

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΑ
ΣΧΟΛΗ : ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ : ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ : ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ



Έξυπνα Δίκτυα Ηλεκτρικής Ενέργειας (Smart Grids) και Σύγχρονες Τεχνολογίες Επικοινωνίας

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Νικόλαος Σουλτάνος

Επιβλέπων: Γρηγόριος Χονδροκούκης
Καθηγητής Πανεπιστημίου Πειραιά

Πειραιάς, 16/4/2018

Περίληψη

Ο σκοπός αυτής της διπλωματικής εργασίας, είναι η μελέτη και η ανάλυση των Έξυπνων Δικτύων Ηλεκτρικής Ενέργειας, αλλά και οι σύγχρονες τεχνολογίες επικοινωνίας, που αποτελούν βασικό άξονα για τη λειτουργία και τη διασύνδεσή τους.

Το Έξυπνο Δίκτυο, το οποίο στην Ελλάδα θα μας απασχολήσει στο άμεσο μέλλον, επικεντρώνεται στον εκσυγχρονισμό του υφιστάμενου ηλεκτρικού δικτύου, με ταυτόχρονη αναβάθμιση και στόχο τη μεγαλύτερη λειτουργική ευελιξία.

Σε συνδυασμό, με την αξιοποίηση των σύγχρονων τεχνολογιών επικοινωνίας, η εξέλιξη στη διαμόρφωση του ηλεκτρικού δικτύου βασισμένη στα έξυπνα χαρακτηριστικά, θα το καταστήσουν πιο αποδοτικό, διαχειρίσιμο, ελεγχόμενο και φιλικό προς το περιβάλλον.

Στο πρώτο κεφάλαιο της εργασίας, γίνεται μια εισαγωγή στα Έξυπνα Δίκτυα αναφέροντας τα βασικά χαρακτηριστικά και τους τεχνολογικούς άξονες.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, αναλύεται ο όρος Υπερ-δίκτυο και περιγράφεται ποια είναι η σημασία του για την Ευρώπη και τις άλλες Ηπείρους.

Στο τρίτο κεφάλαιο, γίνεται εκτενείς αναφορά στη Διεσπαρμένη Παραγωγή και τα Μικρο-δίκτυα, που μαζί με τις Α.Π.Ε. και τους έξυπνους μετρητές, κερδίζουν συνεχώς έδαφος στο ενεργειακό τοπίο.

Το τέταρτο κεφάλαιο, αφορά την επικοινωνία μεταξύ συσκευών (M2M) και τις διαφορές που έχει με την τηλεμετρία.

Το πέμπτο κεφάλαιο, αφιερώνεται στο Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) αλλά και σε μια νεοεμφανιζόμενη τεχνολογία, τη Narrow - Band IoT (NB - IoT) που ήδη εταιρείες τηλεπικοινωνιών στην Ελλάδα έχουν αρχίσει να εφαρμόζουν.

Στο έκτο κεφάλαιο, περιγράφονται όλες οι τεχνολογίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν και να αξιοποιηθούν στα Έξυπνα Δίκτυα.

Στο έβδομο κεφάλαιο, αναλύεται η πολύ ενδιαφέρουσα τεχνολογία PLC, η οποία θα μας απασχολήσει στο μέλλον.

Στο όγδοο κεφάλαιο, γίνεται αναφορά για τις τεχνολογικές εξελίξεις στις χώρες μέλη της Ε.Ε. αλλά και αυτές που αφορούν την Ελλάδα.

Το τελευταίο κεφάλαιο, αφιερώνεται στα συμπεράσματα που προέκυψαν από τη διπλωματική εργασία.

Abstract

The purpose of this diploma thesis, is to study and analyze Smart Power Grids as well as modern communication technologies, which are a key axis for their operation and interconnection.

Smart Grid, which will be of interest to us in Greece in the near future, focuses on the modernization of the existing power grid, with simultaneous upgrading and aiming at greater operational flexibility.

Combined with the use of modern communications technologies, the development of smart power grid based on smart features will make it more efficient, manageable, controlled and environmentally friendly.

