθεραπευτικά δίκτυα και ο ενεργειακός εφοδιασμός σε μεγάλες αποστάσεις), πληροφορίες και κοινωνικές τεχνολογίες και συστήματα για τον μετριασμό

του άνθρακα, συμπεριφορές των πελατών, ευρείας κλίμακας μοντελοποίηση και βελτιστοποίηση από τομέα σε τομέα (Chen, Duan, Cai & Liu, 2011).

Η έξυπνη ενέργεια είναι απαραίτητη για διάφορους λόγους. Ο πρωταρχικός λόγος είναι η περιορισμένη διαθεσιμότητα πηγών που δεν ανήκουν στην ΕΕ, όπως ο άνθρακας, το φυσικό αέριο και το πετρέλαιο στη Γη. Εκτιμάται ότι η Γη έχει μόνο λίγες δεκαετίες προμήθειας από αυτές τις πηγές που δεν είναι ανανεώσιμες. Από την άλλη πλευρά, οι ΑΠΕ όπως η υδροηλεκτρική, η βιομάζα, η ηλιακή και η γεωθερμική ενέργεια και ο άνεμος διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο για τον μελλοντικό ενεργειακό εφοδιασμό. Απαιτούνται προηγμένες τεχνολογίες για να καταστούν οι εν λόγω ενεργειακοί πόροι πιο αξιόπιστοι και ασφαλείς. Ενώ προβλέπεται ότι οι ανανεώσιμες πηγές θα αποτελούν τον σημαντικότερο μελλοντικό ενεργειακό εφοδιασμό σε μακροπρόθεσμη βάση, οι μη ανανεώσιμες πηγές θα παραμείνουν η κυρίαρχη πηγή ενέργειας για το μεσοπρόθεσμο και βραχυπρόθεσμο μέλλον, επειδή είναι ακόμα πιο οικονομικά εφικτές, με υψηλότερη ενεργειακή πυκνότητα και εύκολη πρόσβαση και χρήση. Ωστόσο, τα κυβερνητικά κίνητρα, η ανάπτυξη μεγαλύτερης κλίμακας και περιβαλλοντικοί λόγοι, καθιστούν τις ΑΠΕ πιο προσιτές. Παραδείγματος χάριν, η παραγωγή ηλεκτρισμού από άνθρακα και πετρέλαιο αποφέρει διοξείδιο του άνθρακα (που προκαλεί υπερθέρμανση του πλανήτη), οξείδιο του αζώτου (το οποίο προκαλεί την αιθαλομίχλη που είναι επιβλαβές για τους ηλικιωμένους) και σωματιδιακό αέρα ή αέρα σκόνης (που αυξάνει τον κίνδυνο καρκίνου του πνεύμονα).

Όλοι αυτοί οι λόγοι απαιτούν να σκεφτούμε σοβαρά τον τρόπο με τον οποίο θα διασφαλίσουμε την περιβαλλοντική βιωσιμότητα διατηρώντας παράλληλα την απαραίτητη οικονομική ανάπτυξη. Για παράδειγμα, αναπτύσσονται πολλές στρατηγικές σχετικά με τον τρόπο βελτίωσης της αποτελεσματικότητας με λιγότερα απόβλητα και καλύτερη ποιότητα υπηρεσιών. Απαιτείται επίσης μια αλλαγή όσον αφορά την αντιμετώπιση της προσφοράς και της ζήτησης ενέργειας, π.χ. νέες τεχνολογίες για τη συγκομιδή και τη χρήση ΑΠΕ, βελτιωμένη κατανομή ενέργειας για τη βελτιστοποίηση της αξιοποίησης των περιουσιακών στοιχείων και μείωση των κεφαλαιουχικών δαπανών

και βελτιωμένη διαχείριση της χρήσης ενέργειας για τη μείωση των ζημιών με ενσωμάτωση νέων τεχνολογιών (Mah et al., 2014).

1.3 Η έννοια του Έξυπνου δικτύου

Η έννοια του έξυπνου δικτύου αποτέλεσε θέμα συζήτησης από διάσημους οργανισμούς, ερευνητικά ινστιτούτα και κυβερνητικά τμήματα σε όλο τον κόσμο. Στη διεθνή βιβλιογραφία δεν υπάρχει ένας ενιαίος ορισμός για το έξυπνο δίκτυο, ενώ παράλληλα διαφορετικές χώρες έχουν άλλου είδους αντίληψη για το μελλοντικό δίκτυο. Για παράδειγμα, η Κίνα επιδιώκει να δημιουργήσει ένα τεράστιο ισχυρό έξυπνο δίκτυο, το οποίο περιλαμβάνει όλα τα τμήματα από την παραγωγή, τη μετάδοση και τη διανομή έως τη χρήση, ενώ το έξυπνο δίκτυο στη Μεγάλη Βρετανία ορίζεται ως δίκτυο διανομής. Παράλληλα, πολλές δημοσιεύσεις επικεντρώνονται στην εξήγηση "ποιες είναι οι δυνατότητες του έξυπνου δικτύου" ή "τι είδους τεχνολογίες θα εμπλακούν στο έξυπνο δίκτυο" αντί για το "τι είναι έξυπνο δίκτυο" (Borlase, 2013).

Η ανάπτυξη των έξυπνων δικτύων καλύπτει μια ευρεία γκάμα δυνατοτήτων και υπηρεσιών του συστήματος ηλεκτρισμού. Σύμφωνα με το Εργαστήριο Εθνικής Ενεργειακής Τεχνολογίας των ΗΠΑ, ένα έξυπνο δίκτυο χρησιμοποιεί ψηφιακή τεχνολογία για τη βελτίωση της αξιοπιστίας, της ασφάλειας και της αποδοτικότητας (τόσο της οικονομικής όσο και της ενέργειας) του ηλεκτρικού συστήματος παραγωγής ενέργειας μεγάλης κλίμακας, της ανθεκτικότητας στις απειλές και της επίδρασής μας στο περιβάλλον, μέσω των συστημάτων διανομής προς στους καταναλωτές ηλεκτρικής ενέργειας και ενός αυξανόμενου αριθμού καταναλωτών παραγωγής και αποθήκευσης (U.S. Department Of Energy, 2008).

Ο ΔΟΕ (Διεθνής Οργανισμός Ενέργειας,) υποδηλώνει ότι το έξυπνο δίκτυο είναι ένα δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιεί ψηφιακές και άλλες προηγμένες τεχνολογίες για την παρακολούθηση και τη διαχείριση της μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας από όλες τις πηγές παραγωγής για να καλύψει τις διαφορετικές απαιτήσεις των τελικών χρηστών (Mah, et al., 2014). Πρόκειται, ουσιαστικά για ένα δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας που μπορεί να ενσωματώσει με έξυπνο τρόπο τις ενέργειες όλων των συνδεδεμένων με αυτό, χρηστών - παραγωγών, καταναλωτών και εκείνων που

κάνουν και τα δύο - προκειμένου να παράσχουν αποτελεσματικά βιώσιμο, οικονομικό και ασφαλή εφοδιασμό (Ali, 2013). Τέλος, το "έξυπνο δίκτυο" είναι ένα σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας επόμενης γενιάς που χαρακτηρίζεται από την αυξημένη χρήση επικοινωνιών και τεχνολογίας πληροφοριών για την παραγωγή, την παράδοση και την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (Borlase, 2013).

Ανεξάρτητα από το ποιος είναι ο ακριβέστερος ορισμός, η σύλληψη περιλαμβάνει τουλάχιστον τις ακόλουθες πληροφορίες, για το έξυπνο δίκτυο:

1. Συνδυάζει τις ψηφιακές τεχνολογίες σε όλα τα συστήματα ισχύος , από την παραγωγή έως τους τελικούς καταναλωτές
2. Βελτιώνει την αξιοπιστία, την ασφάλεια και την αποδοτικότητα των συστημάτων παροχής ενέργειας



Εικόνα 2.1 Υποδομή Έξυπνου Δικτύου

1.4 Βασικά χαρακτηριστικά

Σύμφωνα με το εθνικό εργαστήριο ενεργειακών τεχνολογιών των ΗΠΑ υπάρχουν 7 βασικά χαρακτηριστικά που καθορίζουν τις λειτουργίες ενός έξυπνου δικτύου. Αυτά είναι (Bichlien, 2012) :

Ευφυΐα: Είναι ικανό να ανιχνεύει υπερφόρτωση του συστήματος και επαναδρομολόγηση της ισχύος για την πρόληψη ή την ελαχιστοποίηση μιας ενδεχόμενης διακοπής. Μπορούν και λειτουργούν αυτόνομα όταν οι συνθήκες απαιτούν την ταχύτερη επίλυση των προβλημάτων από ό, τι οι άνθρωποι μπορούν να ανταποκριθούν και να συνεργαστούν για την ευθυγράμμιση των στόχων των επιχειρήσεων κοινής ωφελείας, των καταναλωτών και των ρυθμιστικών αρχών

Αποδοτικότητα: Το έξυπνο δίκτυο μπορεί και κατευθύνει την ροή της ενέργειας χωρίς επιπρόσθετες υποδομές όπως για παράδειγμα η παρακολούθηση εξοπλισμού υγείας και η άμεση αποκατάσταση του σε περίπτωση βλάβης. Μπορεί και αποδίδει ακόμα και σε αυξημένη ζήτηση ενέργειας.

Εστίαση στην ποιότητα: Είναι ικανό να παράσχει την απαιτούμενη ποιότητα ισχύος ώστε να εξυπηρετήσει διαφορετικές ανάγκες. Όπως ευαίσθητους εξοπλισμούς που χρειάζονται σταθερή παροχή ενέργειας χωρίς διαταραχές και παρεμβολές, για να τροφοδοτήσει την ολοένα και πιο ψηφιακή οικονομία και τα κέντρα δεδομένων, τους υπολογιστές και τα ηλεκτρονικά

Εξυπηρέτηση: δέχεται ενέργεια από σχεδόν όλες τις πηγές καυσίμων, συμπεριλαμβανομένων των ηλιακών και των ανέμων, τόσο εύκολα και διαφανώς όσο ο άνθρακας και το φυσικό αέριο. Δυνατότητα ενσωμάτωσης όλων των καλύτερων ιδεών και τεχνολογιών (π.χ. τεχνολογιών αποθήκευσης ενέργειας) καθώς είναι αποδεδειγμένες από την αγορά και είναι έτοιμες να έρθουν σε απευθείας σύνδεση

Ανθεκτικότητα: Γίνεται όλο και πιο ανθεκτικό στις επιθέσεις και τις φυσικές καταστροφές. Έχει την ικανότητα να εντοπίζει τυχόν δυσλειτουργίες και να μπορεί με αυτόματο τρόπο να τις απομονώνει ώστε να μην υπάρξει μεγάλο θέμα με την παροχή ηλεκτρισμού.

Φιλικό προς το περιβάλλον: Επιβραδύνει την επέκταση της παγκόσμιας κλιματικής αλλαγής και προσφέρει ένα μονοπάτι προς σημαντική περιβαλλοντική βελτίωση, λόγω της ενσωμάτωσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και την αποφυγή βλαβερών ουσιών προς το περιβάλλον.

Καιροσκοπικό: Δημιουργεί καινούργιες ευκαιρίες και αναβαθμίζει την αγορά δίνοντας στους καταναλωτές να την δυνατότητα να επιλέξουν ανάμεσα σε ανταγωνιστικές προσφορές αλλά και την ευκαιρία σε νέες επιχειρήσεις ώστε να καινοτομούν σε διάφορους τομείς της ηλεκτρικής ενέργειας.

1.5 Διαφορές μεταξύ του παραδοσιακού δικτύου και του έξυπνου δικτύου

Το έξυπνο δίκτυο θα εφαρμόσει τεχνολογίες αμφίδρομης επικοινωνίας για να επιτρέψει στους πελάτες να συμμετάσχουν στη δράση του δικτύου. Για παράδειγμα, τα φωτοβολταϊκά ηλιακά πάνελ που είναι εγκατεστημένα στην οροφή των κατοικιών των πελατών θα μπορούσαν να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια κατά τη διάρκεια της ημέρας και να πωλούν την πλεονασματική ενέργεια στο δίκτυο. Τη νύχτα, οι ηλιακοί συλλέκτες δεν μπορούν να παράγουν ενέργεια στο σπίτι και η ηλεκτρική ενέργεια θα τροφοδοτεί το φορτίο στο σπίτι ως συνήθως. Επιπλέον, οι νέες τεχνολογίες όπως η κατανεμημένη παραγωγή, η φόρτιση και η εκφόρτωση των ηλεκτρικών οχημάτων, τα συστήματα ευέλικτων εναλλασσόμενων ρευμάτων μετάδοσης (FACTS) Κ.Ο.Κ. θα ισχύουν για το ηλεκτρικό δίκτυο για την αύξηση της ενεργειακής απόδοσης και τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. . Βέβαια, Εμφανίζονται ή χειροτερεύουν νέα προβλήματα με ορισμένες νέες εφαρμογές που αναπτύσσονται. Υπάρχουν αρκετές διαφορές μεταξύ του συμβατικού και του έξυπνου δικτύου. (Ali, 2013).

Καταναλωτές: Όσο αναφορά τους καταναλωτές, πλέον έχουν την δυνατότητα να συμμετέχουν και να εμπλέκονται στις δράσεις του δικτύου σε αντίθεση με το συμβατικό όπου οι καταναλωτές δεν έχουν αυτή την ευκαιρία και δέχονται χωρίς άλλη επιλογή τις υπηρεσίες του δικτύου.

ΑΠΕ: Υπάρχουν αρκετές επιλογές παραγωγής και αποθήκευσης ενέργειας, με έμφαση στις ανανεώσιμες πηγές. Το έξυπνο δίκτυο έχει την δυνατότητα άμεσης ενσωμάτωσης

με τις ΑΠΕ σε σχέση με αυτή του συμβατικού όπου αντιμετωπίζει δυσκολίες στην διασύνδεση.

Αγορά: Με τον ερχομό του έξυπνου δικτύου, οι καταναλωτές έχουν πλέον την ευκαιρία επιλογής με την ανάπτυξη νέων προϊόντων και υπηρεσιών σε έναν μεγάλο ανταγωνισμό αγοράς που παύει να είναι μονοπώλιο.

Ποιότητα: Η ποιότητα ενέργειας στο έξυπνο δίκτυο επικεντρώνεται στην αργή ανταπόκριση και στις διακοπές αλλά και στα ζητήματα των καταναλωτών ώστε να μείνουν ικανοποιημένοι.

Λειτουργία του συστήματος: Το συμβατικό δίκτυο μπορεί να διαχειριστεί περιορισμένα δεδομένα λειτουργίας, σε αντίθεση με το έξυπνο δίκτυο όπου χειρίζεται ένα μεγάλο εύρος δεδομένων του δικτύου δίνοντας έμφαση στην πρόληψη σφαλμάτων του συστήματος.

Προστασία: Βασίζεται σε χειροκίνητη ανίχνευση σφαλμάτων το συμβατικό δίκτυο. Το έξυπνο δίκτυο έχει την ικανότητα αυτό-ίασης, ανταποκρίνεται έτσι ώστε να εμποδίσει περαιτέρω σφάλματα όπως και την πρόληψη αυτών.

Αξιοπιστία και Ασφάλεια: Έχει παρατηρηθεί ότι το συμβατικό δίκτυο είναι επιρρεπές σε φυσικές αλλά και σε διαδικτυακές επιθέσεις χάνοντας έτσι την αξιοπιστία του σε σύγκριση με την ανθεκτικότητα αλλά και της άμεσης αποκατάστασης του έξυπνου δικτύου.

1.6 Αρχιτεκτονική έξυπνου δικτύου

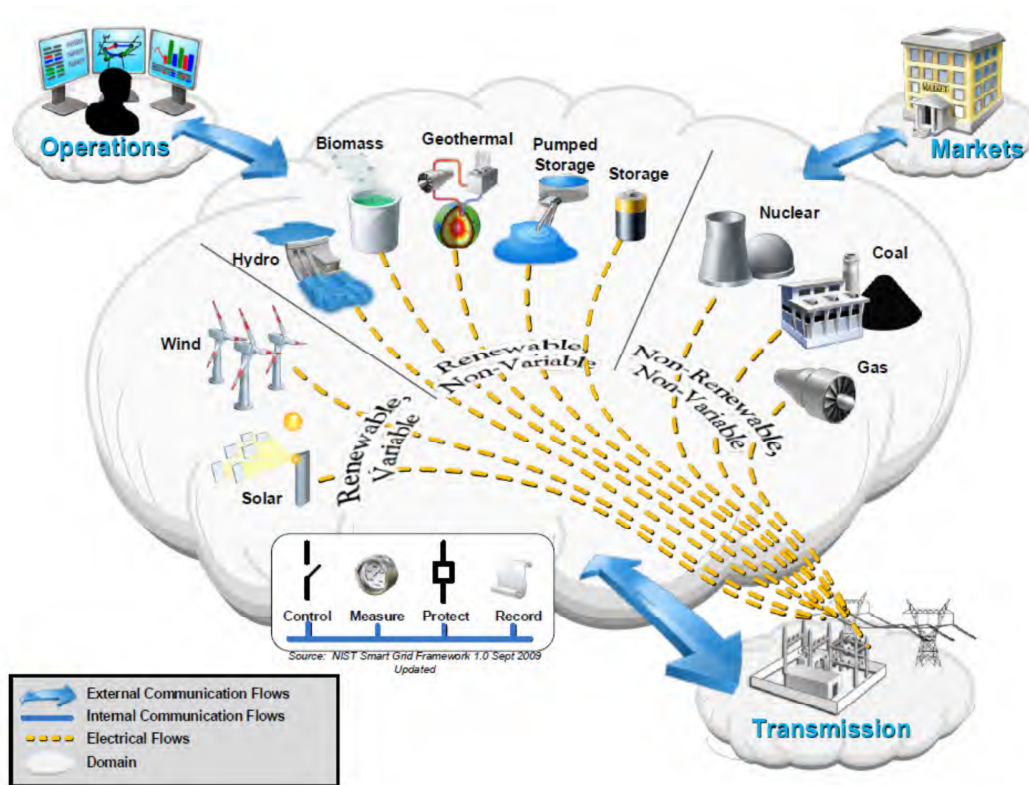
Σε σύγκριση με το συμβατικό σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας, το έξυπνο δίκτυο είναι η επόμενη γενιά του συστήματος παροχής ισχύος, το οποίο περιλαμβάνει χιλιάδες δημιουργικά χαρακτηριστικά και νέες τεχνολογίες. Το NIST (Εθνικό Ινστιτούτο Προτύπων και Τεχνολογίας, Υπουργείο Εμπορίου των Η.Π.Α.) χώρισε το έξυπνο δίκτυο σε επτά τομείς, με σκέψεις σχετικά με τον προγραμματισμό, την εξέλιξη των απαιτήσεων, την τεκμηρίωση και την οργάνωση της ποικίλης και διευρυμένης συλλογής διασυνδεδεμένων τα δίκτυα και τον εξοπλισμό που θα συνθέτουν το έξυπνο δίκτυο.

Οι συγκεκριμένοι τομείς είναι (Fang et al, 2012):

1. Τομέας Μαζικής Παραγωγής
2. Τομέας Δικτύου Διανομής
3. Τομέας Πελατών
4. Τομέας Κέντρου Ενεργειών
5. Τομέας Αγοράς
6. Τομέας Παροχής υπηρεσιών
7. Τομέας Μεταφοράς

1.6.1 Τομέας μαζικής παραγωγής

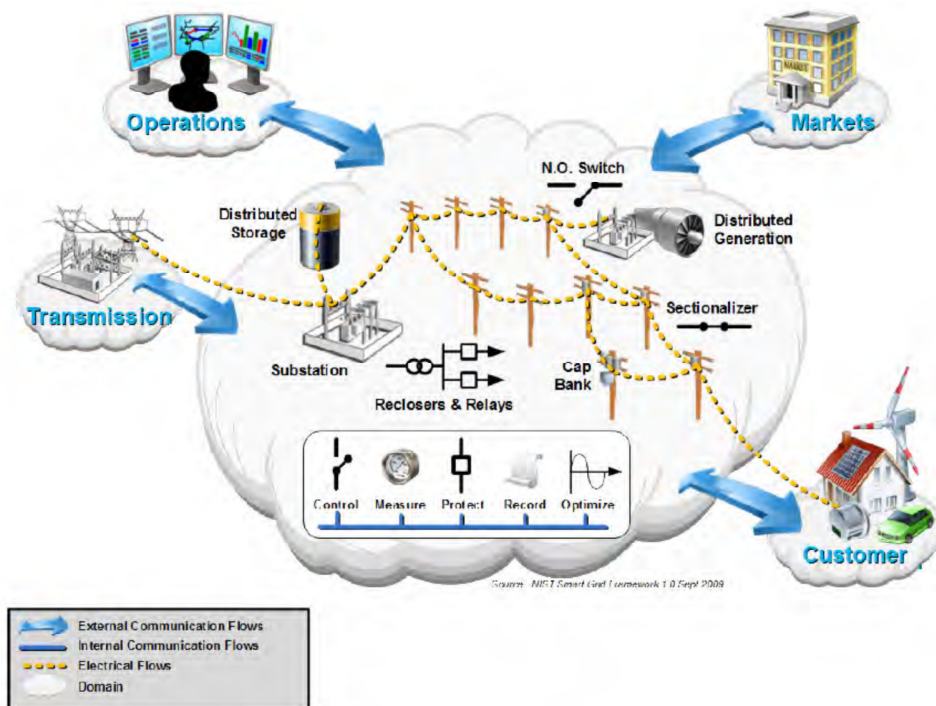
Στον τομέα μαζικής παραγωγής, όπως αποτυπώνεται και στην παραπάνω εικόνα, λαμβάνει χώρα η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε μεγάλες ποσότητες. Η παραγωγή επιτυγχάνεται μέσω της χρήσης τόσο μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως είναι ο άνθρακας, η πυρηνική ενέργεια και το φυσικό αέριο καθώς και από ανανεώσιμες πηγές. Στη δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνονται είτε μεταβλητές μορφές ενέργειας, όπως είναι η αιολική και η ηλιακή, είτε σταθερές, όπως η υδροηλεκτρική, η βιομάζα, η γεωθερμική και η αποθηκευτική αντλία. Ο συγκεκριμένος τομέας βρίσκεται σε συνεχή επικοινωνία με τα δίκτυα μεταφοράς και διανομής, αποσκοπώντας μέσω αυτής της σύνδεσης στη μεταφορά της προς κατανάλωση ενέργειας σε κατάλληλα σημεία. Παράλληλα, μέσω της ανταλλαγής πληροφοριών μεταξύ των τομέων επιτυγχάνεται η επίλυση πιθανών προβλημάτων δικτύου.