In the first chapter of the thesis, is made an introduction to Smart Grids, indicating the main features and the technological axes.

In the second chapter, the term Hyper-Grid is analyzed and its significance is described for Europe and the other Continents.

In the third chapter, there is an extensive reference to Distributed Generation and Micro-Grids, which together with RES and smart meters, are constantly gaining ground in the energy landscape.

The fourth chapter, concerns device communication (M2M) and its differences with telemetry.

The fifth chapter, is dedicated to the Internet of Things (IoT) as well as to emerging technology, Narrow - Band IoT (NB - IoT) already established by telecommunication companies in Greece.

The sixth chapter, describes all the technologies that can be used and exploited in Smart Grids.

In the seventh chapter, we analyze the very interesting PLC technology, which will be of interest to us in the future.

In the eighth chapter, is made reference to technological developments in the EU member states but also those concerning Greece.

The final chapter, is dedicated to the conclusions that emerged from the dissertation.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κύριο Γρηγόριο Χονδροκούκη, Καθηγητή και Αντιπρύτανη του Πανεπιστημίου Πειραιά, για την πολύτιμη βοήθειά του στην εκπόνηση αυτής της διπλωματικής εργασίας. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα την οικογένειά μου, για τη στήριξη και τη συμπαράστασή τους κατά τη διάρκεια της φοίτησής μου.

Περιεχόμενα

Περίληψη	2
Abstract	3
Ευχαριστίες.....	4
Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή στα Έξυπνα Δίκτυα - Smart Grids.....	6
1.1 Ευκαιρίες και ανάγκες για μετάβαση.....	8
1.2 Βασικά χαρακτηριστικά ενός Έξυπνου Δικτύου.....	9
1.3 Τεχνολογικοί άξονες του Έξυπνου Δικτύου.....	15
Κεφάλαιο 2. Η προοπτική του Ευρωπαϊκού υπερ-δικτύου (Supergrid)..	17
2.1 Το Ασιατικό υπερ-δίκτυο.....	20
2.2 Το υπερ-δίκτυο των Η.Π.Α.....	21
Κεφάλαιο 3. Διεσπαρμένη παραγωγή (Distributed generation) και μικρο-δίκτυα (microgrids).....	23
3.1 Με βασικό άξονα τη δύναμη των Α.Π.Ε.....	26
3.2 Μικρο-δίκτυα (Microgrids).....	42
3.2.1 Πλεονεκτήματα, προκλήσεις και έλεγχος των μικρο- δικτύων.....	43
3.3 Έξυπνοι μετρητές (Smart meters).....	46
Κεφάλαιο 4. Επικοινωνία μεταξύ συσκευών (M2M Communication)...	52
4.1 Συγκριτική αναφορά τηλεμετρίας και M2M επικοινωνίας.....	55
4.2 Εφαρμογές των επικοινωνιών M2M.....	56
Κεφάλαιο 5. Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet of Things - IoT) και Narrow - Band IoT (NB - IoT).....	61
5.1 Narrow - Band IoT (NB - IoT).....	66
Κεφάλαιο 6. Τεχνολογίες επικοινωνίας στα Έξυπνα Δίκτυα.....	69
6.1 Αρχιτεκτονική του δικτύου επικοινωνιών	73
6.2 Εφαρμόσιμες τεχνολογίες στα έξυπνα δίκτυα.....	76
6.2.1 Ασύρματες Τεχνολογίες (Wireless Technologies).....	76
6.2.2 Ενσύρματες Τεχνολογίες (Wired Technologies).....	80
Κεφάλαιο 7. Επικοινωνία μέσω γραμμής ρεύματος - Power Line Communication (PLC).....	83
7.1 Ευρυζωνική σύνδεση μέσω γραμμών ρεύματος (Broadband over Power Lines).....	87
Κεφάλαιο 8. Οι εξελίξεις στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης και στην Ελλάδα.....	89
Κεφάλαιο 9. Συμπέρασμα διπλωματικής εργασίας.....	90
Γλωσσάρι.....	91
Βιβλιογραφία.....	94

1. Εισαγωγή στα Έξυπνα Δίκτυα - Smart Grids

Ο γενικός ορισμός που δίνεται για το Έξυπνο Δίκτυο, είναι η έννοια του εκσυγχρονισμού του υφιστάμενου ηλεκτρικού δικτύου.