Εικόνα 1.2 Απεικόνιση Τομέα Μαζικής Παραγωγής

1.6.2 Τομέας δικτύου διανομής

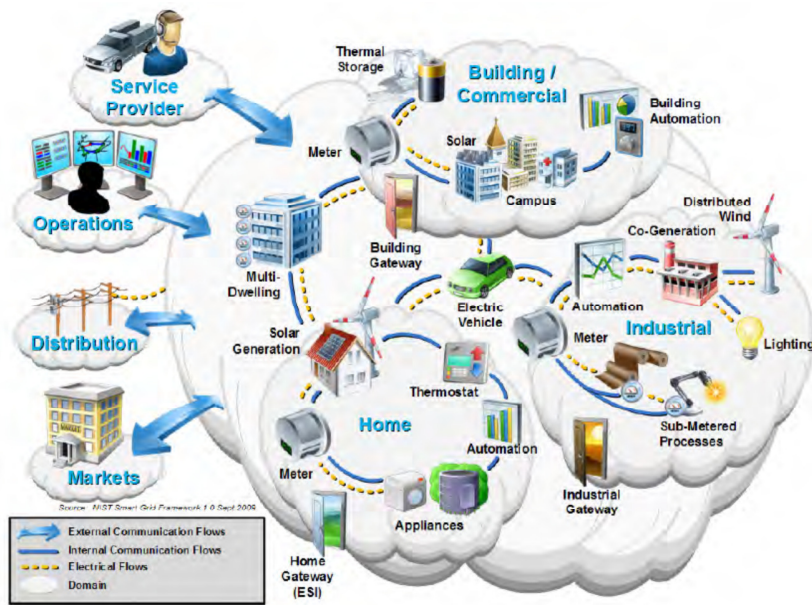
Στον συγκεκριμένο τομέα, πραγματοποιείται η διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας από και προς τους πελάτες μέσω του έξυπνου δικτύου. Μέσω του δικτύου διανομής συνδέονται μεταξύ τους όλες οι έξυπνες συσκευές, όπως είναι για παράδειγμα οι έξυπνοι μετρητές και η διαχείρισή τους συντελείται μέσω ενός αμφίδρομου δικτύου επικοινωνίας. Επιπλέον, στο παρόν δίκτυο παρέχεται η δυνατότητα σύνδεσης τόσο εγκαταστάσεων αποθήκευσης ενέργειας, όσο και απομακρυσμένων πηγών ενέργειας



Εικόνα 1.3 Απεικόνιση Τομέα Δικτύου Διανομής.

1.6.3 Τομέας πελατών

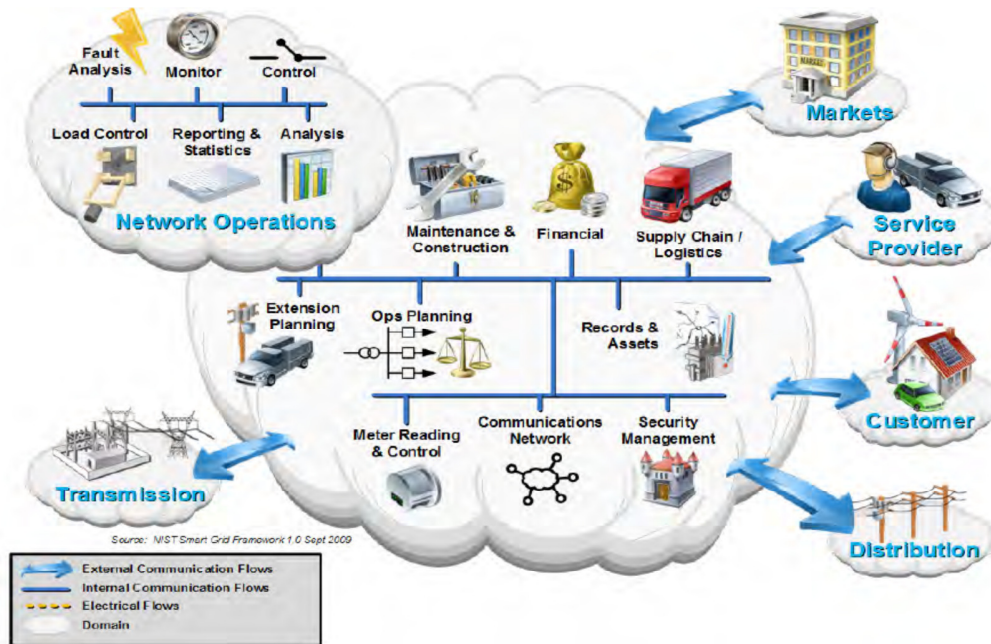
Ο τομέας πελατών αποτελεί έναν τους βασικότερους τομείς, εφόσον η ανάπτυξη του δικτύου πραγματοποιείται προς όφελος και διευκόλυνση των καταναλωτών. Πρωταρχικό έργο του παρόντος τομέα, όπως απεικονίζεται παρακάτω, αποτελεί η σύνδεση των τελικών καταναλωτών της ηλεκτρικής ενέργειας, με το υπόλοιπο δίκτυο, μέσω της χρήσης των έξυπνων μετρητών. Στην κατηγορία των καταναλωτών συγκαταλέγονται τόσο οι οικιακοί και εμπορικοί πελάτες, όσο και οι βιομηχανικοί. Σκοπός των έξυπνων μετρητών είναι η ορθή διαχείριση και ο έλεγχος της ηλεκτρικής ροής, από και προς τους καταναλωτές, στους οποίους παρέχουν και πληροφορίες χρήσης. Τέλος, στον τομέα πελατών είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί παραγωγή, αποθήκευση και διαχείριση ενέργειας.



Εικόνα 1.4 Απεικόνιση Τομέα Πελατών.

1.6.4 Τομέας Κέντρου ενεργειών

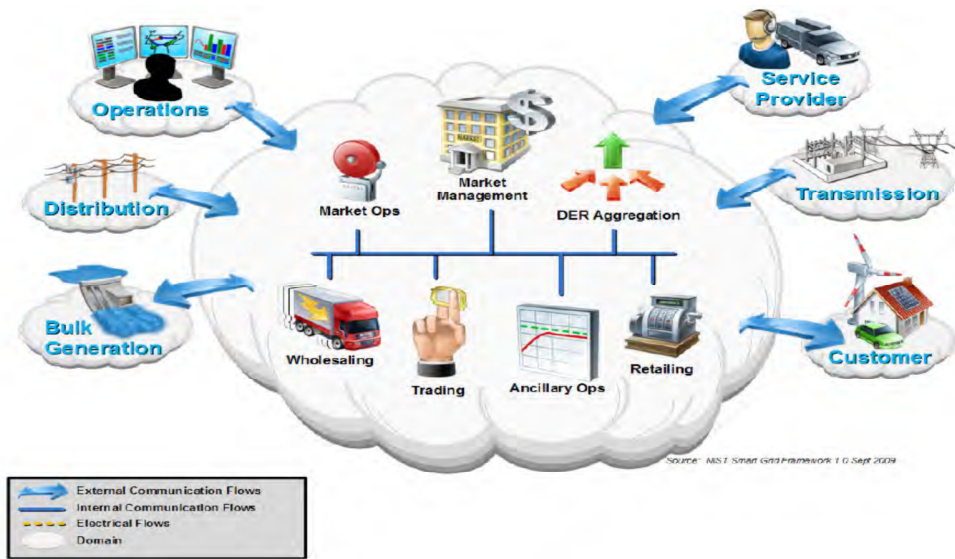
Πρόκειται για τον τομέα διαχείρισης και ελέγχου της ροή ηλεκτρικής ενέργειας σε όλους τους υπόλοιπους τομείς του έξυπνου δικτύου. Μέσω της χρήσης ενός αμφίδρομου δικτύου επικοινωνίας, συνδέεται σε υποσταθμούς, σε εγκαταστάσεις πελατών καθώς και σε άλλες έξυπνες συσκευές. Παράλληλα, παρέχει παρακολούθηση (monitoring), αναφορές κατάστασης (reporting), έλεγχο (controlling) και εποπτεία (supervision), και συλλέγει πληροφορίες προς ανάλυση, αποσκοπώντας στη λήψη ορθών αποφάσεων για τη βιωσιμότητα του δικτύου.



Εικόνα 1.5 Απεικόνιση Τομέα Κέντρου Ενεργειών

1.6.5 Τομέας αγοράς

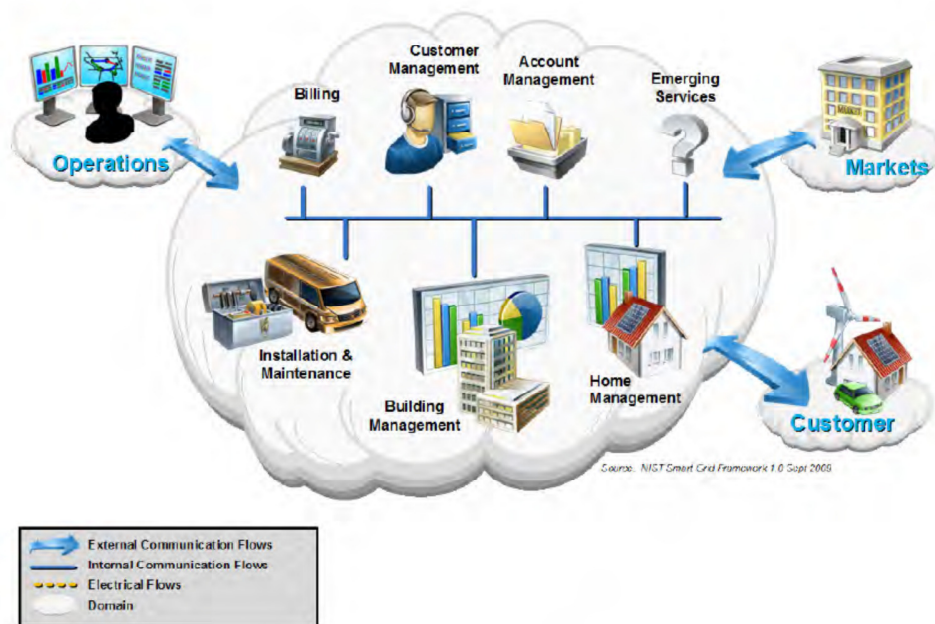
Ο τομέας αγοράς έχει την ευθύνη της λειτουργίας του έξυπνου δικτύου και του συντονισμού όλων των συμμετεχόντων σε αυτό. Μέσω αυτού, παρέχεται η διαχείριση της αγοράς, χονδρικού και λιανικού εμπορίου, καθώς επίσης και η προώθηση υπηρεσιών ενέργειας. Όπως απεικονίζεται παραπάνω, ο συγκεκριμένος τομέας επικοινωνεί με όλους τους υπόλοιπους τομείς, εξασφαλίζοντας με τον τρόπο αυτό ότι λειτουργούν σε ένα ανταγωνιστικό περιβάλλον. Επιπλέον, διαχειρίζεται πράξεις συμψηφισμού πληροφοριών και παρέχει πληροφορίες στους φορείς παροχής υπηρεσιών.



Εικόνα 1.6 Απεικόνιση Τομέα Αγοράς.

1.6.6 Τομέας παροχής υπηρεσιών

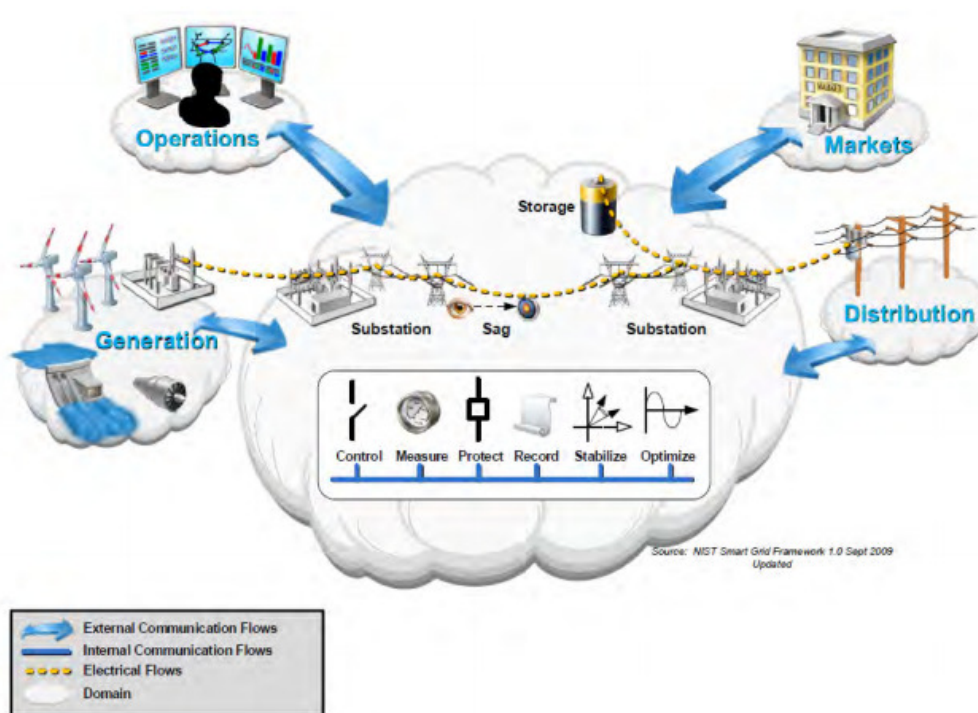
Πρωταρχικός σκοπός του συγκεκριμένου τομέα είναι η κατάλληλη διαχείριση όλων των εξωτερικών λειτουργιών των τομέων. Ο τομέας παροχής υπηρεσιών συμβάλει στην ενίσχυση του καταναλωτή και του παρέχει αποτελεσματικότερη αλληλεπίδραση με το έξυπνο δίκτυο. Παραδείγματα υπηρεσιών είναι η εγκατάσταση εξοπλισμού που επικοινωνεί με το δίκτυο, η αποδοτική χρήση ενέργειας από οικιακά και εμπορικά κτίρια, και η διαχείριση τιμολογίων και λογαριασμών των πελατών



Εικόνα 1.7 Απεικόνιση Τομέα Παροχής Υπηρεσιών.

1.6.7 Τομέας μεταφοράς

Το δίκτυο μεταφοράς στα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας είναι εξίσου σημαντικό με τους υπολοίπους τομείς. Από τα κέντρα παραγωγής γίνεται μεταφορά ισχύος προς τους σταθμούς διανομής, μέσω υποσταθμών ζεύξεως ή μετασχηματισμού. Το σύστημα μεταφοράς μπορεί να εξυπηρετεί άμεσα τις ανάγκες των καταναλωτών ανταλλάσσοντας ενέργεια με άλλα συστήματα που βρίσκονται γύρω του, χρησιμοποιώντας διασυνδεδετικές γραμμές. Περιέχει διαφορά συστήματα εφαρμογών που βοηθάνε στην σωστή λειτουργία του δικτύου, όπως η μονάδα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας, συστήματα μετρήσεων και ελέγχου αλλά και παρακολούθηση για την ασφάλεια του δικτύου μεταφοράς.



Εικόνα 1.8 Απεικόνιση Τομέα Μεταφοράς.

1.7 Οφέλη έξυπνων δικτύων

Η εφαρμογή των έξυπνων δικτύων στις σύγχρονες κοινωνίες αναμένεται να προσφέρει σημαντικά οφέλη τόσο στις υπηρεσίες παροχής ενέργειας, όσο και στους καταναλωτές, ενώ ταυτόχρονα προβλέπεται να ενισχύει την οικονομία και την προστασία του περιβάλλοντος (Stephens, Wilson & Peterson, 2015) .

1.7.1.Οφέλη για τις υπηρεσίες παροχής ενέργειας

Η βελτίωση της αξιοπιστίας του δικτύου και της αποδοτικότητας των λειτουργιών του είναι δυνατή με τη χρήση μεγαλύτερης ευφυΐας στο δίκτυο διανομής για την παρακολούθηση της ροής ισχύος σε πραγματικό χρόνο, την βελτίωση του ελέγχου της τάσης για τη βελτιστοποίηση της απόδοσης και την εξάλειψη της σπατάλης και της υπερπροσφοράς. Αυτό θα μειώσει τη συνολική κατανάλωση ενέργειας και τις σχετικές εκπομπές αυτής, διατηρώντας παράλληλα τους μη ανανεώσιμους πόρους και μειώνοντας το συνολικό κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας. οι εφαρμογές λογισμικού - συμπεριλαμβανομένων των έξυπνων συσκευών, των συστημάτων αυτοματισμού στο

σπίτι, των συστημάτων διανομής φορτίου και ζήτησης, βοηθούν τους καταναλωτές να διαχειρίζονται τη χρήση ενέργειας και να εξοικονομούν χρήματα χωρίς να διακυβεύουν τον τρόπο ζωής τους, προσφέροντας τους σήματα πραγματικής τιμολόγησης που θα τους βοηθήσουν να εξοικονομήσουν τους λογαριασμούς ηλεκτρικού ρεύματος και να μειώσουν τη χρήση τους σε ώρες αιχμής. Αυτό συμβάλλει επίσης στη βελτίωση της συνολικής αποδοτικότητας του συστήματος και στη μείωση του αριθμού των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής και των γραμμών μετάδοσης που θα χρειαστεί να κατασκευαστούν. Μάλιστα εκτιμάται ότι η χρήση έξυπνων δικτύων ενέργειας θα οδηγήσει στη μείωση κατανάλωσης ενέργειας μέχρι και 30% (Ali, 2013).

Η ολοένα αυξανόμενη χρήση των έξυπνων δικτύων αντικατοπτρίζουν τα πολλαπλά λειτουργικά και αξιόπιστα οφέλη που αναμένουν οι επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας, περιλαμβανομένης της εξοικονόμησης κόστους λειτουργίας και συντήρησης και της αποφυγής δαπανηρών διακοπών ρεύματος. Χρησιμοποιώντας όλο και περισσότερο τους διανεμόμενους πόρους, και ενισχύοντας τη δυναμικότητα των υφιστάμενων γραμμών μεταφοράς με τη χρήση της δυναμικής θερμικής διαβάθμισης και της τεχνολογίας ελέγχου ευρείας ζώνης, θα μπορούσε να επιτευχθεί η μείωση της ανάγκης για νέες μονάδες μεταφοράς και παραγωγής, εξοικονομώντας χρήματα και αποφεύγοντας τις επιπτώσεις στο περιβάλλον. Ουσιαστικά, το έξυπνο δίκτυο μπορεί να μειώσει την ανάγκη για την κατασκευή περαιτέρω έργων υποδομής, επομένως αυτά τα πλεονεκτήματα θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τη διάρκεια σχεδιασμού υποδομών.

1.7.2 Οφέλη για τους καταναλωτές

Όπως είναι διαμορφωμένη η τωρινή κατάσταση του δικτύου ενέργειας, σύμφωνα με τις τρέχουσες ρυθμίσεις οι υπηρεσίες κοινής ωφέλειας προτείνουν διάφορες επενδύσεις, με αποτέλεσμα να επιβαρύνεται ο λογαριασμός των καταναλωτών. Οι ρυθμιστικές αρχές απαιτούν από τις επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας να αποδείξουν ότι θα αποφέρουν μακροπρόθεσμα οφέλη στους καταναλωτές, τα οποία μακροπρόθεσμα θα αποφέρουν κερδοφορία και στις ίδιες. Επομένως, οι πάροχοι υπηρεσιών που δημιουργούν εξαρχής συστήματα προς όφελος των καταναλωτών, εξοικονομούν

χρήματα, καθώς αποφεύγεται το μελλοντικό κόστος ανάπτυξης και εφαρμογής τους (Mah et al., 2014)

Ένα κατάλληλα σχεδιασμένο έξυπνο δίκτυο, είναι δυνατόν να προσφέρει σημαντικά επιπρόσθετα οφέλη, τα οποία μπορούν να εξοφλήσουν το κόστος επένδυσης σε αυτά πολλές φορές. Οι καταναλωτές θα επωφεληθούν από τους μειωμένους λογαριασμούς και τον πολύ πιο αυστηρό έλεγχο, μέσω του οποίου θα τους παρέχεται η δυνατότητα χρήσης ηλεκτρικής ενέργεια όταν είναι φθηνότερη, να παράγουν και να πωλούν ενέργεια και άλλες υπηρεσίες στο δίκτυο όταν η ζήτηση και οι τιμές είναι υψηλές. Οι επιχειρηματίες και οι υπάλληλοί τους θα επωφεληθούν από τις νέες ευκαιρίες παροχής ενεργειακών υπηρεσιών, ενώ οι κοινότητες θα απολαμβάνουν μεγαλύτερη ενεργειακή ασφάλεια, καθώς θα βασίζονται όλο και περισσότερο στους κατανεμημένους ενεργειακούς πόρους του δικού τους χώρου. Το μεγαλύτερο όφελος βεβαία θα είναι η δυνατότητα ριζικής μείωσης του κόστους της ηλεκτρικής ενέργειας στο περιβάλλον και τη δημόσια υγεία.

Το έξυπνο δίκτυο θα επιτρέψει σημαντικές μειώσεις τόσο στη συνολική κατανάλωση ενέργειας, όσο και στην μέγιστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, παρέχοντας στους πελάτες πληροφορίες και τιμολόγια σε πραγματικό χρόνο, διευκολύνοντας την ευρύτερη χρήση της ανταπόκρισης στη ζήτηση, παρέχοντας τις άπειρες πληροφορίες που υποστηρίζουν την "συνεχή διεκπεραίωση", αυξάνοντας την ικανότητα των υφιστάμενων γραμμών μεταφοράς και μειώνοντας τις απώλειες. Ένας σημαντικός αριθμός ερευνητικών μελετών υποδεικνύει ότι προσφέροντας στους πελάτες πληροφορίες ενεργειακής χρήσης σε πραγματικό χρόνο, επιφέρει μείωση της κατανάλωσης σε ποσοστό 5-15%. Η προσθήκη κινήτρων τιμολόγησης και αυτοματοποιημένων εργαλείων διαχείρισης της οικιακής ενέργειας, όπως είναι οι προγραμματιζόμενοι θερμοστάτες και οι έξυπνες συσκευές που συνδέονται με το δίκτυο τοπικής περιοχής, μπορούν να διπλασιάσουν τις ε παραπάνω εξοικονομήσεις. Για την πραγματοποίηση αποταμιεύσεων που προκαλούνται από την άμεση ανατροφοδότηση, κρίνεται απαραίτητη η χρήση εξελιγμένων, έξυπνων μετρητών σε συνδυασμό με απευθείας ενημέρωση στο σπίτι (ή διαδικτυακά) και ο κατάλληλος σχεδιασμός προγραμμάτων

που ενημερώνουν επιτυχώς, εμπλέκουν, ενδυναμώνουν και παρακινούν τους καταναλωτές (Ali, 2013).

1.7.3. Περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη

Η χρήση έξυπνων δικτύων μπορεί να επιφέρει πολλά περιβαλλοντικά, υγειονομικά και άλλα κοινωνικά οφέλη. Η απόκτηση αυτών των κοινωνικών παροχών είναι ιδιαίτερα σημαντική επειδή τελικά οι πελάτες είναι εκείνοι που χρηματοδοτούν αυτό το νέο δίκτυο. Τα έξυπνα δίκτυα θα επιτρέψουν την ευρύτερη ανάπτυξη και τη βέλτιστη ενσωμάτωση καθαρότερων και πιο οικολογικών τεχνολογιών ενέργειας στο δίκτυο από τοπικούς και καταναλωμένους πόρους, συμπεριλαμβανομένων των ηλιακών συλλεκτών, των μονάδων συνδυασμένης παραγωγής θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας, ώστε να μειωθεί η εξάρτηση από το πετρέλαιο και να προωθηθεί ένα βιώσιμο ενεργειακό μέλλον. Η ενσωμάτωση υβριδικών ηλεκτρικών οχημάτων, θα προσφέρει ακόμα μια καταναλωμένη πηγή στην αγορά, με ρυθμούς υποστήριξης και μηχανισμούς χρέωσης που μπορούν να βοηθήσουν στη λείανση του ενεργειακού φορτίου και στη μείωση της ανάγκης επιπλέον υπερσύγχρονων σταθμών ηλεκτροπαραγωγής και γραμμών μεταφοράς.

Η εξοικονόμηση κατανάλωσης προσφέρει τεράστια οφέλη για το περιβάλλον και την υγεία. Πολλές από τις σημερινές μονάδες παραγωγής ενέργειας, συχνά ανεπαρκείς, βρίσκονται μέσα ή κοντά σε μεγάλα αστικά κέντρα, όπου οι εκπομπές σχηματίζουν νέφος, προκαλώντας προβλήματα υγείας. Έρευνες φανερώνουν ότι μόνο 105 μονάδες ηλεκτροπαραγωγής με φυσικό αέριο, συμβάλλουν στην ατμοσφαιρική ρύπανση. Ο εκ νέου σχεδιασμός των συγκεκριμένων εγκαταστάσεων με τη χρήση έξυπνων δικτύων θα μειώσει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, περιορίζοντας κατά 100-200 εκατομμύρια τόνους διοξειδίου του άνθρακα ετησίως, συμβάλλοντας με τον τρόπο αυτό στην προστασία της δημόσιας υγείας. Τα μεγαλύτερα περιβαλλοντικά οφέλη της ανταπόκρισης στη ζήτηση, θα προκύψουν από τις συνδυασμένες επιπτώσεις αυτών των αλλαγών στο συνολικό χαρτοφυλάκιο παραγωγής. Θα επέλθει εξισορρόπηση από πλευράς ζήτησης για ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αντί της δημιουργίας εφεδρικών

αντιδραστήρων με αποθεματοποίηση, ενώ θα αποφευχθεί η ανάγκη δημιουργίας νέων μονάδων που εκλύουν στην ατμόσφαιρα διοξείδιο του άνθρακα (Ali, 2013).

Συνοπτικά, τα οφέλη που προκύπτουν από το έξυπνο δίκτυο είναι (Amin & Wollenberg, 2005) :

- Βελτιωμένοι μετρητές απόδοσης του συστήματος
- Καλύτερη ικανοποίηση του πελάτη
- Βελτίωση της ικανότητας παροχής πληροφοριών. Διαφάνεια στις λειτουργίες του δικτύου
- Διαθεσιμότητα δεδομένων για στρατηγικό προγραμματισμό, καθώς και καλύτερη υποστήριξη για ψηφιακή σύνοψη
- Πιο αξιόπιστη και οικονομική παροχή ενέργειας ενισχυμένη από ροή πληροφοριών και ασφαλή επικοινωνία
- Η διαχείριση του κύκλου ζωής, η συγκράτηση του κόστους και η παροχή ενέργειας από άκρο σε άκρο βελτιώνεται στο σχεδιασμό έξυπνου δικτύου
- Βελτιωμένη δυνατότητα παροχής ακριβών πληροφοριών για τις περιπτώσεις ποσοστού - με επιπτώσεις σύνθεσης σε ρυθμιστικές επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας
- Πρόσβαση στις λειτουργίες των υπηρεσιών κοινής ωφέλειας αναφορικά με τη διαχείριση περιουσιακών στοιχείων
- Πρόσβαση στα ιστορικά δεδομένα για στρατηγικό σχεδιασμό.

1.8. Κίνητρα εφαρμογής έξυπνων δικτύων

Ως έξυπνο σύστημα παράδοσης ηλεκτρικής ενέργειας επόμενης γενιάς, το έξυπνο δίκτυο βελτιστοποιεί την ενεργειακή απόδοση με ενσωμάτωση τεχνολογιών πληροφοριών στο υφιστάμενο δίκτυο και ανταλλαγή πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο μεταξύ ηλεκτρικών προμηθευτών και πελατών. Εκτός από τα οφέλη για κάθε ομάδα ενδιαφερομένων από το έξυπνο δίκτυο, υπάρχουν πολλά άλλα κίνητρα της εφαρμογής του έξυπνου δικτύου (Ali, 2013).

Πρώτον, το συμβατικό δίκτυο έχει υποστεί φθορές, έχει παλιό σχεδιασμό και με χαμηλή αξιοπιστία, ένα παράδειγμα της οποίας αποτελούν οι συσκοτίσεις που παρατηρούνται σε πολλές χώρες. Δεύτερον, η συμφόρηση αποτελεί ένα από τα πιο σημαντικά προβλήματα το συμβατικού δικτύου. Πολλοί λόγοι μπορούν να οδηγήσουν σε αυτή την κατάσταση, όπως είναι οι διακοπές στις γραμμές μεταφοράς και στις γεννήτριες, η υψηλού βαθμού ενεργειακή ζήτηση σε ώρες αιχμής, καθώς και η έλλειψη συντονισμού μεταφοράς ενέργειας. Κατά συνέπεια, οι διαχειριστές συστημάτων ενδέχεται να μην διανέμουν την ενέργεια με ευέλικτο τρόπο, παρόλο που οι γεννήτριες θα μπορούσαν να παρέχουν περισσότερη ισχύ. Επιπλέον, μπορεί να οδηγήσει σε αναποτελεσματικότητα, σε υφιστάμενες και μελλοντικές συμβάσεις.

Επιπλέον, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις αποτελούν έναν από τους κύριους λόγους για την οδήγηση σε έξυπνο δίκτυο. Με τις δραματικές κλιματικές αλλαγές τις τελευταίες δεκαετίες, μεγάλες ποσότητες που απελευθερώνουν αέρια θερμοκηπίου και οποιαδήποτε άλλα αέρια ρύπανσης από την καύση ορυκτών καυσίμων σε συμβατικούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής θεωρούνται ως τα κυριότερα κίνητρα για την ανάπτυξη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Εξάλλου, η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης αποτελεί έναν από τους σημαντικούς στρατηγικούς στόχους. Χρησιμοποιήθηκαν πολλές τεχνολογικές λύσεις (όπως FACTS, HVDC, STATCOM κλπ.) και καινοτόμες ιδέες στο σύστημα για την προώθηση της αποδοτικότητας μετάδοσης και της αποτελεσματικότητας της μετατροπής της ενέργειας.

1.9. Προκλήσεις

Ως μια ολοκαίνουργια ιδέα, που ενσωματώνει ένα πλήθος τεχνολογικών εφαρμογών, το έξυπνο δίκτυο αντιμετωπίζει σημαντικές προκλήσεις, οι βασικότερες εκ των οποίων περιγράφονται στη συνέχεια (Flick & Morehouse, 2010).

1.9.1 Προστασία και ασφάλεια

Με την ενσωμάτωση των επικοινωνιακών δικτύων στο ηλεκτρικό δίκτυο, ανακύπτουν ζητήματα τα οποία δεν απασχολούσαν μέχρι τώρα τα παραδοσιακά δίκτυα. Με την ανάπτυξη ενός έξυπνου δικτύου, τα θέματα που σχετίζονται με την ασφάλεια στον κυβερνοχώρο πρέπει να ληφθούν υπόψη με μεγάλη προσοχή προκειμένου να

αποφευχθεί η διακοπή της τροποποίησης των λειτουργιών του συστήματος ή η λανθασμένη εισαγωγή μηνυμάτων. Παράλληλα, προκειμένου να επιτευχθούν οι στόχοι για την ανάπτυξη αυτοματοποιημένων τεχνολογιών ηλεκτρικής ενέργειας πρέπει να σχεδιαστούν διαδικασίες με σκοπό να θωρακιστούν απέναντι σε φυσικές καταστροφές και επιθέσεις .

1.9.2.Αξιοπιστία

Η ενσωμάτωση του δικτύου επικοινωνίας δημιουργεί προβλήματα αξιοπιστίας στα ενεργειακά δίκτυα. Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι το σύστημα επικοινωνίας θα μπορούσε να οδηγήσει σε επιτυχή παράδοση μηνυμάτων, με αποτέλεσμα την έγκαιρη ανταπόκριση από μέρους των χειριστών των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας, σε περίπτωση αντιμετώπισης κάποιας κρίσιμης κατάστασης. Ωστόσο, ταυτόχρονα ελλοχεύει ο κίνδυνος αποστολής λανθασμένων μηνυμάτων από χάκερ στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας που είναι πιθανόν να υπάρξουν σοβαρές συνέπειες και τελικά να οδηγήσουν σε διακοπές ρεύματος. Επιπλέον, ο δείκτης αξιοπιστίας πρέπει να επανεξεταστεί. Εκτός από ορισμένους παραδοσιακούς δείκτες όπως οι SAIDI, CAIDI, SAIFI CAIFI, πρέπει να δημιουργηθούν νέοι δείκτες που εξετάζουν την ανάπτυξη του δικτύου επικοινωνίας για να απεικονίσουν την αξιοπιστία τους με ορθό τρόπο.

1.9.3 Ποιότητα ισχύος

Απαραίτητη κρίνεται η ανάπτυξη ταυτοποίησης των παρατηρούμενων διαταραχών και η καταστολή της τεχνολογίας των αρμονικών, ώστε να παρέχεται στους καταναλωτές υψηλή ισχύς. Η ταυτοποίηση των ενοχλήσεων βρίσκεται ακόμα στο πρώιμο στάδιο της έρευνας. Οι μη διανεμόμενοι ενεργειακοί πόροι, όπως ο αιολικός και ο ηλιακός, πρέπει να προβλεφθούν με μεγαλύτερη ακρίβεια και ακριβώς με την αυξανόμενη διεύρυσή του καθώς και με την κατανάλωση φορτίου.

1.9.4. Διαδραστικότητα μεταξύ δικτύου και πελατών

Προκειμένου να παράγει πιο αξιόπιστη ισχύ και να βελτιώσει την ενεργειακή απόδοση, ο πελάτης πρέπει να συμμετέχει σε δραστηριότητες δικτύου όπως η ανταπόκριση στη ζήτηση, η επιλογή της ποιότητας της ηλεκτρικής ενέργειας σύμφωνα με τις προθέσεις του, να εγκαταστήσει μικρές συσκευές διανομής και να αγοράσει

ηλεκτρικά οχήματα., διαδικασίες οι οποίες απαιτούν επίσης επικοινωνιακά δίκτυα για να παρέχουν ένα περιβάλλον ασφαλείας, και να αποτρέψουν τη σκόπιμη διαρροή προσωπικών πληροφοριών των καταναλωτών.

Κεφάλαιο 2: Η ανάπτυξη των έξυπνων δικτύων στην Ευρώπη

Έχοντας ως πρωταρχικό σκοπό τη δοκιμή και ανάπτυξη τεχνολογιών για έξυπνα δίκτυα, σχεδιάστηκε και εκπονήθηκε ένα πλήθος έργων σε διαφορετικά επίπεδα οργάνωσης εντός της Ευρωπαϊκής Ένωσης, σε τοπικό, εθνικό και διεθνές επίπεδο (Task Force Smart Grids, 2011). Υπάρχουν διάφοροι τρόποι που αποδεικνύουν το ολοένα και αυξανόμενο ενδιαφέρον εντός του ευρωπαϊκού χώρου προς ανάπτυξη έξυπνων δικτύων. Μια ένδειξη αποτελούν τα ποσά που επενδύονται για το σχεδιασμό και τη δημιουργία έξυπνων δικτύων. Σύμφωνα με μια έκθεση του Κοινού Κέντρου Ερευνών, οι συνολικές επενδύσεις σε έργα ευφυών δικτύων της ΕΕ μέχρι τον Ιανουάριο του 2014 θα ανήλθαν σε 3,15 δισ. Ευρώ, ενώ οι συντηρητικές εκτιμήσεις αναφορικά με επενδύσεις στο συγκεκριμένο τομέα έως το 2020 ανέρχονται σε 56 δισεκατομμύρια ευρώ.

Μια ακόμη ένδειξη της ανάπτυξης έξυπνων δικτύων αφορά τον αριθμό των πιλοτικών σχεδίων που έχουν αρχίσει να τίθενται σε εφαρμογή. Από το 2005 και μετά, σημειώθηκε σταθερή αύξηση του αριθμού των έργων εντός της ΕΕ, με συνολικό αριθμό 459 έργα στις αρχές του 2014. Όπως φαίνεται και στο παρακάτω διάγραμμα παρατηρείται μια συγκέντρωση έργων των έξυπνων δικτύων στη Δανία, το Ηνωμένο

Βασιλείο, τις Κάτω Χώρες, το Βέλγιο, τη Γερμανία, τη Γαλλία, την Ισπανία και την Ιταλία. Περίπου το ένα τρίτο αυτών των έργων επικεντρώνεται στους τελικούς χρήστες (Ketchledge, 2015).



Εικόνα 2.1 Συγκέντρωση έξυπνων δικτύων στην Ευρώπη.

Μια τρίτη και τελική ένδειξη της ανάπτυξης έξυπνων δικτύων είναι η εφαρμογή έξυπνων μετρητών. Σύμφωνα με την κοινοτική νομοθεσία, μέχρι το 2020 τουλάχιστον το 80% των ευρωπαϊκών νοικοκυριών να διαθέτουν έξυπνους μετρητές (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2012). Τα ποσοστά εφαρμογής των έξυπνων μετρητών διαφέρουν ανά χώρα. Σε χώρες όπως η Φινλανδία, η Σουηδία και η Ιταλία, τα περισσότερα νοικοκυριά έχουν εξοπλιστεί με έξυπνο μετρητή, ενώ σε χώρες όπως το Βέλγιο, η Γερμανία και η Τσεχική Δημοκρατία τα ποσοστά εκτέλεσης ήταν (πολύ) πιο αργά. Βασικός λόγος για αυτό είναι ότι οι εθνικές αναλύσεις κόστους-οφέλους (με εντολή της ΕΕ) παρήγαγαν αρνητικά ή διφορούμενα αποτελέσματα (Ketchledge, 2015).

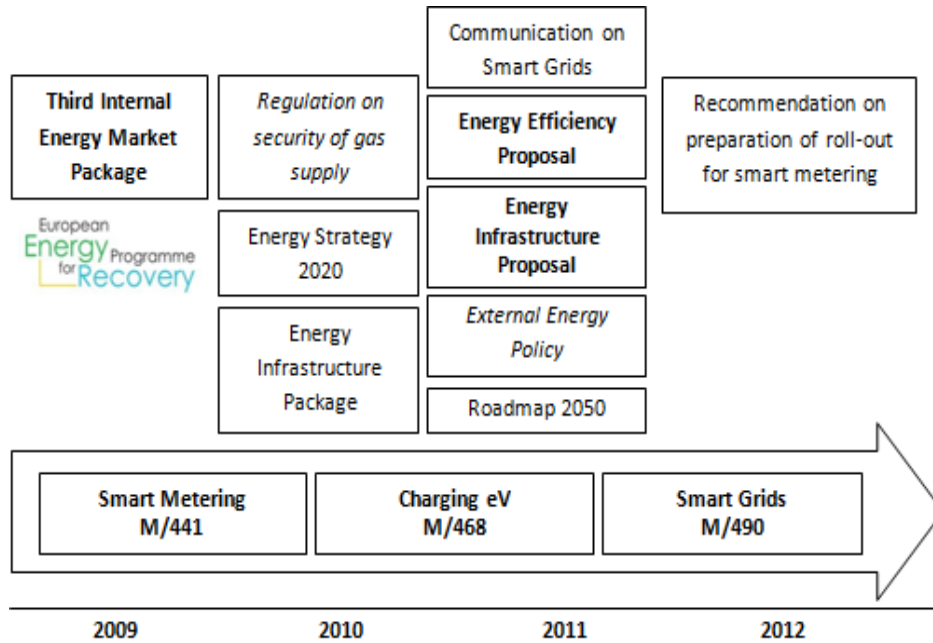
Μαζί, οι τρεις αυτοί δείκτες - το μέγεθος των επενδύσεων, ο αριθμός των πιλοτικών σχεδίων και η εγκατάσταση έξυπνων μετρητών - καταδεικνύουν ότι το τοπικό έξυπνου δικτύου στην Ευρωπαϊκή Ένωση και στις Κάτω Χώρες εξελίσσεται ταχέως. Ταυτόχρονα,

είναι σαφές ότι η ανάπτυξη έξυπνων δικτύων δεν μπορεί να εξελιχθεί χωρίς παρεμπόδιση. Η πιθανότητα αντίστασης ισούται με το ότι ο τελικός χρήστης αποτελεί σημαντική πηγή ανησυχίας για όσους ακολουθούν έξυπνα δίκτυα.

2.1 Κανονιστικές ρυθμίσεις στην Ευρώπη για την εφαρμογή των Έξυπνων Δικτύων

Το τρίτο πακέτο μέτρων της ΕΕ αποτέλεσε ένα σημαντικό βήμα για τη διαμόρφωση και ανάπτυξη των ευφύων δικτύων στο πλαίσιο της ενεργειακής πολιτικής / κανονιστικής ρύθμισης της ΕΕ. Στο πακέτο αυτό, ο ευρωπαϊκός νόμος εισήγαγε την έννοια των ευφύων δικτύων και των ευφύων συστημάτων μέτρησης. Οι προσπάθειες που καταβάλλει η ΕΚ για την προώθηση των έξυπνων δικτύων περιλαμβάνει τη συμμετοχή πολλών Γενικών Διευθύνσεων, όπως είναι η ΓΔ Ενέργειας (δραστηριότητες δικτύου όπως: ανταγωνιστικές αγορές ενέργειας, ενεργειακή απόδοση, ενσωμάτωση κυμαινόμενων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας), και η ΓΔ Επιχειρήσεων και Βιομηχανίας (ΤΠΕ, ηλεκτρικός εξοπλισμός, συσκευές). Συνολικά, θεωρείται σημαντική η εκπλήρωση πέντε βασικών στόχων:

1. Ανάπτυξη τεχνικών προτύπων,
2. Εξασφάλιση της προστασίας των δεδομένων για τους καταναλωτές,
3. Καθιέρωση ρυθμιστικού πλαισίου για την παροχή κινήτρων
4. Η εξασφάλιση μιας ανοικτής και ανταγωνιστικής λιανικής αγοράς προς το συμφέρον των καταναλωτών, και
5. Η παροχή συνεχούς υποστήριξης στην καινοτομία για την τεχνολογία και τα συστήματα.



Εικόνα 2.3 Διάγραμμα του Ευρωπαϊκού προγράμματος ανάκτησης ενέργειας

Για να καταστεί κατανοητό το σημερινό ρυθμιστικό περιβάλλον της ΕΕ στον τομέα της

ενέργειας, στη συνέχεια περιγράφονται οι μέχρι τώρα πρωτοβουλίες της ΕΕ προς αυτή την κατεύθυνση.

2.1.1 Ομάδας Δράσης για τα Ευφυή Δίκτυα

Η Ομάδα Δράσης για τα Ευφυή Δίκτυα (για την υλοποίηση τους στην ευρωπαϊκή εσωτερική αγορά) δημιουργήθηκε από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή (ΕΚ) στο τέλος του 2009 (βάσει της τρίτης δέσμης μέτρων για την ενέργεια). Η ΟΔΕΔ κατά τα πρώτα έτη της συναίνεσε σχετικά με πολιτικές και κανονιστικές κατευθύνσεις για την ανάπτυξη των έξυπνων δικτύων. Επιπλέον, εξέδωσε βασικές συστάσεις για την τυποποίηση, την προστασία της ιδιωτικής ζωής των καταναλωτών και την ασφάλεια.

Η ΟΔΕΔ διοργανώνεται ως συντονιστική επιτροπή, η οποία απαρτίζεται από εκπροσώπους των υπηρεσιών της Επιτροπής, των ρυθμιστικών αρχών, των βιομηχανιών (όπως είναι οι διαχειριστές συστημάτων μεταφοράς) και των καταναλωτών.

Υποστηρίζεται από τέσσερις ομάδες εργασίας εμπειρογνομόνων (1. Τυποποίησης, 2. Προστασίας και Ασφάλειας Δεδομένων, 3. Κανονισμού: μοντέλο αγοράς και επιλογές, 4. Υποδομών) Το 2012, η ΕΚ ενημέρωσε την αποστολή και το πλαίσιο προγράμματος για την ΟΔΕΔ και αποφάσισε να επεκτείνει τις δραστηριότητές της για δύο ακόμη χρόνια. Ως αποτέλεσμα, διορίστηκε νέα διευθύνουσα επιτροπή (με ισχυρότερη συμμετοχή της βιομηχανίας τηλεπικοινωνιών). Η επικαιροποιημένη εντολή υπογραμμίζει ότι οι βασικές προκλήσεις για την ανάπτυξη των έξυπνων δικτύων είναι, πρώτον, σε μεγάλο βαθμό κανονιστικού χαρακτήρα. δεύτερον, προωθούν την ανάπτυξη κατάλληλων προτύπων, και τρίτον, υποστηρίζουν και δρομολογούν τις κατάλληλες υποδομές και το συντονισμό / διάδοση των διδαγμάτων (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2012c).

2.1.2. Ευρωπαϊκό Ενεργειακό Πρόγραμμα Ανάκαμψης

Το ευρωπαϊκό ενεργειακό πρόγραμμα για την ανάκαμψη είναι ένα πρόγραμμα ύψους 4 δισεκατομμυρίων ευρώ που δημιουργήθηκε το 2009, για τη συγχρηματοδότηση σχεδίων που αποσκοπούν στην αύξηση της αξιοπιστίας των ενεργειακών προμηθειών και στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, ενώ ταυτόχρονα ενισχύουν την οικονομική ανάκαμψη της Ευρώπης. Τα έργα καλύπτουν τρεις ευρείς τομείς: 44 έργα υποδομής φυσικού αερίου και ηλεκτρικής ενέργειας, 9 αιολικά έργα ανοικτής θάλασσας και 6 έργα δέσμευσης και αποθήκευσης άνθρακα⁴³. Το ΕΕΠΑ δημιουργήθηκε στο ευρύτερο πλαίσιο της συνολικής προσπάθειας που καταβάλλεται σε επίπεδο ΕΕ για την αντιμετώπιση της χρηματοπιστωτικής κρίσης που ξέσπασε το 2008 και για την τόνωση της οικονομικής ανάκαμψης (<http://ec.europa.eu/energy/eepr/>)

2.1.3 Πακέτο / Πρόταση για την Ενεργειακή Υποδομή

Στις 17 Νοεμβρίου 2010, η ΕΚ παρουσίασε τις προτεραιότητές της για την ενεργειακή υποδομή για τις επόμενες δύο δεκαετίες. Στην ανακοίνωση, η ΕΚ ορίζει τις στρατηγικές προτεραιότητες της ΕΕ για τη μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας, φυσικού αερίου και πετρελαίου. Αυτός ο χάρτης προτεραιοτήτων θα χρησιμεύσει ως βάση για μελλοντικές αποφάσεις χορήγησης αδειών και χρηματοδότησης για συγκεκριμένα έργα της ΕΕ.

Το 2011, η ΕΚ ενέκρινε την πρόταση κανονισμού για τις «Κατευθυντήριες γραμμές για τις διευρωπαϊκές ενεργειακές υποδομές», η οποία αποσκοπεί να εξασφαλίσει την

ολοκλήρωση των στρατηγικών ενεργειακών δικτύων και εγκαταστάσεων αποθήκευσης έως το 2020. Για το σκοπό αυτό, η ΕΚ έχει προσδιορίσει 12 άξονες προτεραιότητας και τομείς που καλύπτουν τα δίκτυα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, φυσικού αερίου, πετρελαίου και διοξειδίου του άνθρακα. Προτείνει ένα καθεστώς "κοινού ενδιαφέροντος" για έργα που συμβάλλουν στην υλοποίηση αυτών των προτεραιοτήτων και φέρουν αυτή την ετικέτα (έργα κοινού ενδιαφέροντος (PCI)). Η ΕΚ ενέκρινε επίσης την πρόταση κανονισμού σχετικά με τις "Κατευθυντήριες γραμμές για τα διευρωπαϊκά δίκτυα τηλεπικοινωνιών", η οποία αποσκοπεί στη θέσπιση σειράς κατευθυντήριων γραμμών που καλύπτουν τους στόχους και τις προτεραιότητες που προβλέπονται για τα ευρυζωνικά δίκτυα και τις υποδομές ψηφιακών υπηρεσιών στον τομέα των τηλεπικοινωνιών. Προσδιορίζει τα PCI για την ανάπτυξη υποδομών ευρυζωνικών και ψηφιακών υπηρεσιών.