Το Έξυπνο Δίκτυο, περιλαμβάνει όλα όσα σχετίζονται με το ηλεκτρικό σύστημα μεταξύ οποιουδήποτε σημείου παραγωγής και οποιουδήποτε σημείου κατανάλωσης. Μέσω της προσθήκης τεχνολογιών έξυπνων δικτύων, το δίκτυο γίνεται πιο ευέλικτο, διαδραστικό και είναι σε θέση να παρέχει ανατροφοδότηση σε πραγματικό χρόνο.

Ένα Έξυπνο Δίκτυο, είναι ένα ηλεκτρικό δίκτυο που περιλαμβάνει μια ποικιλία επιχειρησιακών και ενεργειακών μέτρων, συμπεριλαμβανομένων των έξυπνων μετρητών, των έξυπνων συσκευών, των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και των ενεργειακά αποδοτικών πόρων.

Η ηλεκτρονική ρύθμιση της ισχύος και ο έλεγχος της παραγωγής και της διανομής ηλεκτρικής ενέργειας αποτελούν σημαντικές πτυχές του Έξυπνου Δικτύου.

Η ανάπτυξη τεχνολογίας Έξυπνων Δικτύων συνεπάγεται επίσης μια θεμελιώδη αναδιάρθρωση της βιομηχανίας υπηρεσιών ηλεκτρισμού, αν και η τυπική χρήση του όρου επικεντρώνεται στην τεχνική υποδομή.

Πρόκειται για ένα δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας που μπορεί να ενσωματώσει έξυπνα τις ενέργειες όλων των συνδεδεμένων χρηστών - γεννητριών, καταναλωτών και εκείνων που κάνουν και τα δύο - προκειμένου να παράσχουν αποτελεσματικά βιώσιμο, οικονομικό και ασφαλές ηλεκτρικό δίκτυο.

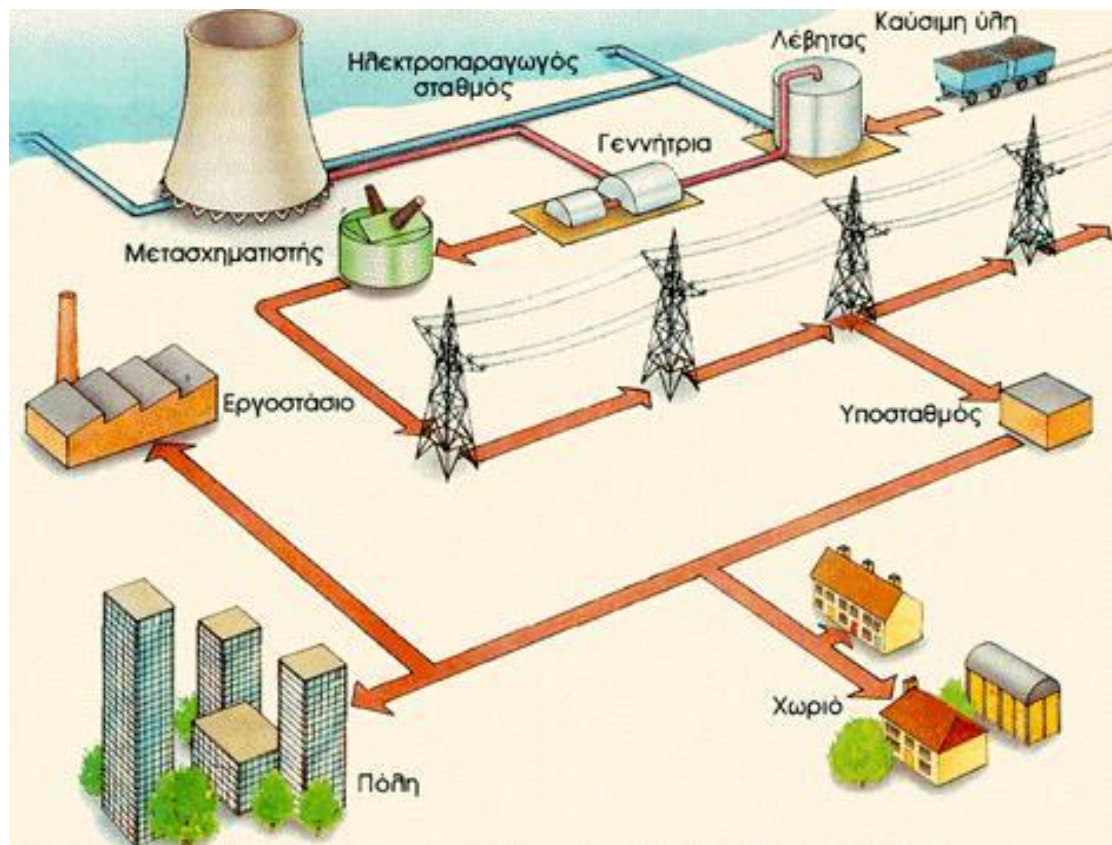
Ένα Έξυπνο Δίκτυο χρησιμοποιεί καινοτόμα προϊόντα και υπηρεσίες μαζί με έξυπνες τεχνολογίες παρακολούθησης, ελέγχου, επικοινωνίας και αυτο-θεραπείας για:

- να διευκολύνουν τη σύνδεση και τη λειτουργία των γεννητριών όλων των μεγεθών και τεχνολογιών
- να επιτρέψουν στους καταναλωτές να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στη βελτιστοποίηση της λειτουργίας του συστήματος
- να παρέχουν στους καταναλωτές μεγαλύτερη πληροφόρηση και επιλογή του εφοδιασμού
- να μειώσει σημαντικά τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις ολόκληρου του συστήματος παροχής ηλεκτρικής ενέργειας παρέχουν αυξημένα επίπεδα αξιοπιστίας και ασφάλειας της προσφοράς.

Σε όλο τον κόσμο, το σύστημα παροχής ηλεκτρικής ενέργειας παλαιώνει και δημιουργεί προβλήματα.

Επιπλέον, η αύξηση του πληθυσμού σε ορισμένες περιοχές έχει προκαλέσει υπερβολική χρήση και ευθραυστότητα ολόκληρου του συστήματος μεταφοράς.

Ταυτόχρονα, έχουν προστεθεί περισσότερες ηλεκτρονικές συσκευές στα σπίτια, όπως υπολογιστές, τηλεοράσεις υψηλής ευκρίνειας, φούρνους μικροκυμάτων, ασύρματα τηλέφωνα και ακόμη και ηλεκτρονικά χειριστήρια ψυγείων, φούρνων και πλυντηρίων πιάτων.



Εικόνα 1.1 Παράδειγμα υφιστάμενου ηλεκτρικού δικτύου

Αυτές οι νέες συσκευές είναι πιο ευαίσθητες στις διακυμάνσεις της ηλεκτρικής τάσης από τις παλιές συσκευές, τους κινητήρες και τους λαμπτήρες πυρακτώσεως.

Ολόκληρο το ηλεκτρικό δίκτυο γίνεται όλο και πιο εύθραυστο, ενώ ταυτόχρονα οι συσκευές γίνονται πιο ευαίσθητες στις ηλεκτρικές διακυμάνσεις.

Με λίγα λόγια, η αξιοπιστία της ηλεκτρικής ενέργειας θα μειωθεί αν δεν παρθούν μετρά άμεσα.

Η προσθήκη νέων γραμμών μεταφοράς θα βοηθήσει τα βοηθητικά προγράμματα να πάρουν περισσότερη ενέργεια από τις μονάδες παραγωγής ενέργειας στα σπίτια.

Ωστόσο, πολλές κοινότητες δεν θέλουν νέες γραμμές ηλεκτρικής ενέργειας στις περιοχές τους.

Επιπλέον, η προσθήκη νέας χωρητικότητας, αν και απαιτείται, δεν θα αυξήσει την αξιοπιστία όλων των παλαιών ηλεκτρικών συσκευών που φθάνουν στο τέλος της ωφέλιμης ζωής τους.