Οι εν λόγω κανονισμοί έχουν προσδιορίσει την ανάπτυξη των έξυπνων δικτύων σε όλη την ΕΕ ως θεματικό τομέα προτεραιότητας για επενδύσεις σε έργα υποδομής έως το 2020. Αυτή η νομοθεσία είναι ζωτικής σημασίας δεδομένου ότι καθορίζει θεμελιώδεις παραμέτρους για τους μελλοντική χρήση ευφυών δικτύων στην ΕΕ, τη διαλειτουργικότητά τους, την ευελιξία και την ικανότητά τους να χειρίζονται ένα αυξανόμενο μερίδιο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, και ακόμη για μια πιο αποκεντρωμένη παραγωγή ενέργειας καθώς και πρόσβαση στις ΤΠΕ. Στις 12 Μαρτίου 2013, το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο ενέκρινε σε πρώτη ανάγνωση τη σύνοδο ολομέλειας, η οποία αποτελεί τη βάση για την τελική έγκριση του κειμένου μετά από έγκριση του Συμβουλίου.

2.1.4 Οδηγία σχετικά με την ενεργειακή απόδοση

Η ΕΕ επιδιώκει μείωση κατά 20% της ετήσιας κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας στην Ευρώπη έως το 2020. Η Επιτροπή πρότεινε διάφορα μέτρα για την αύξηση της απόδοσης σε όλα τα στάδια της ενεργειακής αλυσίδας αξίας. Τα μέτρα επικεντρώνονται στους τομείς των δημόσιων μεταφορών και των κτιρίων, όπου το δυναμικό εξοικονόμησης είναι το μεγαλύτερο. Άλλα μέτρα περιλαμβάνουν την εισαγωγή των έξυπνων δικτύων που ενθαρρύνουν τους καταναλωτές να διαχειρίζονται καλύτερα την κατανάλωση

ενέργειας) και σαφέστερη επισήμανση προϊόντων (http://ec.europa.eu/energy/efficiency/index_en.htm). Στις 22 Ιουνίου 2011, η Επιτροπή πρότεινε μια νέα οδηγία για την ενίσχυση των προσπάθειών των κρατών μελών να χρησιμοποιούν αποτελεσματικότερα την ενέργεια σε όλα τα στάδια της ενεργειακής αλυσίδας αξίας. Στις 4 Οκτωβρίου 2011, το Συμβούλιο ενέκρινε την πολιτική συμφωνία για την οδηγία για την ενεργειακή απόδοση. Το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο ψήφισε ευνοϊκά στις 11 Σεπτεμβρίου 2012.

Η οδηγία περιλαμβάνει διατάξεις, οι οποίες θα βοηθήσουν την αγορά να εξελιχθεί προς την κατεύθυνση για πιο ποιοτική απόδοση ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα ορίστηκαν δύο βασικές διατάξεις στις οποίες τα κράτη μέλη πρέπει να διασφαλίσουν ότι: 1) θα επιτρέπεται να συμμετέχουν στη διαχείριση ανταποκρινόμενη στη ζήτηση, παράλληλα με τον εξοπλισμό των αγορών ηλεκτρικής ενέργειας και 2) οι φορείς εκμετάλλευσης δικτύων θα αντιμετωπίζουν τους παρόχους χωρίς διακρίσεις κατά την παροχή υπηρεσιών εξισορρόπησης. Παράλληλα, η οδηγία ενθαρρύνει τα κράτη μέλη να εξαλείψουν τα εμπόδια στα τιμολόγια μεταφοράς και διανομής που θα μπορούσαν να παρεμποδίσουν τη συμμετοχή της διαχείρισης ενέργειας ανταποκρινόμενης στη ζήτηση στις αγορές εξισορρόπησης και στις προμήθειες των παρεπόμενων υπηρεσιών. Αυτές οι διατάξεις αποτελούν κρίσιμες απαιτήσεις για τη δημιουργία των αναγκαίων συνθηκών για μια ανοικτή και δίκαιη αγορά, όπου οι πόροι από την πλευράς της ζήτησης μπορούν να ανταγωνίζονται ελεύθερα, παράλληλα με την προσφορά.

2.1.5 Οδηγία σχετικά με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Η συγκεκριμένη οδηγία θεσπίζει ένα κοινό πλαίσιο για τη χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην ΕΕ, προκειμένου να περιοριστούν οι εκπομπές αερίων θερμοκηπίου και να προωθηθούν οι καθαρότερες μεταφορές στις ευρωπαϊκές πόλεις. Κάθε κράτος μέλος οφείλει να θέσει ως στόχο τη χρήση ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, το οποίο υπολογίζεται να συμβεί, σύμφωνα με την τελική ακαθάριστη κατανάλωση ενέργειας για το έτος 2020. Τα κράτη μέλη καταρτίζουν εθνικά σχέδια δράσης, τα οποία καθορίζουν το μερίδιο ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές που θα καταναλώνονται στις μεταφορές, καθώς και στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και

θέρμανσης για το 2020. Κάθε κράτος μέλος πρέπει να είναι σε θέση να εγγυάται την προέλευση της ηλεκτρικής ενέργειας, της θέρμανσης και της ψύξης που παράγεται από ΑΠΕ. Παράλληλα, ενισχύονται τα συστήματα αποκεντρωμένης ενέργειας καθώς και η χρήση γεωργικών υλικών όπως κοπριά, πολτό και άλλα ζωικά και οργανικά απόβλητα για την παραγωγή βιοαερίου. Τα κράτη μέλη πρέπει να επιδιώξουν τη διαφοροποίηση του συνδυασμού ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές σε όλους τους τομείς των μεταφορών. Τα κράτη μέλη πρέπει να δημιουργήσουν τις αναγκαίες υποδομές για την ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές στον τομέα των μεταφορών. Ουσιαστικά, η οδηγία για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (2009/28 / ΕΚ, άρθρο 16) θεωρεί τα έξυπνα δίκτυα ως παράγοντα που επιτρέπει την ενσωμάτωση της αύξησης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο δίκτυο και υποχρεώνει τα κράτη μέλη να αναπτύξουν υποδομή μεταφοράς και δικτύου προς το σκοπό αυτό.

2.1.6 Κωδικοί δικτύου

Στο τρίτο πακέτο και στον κανονισμό 714/2009 / ΕΚ49, συμπεριλήφθηκε ένα σύνολο κοινών κανόνων σε επίπεδο ΕΕ (αποκαλούμενοι "κώδικες δικτύου"), με σκοπό την κάλυψη των τεχνικών και εμπορικών θεμάτων για τη διασυνοριακή ανταλλαγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Τα εθνικά συστήματα συνδέονται μεταξύ τους μέσω διασυνδέσεων. Πρόκειται για δίκτυα μεταφοράς που λειτουργούν από κοινού από τους Διαχειριστές Συστημάτων Μεταφοράς σε κάθε άκρο: οι αντίστοιχοι ΔΣΜ σε κάθε πλευρά των συνόρων συντονίζουν αυτή τη διασύνδεση μεταξύ τους. Στο εσωτερικό των χωρών, τα μεμονωμένα εθνικά δίκτυα είναι σχετικά καλά συνδεδεμένα, ενώ ο βαθμός σύνδεσης μεταξύ των εθνικών αγορών είναι σημαντικά χαμηλότερος. Το γεγονός αυτό αποτελεί ένα φυσικό εμπόδιο στις διασυνοριακές ροές ηλεκτρικής ενέργειας. Ορισμένοι από τους κώδικες δικτύου αφορούν τον συντονισμό των ΔΣΜ στις διασυνδέσεις, διότι σκοπός και στόχος της διαδικασίας είναι η θέσπιση ενός κοινού συνόλου κανόνων για τη διασυνοριακή ανταλλαγή ηλεκτρικής ενέργειας. Αν και δεν επηρεάζουν την ποσότητα φυσικής χωρητικότητας στις διασυνδέσεις καθαυτές, ενδέχεται να επηρεάσουν τη χρήση αυτής της χωρητικότητας. Έτσι, αυτοί οι κώδικες θα μπορούσαν να επηρεάσουν τη

λειτουργία του διασυνοριακού δικτύου καθώς και το διασυνοριακό εμπόριο (Jevnaker, 2012).

Εκτός από τη διαδικασία για την ανάπτυξη κοινών κωδικών διασυνοριακών δικτύων ηλεκτρικής ενέργειας («διαδικασία NC»), δημιουργήθηκαν με την τρίτη δέσμη δύο πανευρωπαϊκές ενώσεις, το Ευρωπαϊκό Δίκτυο Διαχειριστών Συστημάτων Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ENTSO-E), και ο Οργανισμός Συνεργασίας των Ρυθμιστικών Αρχών Ενέργειας (ACER). Το ENTSO-E αποτελεί μια ενιαία, πλήρη ένωση σε επίπεδο ΕΕ για τη συνεργασία των ΔΣΜ, ενώ ο οργανισμός ACER είναι ευρωπαϊκή ρυθμιστική υπηρεσία. Βάσει των κατευθυντήριων γραμμών-πλαισίων που συντάχθηκαν από την ACER, το ENTSO-E, σε στενή συνεργασία με τα ενδιαφερόμενα μέρη, πρέπει να εκπονήσει κώδικα δικτύου για ένα συγκεκριμένο θέμα. Οι εν λόγω κώδικες δικτύου αξιολογούνται από την ACER για να διασφαλιστεί ότι είναι σύμφωνοι με τις κατευθυντήριες γραμμές και, μόλις διαπιστωθεί κάτι τέτοιο, υποβάλλονται στην ΕΚ. Τέλος, οι κώδικες δικτύου διέρχονται από τη διαδικασία επιτροπολογίας, στην οποία εξετάζονται και γίνονται δεκτά από τα κράτη μέλη, προτού καταστούν άμεσα εφαρμοστέες νομοθετικές πράξεις. (ENTSO-E, 2013)

2.2 Τα έξυπνα δίκτυα στην Ελλάδα

Στον ελλαδικό χώρο, η Ελληνική Τεχνολογική Πλατφόρμα για τα Έξυπνα Δίκτυα (HTP SG) έχει ως πρωταρχικό σκοπό την προώθηση των τεχνολογιών έξυπνων δικτύων δημιουργώντας έναν οργανωμένο διαδικτυακό τόπο, όπου προωθείται το συγκεκριμένο όραμα και εφαρμόζονται στρατηγικές για την ενσωμάτωση των έξυπνων δικτύων σε τοπικό επίπεδο. Η HTP SG θα λειτουργήσει ως καταλύτης στην ανάπτυξη ενός εθνικού οδικού χάρτη, συγκεντρώνοντας επιχειρήσεις κοινής ωφελείας, βιομηχανίες, πανεπιστήμια, ερευνητικά κέντρα και όλους τους ενδιαφερόμενους που σχετίζονται με τα έξυπνα πλέγματα στην Ελλάδα. Ουσιαστικά μέσω αυτού επιχειρείται η επίτευξη συνεργασίας όλων των παραπάνω οργανισμών και επιχειρήσεων, και η κινητοποίηση τους, ώστε να συμμετάσχουν ενεργά τόσο σε συναφή διεθνή έξυπνα δίκτυα, όσο και σε προσπάθειες τοπικού επιπέδου. Η HTP SG συνεργάζεται ενεργά με την Ευρωπαϊκή

Τεχνολογική Πλατφόρμα για τα Έξυπνα Δίκτυα (ETP SG), καθώς και με άλλους ενδιαφερόμενους φορείς, όπως είναι η Ευρωπαϊκή Πρωτοβουλία για το Δίκτυο Ηλεκτρισμού (EEGI), η Ευρωπαϊκή Ένωση Της Ενεργειακής Έρευνας, του ERA-Net, κ.α

2.2.1.Εργα στον ελλαδικό χώρο

Οι δραστηριότητες αναφορικά με την ενσωμάτωση των έξυπνων δικτύων στην Ελλάδα εφαρμόζονται από τον ΔΕΔΔΗΕ (Διαχειριστής Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας, σε συνεργασία με τα Ελληνικά πανεπιστήμια και τα ερευνητικά κέντρα. Ο ΔΕΔΔΗΕ διαμόρφωσε ένα πενταετές στρατηγικό σχέδιο με 12 έργα τα οποία συγχρηματοδοτούνται από την Ευρωπαϊκή Ένωση. Οι εφαρμογές που προωθούνται σε ευρεία κλίμακα αφορούν την αποτύπωση του δικτύου διανομής σε κεντρικό μηχανογραφικό σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών (GIS), τη χρήση του συστήματος εποπτικού ελέγχου και απόκτησης δεδομένων (SCADA), την αυτοματοποίηση του δικτύου με χρήση κατάλληλων συστημάτων (dMS), καθώς και την υποστήριξη εφαρμογών τηλεμέτρησης και ηλεκτρικών οχημάτων. Ορισμένα από τα έργα είναι:

- Πιλοτική εφαρμογή στην Κύθνο με παροχή 100% Ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε 12 απομονωμένα νοικοκυριά με χρήση φωτοβολταϊκών, και προηγμένων μεθόδων διαχείρισης φορτίου στο πλαίσιο των Ευρωπαϊκών προγραμμάτων.(MICROGRIDS κ.α.)
- Πιλοτική εφαρμογή έξυπνου δικτύου στο χωριό Μελέμι κοντά στη Ραφήνα (ΔΕΗ-ΕΜΠ) στο πλαίσιο του Ευρωπαϊκού Προγράμματος RD & D SmartHouse / SmartGrids (εγκατάσταση έξυπνων ελεγκτών φορτίου).

Παράλληλα, σύμφωνα με εντολή της Ε.Ε., καθώς και τη σχετική απόφαση του ΥΠΕΚΑ, κρίνεται απαραίτητη η εγκατάσταση έξυπνων μετρητών στο 80% των τελικών χρηστών ηλεκτρικής ενέργειας, με χρονικό όριο το 2020. Έτσι, ο ΔΕΔΔΗΕ δημοπρατεί την προμήθεια 160.000 έξυπνων μετρητών, η τοποθέτηση των οποίων θα πραγματοποιηθεί σε καταναλωτές χαμηλής τάσης στον νησιωτικό χώρο, κυρίως στη Λέσβο, τη Λήμνο, τη Λευκάδα, αλλά και στην Ξάνθη και σε λίγους καταναλωτές στην Αθήνα και τη Θεσσαλονίκη. Απώτερος σκοπός των παραπάνω κινήσεων η παροχή στους καταναλωτές ενέργειας πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο, μέσα από την ανάπτυξη κατάλληλων

υποδομών, με αποτέλεσμα την ποιοτικότερη διαχείριση της κατανάλωσης της και τη βελτίωση της ποιότητας εξυπηρέτησης των χρηστών. Επομένως συνολικά, τα συγκεκριμένα έργα θα οδηγήσουν σε:

1. Αποτελεσματικότερη διαχείριση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας
2. Βελτιστοποίηση της ποιότητας ρεύματος στους καταναλωτές
3. Εξοικονόμηση ενέργειας και αποφυγή αερίων του θερμοκηπίου
4. Καλύτερη ενσωμάτωση των ΑΠΕ
5. Είσοδος των ηλεκτρικών οχημάτων στο δίκτυο
6. Ανάπτυξη έξυπνων εφαρμογών στα κτίρια

Κεφάλαιο 3: Μικροδίκτυα

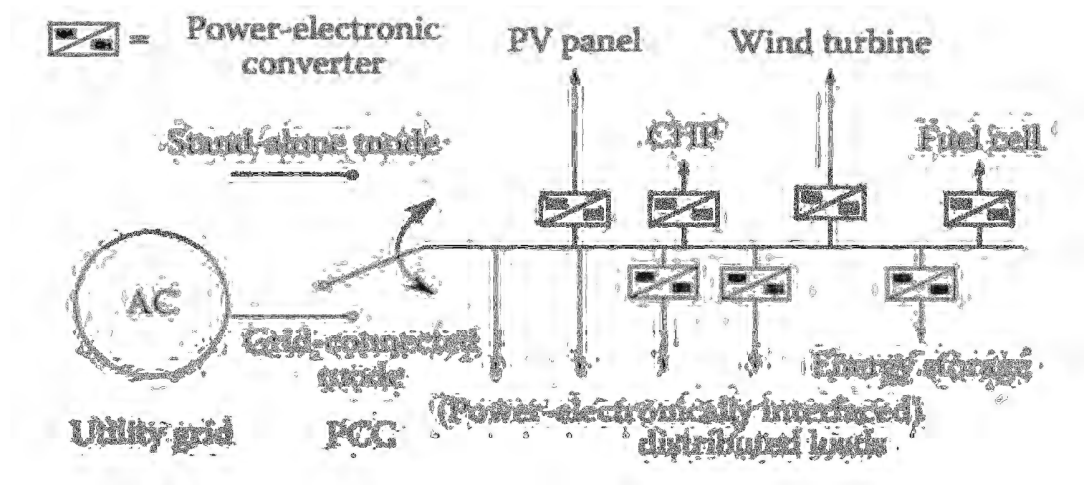
3.1 Ορισμός

Τα μικροδίκτυα είναι δίκτυα χαμηλής τάσης ή κατανεμημένα ενεργειακά συστήματα που παρέχουν θερμότητα και ισχύ σε μια συγκεκριμένη περιοχή, χρησιμοποιώντας γεννήτριες και ενεργειακά φορτία. Έχουν τη δυνατότητα να λειτουργούν ανεξάρτητα και να απομονώνονται από το κύριο πλέγμα σε περίπτωση βλάβης (Barnes, et al., 2005). Το μικροδίκτυο έχει ενσωματωθεί στις μονάδες κατανεμημένης ηλεκτροπαραγωγής και φαίνεται να είναι πολλά υποσχόμενο για μελλοντική επέκταση και χρήση. Έχει την ικανότητα να ανταποκρίνεται στις αλλαγές του φορτίου, μειώνοντας τις ενεργειακές

απώλειες του τροφοδότη, και βελτιώνοντας τον τοπικό βαθμό αξιοπιστίας. Σχεδιασμένο για να καλύπτει τις απαιτήσεις θερμότητας και ισχύος των πελατών, μπορεί να χρησιμεύσει ως διακοπτόμενη τροφοδοσία για κρίσιμα φορτία (Pepermans, Driesen, Haeseldonckx, Belmans & Dhaeseleer, 2005). Παράλληλα, έχει λάβει ιδιαίτερης προσοχής το τελευταίο χρονικό διάστημα, λόγω της δυνατότητάς του να χρησιμεύσει ως εναλλακτική πηγή ενέργειας, χρησιμοποιώντας μη συμβατικές πηγές και να παρέχει κρίσιμα ενεργειακά φορτία του κύριου δικτύου σε περίπτωση βλάβης αυτού (Pedrasa, & Spooner, 2006).

Εάν εφαρμοστούν οι κατάλληλες τεχνικές ελέγχου, μέσω της χρήσης του μπορεί να βελτιωθεί η αξιοπιστία της παροχής ηλεκτρικής ενέργειας. Ένα μικροδίκτυο μπορεί να διαθέτει μικροτουρμπίνες, ανεμογεννήτριες, καύσιμα, κυψέλες, φωτοβολταϊκά κύτταρα και άλλες πηγές ενέργειας που διασυνδέονται με τη βοήθεια ηλεκτρονικών μετατροπέων ισχύος. Όλες αυτές οι μονάδες συνδέονται με το κύριο ενεργειακό πλέγμα μέσω ενός σημείου κοινής ζεύξης, και μοιάζουν με μια απομονωμένη μονάδα στο δίκτυο διανομής. Δεν προστίθεται κανενός είδους επιπρόσθετη αδράνεια στο σύστημα από τις κατανεμημένες μονάδες παραγωγής. Ωστόσο, εξαιτίας αυτού, η ισορροπία ισχύος μεταξύ της παραγωγής ενέργειας και του φορτίου και η συχνότητα του δικτύου καθίσταται πολύπλοκη προς συντήρηση, ειδικά όταν το μικροδίκτυο βρίσκεται σε απομονωμένη λειτουργία. Τα μικροδίκτυα εργάζονται σε δύο λειτουργίες: α) συνδεδεμένο με το δίκτυο, και β) σε απομονωμένη λειτουργία(απομονωμένο από το δίκτυο).

3.2 Τα δομικά στοιχεία του μικροδικτύου



Εικόνα 3.1 Σχεδιάγραμμα δομικών στοιχείων μικροδικτύου

Σε μια βασική αρχιτεκτονική μικροδικτύου, το ηλεκτρικό σύστημα θεωρείται ότι είναι ακτινωτό, με αρκετούς τροφοδότες και μια συλλογή φορτίων. Το ακτινωτό σύστημα συνδέεται με το σύστημα διανομής, μέσω μιας συσκευής διαχωρισμού, συνήθως ενός στατικού διακόπτη, που ονομάζεται σημείο σύζευξης. Κάθε τροφοδότης διαθέτει διακόπτη ισχύος και ελεγκτή ροής ισχύος.

Η κεφαλή του συστήματος ελέγχου πολλαπλών επιπέδων είναι ο κεντρικός ελεγκτής του μικροδικτύου. Σε ένα δεύτερο επίπεδο ελέγχου, οι ελεγκτές φορτίου και οι ελεγκτές μικροεπεξεργαστών (μικροπηγών, *microsources*) ανταλλάσσουν πληροφορίες με τον κεντρικό ελεγκτή, που διαχειρίζεται τη λειτουργία του μικροδικτύου με την παροχή σημείων αναφοράς τόσο στους ελεγκτές φορτίου όσο και στους ελεγκτές μικροεπεξεργαστών. Η ποσότητα των δεδομένων που πρέπει να ανταλλάσσονται μεταξύ των ελεγκτών δικτύου είναι μικρή διότι περιλαμβάνει κυρίως αίτημα πληροφοριών που αποστέλλει ο κεντρικός ελεγκτής στους ελεγκτές φορτίου και τους ελεγκτές μικροεπιχειρήσεων, σχετικά με τα επίπεδα τάσης για τον έλεγχο των αλλαγών του μικροδικτύου (Lasseter et al., 2002)

3.2.1 Μικροπηγές

Οι βασικότερες μικροπηγές των μικροδικτύων είναι μικρές μονάδες (περίπου 100 kW) με ηλεκτρονικές διεπαφές ισχύος. Οι συγκεκριμένες πηγές, συμπεριλαμβανομένων των

μικροτουρμπίνων, των ανεμογεννητριών, των φωτοβολταϊκών συλλεκτών και των κυψελών καυσίμου, τοποθετούνται στους χώρους των πελατών. Είναι χαμηλού κόστους, χαμηλής τάσης και είναι εξαιρετικά αξιόπιστες, με ελάχιστες εκπομπές αερίων. Παρά τον εντυπωσιακό αυτό κατάλογο των οφελών, ωστόσο, έχει επισημανθεί από πολλούς οργανισμούς ότι η κατανεμημένη διείσδυση των ενεργειακών πόρων δεν έχει εκπληρώσει τις αναμενόμενες προσδοκίες. Στα μειονεκτήματα της αυξημένης αξιοποίησης των κατανεμημένων ενεργειακών πόρων περιλαμβάνονται το υψηλό κόστος, η ανάγκη για μηχανολογικές κατασκευές, η έλλειψη μεθόδων ενσωμάτωσης τοποθέτησης και άμεσης λειτουργίας (plug-and-play) και μικρός αριθμός επιτυχημένων επιχειρηματικών μοντέλων (Zhu & Tomsonic, 2002). Οι πρωταρχικές λειτουργίες ενός ελεγκτή μικροπηγών αφορούν τη ρύθμιση της ροής ισχύος σε έναν τροφοδότη, όπου τα σημεία λειτουργίας των φορτίων ποικίλλουν, τη ρύθμιση της τάσης κάθε μικροδικτύου, με σκοπό την προσαρμογή των μεταβαλλόμενων φορτίων σε ένα σύστημα, και το κυριότερο, την επιβεβαίωση ότι κάθε μικροπηγή λαμβάνει το ενεργειακό της φορτίο κατά τη διάρκεια που το μικροδίκτυο βρίσκεται σε απομονωμένη λειτουργία (Kariniotakis et al., 2003).

3.2.2 Μικροτουρμπίνες

Οι μικροτουρμπίνες είναι μονοαξονικές, απλές μηχανικές κατασκευές, αποτελούμενες από μια γεννήτρια, που αποτελεί μια μηχανή με μόνιμο μαγνήτη που λειτουργεί με μεταβλητή ταχύτητα, συνήθως από 50.000 έως 100.000 σ.α.λ. Το σύστημα παραγωγής ενέργειας μεταβλητής ταχύτητας διασυνδέεται με το ηλεκτρικό σύστημα μέσω ηλεκτρονικών κυκλωμάτων ισχύος. Οι μικροτουρμπίνες διαθέτουν την ευελιξία να λειτουργούν με διαφορετικά καύσιμα, όπως είναι το φυσικό αέριο και η βενζίνη. Παράλληλα, έχουν καλή αξιοπιστία, ενώ από εμπορικής άποψης, θεωρούνται οικονομικές (Lasseter et al., 2002).

3.2.3 Κυψέλες καυσίμου

Οι μικροπηγές ενσωματώνουν ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως είναι η αιολική, η ηλιακή και η υδροηλεκτρική. Οι μικρές υδροηλεκτρικές γεννήτριες, οι ανεμογεννήτριες και τα φωτοβολταϊκά πάνελ, τοποθετούνται γεωγραφικά σε ένα μικρόδίκτυο. Η ενέργεια

από αυτές τις ανανεώσιμες πηγές αξιοποιείται και μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια. Το μόνο μειονέκτημα αυτών των πηγών είναι ο μεταβαλλόμενος χαρακτήρας τους. Αντίθετα, οι κυψέλες καυσίμου δεν είναι συμβατικές και παράγουν ηλεκτρισμό από υδρογόνο και οξυγόνο. Απελευθερώνουν υδρατμούς και έχουν χαμηλές εκπομπές ρύπων. Επίσης, ένα από τα σημαντικά οφέλη τους είναι ότι προσφέρουν υψηλότερες αποδόσεις, σε σύγκριση με τις προαναφερθείσες μικροτουρμπίνες. Εντούτοις, οι κυψέλες καυσίμου είναι τουλάχιστον για την ώρα αρκετά δαπανηρές σε σχέση με άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Από περιβαλλοντικής άποψης, τόσο οι ανανεώσιμες πηγές, όσο και οι κυψέλες καυσίμου είναι κατάλληλες για κατανεμημένη ενεργειακή παραγωγή, αντί των αντίστοιχων συμβατικών συστημάτων, συμπεριλαμβανομένων και των κινητήρων καύσης (Mohamed, 2006).

3.2.4. Συσσκευές αποθήκευσης

Η αποθήκευση ενέργειας αποτελεί ζωτικό παράγοντα για την καθιέρωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, ως αξιόπιστων, βασικών ενεργειακών πηγών, καθώς και για την επιτυχή λειτουργία ενός μικροδικτύου. Η διαδικασία αποθήκευσης ενέργειας διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην διατήρηση ισορροπίας μεταξύ της παραγωγής ενέργειας και της απαιτούμενης ενέργειας. Ένα σύστημα με συστοιχίες μικροδικτύων, σχεδιασμένων να βρίσκονται σε απομονωμένη λειτουργία, είναι απαραίτητο να παρέχει κάποια μορφή αποθήκευσης, για να εξασφαλιστεί ότι διατίθεται ένα αρχικό ενεργειακό ισοζύγιο. Λόγω των μεγάλων χρονικών διαστημάτων που παίρνουν μέχρι να αποκριθούν ορισμένες μικροπηγές, όπως είναι οι κυψέλες καυσίμου και οι μικροτουρμπίνες, οι συσκευές αποθήκευσης πρέπει να είναι σε θέση να παρέχουν την απαιτούμενη ισχύ για την εξισορρόπηση του συστήματος ύστερα από διαταραχές ή / και από σημαντικές μεταβολές φορτίου.

Οι συσκευές αποθήκευσης λειτουργούν ως ελεγχόμενες πηγές εναλλασσόμενου ρεύματος για να αντιμετωπίσουν ξαφνικές αλλαγές στο σύστημα, όπως σε καταστάσεις που προκύπτουν ύστερα από τη φόρτιση. Παρόλο που λειτουργούν ως πηγές τάσης, οι συγκεκριμένες συσκευές υπόκεινται σε φυσικούς περιορισμούς, με αποτέλεσμα την πεπερασμένη χωρητικότητα για την αποθήκευση ενέργειας. Η απαραίτητη αποθήκευση

στο μικροδίκτυο μπορεί να έχει διάφορες μορφές: α) μπαταρίες ή υπερπυκνωτές διαυλου συνεχούς ρεύματος κάθε μικροπηγής, β) άμεση σύνδεση συσκευών αποθήκευσης εναλλασσόμενου ρεύματος (μπαταρίες, σφονδύλους κλπ) ή γ) παραδοσιακή ενεργειακή παραγωγή με αδράνεια με την μικροπηγή (Lasseter et al., 2002).

Οι απαιτήσεις αποθήκευσης ενέργειας σε ένα μικρόδίκτυο έχουν ως εξής:

1. Η εξισορρόπηση της ζήτησης ισχύος μεταξύ της πλευράς της ενεργειακής παραγωγής και της πλευράς φορτίου, αποτελεί την βασική προτεραιότητα για τις συσκευές αποθήκευσης ενέργειας (επειδή οι πηγές είναι διαλείπουσες και οι παροδικές διαταραχές έχουν έλλειψη αδράνειας).

2. Η αποθήκευση της μέγιστης ενέργειας σε ώρες εκτός αιχμής είναι σε θέση να παρέχει όλα τα απαιτούμενα ενεργειακά φορτία.

3. Απομάκρυνση των φορτισμένων τμημάτων από το μικροδίκτυο, που βοηθά στην αντιμετώπιση απρόβλεπτων και ξαφνικών απαιτήσεων.

4. Παροχή ομαλών μεταβατικών συνθηκών κατά τη μετατροπή του δικτύου από απομονωμένη λειτουργία δε συνδεδεμένη με το δίκτυο λειτουργία και αντιστρόφως.

5. Ευκολή προσαρμογή στα διαστήματα χαμηλής και υψηλής ενεργειακής ζήτησης, στην καθημερινή καμπύλη ζήτησης (Lasseter, 2002).

3.2.5 Κατανομή των ενεργειακών πηγών

Οι μετατροπείς ισχύος επιτρέπουν τη σύνδεση ανεξάρτητου εξοπλισμού και εξαρτημάτων σε ένα κοινό σύστημα. Οι τεχνολογίες κατανεμημένης ηλεκτροπαραγωγής απαιτούν ειδικούς μετατροπείς και ηλεκτρονικές διεπαφές ισχύος που χρησιμοποιούνται για τη μετατροπή της παραγόμενης ενέργειας σε κατάλληλους τύπους ισχύος, οι οποίοι παρέχονται απευθείας στο δίκτυο ή στους καταναλωτές. Η ανάπτυξη μιας προηγμένης διασύνδεσης μετατροπέων ηλεκτρονικής ισχύος, συμβάλει στην κάλυψη διαφόρων απαιτήσεων ισχύος με χαμηλότερο κόστος, σε σύγκριση με τα συστήματα κατανομής ενεργειακών πόρων, καθώς οι μετατροπείς ισχύος παρέχουν παρόμοιες λειτουργίες. Έτσι διατηρείται η σταθερότητα του μικροπλέγματος, ενώ

ταυτόχρονα παρέχεται και ποικιλία ενεργειακών πηγών (Hossain, Kabalci, Bayindir & Perez, 2014).

3.2.6 Τρόποι λειτουργίας μικροδικτύου

Όπως προαναφέρθηκε, στα συστήματα μικροδικτύων, περιλαμβάνονται δύο τρόποι λειτουργίας:

- Λειτουργία συνδεδεμένη με το δίκτυο
- Απομονωμένη λειτουργία

Λειτουργία συνδεδεμένη με το δίκτυο

Στη συγκεκριμένη κατάσταση λειτουργίας, το μικροδίκτυο πρέπει να ακολουθεί τους κανόνες διανομής του δικτύου, χωρίς να συμμετέχει στη λειτουργία του κεντρικού συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας. Τα μικρόδίκτυα που λειτουργούν με βάση αυτή την προσέγγιση, συμβάλουν στη σταθερή λειτουργία του συστήματος ισχύος. Στην περίπτωση της λειτουργίας συνδεδεμένης με το δίκτυο, το μικροδίκτυο έχει τη δυνατότητα άντλησης ενέργειας από το κύριο πλέγμα και λειτουργεί ως ένα ελεγχόμενο φορτίο ή πηγή. Εδώ, ο πρωτεύων ελεγκτής χρησιμοποιείται για να παρέχει αξιόπιστη λειτουργία και να ανταποκρίνεται σε αποτυχίες επικοινωνίας. Ο δευτερεύων ελεγκτής χρησιμοποιείται για τη ρύθμιση της τάσης και της συχνότητας, με βάση την απόκριση του στο φορτίο και τις τάσεις παροχής ενέργειας, ενώ ο τριτογενής ελεγκτής χρησιμοποιείται για τη βελτίωση της λειτουργίας των μονάδων των κατανεμημένων ενεργειακών μονάδων, ώστε να ισχύει η βέλτιστη σχέση κόστους / αποτελεσματικότητας (De Brabandere, Vanthournout, Driesen, Deconinck & Belmans, 2007).

Απομονωμένη λειτουργία

Τα μικροδίκτυα μπορούν να ελέγχονται βάσει μιας αποκεντρωμένης προσέγγισης για την εξισορρόπηση της ενέργειας των συστατικών του μικροδίσκου με τη ζήτηση. Όταν το πλέγμα επηρεάζεται από μη κανονική λειτουργία ή συνθήκες, το μικροπλάνο θα πρέπει να αποσυνδεθεί και να αλλάξει σε τρόπο λειτουργίας νησιωτικού πλέγματος. Εάν το μικροδίκτυο βρίσκεται σε αυτή τη λειτουργία, θα πρέπει να χειριστεί τα ακόλουθα (Pedrasa & Spooner, 2006):

- Ισορροπία προσφοράς και ζήτησης
- Αποδεκτή ποιότητα ισχύς
- Ισορροπία τάσης και συχνότητας, και
- Επικοινωνία μεταξύ των συνιστωσών του μικροδικτύου

Ο έλεγχος ενός απομονωμένου μικροδικτύου σημαίνει εξισορρόπηση της παραγωγής και της ζήτησης ισχύος για τη διατήρηση υψηλής απόδοσης, με ένα αποδεκτό φάσμα εύρους συχνότητας και τάσης. Στη βιβλιογραφία χρησιμοποιούνται για το σκοπό αυτό δύο βασικοί στρατηγικοί έλεγχοι: ένας μετασχηματιστής για να διατηρεί την ενεργό ισχύ σε έναν επιθυμητό σταθερό συντελεστή ισχύος, και έναν μετατροπέα τάσης για τη ρύθμιση του εύρους της συχνότητας και της τάσης.

3.2.7 Μετατροπείς τάσης

Οι περισσότερες τεχνολογίες μικροσυστημάτων που μπορούν να εγκατασταθούν σε ένα μικροδίκτυο δεν είναι κατάλληλες για άμεση σύνδεση με το ηλεκτρικό δίκτυο λόγω των χαρακτηριστικών της παραγόμενης ενέργειας. Επομένως, απαιτούνται διασυνδέσεις ηλεκτρονικής ισχύος. Το βασικό μοντέλο μιας μικροπηγής περιέχει τρία βασικά στοιχεία:

- Μια κινητήρια μηχανή
- Συνεχές ρεύμα
- Δείκτης κατακόρυφης ταχύτητας (VSI)

Η μικροπηγή ενώνεται στο μικροδίκτυο μέσω ενός δείκτη. Ο δείκτης VSI ελέγχει τόσο το μέγεθος όσο και τη φάση της τάσης εξόδου της, έτσι ώστε να μπορεί να ελέγχει τον βαθμό ισχύος. Η ρύθμιση της τάσης είναι ζωτικής σημασίας για ένα μικροδίκτυο, έτσι ώστε να ξεπεραστούν οι ταλαντώσεις που προκαλούνται από τη μεγάλη διείσδυση των μικροπηγών. Η ρύθμιση της τάσης χρησιμοποιείται επίσης για να διασφαλιστεί ότι δεν υπάρχει μεγάλο κυκλοφορούν ρεύμα μεταξύ των πηγών (Ali, 2013).

3.2.8 Λειτουργίες ελέγχου

Οι ελεγκτές των μικροδικτύων έχουν αρμοδιότητες για να διασφαλίσουν ότι (Lasseter et al., 2002):

1. Οι μικροεπεξεργαστές λειτουργούν σωστά σε προκαθορισμένο επίπεδο λειτουργίας, ή σε σημείο ελαφρώς διαφορετικό από το προκαθορισμένο, που ωστόσο εξακολουθεί να ικανοποιεί τα όρια λειτουργίας.

2. Η ισχύς μεταφέρεται ανάλογα με τις ανάγκες του μικροδικτύου ή / και του συστήματος διανομής

3. Οι διεργασίες αποσύνδεσης και επανασύνδεσης διεξάγονται απρόσκοπτα.

4. Η συμμετοχή στην αγορά ενισχύεται, μέσω της βελτιστοποίησης της παραγωγής τοπικών μικροπηγών και της ανταλλαγής ηλεκτρικής ενέργειας με τις υπηρεσίες κοινής ωφέλειας

5. Η χρήση θερμότητας για την τοπική εγκατάσταση έχει βελτιστοποιηθεί

6. Τα ευαίσθητα φορτία, όπως ο ιατρικός εξοπλισμός και οι υπολογιστές, παρέχονται αδιάλειπτα

7. Σε περίπτωση γενικής διακοπής λειτουργίας, το μικροδίκτυο έχει τη δυνατότητα επανεκκίνησης από ολική διακοπή (black start).

8. Τα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας μπορούν να υποστηρίξουν το μικροδίκτυο και να αυξήσουν την αξιοπιστία και την αποτελεσματικότητα του συστήματος.

Παράλληλα, το μικροδίκτυο πρέπει να απευθύνει αυτά τα ζητήματα όταν λειτουργεί σε απομονωμένη λειτουργία (Kasal & Singh, 2011):

- Εξισορρόπηση της προσφοράς και της ζήτησης
- Αποδεκτή ποιότητα ισχύος
- Ισορροπία τάσης και συχνότητας και -
- Επικοινωνία μεταξύ των συνιστωσών του μικροδικτύου

Οι κύριες διαδικασίες ελέγχου που λαμβάνονται υπόψη για τις λειτουργίες των μικροδικτύων ταξινομούνται σε τέσσερις κατηγορίες (Ali, 2013):

1. Απομονωμένη διαδικασία ελέγχου, όπου το μικροδίκτυο έχει σχεδιαστεί για να λειτουργεί αυτόματα, εξασφαλίζοντας σταθερή, ανθεκτική και αξιόπιστη λειτουργία

2. Διαδικασία πολυεπίδου ελέγχου, στην οποία χρησιμοποιούνται ελεγκτές μικροϋπολογιστών και ελεγκτές φορτίου. Ο κεντρικός ελεγκτής μικροδικτύου παρέχει στους ελεγκτές μικροεπεξεργαστών τις απαιτήσεις ζήτησης μεταξύ άλλων λειτουργιών ελέγχου.

3. Διαδικασία εσωτερικού έλεγχου, στην οποία οι διάφορες ελεγκτικές λειτουργίες αντιπροσωπεύονται από παράγοντες που μπορούν στοιχεία υλικού ή λογισμικού του συστήματος.

4. Ουδέτερο σύστημα διαχείρισης ενέργειας, στο οποίο χρησιμοποιούνται νευρωνικά δίκτυα πολλαπλών επιπέδων, για την εκτέλεση λειτουργιών ελέγχου μέσα στο μικροδίκτυο.

3.2.9 Ηλεκτρονικά συζευγμένα μικροδίκτυα

Τα μικροδίκτυα αποτελούνται από έναν αριθμό στοιχείων που μπορούν να λειτουργούν παραλλήλως, είτε σε απομονωμένη λειτουργία, είτε συνδεδεμένα με το κεντρικό δίκτυο. Διασυνδέονται στο σύστημα παροχής μέσω ενός στατικού διακόπτη μεταφοράς στο σημείο της κοινής σύζευξης. Κάθε σύστημα καταναμημένης παραγωγής περιλαμβάνει μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, ένα σύστημα αποθήκευσης ενέργειας και μια ηλεκτρική ηλεκτρονική διασύνδεση, η οποία κανονικά αποτελείται από έναν μετατροπέα τάσης DC-AC. Κάθε καταναμημένη μονάδα παραγωγής μπορεί να συνδεθεί με ένα προκαθορισμένο φορτίο ή με τον κοινό αγωγό εναλλασσόμενου ρεύματος απευθείας για την παροχή ρεύματος (Flick & Morehouse, 2010).

3.2.10 Κεντρικός έλεγχος

Ένα κεντρικό σύστημα ελέγχου δέχεται πληροφορίες από μια συγκεκριμένη κεντρική τοποθεσία, η οποία εξαρτάται από τον τύπο δικτύου και μπορεί να αποτελείται από έναν διακόπτη, έναν διακομιστή ή ένα ελεγκτή. Ένα κεντρικά ελεγχόμενο δίκτυο είναι εύκολο να λειτουργήσει και προσδίδει αυξημένο έλεγχο στον χειριστή, από τον οποίο διατηρείται ολόκληρο το σύστημα. Το χαρακτηριστικό αυτό επιτρέπει στον χειριστή να καθορίζει στρατηγικές ελέγχου, έτσι ώστε να πληρούνται οι απαιτήσεις ισχύος. Ο κεντρικός έλεγχος χρησιμοποιείται καλύτερα για τα μικροδίκτυα με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά (Shafiee, Guerrero & Vasquez, 2014):

- Μικροδίκτυα των οποίων οι ιδιοκτήτες έχουν κοινούς στόχους και επιδιώκουν συνεργασία για την επίτευξη των στόχων τους.
- Μικροδίκτυα μικρής κλίμακας.

Δεδομένου ότι ο πρωτεύων έλεγχος είναι τοπικός και δεν έχει ενδοεπικοινωνία με άλλες κατανεμημένες μονάδες παραγωγής, για να επιτευχθεί η συνολική δυνατότητα ελέγχου, συχνά χρησιμοποιείται δευτερογενής έλεγχος. Ένας συμβατικός κεντρικός δευτερεύων βρόχος ελέγχου εφαρμόζεται στον κεντρικό ελεγκτή μικροδικτύου. Το πλεονέκτημα αυτής της αρχιτεκτονικής είναι ότι το σύστημα επικοινωνίας δεν είναι απασχολημένο, αφού μόνο τα μηνύματα αποστέλλονται μόνο προς μία κατεύθυνση. Το μειονέκτημα είναι ότι ο κεντρικός ελεγκτής του μικροδικτύου δεν είναι άκρως αξιόπιστος, δεδομένου ότι μια αποτυχία αυτού του ελεγκτή είναι αρκετή για να σταματήσει τη δευτερεύουσα δράση ελέγχου.

3.3 Πεδίο εφαρμογής

Τα μικροδίκτυα μπορούν να επιφέρουν σημαντικές διευκολύνσεις σε τρεις διευρυμένους τομείς (ABB, Inc, 2012):

3.3.1. Ιδρύματα

Είναι γεγονός ότι μέσω της χρήσης των μικροδικτύων, καθίσταται δυνατή η εκμετάλλευση της συμπαραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας, αποσκοπώντας στην επίτευξη υψηλής παραγωγικότητας. Μάλιστα, η παρεχόμενη ενέργεια θα είναι υψηλής ποιότητας και αξιοπιστίας, γεγονός ιδιαίτερα ευνοϊκό για περιοχές όπου υπάρχουν υπολογιστικά κέντρα, κέντρα δεδομένων ή για νοσοκομειακά ιδρύματα, όπου η ζήτηση φορτίου είναι αδιάκοπη. Παράλληλα, μια τέτοιου είδους χρήση των μικροδικτύων, επωφελεί και περιοχές απομακρυσμένες από το κεντρικό δίκτυο, οι οποίες αντιμετωπίζουν προβλήματα και συχνές διακοπές στην παροχή ενέργειας. Επιπλέον, η παροχή αδιάλειπτης ενέργειας, διευκολύνει και τη λειτουργία των σωφρονιστικών ιδρυμάτων, όπου η παροχή ενέργειας απαιτείται όλο το 24ωρο. Στην Καλιφόρνια των ΗΠΑ, στο σωφρονιστικό ίδρυμα Santa Rita γίνεται χρήση φωτοβολταϊκών και συσσωρευτών, καλύπτοντας με τον τρόπο σχεδόν το 100% των

αναγκών της σε ηλεκτρισμό, με αποτέλεσμα να μπορεί να λειτουργεί για πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα χωρίς την παροχή συνεχούς ενέργειας .

3.3.2 Στρατιωτικές εγκαταστάσεις

Πρόκειται για περιοχές οι οποίες έχουν ανάγκη από αδιάκοπη παροχή ενέργειας υψηλής ποιότητας, ώστε να είναι σε θέση να αντιμετωπίζουν επιτυχώς τις ανάγκες που τυχόν προκύπτουν και να διατηρούν υψηλά τα απαιτούμενα επίπεδα ασφάλειας. Δεδομένου του σχεδιασμού και των συνθηκών που επικρατούν στις στρατιωτικές εγκαταστάσεις, γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι η λειτουργία του δικτύου με την χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας αποτελεί καλύτερη λύση, συγκριτικά με τις συμβατικές πηγές ενέργειας, των οποίων η μεταφορά στις περιοχές αυτές είναι ιδιαίτερα δύσκολη. Στον αμερικανικό χώρο, πρωταρχικός στόχος μέχρι το 2025, αποτελεί η παραγωγή του 25% της συνολικής του ενέργειας αποκλειστικά από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

3.3.3 Απομακρυσμένα αυτόνομα μικροδίκτυα

Στον συγκεκριμένο τομέα γίνεται λόγος κυρίως για δυσπρόσιτες αγροτικές περιοχές ή απομονωμένα νησιά, όπως για παράδειγμα είναι στον ελλαδικό χώρο τα νησιά του Αιγαίου, όπου η σύνδεση με το ηλεκτρικό δίκτυο καθίσταται δύσκολη και πολυέξοδη. Εδώ, μέσω την χρήσης ενός συστήματος μικροδικτύου, λειτουργώντας είτε απομονωμένα, είτε χρησιμοποιώντας τόσο συμβατικές, όσο και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, παρέχεται η δυνατότητα συγκρότησης ενός δικτύου παροχής ηλεκτρισμού. Ιδιαίτερα η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας συμβάλλει σε σημαντική μείωση του προαναφερθέντος υψηλού κόστους σύνδεσης.

3.4 Πλεονεκτήματα μικροδικτύου

Ανάλογα με τη στρατηγική λειτουργίας του, ένα μικροδίκτυο μπορεί να προσφέρει μια μεγάλη ποικιλία οικονομικών, τεχνικών, περιβαλλοντικών και κοινωνικών οφελών, τόσο σε εσωτερικούς, όσο και σε εξωτερικούς φορείς (Hatziaργyριου, Asano, Iravani & Marnay, 2007) .

3.4.1 Οικονομικά οφέλη

Οι οικονομικά κέρδη που προκύπτουν από ένα μικροδίκτυο μπορούν να ταξινομηθούν κατά προσέγγιση σε: α) πλεονεκτήματα θέσης, και β) πλεονεκτήματα επιλεκτικότητας.