Αυτό που χρειάζεται είναι μια νέα προσέγγιση που αυξάνει σημαντικά την αποδοτικότητα ολόκληρου του ηλεκτρικού συστήματος παροχής.

Η προσέγγιση αυτή όχι μόνο θα αυξήσει την αξιοπιστία, αλλά θα μειώσει επίσης την ενέργεια στη διαδικασία παράδοσης και, συνεπώς, θα μειώσει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου.

Αυτή η νέα προσέγγιση καλείται Έξυπνο δίκτυο (Smart Grid).

1.1 Ευκαιρίες και ανάγκες για μετάβαση

Από τις αρχές του 21ου αιώνα, είναι εμφανείς οι ευκαιρίες αξιοποίησης των βελτιώσεων στην τεχνολογία ηλεκτρονικών επικοινωνιών για την επίλυση των περιορισμών και του κόστους ενός ηλεκτρικού δικτύου.

Οι τεχνολογικοί περιορισμοί στη μέτρηση δεν πρέπει πλέον να υπολογίζονται κατά μέσο όρο τις τιμές αιχμής ισχύος και να μεταβιβάζονται εξίσου σε όλους τους καταναλωτές.

Παράλληλα, οι αυξανόμενες ανησυχίες σχετικά με τις περιβαλλοντικές ζημιές από σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής με ορυκτά καύσιμα οδήγησαν στην επιθυμία χρήσης μεγάλων ποσοτήτων ανανεώσιμης ενέργειας.

Οι κυρίαρχες μορφές, όπως η αιολική ενέργεια και η ηλιακή ενέργεια, είναι πολύ μεταβλητές και έτσι έγινε εμφανής η ανάγκη για πιο εξελιγμένα συστήματα ελέγχου, για να διευκολυνθεί η σύνδεση των πηγών με το άλλως εξαιρετικά ελεγχόμενο δίκτυο.

Η ισχύς από τα φωτοβολταϊκά στοιχεία (και σε μικρότερο βαθμό από τις ανεμογεννήτριες) έχει επίσης θέσει σε σοβαρό κίνδυνο την επιτακτική ανάγκη για μεγάλους κεντρικούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής.

Το ραγδαία μειούμενο κόστος δείχνει μια σημαντική αλλαγή από την τοπολογία του κεντρικού δικτύου σε ένα πολύ καταναλωμένο, με την παραγωγή και την κατανάλωση ενέργειας να γίνεται ακριβώς στα όρια του δικτύου.

Επίσης, η αυξανόμενη ανησυχία σχετικά με την τρομοκρατική επίθεση σε ορισμένες χώρες οδήγησε σε έκκληση για ένα πιο ισχυρό ενεργειακό δίκτυο που εξαρτάται λιγότερο από τους κεντρικούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής που θεωρούνταν δυνητικοί στόχοι επίθεσης.

Η βασική ιδέα του έξυπνου δικτύου είναι να προσθέσει δυνατότητες παρακολούθησης, ανάλυσης, ελέγχου και επικοινωνίας στο εθνικό ηλεκτρικό σύστημα παράδοσης ώστε να μεγιστοποιηθεί η απόδοση του συστήματος μειώνοντας ταυτόχρονα την κατανάλωση ενέργειας.

Το Έξυπνο Δίκτυο θα επιτρέψει στις επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας να μεταφέρουν ηλεκτρική ενέργεια γύρω από το σύστημα όσο το δυνατόν πιο αποδοτικά και οικονομικά.

Θα επιτρέψει επίσης στον ιδιοκτήτη σπιτιού και τις επιχειρήσεις να χρησιμοποιούν ηλεκτρική ενέργεια όσο το δυνατόν πιο οικονομικά.

Παράλληλα, βασίζεται σε πολλές από τις τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται ήδη από τις επιχειρήσεις ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά προσθέτει δυνατότητες επικοινωνίας και ελέγχου που θα βελτιστοποιήσουν τη λειτουργία ολόκληρου του ηλεκτρικού δικτύου.

Επίσης, είναι μελετημένο για να επωφεληθεί από τις νέες τεχνολογίες, όπως plug-in υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα, διάφορες μορφές καταναλωμένης παραγωγής, ηλιακή ενέργεια, έξυπνη μέτρηση, συστήματα διαχείρισης φωτισμού και αυτοματοποίηση διανομής.

1.2 Βασικά χαρακτηριστικά ενός Έξυπνου Δικτύου

Το Έξυπνο Δίκτυο αντιπροσωπεύει την πλήρη δέσμη τρεχουσών και προτεινόμενων απαντήσεων στις προκλήσεις του εφοδιασμού με ηλεκτρισμό.

Λόγω του πολυποίκιλου φάσματος παραγόντων, υπάρχουν πολυάριθμες ανταγωνιστικές ταξινομίες με συνέπεια να μην υπάρχει συμφωνία για καθολικό ορισμό.

Παρακάτω, παρατίθεται μια κατηγοριοποίηση με βάση τα κύρια χαρακτηριστικά.

Αξιοπιστία

Το έξυπνο δίκτυο χρησιμοποιεί τεχνολογίες όπως η εκτίμηση της κατάστασης, που βελτιώνουν την ανίχνευση σφαλμάτων και επιτρέπουν την αυτοθεραπεία του δικτύου χωρίς την παρέμβαση των τεχνικών. Αυτό θα εξασφαλίσει πιο αξιόπιστη παροχή ηλεκτρικής ενέργειας και θα μειώσει την ευπάθεια σε φυσικές καταστροφές ή επίθεση.

Παρόλο που πολλές διαδρομές προσφέρονται ως χαρακτηριστικό γνώρισμα του έξυπνου δικτύου, το παλιό πλέγμα περιείχε επίσης πολλαπλές διαδρομές.

Οι αρχικές γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικού ρεύματος στο δίκτυο κατασκευάστηκαν χρησιμοποιώντας ένα ακτινωτό μοντέλο, ενώ η συνδεσιμότητα αργότερα εξασφαλίστηκε μέσω πολλαπλών διαδρομών, που αναφέρονται ως δομή δικτύου.

Αυτό όμως δημιούργησε ένα νέο πρόβλημα: αν η τρέχουσα ροή ή τα συναφή εφέ σε όλο το δίκτυο υπερβαίνουν τα όρια ενός συγκεκριμένου στοιχείου δικτύου, θα μπορούσε να αποτύχει και το ρεύμα θα μεταφερθεί σε άλλα στοιχεία δικτύου, τα οποία ενδεχομένως αποτυγχάνουν επίσης, φαινόμενο ντόμινο.

Μια τεχνική για την αποτροπή αυτού του προβλήματος είναι η απόρριψη του φορτίου με κυλιόμενη διακοπή ρεύματος ή μείωση της τάσης.

Ευελξία στην τοπολογία του δικτύου

Η υποδομή μετάδοσης και διανομής επόμενης γενιάς, θα είναι σε θέση να χειρίζεται καλύτερα πιθανές ροές ενέργειας διπλής κατεύθυνσης, επιτρέποντας την κατανομημένη παραγωγή όπως από φωτοβολταϊκά πάνελ στις στέγες των κτιρίων, αλλά και τη χρήση κυψελών καυσίμου, τη φόρτιση από / προς τις μπαταρίες ηλεκτρικών αυτοκινήτων, στροβίλων, αντλούμενη υδροηλεκτρική ενέργεια και άλλες πηγές.

Τα κλασσικά δίκτυα σχεδιάστηκαν για την απλή ροή ηλεκτρικού ρεύματος, αλλά εάν ένα τοπικό υποσύστημα παράγει περισσότερη ενέργεια από ό, τι καταναλώνει, η αντίστροφη ροή μπορεί να προκαλέσει ζητήματα ασφάλειας και αξιοπιστίας.

Ένα έξυπνο δίκτυο στοχεύει στη διαχείριση αυτών των καταστάσεων.