Το πλεονέκτημα της τοποθεσίας, αποδίδεται κυρίως στη δημιουργία μιας εσωτερικής ενεργειακής αγοράς «εντός του δικτύου», στο πλαίσιο του μικροδικτύου, όπου οι μονάδες μικροπηγών θα μπορούσαν να πωλούν σε τιμές υψηλότερες από τις τιμές σε επίπεδο χονδρικής, προσφέροντας έτσι στους τελικούς πελάτες την ευκαιρία να αγοράζουν σε τιμές χαμηλότερες από το επίπεδο λιανικής. Το πλεονέκτημα της επιλεκτικότητας συνδέεται με τη βελτιστοποίηση της αποστολής των αποφάσεων σε πραγματικό χρόνο, ελαχιστοποιώντας το συνολικό κόστος ευκαιρίας του μικροδικτύου, λαμβάνοντας υπόψη τους τεχνικούς και περιβαλλοντικούς περιορισμούς. Τα προαναφερθέντα οφέλη, δηλαδή της τοποθεσίας και της επιλεκτικότητας, είναι δυνατόν να αποδοθούν τόσο στην πλευρά των καταναλωτών, όσο και στην πλευρά των μικροπηγών, όπου απαιτείται κατάλληλος μηχανισμός σχεδιασμού της αγοράς, ώστε να διασφαλιστεί η επίτευξη κέρδους, τόσο για τους καταναλωτές, όσο και για τους ιδιοκτήτες μικροπηγών.

Από την πλευρά της μακροοικονομίας, τα οφέλη ενός μικρού δικτύου μπορούν να ομαδοποιηθούν σε δύο επίπεδα:

1. Το μικροδίκτυο είναι δυνατόν να αποτελέσει το θεμέλιο για την ανάπτυξη και επέκταση των τοπικών αγορών και υπηρεσιών.
2. Το μικροδίκτυο μπορεί να λειτουργήσει ως εργαλείο αντιστάθμισης, έναντι του πιθανού κινδύνου μεταβλητότητας των τιμών, του φορτίου κ.α

Το πλεονέκτημα της επιλεκτικότητας μπορεί επίσης να ταξινομηθεί περαιτέρω στις ακόλουθες δύο κατηγορίες:

1. Το μικροδίκτυο μπορεί να λειτουργήσει συγκεντρωτικά, και για τις δυο πλευρές της προσφοράς και της ζήτησης,

2. Το μικροδίκτυο μπορεί να λειτουργήσει ως ‘διαιτητής’ συμφερόντων για το σύνολο των ενδιαφερόμενων.

3.4.2.Τεχνικά οφέλη

Ένα μικροδίκτυο μπορεί να βελτιώσει τις τεχνικές επιδόσεις του τοπικού δικτύου διανομής, κυρίως μέσω των ακόλουθων τεχνικών:

- Μείωση της απώλειας ενέργειας λόγω της μειωμένης ροής ηλεκτρικής ενέργειας.
- Βελτιωμένη ποιότητα τάσης μέσω συντονισμένου ελέγχου της ενεργητικής ισχύος και περιορισμένης αποστολής ενεργητικής ισχύος.
- ανακούφιση των συμφορημένων δικτύων και συσκευών, για παράδειγμα για παράδειγμα κατά τη διάρκεια των ωρών αιχμής, μέσω του επιλεκτικού προγραμματισμού των εξόδων των μικροπηγών.
- Αύξηση του βαθμού αξιοπιστίας του εφοδιασμού, μέσω μερικής ή πλήρους απομόνωσης σε περίπτωση ζημιάς στο κεντρικό δίκτυο. Όταν ο συνολικός αριθμός των μικροδικτύων αυξηθεί ικανοποιητικά στους υποσταθμούς, παρόμοια τεχνικά οφέλη αναμένονται σε πιο σύνθετα πλέγματα, ως συνέπεια της λειτουργίας πολλών μικροδικτύων ταυτόχρονα.

Ο βαθμός των τεχνικών ωφελειών εξαρτάται κυρίως από δύο παράγοντες: α) από τη βέλτιστη κατανομή των πόρων, και β) το επίπεδο συντονισμού μεταξύ των διαφόρων φορέων. Ο αποτελεσματικός σχεδιασμός του μεγέθους και της τοποθεσίας των μικροπηγών είναι δυνατόν να μεγιστοποιήσει τη συμβολή της μονάδας στις επιδόσεις του συστήματος, και την τυχαία διασύνδεση υπερμεγεθών μικροπηγών στα αδύναμα δίκτυα. Ωστόσο, ταυτόχρονα μπορεί να δημιουργήσει περισσότερα τεχνικά προβλήματα από τα οφέλη που προσφέρει. Παράλληλα, για τη διατήρηση της τεχνικής αποδοτικότητας του μικροδικτύου ανά πάσα στιγμή, απαιτείται η δημιουργία μιας πλατφόρμας πολλαπλών μονάδων σε πραγματικό χρόνο.

3.4.3.Περιβαλλοντικά και κοινωνικά οφέλη

Τα περιβαλλοντικά οφέλη ενός μικροδικτύου αναμένονται από δύο απόψεις: Πρώτον, από τη μεταστροφή προς ανανεώσιμα ή χαμηλής εκπομπής (π.χ. φυσικό αέριο) καύσιμα, και δεύτερον από την υιοθέτηση ενεργειακά αποδοτικότερων λύσεων (π.χ.

εφαρμογές συνδυασμένης παραγωγής θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας) συμπεριλαμβανομένης της ενσωμάτωσης της πλευράς της ζήτησης. Μεσα από εκτεταμένες στρατηγικές υποστήριξης για τις κατανεμημένες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας - για παράδειγμα τα φωτοβολταϊκά – αναμένεται μέσα στα επόμενα έτη να παρατηρηθεί μια αύξηση της εφαρμογής των μικροδικτύων, καθώς και η μείωση του κόστους των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Από την άλλη πλευρά η εφαρμογή της συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας ποικίλλει σημαντικά από περιοχή σε περιοχή και αναμένονται διαφορετικά επίπεδα αποδοχής από το σύνολο των χωρών στην Ευρώπη. Τέλος, Η απόκριση από την πλευρά της ζήτησης, είτε χειροκίνητα είτε αυτοματοποιημένα, διευκολύνεται ιδιαίτερα από την ελεγχόμενη λειτουργία ενός μικροδικτύου.

Έπειτα, Τα κοινωνικά οφέλη από τα μικροσυστήματα μπορούν να αναμένονται κυρίως ως προς:

- Την ευαισθητοποίηση του κοινού και την παροχή κινήτρων για εξοικονόμηση ενέργειας και μείωση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου
- Τη δημιουργία νέων ευκαιριών έρευνας και εργασίας, και
- Την ηλεκτροδότηση απομακρυσμένων ή υπανάπτυκτων περιοχών.

3.5 Η αλληλεπίδραση των έξυπνων μικροδικτύων

Ο τύπος μικροδικτύου που θα μπορούσε να θεωρηθεί ως συστατικό στοιχείο του έξυπνου δικτύου είναι ένα αυτόνομο μικροδίκτυο απομονωμένης λειτουργίας. Αυτό οφείλεται απλώς και μόνο στο γεγονός ότι εκτός του ότι πρόκειται για μικροσυστήματα που σχεδιάζονται να λειτουργούν απομονωμένα, πρέπει να είναι ικανά να αλληλοσυνδέονται με τα μικρά πλέγματα τους καθώς και με το μεγαλύτερο (καντρικό) δίκτυο ως δομικό στοιχείο ενός πολύ μεγαλύτερου συστήματος (υπεροδίκτυο). Είναι αυτονόητο ότι τα γειτονικά μικροδίκτυα, οποιουδήποτε τύπου, θα μπορούσαν ενδεχομένως να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους.

Ωστόσο, η αλληλεπίδραση πολλαπλών μικροδικτύων εισάγει επιχειρησιακές προκλήσεις που σχετίζονται με ταχείες μεταβατικές μεταβολές που παράγονται ως

αποτέλεσμα της αλλαγής του ενεργητικού παραγωγής και / ή φορτίου, καθώς και των αργών μεταβάσεων ρεύματος, ως άμεσο αποτέλεσμα του προγραμματισμού των πάντων στοιχείων παραγωγής. Συνεπώς, για να διασφαλιστεί η προστασία και η ασφάλεια της διασύνδεσης, ένα από αυτά τα μικροσυστήματα πρέπει να επιβάλλει στα υπόλοιπα παραμέτρους διασύνδεσης (π.χ. επίπεδο τάσης, συχνότητα). Και εν απουσία του μεγαλύτερου πλέγματος, δεν μπορεί κανείς να εγγυηθεί την ασφαλή λειτουργία αυτών των διασυνδεδεμένων μικροδικτύων (Farhangi, 2010).

Με άλλα λόγια, η παρουσία του πλέγματος αποτελεί το βασικότερο προαπαιτούμενο για την ενσωμάτωση των έξυπνων μικροδικτύων σε ένα ενδεχόμενο υπερδίκτυο. Αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι κακώς κατασκευασμένα μικροδίκτυα μπορούν να φέρουν σοβαρές επιπτώσεις στη σταθερότητα του μεγαλύτερου δικτύου με το οποίο είναι συνδεδεμένα. Πιο συγκεκριμένα κάθε μικροδίκτυο είναι απαραίτητο να διαθέτει συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, όπως για παράδειγμα αποθηκευτικά στοιχεία για να σταθεροποιήσει τη διακοπτόμενη ισχύ που παράγεται από τις κατανεμημένες πηγές ενέργειας, (π.χ. ηλιακή ενέργεια). Παράλληλα, το μικροδίκτυο χρειάζεται να θωρακίσει το μεγαλύτερο δίκτυο από ζητήματα που σχετίζονται με διαφορετικούς χρόνους απόκρισης των συγκεκριμένων μονάδων παραγωγής που χρησιμοποιεί για τον έλεγχο των εντολών και των σεναρίων σφαλμάτων. Επιπλέον, δεδομένης της σχετικά μικρής αδράνειας του, το μικροδίκτυο είναι υπεύθυνο για την αντιμετώπιση της ευαισθησίας του όταν παρατηρούνται μεγάλες αποκλίσεις από τις αρχικές συνθήκες λειτουργίας.

Ο κύριος ρόλος που θα διαδραματίσει το υπερδίκτυο του μέλλοντος θα αφορά την επιβολή παραμέτρων ποιότητας υπηρεσιών σε όλους τους διασυνδεδεμένα μικροδίκτυα στο δίκτυό του. Οι εν λόγω παράμετροι πρέπει να εξασφαλίζουν την επιτυχή διασύνδεση και τις ενεργειακές συναλλαγές μεταξύ των διάφορων μικροδικτύων στο εν λόγω δίκτυο. Όχι μόνο θα ρυθμίζουν τα ηλεκτρικά όρια του μικροδικτύου, αλλά θα επιβάλλουν και λειτουργικές παραμέτρους για τη διευκόλυνση των ενεργειακών συναλλαγών. Με άλλα λόγια, ο έλεγχος και τα ζητήματα ποιότητας των υπηρεσιών θα καθορίσουν την επιτυχία τέτοιων διασυνδεδεμένων μικροδικτύων.

Προκειμένου να χαρακτηριστούν ως συστατικό στοιχείο ενός έξυπνου δικτύου, τα μικροδίκτυα πρέπει να ενσωματώσουν τεχνολογίες που τους επιτρέπουν να παρακολουθούν, να διαγιγνώσκουν, να προστατεύουν και να συνάδουν με τις λειτουργικές παραμέτρους και τις απαιτήσεις ποιότητας ενός πολύ ευρύτερου συστήματος μέσω συντονισμένης διαχείρισης, ελέγχου και διαχείρισης της ισχύος. Με την προϋπόθεση ότι το μικροδίκτυο πληροί τις προαναφερόμενες απαιτήσεις, θα μπορούσε να οριστεί ως ένα σύνολο κατανεμημένων πόρων που ελέγχονται τοπικά και συμπεριφέρονται, από την πλευρά του κύριου ηλεκτρικού δικτύου, όπως μια γεννήτρια γεννήτρια ή / και ένα φορτίο (Farhangi, 2010).

Άλλο ένα σημαντικό ζήτημα εφαρμογής των έξυπνων μικροδικτύων είναι η οικονομική αιτιολόγηση των επενδύσεων που απαιτούνται για την κατασκευή και λειτουργία τους. Το συγκεκριμένο θέμα χρήζει ιδιαίτερης προσοχής. Ανάλογα με τους στόχους για τους οποίους θα χρειαστεί να σχεδιαστεί το μικροδίκτυο, πολλές παράμετροι θα πρέπει να ληφθούν υπόψη για τη δικαιολόγηση τέτοιου είδους επενδύσεις. Για παράδειγμα, αν σε μια περίπτωση ο κύριος στόχος θα ήταν η μείωση του κόστους ηλεκτρικής ενέργειας, θα έπρεπε να διασφαλιστεί ότι η τοπική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, θα μπορούσε να επιτευχθεί οικονομικά αποδοτικά, και εντός περιβαλλοντικών περιορισμών. Ή σε περίπτωση που το ζήτημα ήταν η αξιοπιστία της προσφοράς ενέργειας από το κύριο δίκτυο, θα έπρεπε να συμπληρωθεί η ενέργεια από το κεντρικό δίκτυο με σταθερή και αξιόπιστη ενέργεια, παραγόμενη τοπικά. Συνολικά, η πρόσβαση σε οικονομικά αποδοτικές, φιλικές προς το περιβάλλον και αξιόπιστες πηγές ενέργειας σε τοπικό επίπεδο, θα αποτελέσει τον ακρογωνιαίο λίθο του σχεδιασμού μικροδικτύων

Είναι αυτονόητο ότι τα εμπειρικά δεδομένα που προκύπτουν από την έρευνα και την ανάπτυξη των μικροδικτύων, μπορούν να προσθέσουν τεράστια αξία στις στρατηγικές των υπηρεσιών κοινής ωφέλειας, καθορίζοντας, ενημερώνοντας και προσδιορίζοντας τα επόμενα βήματα, τις εξελίξεις και τις επενδύσεις των ενδιαφερομένων για την άρση των εμποδίων κατά της ενσωμάτωσης των μικροδικτύων, που θα έχει ως αποτέλεσμα την άμεση ανάπτυξη του υπερδικτύου (Farhangi, 2010).

Κεφάλαιο 4: Μελέτη περίπτωσης: τα ευφυή πλέγματα στις αερομεταφορές

4.1 Εισαγωγή: Ευφυή συστήματα μεταφορών



Εικόνα 4.1 Ευφυή Συστήματα Μεταφορών.

Τα Ευφυή Συστήματα Μεταφορών ή αλλιώς Intelligent Transport Systems (ITS) αποτελούν ένα συνδυασμό τεχνολογιών της πληροφορικής και των επικοινωνιών στον τομέα των μεταφορών, απώτερος σκοπός των οποίων είναι η αποδοτικότερη, ασφαλέστερη και οικονομικότερη κυκλοφορία τόσο ατόμων όσο και εμπορευμάτων. Αφορούν τη χρήση σύγχρονων εφαρμογών σε οχήματα, υποδομή ή συνεργατικά συστήματα στο δρόμο, στο σιδηρόδρομο, στην εναέρια και θαλάσσια μεταφορά, ή σε συνδυασμό αυτών. (ITS Handbook, 2002).

Πρόκειται ουσιαστικά για προηγμένες εφαρμογές, μέσω των οποίων προσφέρονται καινοτόμες υπηρεσίες, αναφορικά με τους διάφορους τρόπους μεταφοράς και τη διαχείριση της κυκλοφορίας, παρέχοντας στους χρήστες ορθότερη ενημέρωση, και δημιουργώντας ασφαλέστερα, πιο συντονισμένα και «ευφυέστερα» δίκτυα μεταφοράς (Παπαγιαννούλης, 2004).

Στα Συστήματα Ευφυών Μεταφορών (ITS) οι τηλεπικοινωνίες και οι νέες τεχνολογίες συσχετίζονται με την κυκλοφοριακή τεχνική και το σχεδιασμό των μεταφορών, με στόχο τον προγραμματισμό, το σχεδιασμό, τη λειτουργία, τη συντήρηση και τη διαχείριση ολοκληρωμένων συστημάτων μεταφορών. Η εφαρμογή τους θα συμβάλλει σημαντικά στη βελτίωση των περιβαλλοντικών επιδόσεων, της απόδοσης, συμπεριλαμβανομένης της ενεργειακής, της ασφαλείας της μεταφοράς επικίνδυνων εμπορευμάτων, της δημόσιας ασφαλείας, της κινητικότητας των επιβατών και των εμπορευματικών μεταφορών, εξασφαλίζοντας ταυτόχρονα τη λειτουργία της εσωτερικής αγοράς και υψηλότερα επίπεδα ανταγωνιστικότητας και απασχόλησης (Homayoun & Tarek, 2003. Baher & Katann, 2003)

Τα άμεσα οφέλη από την ανάπτυξη των ITS μπορούν να αναλυθούν με βάση διαφορετικά σύνολα παραγόντων, που ονομάζονται κατηγορίες πλεονεκτημάτων Ευφυών Συστημάτων Μεταφορών. Στη διεθνή βιβλιογραφία, τα οφέλη τους ταξινομούνται στις ακόλουθες κατηγορίες (Barfield & Dingus, 1998. Bayly, Fildes, Regan & Young, 2007).

1. Ασφάλεια
2. Απόδοση ροής
3. Παραγωγικότητα και μείωση του κόστους
4. Οφέλη για το περιβάλλον

Εκτός από τα μετρήσιμα οφέλη, μπορούν να παρατηρηθούν πολλές άλλες εξελίξεις, συμπεριλαμβανομένων των νέων επιχειρηματικών ευκαιριών, της αύξησης της απασχόλησης, τη βελτίωση της περιφερειακής, αστικής και εθνικής τεχνολογικής κατάστασης κ.λπ. Μεταξύ των χρηστών και των ενδιαφερομένων, μπορούν να αναγνωριστούν οι ακόλουθες ομάδες: τελικοί χρήστες, φορείς εκμετάλλευσης δικτύων, ιδιοκτήτες συστημάτων, φορείς παροχής υπηρεσιών, ταξιδιωτικοί πράκτορες, τοπικές αρχές, αστικές κυβερνήσεις κ.λπ. Υπάρχουν πολλές προσεγγίσεις για τη μέτρηση των επιδράσεων και των πλεονεκτημάτων των νέων έργων, που σχετίζονται με την ανάπτυξη των Ευφυών Συστημάτων Μεταφορών. Ο σχεδιασμός αποτελεσματικών και ποιοτικών

συστημάτων μεταφοράς, περιλαμβάνει τη δυνατότητα εκτίμησης των οφελειών των Ευφυών Συστημάτων Μεταφορών, χρησιμοποιώντας κατάλληλες μεθόδους, όπως:

1. Μέθοδος μέτρησης των φυσικών συνεπειών
2. Μέθοδος ανάλυσης οφέλους
3. Ανάλυση κόστους-αποτελεσματικότητας
4. Ανάλυση κόστους- όφελος

Πρόσφατα, η Ευρωπαϊκή Ένωση κατέβαλε σημαντικές προσπάθειες στον τομέα της ανάπτυξης Ευφυών Συστημάτων Μεταφοράς, προσπαθώντας να παράσχει λύσεις για την κλιμάκωση των προβλημάτων μεταφορών και κυκλοφορίας. Ένας μεγάλος αριθμός δραστηριοτήτων έχει καθοριστεί από διάφορους ευρωπαϊκούς φορείς, με ενιαίο στόχο την επιβολή της πρακτικής εφαρμογής των έξυπνων συστημάτων στα μέσα μεταφοράς σε ολόκληρο τον ευρωπαϊκό χώρο (Hegy, Girimonte Babuska, & De Schutter, 2006).

4.2 Η αρχιτεκτονική των Ευφυών Συστημάτων Μεταφοράς

Η αρχιτεκτονική ITS παρέχει ένα γενικό πλαίσιο για τον σχεδιασμό και τον προγραμματισμό ενός ολοκληρωμένου συστήματος σε μια δεδομένη περίοδο και γεωγραφική περιοχή. Μια αρχιτεκτονική ITS είναι σημαντική για πολλούς λόγους:

1. Εξασφαλίζει μια ανοικτή αγορά υπηρεσιών και εξοπλισμού, διότι πραγματοποιούνται «τυποποιημένες» διασυνδέσεις μεταξύ των συνιστωσών.
2. Μια ανοικτή αγορά επιτρέπει αύξηση στην παραγωγή και διανομή, μειώνοντας έτσι την τιμή των προϊόντων και υπηρεσιών.
3. Εξασφαλίζει τη συνοχή των πληροφοριών που παρέχονται στους τελικούς χρήστες.
4. Ενθαρρύνει τις επενδύσεις σε Ευφυή Συστήματα Μεταφοράς,, δεδομένου ότι εξασφαλίζεται η συνοχή και η συμβατότητα.

5. Εξασφαλίζει τη διαλειτουργικότητα μεταξύ των κατασκευαστικών στοιχείων, ακόμη και όταν παράγονται από διαφορετικούς κατασκευαστές, γεγονός που είναι επίσης καλό για τις ΜΜΕ (Μικρές και Μεσαίες Επιχειρήσεις).

6. Επιτρέπει ένα κατάλληλο επίπεδο τεχνολογικής ανεξαρτησίας, καθώς και την εύκολη ενσωμάτωση νέων τεχνολογιών, και

7. Παρέχει τη βάση για μια κοινή κατανόηση του σκοπού και των λειτουργιών των Ευφυών Συστημάτων Μεταφοράς (Bishop, 2005)

Με βάση το περιεχόμενο και την υποχρεωτική χρήση, ορίζονται τρεις κύριοι τύποι αρχιτεκτονικής ITS:

ο Αρχιτεκτονική Πλαισίου Ευφυών Συστημάτων Μεταφοράς.

ο Αρχιτεκτονική Εντολών Ευφυών Συστημάτων Μεταφοράς.

ο Αρχιτεκτονική Εξυπηρέτησης Ευφυών Συστημάτων Μεταφοράς (Homayoun & Tarek, 2003).

Η Αρχιτεκτονική Πλαισίου, που αποτελεί το πιο κατάλληλο είδος αρχιτεκτονικής σε εθνικό επίπεδο, επικεντρώνεται στις ανάγκες των χρηστών και στη λειτουργική πλευρά των συστημάτων. Αυτός ο τύπος αρχιτεκτονικής μπορεί επίσης να θεωρηθεί ως σημείο εκκίνησης για την ανάπτυξη των άλλων δύο τύπων. Η Αρχιτεκτονική Εντολής αποτελείται από φυσικές, λογικές και επικοινωνιακές αντιλήψεις, αλλά περιλαμβάνει και επιπρόσθετες ενέργειες δράσης(ανάλυση κόστους-οφέλους, ανάλυση κινδύνου κλπ.). Η Αρχιτεκτονική Εξυπηρέτησης είναι παρόμοια με την Αρχιτεκτονική Εντολών αλλά περιλαμβάνει την παροχή υπηρεσιών. Επιπροσθέτως, έχουν αναπτυχθεί η φυσική και η λογική (λειτουργική) αρχιτεκτονική. Ενώ η λογική αρχιτεκτονική αποτελείται από διεργασίες και διασυνδέσεις ροών δεδομένων, η φυσική αρχιτεκτονική περιλαμβάνει φυσικά συστατικά (μέρη εξοπλισμού) και σχετικές ροές δεδομένων. Η αρχιτεκτονική ITS μπορεί να ανταποκριθεί στις δυνατότητές της μόνο όταν η λογική αρχιτεκτονική βασίζεται στις ανάγκες των χρηστών, στο όραμα και στις επιχειρησιακές αντιλήψεις. Ο

καθορισμός της φυσικής αρχιτεκτονικής συνδέεται στενά με το σχεδιασμό και την υλοποίηση στρατηγικών.