Αποδοτικότητα

Πολυάριθμες συμβολές στη συνολική βελτίωση της αποτελεσματικότητας της ενεργειακής υποδομής, αναμένονται από την ανάπτυξη της τεχνολογίας έξυπνων δικτύων, ιδίως με τη διαχείριση της ζήτησης, όπως για παράδειγμα η απενεργοποίηση των κλιματιστικών κατά τη βραχυπρόθεσμη αύξηση της τιμής της ηλεκτρικής ενέργειας, η μείωση της τάσης όταν είναι δυνατόν (VVO), μειώνοντας σημαντικά τα κόστη μεταφοράς για ανάγνωση μετρητών με βελτιωμένη διαχείριση διακοπών χρησιμοποιώντας δεδομένα από τα συστήματα προηγμένης μετρητικής υποδομής. Το συνολικό αποτέλεσμα είναι η μείωση των πλεονασμάτων στις γραμμές μεταφοράς και διανομής και η μεγαλύτερη χρήση των γεννητριών, πράγμα που οδηγεί σε χαμηλότερες τιμές ενέργειας.

Ρύθμιση φορτίου / εξισορρόπηση φορτίου

Το συνολικό φορτίο που συνδέεται με το ηλεκτρικό δίκτυο μπορεί να διαφέρει σημαντικά με την πάροδο του χρόνου.

Παρόλο που το συνολικό φορτίο είναι το άθροισμα πολλών ατομικών επιλογών των πελατών, δεν είναι σταθερό, είναι αργό και μεταβαλλόμενο και παρατηρείται αύξηση του, εάν ένα δημοφιλές τηλεοπτικό πρόγραμμα ξεκινήσει και εκατομμύρια τηλεοράσεις τραβήξουν το ρεύμα άμεσα.

Παραδοσιακά, για να ανταποκριθούμε σε μια ταχεία αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας, ταχύτερα από τον χρόνο εκκίνησης μιας μεγάλης γεννήτριας, ορισμένες εφεδρικές γεννήτριες τίθενται σε κατάσταση αναμονής.

Ένα έξυπνο δίκτυο μπορεί να προειδοποιήσει όλες τις μεμονωμένες συσκευές τηλεόρασης ή έναν άλλο μεγαλύτερο πελάτη να μειώσει προσωρινά το φορτίο (για να δοθεί χρόνος για την εκκίνηση μιας μεγαλύτερης γεννήτριας) ή συνεχώς (σε περίπτωση περιορισμένων πόρων).

Χρησιμοποιώντας αλγορίθμους μαθηματικών προβλέψεων, είναι δυνατόν να προβλέψουμε πόσες γεννήτριες αναμονής πρέπει να χρησιμοποιηθούν, για να φτάσουμε σε κάποιο βαθμό αποτυχίας.

Στο παραδοσιακό δίκτυο, το ποσοστό αποτυχίας μπορεί να μειωθεί μόνο με το κόστος περισσότερων γεννητριών αναμονής.

Σε ένα έξυπνο δίκτυο, η μείωση του φορτίου, ακόμη και από ένα μικρό μέρος των πελατών, μπορεί να εξαλείψει το πρόβλημα.

Περικοπή των αιχμών και τιμολόγηση χρόνου χρήσης

Για να μειωθεί η ζήτηση κατά τη διάρκεια των υψηλότερων περιόδων χρήσης, οι επικοινωνίες και οι τεχνολογίες μέτρησης ενημερώνουν τις έξυπνες συσκευές στο σπίτι και τις επιχειρήσεις όταν η ζήτηση ενέργειας είναι υψηλή και παρακολουθεί πόση ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιείται, όταν συμβαίνει αυτό.

Στις επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας, παρέχει επίσης τη δυνατότητα να μειώσουν την κατανάλωση, επικοινωνώντας απευθείας με τις συσκευές, προκειμένου να αποφευχθεί η υπερφόρτωση του συστήματος.

Ένα απλό παράδειγμα, είναι όταν ένα βοηθητικό πρόγραμμα θα μείωνε τη χρήση μιας ομάδας ηλεκτρικών σταθμών φόρτισης οχημάτων ή την αλλαγή θέσης θερμοκρασίας των κλιματιστικών σε μια πόλη.