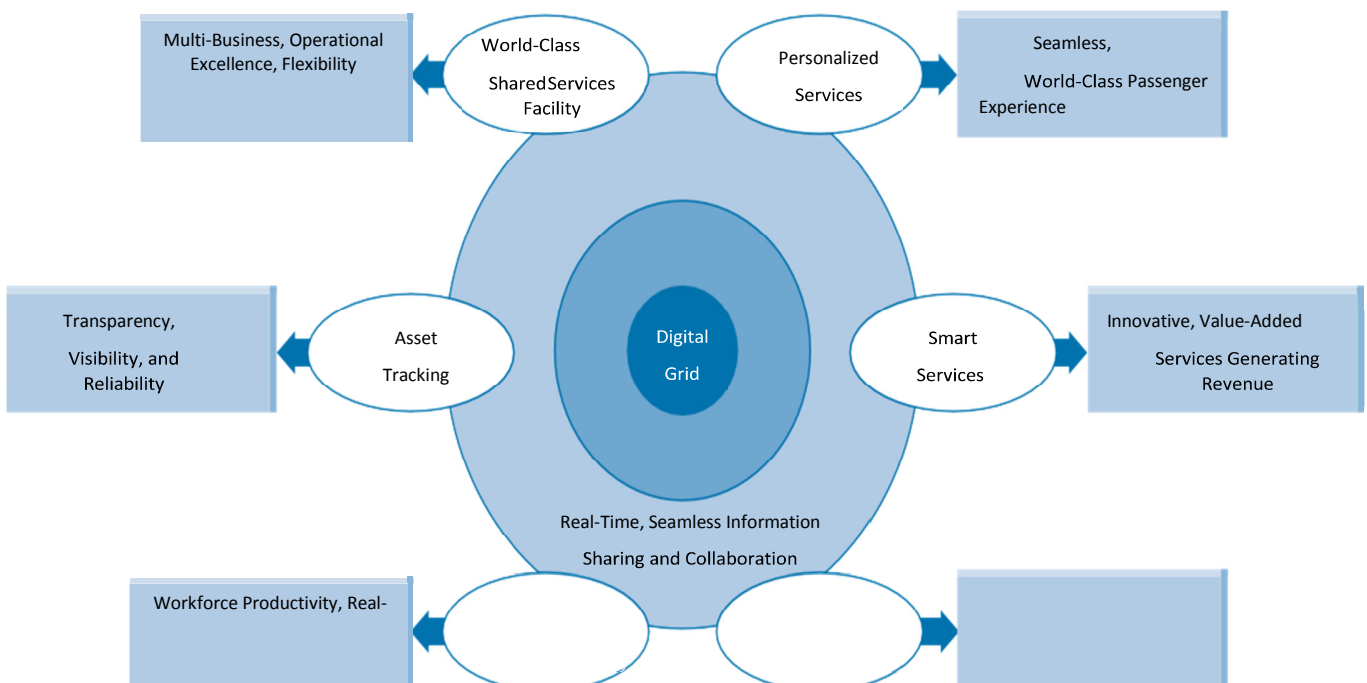
4.3 Ευφυή Συστήματα Μεταφοράς : Έξυπνα Αεροδρόμια

Οι λειτουργίες και τα επιχειρηματικά μοντέλα των αεροδρομίων εξελίχθηκαν δραματικά τις τελευταίες δύο δεκαετίες προς υποστήριξη της εκρηκτικής ανάπτυξης της παγκόσμιας αεροπορικής βιομηχανίας. Η ελευθέρωση των αγορών και οι μεταρρυθμίσεις που έλαβαν χώρα οδήγησαν σε μια νέα εποχή τον τομέα της αεροπορίας, στην Αμερική, την Ευρώπη, την Ασία, καθώς και στις αναδυόμενες χώρες παγκοσμίως. Το γεγονός αυτό είχε ως αποτέλεσμα τη δραματική αύξηση της κυκλοφορίας και την ποικιλία επιλογών για τους επιβάτες αεροπορικών εταιρειών. Καθώς οι αεροπορικές εταιρείες βελτίωναν τα μοντέλα λειτουργίας τους προς ευθυγράμμιση της ανάπτυξης με την αποδοτικότητα, οι αερολιμένες εξελίχθηκαν παράλληλα για να δημιουργήσουν τεράστια δίκτυα κόμβων και τροφοδοτικών συστημάτων, τα οποία από κοινού δημιούργησαν ένα αποτελεσματικό σύστημα αεροπορικών μεταφορών.

Οι αερολιμένες επικεντρώνονται στις ικανότητες που απαιτούνται για την ασφαλή και αποτελεσματική διαχείριση των προσγειώσεων, αναχωρήσεων και άλλων λειτουργιών των αεροσκαφών. Παρέχουν βασικές υπηρεσίες μεταφοράς επιβατών, όπως το check-in, η ασφάλεια, η παραλαβή αποσκευών και η διάθεση υπηρεσιών λιανικής, τροφίμων και ποτών. Οι αερολιμένες παρουσιάζουν εξαιρετικά εξελιγμένες επιχειρησιακές αποδόσεις, αλλά δεν δίνουν επαρκή προσοχή στην εμπειρία των επιβατών. Οι λειτουργίες, τα συστήματα και οι επιχειρηματικές μονάδες είναι πιθανό να είναι ιδιαίτερα χαλαρά, καθιστώντας δύσκολη τη συνεργασία διαφορετικών οντοτήτων μεταξύ των επιχειρηματικών ορίων. Παρόλο που υπάρχει πάντα ένα στρατηγικό σχέδιο για το αεροδρόμιο, οι επιχειρησιακές μονάδες και οι ενοικιαστές του αεροδρομίου δεν εφαρμόζουν τις κατάλληλες και πιο σύγχρονες τεχνολογίες, με μικρή δυνατότητα ανταλλαγής πληροφοριών και κεντρικής διαχείρισης, οδηγώντας στη μη βέλτιστη ολοκλήρωση συστημάτων (Pease, Rowe & Cooper, 2007).

Τα "έξυπνα αεροδρόμια" εκμεταλλεύονται πλήρως τη δύναμη των αναδυόμενων τεχνολογιών, με προηγμένες και εξελισσόμενες λειτουργίες ανίχνευσης αίσθησης και ανάλυσης. Τα συστήματα είναι χτισμένα γύρω από ένα "ψηφιακό δίκτυο": ένα μοναδικό, που συχνά είναι φορητό, το οποίο επιτρέπει ευρυζωνική κυκλοφορία μεγάλης ταχύτητας σε όλο το οικοσύστημα, συμπεριλαμβανομένου του αεροδρομίου, της πόλης των αεροδρομίων, των αεροπορικών εταιρειών, των λιμένων, και των συμβαλλόμενων μερών. Το ψηφιακό πλέγμα αποτελεί ουσιαστικά το νευρικό σύστημα του αεροδρομίου, εφόσον διαχειρίζεται κάθε σημείο αλληλεπίδρασης.

Μέσα από την ανταλλαγή πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο, τη στενή συνεργασία μεταξύ των τμημάτων και την ολοκλήρωση των διαδικασιών σε ολόκληρο το αεροδρόμιο, οι έξυπνοι αερολιμένες βελτιώνουν σημαντικά την αποτελεσματικότητα της λειτουργίας, τις παρεχόμενες υπηρεσίες προς τους επιβάτες και τις προηγμένες δυνατότητες ασφάλειας. Επίσης, προάγουν την εμπειρία των επιβατών σε νέα επίπεδα, προσφέροντας μια σειρά από εξατομικευμένες υπηρεσίες. Η ενοποίηση των διαδικασιών μεταξύ των αεροπορικών εταιρειών, των εμπόρων, των προμηθευτών καυσίμων, των εταιρειών τροφοδοσίας και άλλων εταίρων του συστήματος, δημιουργεί νέα πλεονεκτήματα σε ολόκληρο τον τομέα αερομεταφορών (Abeyrante, 2017)



Εικόνα 4.2 Ψηφιακό δίκτυο και η αλληλεπίδραση του με το αεροπορικό σύστημα.

Οι αερολιμενικές υπηρεσίες θα αλλάξουν καθώς τα αεροδρόμια εξελίσσονται σε "παρόχους εικονικών υπηρεσιών" (VSP) που προσφέρουν μια ολοκληρωμένη αξιόπιστη πρόταση για τα διαφορετικά τμήματα σε όλο το αεροδρόμιο, την πόλη των αεροδρομίων ή το σύμπλεγμα των αεροδρομίων. Στις υπηρεσίες θα περιλαμβάνονται παραδοσιακές οριζόντιες υπηρεσίες όπως οι τεχνολογίες πληροφοριών, οι ανθρωπίνοι πόροι και η διαχείριση των εγκαταστάσεων και μπορεί να επεκταθεί σε κάθετες υπηρεσίες που στοχεύουν σε συγκεκριμένους τομείς, όπως σε έξυπνες μεταφορές, στη διαχείριση της κυκλοφορίας. Αυτός ο εκσυγχρονισμός των αερολιμενικών υπηρεσιών θα δημιουργήσει νέες εισροές για τον φορέα εκμετάλλευσης του αερολιμένα και ο ρόλος της "καινοτομίας στις υπηρεσίες" θα καταστεί όλο και πιο κεντρικός για τις αερολιμενικές δραστηριότητες.

Ως παραδείγματα επέκτασης η Cisco IBSG (<https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/industries/transportation/airports.html>) έχει εντοπίσει πέντε κατηγορίες "έξυπνων υπηρεσιών" που τα αεροδρόμια μπορούν να

‘χτίσουν’ πάνω από μια συγκλίνουσα έξυπνη υποδομή αερολιμένων. Οι υπηρεσίες αυτές χρησιμοποιούν αναδυόμενες τεχνολογικές δυνατότητες και προηγμένες τεχνολογίες ιστού για τη βελτίωση της εμπειρίας των πελατών, τη δημιουργία νέων ροών εσόδων, και τη βελτίωση της ασφάλειας.

1. Έξυπνες υπηρεσίες μεταφορών και στάθμευσης

Οι ταξιδιωτικές υπηρεσίες σε πραγματικό χρόνο ενημερώνουν τους επιβάτες για οποιοσδήποτε ταξιδιωτικές δυσκολίες και προσφέρουν υπηρεσίες υψηλής ποιότητας, όπως η στάθμευση με κάλεσμα ή η αλλαγή της διαδρομής, σε περίπτωση που ο επιβάτης κινδυνεύει να καθυστερήσει. Οι ευφυείς υπηρεσίες μεταφορών, μπορούν να παρακολουθήσουν έναν ταξιδιώτη μέσω ενός smartphone με δυνατότητα GPS και να παρέχουν πληροφορίες ταξιδιού πριν την αναχώρηση, συμβουλές για τη διαδρομή βάσει των συνθηκών κυκλοφορίας και κατάσταση πτήσης.

2. Έξυπνες υπηρεσίες εμπορίου, φιλοξενίας και ψυχαγωγίας

Οι υπηρεσίες εμπορίου και φιλοξενίας για επιβάτες μπορούν να παρέχονται στο κινητό τηλέφωνο του επιβάτη με βάση τις πληροφορίες που έχουν συλλεχθεί για αυτόν. Παράλληλα, η έξυπνη διαφήμιση επιτρέπει την προβολή μηνυμάτων συγκεκριμένων προορισμών, ανάλογα με το στάδιο της κάθε πτήσης και την τοποθεσία εντός του αεροδρομίου. Οι ψηφιακές ταμπέλες μπορούν να εμφανίζουν διαφημίσεις για διάφορες τοπικές υπηρεσίες, καθώς και να χρησιμοποιηθούν για δοκιμές προϊόντων. Μπορούν επίσης να εμφανίζουν πληροφορίες ζωτικής σημασίας σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης, αναφορικά με την πτήση Τέλος, τα δωμάτια τηλεπικοινωνιών εντός του αεροδρομίου, προσφέρουν τη δυνατότητα τηλεδιασκέψεων, για την πραγματοποίηση επιχειρηματικών συναντήσεων «πρόσωπο με πρόσωπο» σε όλο τον κόσμο.

3. Έξυπνες υπηρεσίες στο χώρο εργασίας

Οι λύσεις τηλεματικής χρησιμοποιούν την αναγνώριση μέσω ραδιοσυχνοτήτων (RFID) για την παρακολούθηση του κινητού εξοπλισμού για τη βελτίωση της διαθεσιμότητας και της αξιοποίησης αυτού. Για παράδειγμα, ένας αερολιμένας μπορεί

να παρακολουθήσει αναπηρικές καρέκλες με RFID για να μειώσει την αναμονή των εισερχόμενων επιβατών που χρειάζονται μια αναπηρική πολυθρόνα. Παράλληλα, ένας εργαζόμενος και εξειδικευμένος ελεγκτής μπορεί να παραδώσει τις σωστές πληροφορίες, στο σωστό άτομο, την κατάλληλη στιγμή, επιτρέποντας στο προσωπικό να αντιμετωπίσει γρήγορα και αποτελεσματικά τα προβλήματα των αεροδρομίων που τυχόν επηρεάζουν τον επιβάτη.

4. Διαδικασίες Έξυπνου Αεροδρομίου

Οι υπηρεσίες που είναι βασισμένες στην τοποθεσία, χρησιμοποιούν πληροφορίες εισόδου και προορισμού των επιβατών, καθώς και πληροφορίες τοποθεσίας και τερματικών, ώστε να κατευθύνουν τους ανθρώπους μέσα στο αεροδρόμιο με εύκολο τρόπο, ελαχιστοποιώντας τις ουρές, και αυξάνοντας τις πωλήσεις. Η δυνατότητα αφίξεων χωρίς ουρές, επιτυγχάνεται μέσω της χρήσης από μέρους των επιβατών καρτών επιβίβασης με σήμανση RFID, ή κινητά τηλέφωνα με δυνατότητα έξυπνου κωδικού.

5. Υπηρεσίες Ηλεκτρονικού εμπορίου

Τα έξυπνα αεροδρόμια και οι πόλεις των αεροδρομίων έχουν την ευκαιρία να προσφέρουν μια ποικιλία υπηρεσιών στους εμπορικούς πελάτες αεροδρομίων-πόλεων. Σε αυτές περιλαμβάνεται η διαχείριση της κυκλοφορίας και των εγκαταστάσεων και οι υπηρεσίες ασφαλείας. Επιπλέον, στις πόλεις των αεροδρομίων που επικεντρώνονται στη διακίνηση εμπορευμάτων, υπάρχει η ευκαιρία να υλοποιηθούν οι υπηρεσίες με έξυπνες τεχνολογίες στην αλυσίδα εφοδιασμού και υπηρεσίες συντήρησης, επισκευής και επιθεώρησης (MRO).

Οι υπηρεσίες που σχετίζονται με τα κτίρια περιλαμβάνουν ψηφιακή σήμανση για διαφημίσεις, πληροφορίες έκτακτης ανάγκης, πληροφορίες 'για να βρискουν το δρόμο τους' οι επισκέπτες (way-finding information) και πληροφορίες πτήσης σε πραγματικό χρόνο. Παράλληλα, στις υπηρεσίες συγκαταλέγονται κεντρικά συστήματα αυτοματισμού κτιρίων, παρακολούθηση και βελτιστοποίηση των ενεργειακών συστημάτων, ώστε να

εξασφαλιστεί η δημιουργία μιας βιώσιμης πόλης αεροδρομίου, με ελαχιστοποίηση του 'αποτυπώματος άνθρακα'.

4.3.1 Εξοικονόμηση κόστους

Προς ορθή εκμετάλλευση των αερολιμένων, απαιτούνται βελτιωμένες διαδικασίες, μειωμένο κόστος και λιγότερες κυρώσεις. Η ιδιωτικοποίηση, ή η προετοιμασία για την ιδιωτικοποίηση συνέβαλε στην προώθηση της υιοθέτησης εμπορικών επιχειρηματικών πρακτικών, εξορθολογισμού του προσωπικού και προγραμμάτων απόδοσης κόστους. Ο ρόλος της ενσωμάτωσης έξυπνων τεχνολογιών είναι θεμελιώδους σημασίας για την επίτευξη της προσέγγισης αυτής, που θα οδηγήσει σε ψηφιοποίηση των πληροφοριών, την αυτοματοποίηση των διαδικασιών και την αύξηση της παραγωγικότητας.

Παραδείγματα εξοικονόμησης κόστους περιλαμβάνουν:

- Εδραίωση της υποδομής και μετάβαση σε μια κοινή πλατφόρμα: μείωση του κόστους διαχείρισης, συντήρησης, κατάρτισης και υποστήριξης
- IP τηλεφωνία: μείωση των χρεώσεων κλήσεων και κόστος κινήσεων, προσθηκών και αλλαγών (MAC).
- Συνήθης εξοπλισμός τερματικού χρήστη (CUTE) / έλεγχος αυτοεξυπηρέτησης: μείωση του αριθμού προσωπικού, αποτελεσματικότερη χρήση των πόρων και ενίσχυση της ροής επιβατών
- Πράσινη διαχείριση των έξυπνων τεχνολογιών και των κτιρίων: μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και του κόστους διαχείρισης αποβλήτων.
- Χρήση δεδομένων από την παγκόσμια βάση δεδομένων αεροδρομίου (AODB) για την προσθήκη ενός επιπέδου πληροφοριών σε συστήματα πληροφοριών επιβατών: Η σύνδεση των συστημάτων AODB με ψηφιακά μέσα απεικόνισης μπορεί να διασφαλίσει την εμφάνιση πληροφοριών στην κατάλληλη γλώσσα κάθε φορά. Παράλληλα, παρέχονται οι κατάλληλες πληροφορίες και εμφανίζονται στοχευμένες διαφήμισεις.

4.3.2 Τεχνολογίες των έξυπνων αεροδρομίων

Η έξυπνη τεχνολογία θεωρείται πρωταρχικό μέσο για καινοτόμες διαδικασίες στα αεροδρόμια και για τη βελτίωση της εμπειρίας των πελατών, την εξατομίκευση των

υπηρεσιών, τη στοχοθετημένη ροή πληροφοριών (στους κατάλληλους ανθρώπους την κατάλληλη στιγμή) και τις διαδραστικές υπηρεσίες μέσω της χρήσης φυσικών υποδομών πληροφορικής, όπως αισθητήρες, ασύρματη υποδομή και κινητές εφαρμογές. Σε επίπεδο τεχνολογίας, αυτό θα μπορούσε να σημαίνει αυτοματοποιημένες ειδοποιήσεις επιβατών ή ενημερώσεις που συνδέονται με δεδομένα εντός του συστήματος προβολής πληροφοριών πτήσης (FIDS), ώστε να επιτρέπεται στους επιβάτες να αλληλεπιδρούν με τους ταξιδιωτικούς φορείς σε κάθε στάδιο της πτήσης τους. Σε υψηλότερο επίπεδο, η κατεύθυνση αυτή υποδεικνύει την πλήρη εστίαση στην ολοκληρωμένη παροχή υπηρεσιών στους πελάτες, με τη συμμετοχή πολλών υπηρεσιών αλληλεπίδρασης. Κάθε δραστηριότητα που αυτοματοποιεί τη διαχείριση της επιχείρησης αερολιμένων σε σχέση με την επεξεργασία των επιβατών μπορεί να οριστεί ως 'έξυπνο' χαρακτηριστικό που υποστηρίζει τη διαδικασία λήψης αποφάσεων μέσω της παροχής και της λήψης δεδομένων, ή διευκολύνει τις αυτοματοποιημένες διαδικασίες που μειώνουν τις χειρωνακτικές ενέργειες και αποτρέπουν το ανθρώπινο σφάλμα (Abeyrante, 2017).

4.3.3 Τεχνολογίες για τη διαχείριση της κινητικότητας

Ραντάρ Επιφάνειας

Το κυριότερο εργαλείο παροχής πληροφορίας θέσης της κίνησης των αεροσκαφών και των οχημάτων εξυπηρέτησης σε όλη την περιοχή του αεροδρομίου, είναι τα ραντάρ επιφάνειας, στα οποία γίνεται χρήση διαφόρων τεχνικών και συχνοτήτων, καθεμία από τις οποίες διαθέτει τόσο πλεονεκτήματα όσο και προκλήσεις. Στα ραντάρ επιφάνειας των A-SMGCS χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο οι μπάντες Ku και X, μέσω των οποίων επιτυχαίνεται η ικανότητα αναγνώρισης και εντοπισμού τόσο συνεργαζόμενων, όσο μια μη συνεργαζόμενων στόχων. Στα μειονεκτήματα, ωστόσο, περιλαμβάνονται οι αντανακλάσεις, τα πολλαπλά μονοπάτια και η δημιουργία σκιών εξαιτίας των μηχανημάτων, κτιρίων, και άλλων αντικειμένων, τα οποία δημιουργούν αντανακλάσεις στην επιφάνεια του αεροδρομίου. Όπως είναι φυσικό, όταν ισχύει ένα από τα παραπάνω απαιτείται η χρήση αισθητήρα διαφορετικού τύπου, προς κάλυψη των κενών.

Σύμφωνα με την ερευνητική μελέτη του Brown (2002), αναφορικά με τον σχεδιασμό των A-SMGCS και των πιθανών προβλημάτων που συνδέονται με την εφαρμογή τους

παρόλο που συγκαταλέγεται στους βασικότερους αισθητήρες παρακολούθησης της επιφάνειας του αεροδρομίου, για την αποτύπωση μιας ολοκληρωμένης εικόνας, που θα επιτρέπει τον πλήρη έλεγχο της κίνησης της επιφάνειας, απαιτείται η λήψη δεδομένων που θα προκοπή από αισθητήρες πολλαπλών τύπων.

Συνολικά, μέσω της διαδικασία συγκέντρωσης και επεξεργασίας δεδομένων από πολλαπλούς αισθητήρες προσφέρεται η ευκαιρία πληρέστερης αναφοράς της θέσης των στόχων και αναλυτικότερες πληροφορίες για αυτόν. Πιο συγκεκριμένα, μέσω της παρούσας διαδικασίας, επιτυγχάνεται υψηλότερος βαθμός αξιοπιστίας, ως προς τον εντοπισμό, με αδιάλειπτη παρακολούθηση του στόχου και χωρίς κενά στην περιγραφή της κίνησης του. Παράλληλα, ένας δευτερεύων αισθητήρας, από πρακτικής άποψης είναι περισσότερο οικονομικός, συγκριτικά με τον κύριο αισθητήρα, για τον οποίο απαιτείται η συμπλήρωση κενών. Μια εναλλακτική λύση της παρακολούθησης της επιφάνειας του αερολιμένα, αποτελεί η χρήση ψηφιακών βιντεοκαμερών, η οποία περιγράφεται ακολούθως (Ouyang & Li, 2010).

Χρήση βιντεοκάμερας και επεξεργασίας εικόνας

Η χρήση καμερών προς διαχείριση της κινητικότητας στα αεροδρόμια δεν αποτελεί μια καινούργια ιδέα, καθώς είχε προταθεί από πολλούς (π.χ Besada et al. 2005. Molina et al. 2002) η ενσωμάτωση τους με σκοπό την επίβλεψη και αναγνώριση αεροσκαφών στο έδαφος. Ο τρόπος επίβλεψης που προτείνεται περιλαμβάνει ένα σύνολο καμερών καθώς και τη χρήση τεχνικών επεξεργασίας βίντεο (προβολή εμπροσθεν και όπισθεν τμηματοποίηση κινουμένων αντικείμενων και εντοπισμός πολλαπλών στόχων), Παράλληλα, προτείνεται η αναγνώριση του αεροπλάνου μέσω ενός αλγορίθμου, που θα στηρίζεται στην αναγνώριση του αριθμού της ουράς του αεροπλάνου. Μέσω αυτού επιτυγχάνεται η ανίχνευση και ο επαναπρογραμματισμός των εικόνων και εντοπίζεται ο αριθμός της ουράς με τη χρήση μεθοδολογίας σχεδιασμού αναγνώρισης χαρακτήρων στο νούμερο της ουράς, η ύπαρξη του οποίου ορίζεται από διεθνείς και εθνικούς κανονισμούς.

Το συγκεκριμένο σύστημα χρησιμοποιεί τεχνικές επεξεργασίας εικόνας και αναγνώρισης χαρακτήρων που αρχικά η εφαρμογή τους είχε πραγματοποιηθεί σε διαδικασίες παρακολούθηση της αστικής κίνησης. Η χρήση της νέας τεχνολογίας ανίχνευσης θέσης που αποσκοπούσε στην ελάττωση ή ακόμα και εξάλειψη των κενών σημείων του A-SMGCS, πραγματοποιήθηκε για πρώτη φορά στην διαχείριση εναέριας κυκλοφορίας . Η καινοτομία του εντοπίστηκε στη χρήση αλγορίθμου σύμπτυξης δεδομένων, και η λειτουργία του συστήματος ως συμπληρωματικού των A-SMGCS, έλαβε θετική αξιολόγηση, καθώς συμβάλει χωρίς μεγάλο οικονομικό κόστος τη βελτίωση της δυνατότητας εξυπηρέτησης μεγάλου φόρτου κυκλοφορίας στα αεροδρόμια, και στη διατήρηση της ασφάλειας στο έδαφος.

Σταδιακά, αναπτύχθηκε ειδικό λογισμικό ανίχνευσης και συγκέντρωσης δεδομένων, μορφοποίηση των παρατηρήσεων και μετάδοση των δεδομένων στο ASTERIX (All Purpose Structured Eurocontrol Surveillance Information Exchange), κατηγορίας 10. Παράλληλα για την αξιολόγηση του συστήματος αναπτύχθηκε ειδικό λογισμικό παραγωγής στατιστικής ανάλυσης και απόδοσης του συστήματος (Klein, Roeder & Maycroft, 2001).

Εντοπισμός και αναγνώριση μέσω βίντεο

Η δομή εντοπισμού μέσω βίντεο συγκροτείται από: αισθητήρες, συστήματα επικοινωνιών με αλληλεπίδραση ανάμεσα στις διαφορές μονάδες, καθώς και δυνατότητα επικοινωνίας ,μέσω τοπικού δικτύου με το Video Sensor Data Fusion (VSDF) server. Στη συγκεκριμένη περίπτωση οι αισθητήρες είναι έγχρωμες ψηφιακές κάμερες με ενσωματωμένο μηχανικό επεξεργαστή εικόνας και μέσω αυτών παρέχεται η δυνατότητα ψηφιακής έγχρωμης ανίχνευσης και μεγέθυνσης (Autoscope). Εδώ, πραγματοποιείται η σύνδεση των αισθητήρων με τον κεντρικό εξυπηρετητή ελέγχου της εφαρμογής, προσφέρουν τη δυνατότητα αποστολής και λήψης δεδομένων και εντολών ελέγχου από και προς τον κεντρικό εξυπηρετητή της εφαρμογής. Τα παρεχόμενα δεδομένα από το σύνολο των αισθητήρων συνδυάζονται προς την παραγωγή ενός πλήρους μοντέλου της κατάστασης της επιφάνειας του αερολιμένα σε πραγματικό χρόνο.

Κάθε αισθητήρας διαθέτει αυτονομία προσδιορισμού και επιχείρησης οπτικού εντοπισμού (Visual Detectors), μέσω της χρήσης ειδικού λογισμικού που χρησιμοποιείται στον κεντρικό εξυπηρετητή. Οι οπτικοί ανιχνευτές αφορούν παράθυρα που τοποθετούνται μέσα στην προοπτική της εικόνας της κάμερας, προς ανίχνευση κάθε κίνησης (στοιχείου) pixel, χρησιμοποιώντας αναγνώριση αντίθεσης σε συνδυασμό με τεχνικές μάθησης. Όσον αφορά τις κάμερες, είναι έγχρωμες, υψηλής ανάλυσης, αποσκοπώντας στην επίτευξη της όσο το δυνατόν καλύτερης ανίχνευσης σκοτεινών αντικειμένων. Δεδομένου ότι η πλειοψηφία των αεροδρομίων βρίσκεται σε λειτουργία σχεδόν όλο το 24ωρο, και άρα λειτουργεί και νυχτερινές ώρες που δεν υπάρχει το φυσικό φως του ήλιου, οι αισθητήρες έχουν θωρακιστεί με βελτιωμένη ανάλυση και καλύτερα χαρακτηριστικά όρασης νυκτός (Valle, 2001).

4.4 Έξυπνα αεροδρόμια: Μελλοντικές προοπτικές

Οι αερολιμένες βρίσκονται στο κατώφλι μιας τολμηρής νέας εποχής που προσφέρει πρωτοφανείς ευκαιρίες για μετασχηματισμό και ανάπτυξη. Τα τελευταία χρόνια, το αυξανόμενο κόστος και το πλεόνασμα της παραγωγής έχουν επηρεάσει τόσο τα κέρδη των αερομεταφορών όσο και την εμπειρία των επιβατών. Ταυτόχρονα, οι νέες εξελίξεις στην τεχνολογία των καταναλωτών γέμισαν τις προσδοκίες των επιβατών για απεριόριστη πρόσβαση σε πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο, όπως και για εξατομικευμένες υπηρεσίες. Συνεπώς, κρίνεται απαραίτητη η επένδυση στην ενσωμάτωση λειτουργιών και στην υποδομή πληροφοριών, με σκοπό την ολοκληρωμένη παροχή υπηρεσιών στους επιβάτες. Για να ξεκινήσει αυτή η διαδικασία, οι διαχειριστές των αερολιμένων πρέπει να αναπτύξουν νέες στρατηγικές στους ακόλουθους τομείς (Abeyrante, 2017):

1. Νέες αλυσίδες αξίας: Γίνεται λόγος για την επέκταση αλυσίδων αξίας, εξετάζοντας την εμπειρία των επιβατών σε ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο, που περιλαμβάνει το αεροδρόμιο, τις αεροπορικές εταιρείες, τους ενοικιαστές, τις κυβερνήσεις, τις επιχειρήσεις στην πόλη των αεροδρομίων και άλλους ενδιαφερόμενους.
2. Νέες υπηρεσίες: Κρίνεται απαραίτητος ο καθορισμός και η ανάπτυξη καινοτόμων υπηρεσιών, με βάση τα τμήματα πελατών, τις προτιμήσεις και την εμπειρία. Εδώ περιλαμβάνεται η δοκιμή ενός μοντέλου παροχής υπηρεσιών, αναφορικά με την υποδομή των αεροδρομίων και τις υπηρεσίες εφαρμογής.
3. Αρχιτεκτονική: Απαιτείται η εξερεύνηση των εννοιών και των δυνατοτήτων της αρχιτεκτονικής των αεροδρομίων, με σκοπό την ολοκληρωμένη εμπειρία των επιβατών.
4. Εστίαση στην εμπειρία των επιβατών: Αξιολόγηση της τρέχουσας εμπειρία των επισκεπτών και των επιβατών, προσδιορίζοντας τις κορυφαίες προτεραιότητες, με απώτερο σκοπό τη βελτίωση της.

5. Μοντέλο διακυβέρνησης: Δημιουργία ενός μοντέλου διακυβέρνησης για τη διαχείριση των καινοτόμων διαδικασιών σε ολόκληρο το αεροδρόμιο και την πόλη των αεροδρομίων. Αυτό θα οδηγήσει στην προσφορά σύγχρονων υπηρεσιών σε συνεχή βάση, για όλους τους ενδιαφερόμενους.

4.5 Έξυπνα δίκτυα ανά τον κόσμο

Αεροδρόμιο Gatwick.

Για την βελτίωση της φυσικής και ψηφιακής πορείας των επιβατών η Atkins, μια από τις μεγαλύτερες εταιρίες στην Αγγλία που ασχολείται με τον σχεδιασμό, τη μηχανική, τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό, την διαχείριση έργων και την συμβουλευτική, συμμετέχει στην δημιουργία 48 θέσεων αυτόματης πτώσης των αποσκευών και αναβάθμισης της ασφάλειας. Για να πραγματοποιηθεί αυτό έπρεπε να εξεταστεί η εργονομία της επαφής των επιβατών, η διάταξη για την υποστήριξη των διαδικασιών και την αποτελεσματική επικοινωνία.

Η αποφυγή των ουρών στους τερματικούς σταθμούς εξαλείφεται πλέον με την χρήση βιομετρικών δεδομένων. Η επεξεργασία και η διαχείριση των δεδομένων μας δίνουν την δυνατότητα να δημιουργήσουμε μια λίστα με ποιες είναι οι συνήθειες ή τι προτιμά κάποιος επιβάτης, καλύπτοντας έτσι τις ανάγκες του στην πορεία του ταξιδιού.

Ένα ακόμα σχέδιο είναι η ανάπτυξη του έξυπνου/χρυσού εισιτηρίου.

Σύμφωνα με αυτό, οι επιβάτες που το αγοράζουν από την άνεση του σπιτιού τους, καλύπτουν όλη την πορεία του ταξιδιού τους, από την μεταφορά τους προς το αεροδρόμιο μέχρι και τον τελικό προορισμό τους. Επιπλέον θα γνωρίζουν ήδη που θα μπορούν να αφήνουν τις αποσκευές τους και από που θα τις συλλέγουν.

Θα υπάρξει ως αποτέλεσμα η ευκολία κινήσεων, εφόσον οι επιβάτες θα ενημερώνονται με τον ακριβή χρόνο σε κάθε στάδιο και μειώνοντας την αντιμετώπιση της ασφάλειας με την χρήση διακριτικών συστημάτων

αναγνώρισης προσώπου και σάρωσης συσκευών αλλά και συστημάτων πρόβλεψης και διαχείρισης της ροής επιβατών . Η έξυπνη κινητικότητα περιλαμβάνει την συλλογή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο και αυτό δίνει την ευκαιρία να μπορέσει μια πτήση να καθυστερήσει σε περίπτωση που χρειάζεται, ώστε να γίνεται καλύτερη η μετακίνηση των μέσων μεταφοράς. Παράλληλα δίνεται και η δυνατότητα στους επιβάτες να μειώσουν την μετακίνηση τους με τα ιδιωτικά αυτοκίνητα τους.

Αεροδρόμιο στο Ντουμπάι

Το Ντουμπάι είναι μια σημαντική στάση του 21ου αιώνα λόγω μεταφοράς τεχνολογικών προϊόντων. Εκεί ήταν επίσης και το κέντρο δεδομένων της Huawei.

Με την ταχεία ανάπτυξη των επιχειρήσεων τα τελευταία χρόνια, τα κέντρα δεδομένων στους αερολιμένες του Ντουμπάι είχαν ένα υψηλό ποσοστό προμηθευτών που δεν μπορούσαν να διαχειριστούν και παράλληλα να ικανοποιήσουν τους επιβάτες τους. Για αυτό το λόγο χρειάστηκε ένα κέντρο δεδομένων σχεδιασμένο έτσι ώστε να είναι αξιόπιστο προς τους επιβάτες και να μπορεί να επεκταθεί ευκολά η χωρητικότητά του. Μετά από έρευνα επέλεξαν το κέντρο δεδομένων της Huawei.

FusionMule100B της Huawei ονομάστηκε η λύση που διαθέτει ένα μεγάλο φάσμα τεχνολογιών για την βελτίωση της απόδοσης των κέντρων δεδομένων.

Το αεροδρόμιο DXB στο Ντουμπάι έχει εξελιχθεί στο νούμερο ένα των παγκόσμιων αεροδρομίων αλλά και το μεγαλύτερο σημείο μεταφοράς Logistics. Εκτιμάται ότι τα επόμενα χρόνια η επιβατική κίνηση του αεροδρομίου θα αυξηθεί και για αυτό αναπτύχθηκε το πρόγραμμα DXB Plus όπου με την χρήση τεχνολογιών θα επεκτείνει την χωρητικότητά του διανομέα. Ο κεντρικός σκοπός του προγράμματος αυτού είναι η κάλυψη της ζήτησης των αεροπορικών εταιριών.

Επιπρόσθετα, υπάρχουν προσπάθειες για παροχή δωρεάν Wi-Fi, έξυπνων πυλών, αλλά και η χρήση βιομετρικού διαβατηρίου για την μείωση των ουρών κατά την διαδικασία επιβίβασης, ώστε να βελτιωθεί η εξυπηρέτηση των επιβατών.

Συνοψίζοντας, η βελτίωση αυτών των συστημάτων απαιτεί την ανάπτυξη της ΤΠΕ (Τεχνολογία πληροφορικής και επικοινωνιών), όπως με την χρήση του Big Data και του Cloud Computing, για την ανάπτυξη ενός έξυπνου αεροδρομίου όπου όλες οι επιχειρήσεις μπορούν να ψηφιοποιηθούν και να αναπτύξουν τις υπηρεσίες τους αλλά και ένας μεγάλος όγκος δεδομένων να έχει την δυνατότητα επεξεργασίας και αποθήκευσης. Με όλα αυτά τα επιτεύγματα τα αεροδρόμια του Ντουμπαϊ θα μπορούν να ικανοποιήσουν τους επιβάτες τους ακόμα και με υψηλή κινητικότητα και να αναδείξουν τις δυνατότητες ενός έξυπνου αεροδρομίου.

Ελευθέριος Βενιζέλος

Ένα ακόμα έργο που λαμβάνει χώρα στον τόπο μας είναι η αξιοποίηση της τεχνολογικής αιχμής για το Αεροδρόμιο Αθηνών. Από όταν πρωτοξεκίνησε την λειτουργία του είχε ως βασικό πυλώνα την δραστηριοποίηση του προς τον ψηφιακό κόσμο. Σήμερα κατανοώντας τις υψηλές απαιτήσεις των πελατών λόγω της ενσωμάτωσης νέων τεχνολογιών και τις γρήγορης πληροφόρησης, οδήγησαν το αεροδρόμιο στην ανάπτυξη μιας νέας τεχνολογίας που δίνει ευελιξία στο να δημιουργηθούν και να παρακολουθούνται οι υπηρεσίες ενώ ταυτόχρονα διαχωρίζονται και ασφαλίζονται οι πληροφορίες των επιβατών.

Το αεροδρόμιο Αθηνών δίνει την δυνατότητα στους επιβάτες του να έχουν ελεύθερη πρόσβαση στο διαδίκτυο, στους κοινόχρηστους χώρους και στις αίθουσες αναμονής, εξασφαλίζοντας μια αδιάκοπη επικοινωνία που τους επιτρέπει να παίρνουν άμεσα πληροφορίες σχετικά με την πτήση τους.

Επιπλέον εμπλουτίζουν τις υπηρεσίες φωνής μέσω της πλατφόρμας ενοποιημένης επικοινωνίας, παρουσιάζοντας σε όλο το χώρο του

αεροδρομίου λύσεις φωνής, βίντεο, άμεσων μηνμάτων και κοινής χρήσης περιεχομένου οθόνη με αρκετά υψηλή ποιότητα.

Με την χρήση των νέων τεχνολογιών , το κέντρο Επικοινωνίας μπορεί και εξυπηρετεί τους πελάτες με πολλές μορφές επικοινωνίας κάνοντας τους πιο εύκολη την εξυπηρέτησης τους. Αυτή μπορεί να υλοποιηθεί από τηλεφωνικές κλήσεις είτε από εφαρμογές δεδομένων μέσω web ή μέσω e-mail δίνοντας στους πελάτες την ευκαιρία επιλογής για την καλύτερη προς αυτούς εξυπηρέτηση.

Τέλος, το Αεροδρόμιο Αθηνών είναι το πρώτο που έχει ακολουθήσει την τεχνολογία RoIP για την επικοινωνία αέρος - εδάφους στην Ευρώπη. Είναι η μετάβαση της αναλογικής επικοινωνίας ραδιοσυχνοτήτων σε δίκτυο υποδομής, προσφέροντας μακρόχρονη αξιοπιστία και ικανοποίηση στους πελάτες του αεροδρομίου.

Σύνοψη

Στη συγκεκριμένη εργασία επιχειρήθηκε μια σαφής περιγραφή του θεωρητικού πλαισίου και ειδικότερα μια αναλυτική περιγραφή των έξυπνων δικτύων και ορισμένων αρχών που τα διέπουν και έγινε μια σαφής παράθεση ενός παραδείγματος εφαρμογής των έξυπνων δικτύων. Πιο αναλυτικά στο πρώτο κεφάλαιο έγινε μια περιγραφή του μοντέλου που αποκαλείται έξυπνο δίκτυο, όπου έγινε παράθεση της αρχιτεκτονικής τους και καταγράφηκαν ορισμένα πλεονεκτήματα αυτού. Εν συνεχεία, αναλύθηκε λεπτομερώς ένα εννοιολογικό μοντέλο έξυπνων δικτύων. Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφηκαν οι προσπάθειες στην Ευρώπη αλλά και στον ελλαδικό χώρο για την εφαρμογή των έξυπνων δικτύων. Στο αμέσως επόμενο κεφάλαιο έγινε λεπτομερής ανάλυση των μικροδικτύων και των οφελών που προσφέρουν όπως και πραγματοποιήθηκε σαφής περιγραφή των τρόπων λειτουργίας του. Ακόμα παρουσιάστηκαν ορισμένοι τρόπους εφαρμογής των μικροδικτύων όπως είναι για παράδειγμα τα συστήματα μετατροπής ηλιακής ενέργειας, αιολικής ενέργειας και συμπαραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας. Τέλος, έγινε παρουσίαση ενός παραδείγματος εφαρμογής των έξυπνων δικτύων, στο πλαίσιο των αεροδρομίων. Πιο συγκεκριμένα, περιγράφηκαν οι τρεις βασικοί τομείς στους οποίους απαιτείται η ενσωμάτωσή τους, και παρουσιάστηκαν τα διάφορα είδη ευφυών συστημάτων που ενισχύουν την ασφάλεια των αεροδρομίων. Παράλληλα, επετεύχθη μια αξιολόγηση αυτών, μέσω της ανάλυσης τόσο των ωφελειών, όσο και των μειονεκτημάτων τους.

Βιβλιογραφία

- ABB Inc. “*Microgrids: From data centers to developing countries, an enticing solution for self-sufficient power*”. 2012
- Abbott D., (2010). “Keeping the energy debate clean: How do we supply the world’s energy needs?” *Proc. IEEE*, 98,42–66,
- Abeyrante R. (2017) *Megatrends and Air Transport: Legal, Ethical and Economic Issues*
- Ali S., ed. “*Smart Grids. Opportunities, Developments, and Trends*”. Springer, 2013
- Amin S.M. & Wollenberg B.F.(2005), *Toward a smart grid: Power delivery for the 21st century*, *IEEE Power and Energy Magazine*, 5, 34-41
- Barfield, W. and Dingus, T.A. “*Human Factors in Intelligent Transportation Systems*”. Routledge, 1998.
- Bayindir R., Colak I., Fullic K. & Demirtas K. (2016)._Smart grid technologies and applications, *Renewable and sustainable energy reviews*, 66, 499-516
- Bayly, M. and Fildes, B. and Regan, M. and Young, K. (2007), *Review of crash effectiveness of Intelligent Transport Systems*
- Bichlien H. (2012). *Smart Grids*. Originally published on the IEEE Emerging Technology portal, 2006-2012
- Bishop, R. (2005). “*Intelligent Vehicle Technology And Trends*”, Artech House
- Borlase S., ed. (2013) “*Smart Grids: Infrastructure, Technology, and Solutions*”. CRC Press
- Chen C., Duan S., Cai T.& Liu G. (2011). Smart energy management system for optimal microgrid economic operation, *IET renewable power generation*, 5, 258-267
- De Brabandere K., Vanthournout K., Driesen J, Deconinck G & Belmans R., (2007) *Control of microgrids*, IEEE power engineering society general meeting
- Ekanayake J. B., Jenkins N., Liyanage K., Wu J., Yokoyama A. (2012), *Smart Grid: Technology and Applications*, Wiley

- Farhangi H., (2010) *The path of the smart grid*, IEEE Power and energy magazine.
- Fang et al. "Smart Grid – The New and Improved Power Grid: A Survey". In: *IEEE Communications Surveys & Tutorials* 14 (4) 2012
- Flick T. & Morehouse J. "Securing the Smart Grid: Next Generation PowerGrid Security". Syngress, 2010.
- Hatziaargyriou N., Asano H., Iravan R.& Marnay C., (2007) *Microgrids*, IEEE Power and energy magazine
- Hegy A., Girimonte D., & De Schutter R., (2006) *A comparison of filter configurations for freeway traffic state estimation*. Intelligent transportation system conference
- Hossain E. , Kabalci E. , Bayindir R. & Perez, (2014). Microgrid testbeds around the world : *State of art, 86*, 152-163
- ITS Handbook, 2002
- James A. Ketchledge. "Successful Smart Grid Implementation". PennWell, 2015.
- Kariniotakis et al., (2003). *Large scale integration of micro-generation to low voltage grids*.
- Kasal G.K & Singh B.,(2011) *Voltage and Frequency Controllers for an Asynchronous Generator-Based Isolated Wind Energy Conversion System*,IEEE Transactions on energy conversation
- Ketchledge J. (2015). *Successful smart grid implementation*.
- Klein K., Roeder M., Maycroft H. (2001). Current research projects on airport surface movement guidance and control systems, *Air and Space Europe*, 3, 271-274
- Lasseter R.A, (2002). *Microgrids*, Power engineer society winter meeting, IEEE
- Mah D. et al., eds. (2014). "Smart Grid Applications and Developments", Springer
- Mohamed N. & Hadim S.(2006). MiddlewareQ middleware challenges and approaches for wireless sensor networks, *IEEE distributed systems online*, 7, 1-10
- Ouyang J & Li X. (2010) Intelligent transportation system frame of airport rail information based on air-rail intermodalism
- Παπαγιαννούλης Ε. (2011), *Ευφυή συστήματα μεταφορών*

Pedrasa M.A & Spooner T., (2006). A survey of techniques used to control microgrid generation and storage during island operation,

Pepermans G., Driesen J., Haeseldonckx D., Belmans R. & D'haeseleer W., (2005). Distributed generation: definition, benefits and issues, *Energy Policy*, 33 (6) 787-798

Shafiee Q, Guerrero J.M. & Vasquez J.C, (2014). *Distributed Secondary Control for Islanded Microgrids—A Novel Approach*

Stephens J., Elizabeth C., Wilson J., & Peterson T. R.(2015). *“Smart Grid (R)Evolution.Electric Power Struggles”*. Cambridge University Press

U.S. Department Of Energy. *“The Smart Grid: An Introduction”*. 2008

Valle J. (2001) Development in surveillance of surface movements at airports, Technical review 61, STNA-Service Technique de la Navigation Aérienne.

Zhu Y.& Tomsovic K., (2002). Development of models for analyzing the load following performance of microturbines and fuel cells, *Electric power system research*, 62, 1-11.

Ηλεκτρονικές πηγές

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:52010DC0677:EN:HTML:NOT>,

http://ec.europa.eu/energy/efficiency/index_en.htm

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:52011PC0658:EN:NOT>,

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0657:FIN:EN:PDF>,

<http://sustainableenergylaw.blogspot.pt/2013/03/european-parliament-approves-eu-energy.html>,

http://ec.europa.eu/energy/gas_electricity/smartgrids/taskforce_en.htm,

<http://ec.europa.eu/energy/eepr/>

<https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/industries/transportation/airports.html>