Για να δοθούν κίνητρα ώστε να περιοριστεί η χρήση τους και να εκτελεστεί αυτό που ονομάζεται μέγιστη περικοπή, οι τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας αυξάνονται κατά τη διάρκεια των υψηλών περιόδων ζήτησης και μειώνονται κατά τη διάρκεια των περιόδων χαμηλής ζήτησης.

Θεωρείται πιθανό, πως οι καταναλωτές και οι επιχειρήσεις θα τείνουν να ξοδεύουν λιγότερα χρήματα κατά τη διάρκεια περιόδων υψηλής ζήτησης, εάν φυσικά μπορούν να γνωρίζουν το υψηλό τίμημα για τη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας σε περιόδους αιχμής.

Αυτό θα μπορούσε να σημαίνει την πραγματοποίηση αντισταθμίσεων, όπως η λειτουργία των κλιματιστικών ή η λειτουργία πλυντηρίων πιάτων στις 9 μ.μ. αντί στις 5 μ.μ.

Όταν οι επιχειρήσεις και οι καταναλωτές βλέπουν ένα άμεσο οικονομικό όφελος από τη χρήση ενέργειας σε περιόδους εκτός αιχμής, η θεωρία είναι ότι το ενεργειακό κόστος που θα εξοικονομήσουν, θα το αξιοποιήσουν σε υποδομές ώστε να καταστούν πιο ενεργειακά αποδοτικοί.

Αειφορία

Η βελτιωμένη ευελιξία του έξυπνου δικτύου επιτρέπει μεγαλύτερη διείσδυση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως η ηλιακή και η αιολική ενέργεια, ακόμη και χωρίς αποθήκευση.

Η τρέχουσα υποδομή δικτύου δεν έχει κατασκευαστεί για να επιτρέπει πολλά κατανεμημένα σημεία τροφοδοσίας και τυπικά, ακόμη και αν επιτρέπεται κάποια τροφοδοσία στο τοπικό επίπεδο (διανομή), η υποδομή σε επίπεδο μεταδόσεως δεν μπορεί να την εξυπηρετήσει.

Οι διακυμάνσεις της κατανεμημένης παραγωγής, όπως για παράδειγμα λόγω του έντονου καιρού, παρουσιάζουν σημαντικές προκλήσεις για τους μηχανικούς ενέργειας που πρέπει να εξασφαλίσουν σταθερά επίπεδα ισχύος μέσω της διαφοροποίησης της παραγωγής των πιο ελεγχόμενων γεννητριών, όπως των αεριοστροβίλων και των υδροηλεκτρικών γεννητριών.

Η τεχνολογία του έξυπνου δικτύου, είναι απαραίτητη προϋπόθεση για την εισαγωγή πολύ μεγάλων ποσοτήτων ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας στο δίκτυο.

Ενεργοποίηση της αγοράς

Το έξυπνο δίκτυο επιτρέπει τη συστηματική επικοινωνία μεταξύ των προμηθευτών και των καταναλωτών, επιτρέποντας τόσο στους προμηθευτές όσο και στους καταναλωτές να είναι πιο ευέλικτοι και εξελιγμένοι στις επιχειρησιακές τους στρατηγικές.

Μόνο τα κρίσιμα φορτία θα πρέπει να πληρώσουν τις μέγιστες τιμές ενέργειας και οι καταναλωτές θα είναι σε θέση να είναι πιο στρατηγικοί όταν χρησιμοποιούν την ενέργεια.

Οι γεννήτριες με μεγαλύτερη ευελιξία θα είναι σε θέση να πωλούν ενέργεια στρατηγικά για μέγιστο κέρδος, ενώ οι μη ευέλικτες γεννήτριες, όπως ατμοστροβίλοι βάσης και ανεμογεννήτριες, θα λαμβάνουν διαφορετικό τιμολόγιο με βάση το επίπεδο ζήτησης και την κατάσταση των άλλων γεννητριών που λειτουργούν.

Το συνολικό αποτέλεσμα είναι ένα σήμα που αποδίδει την ενεργειακή απόδοση και την κατανάλωση ενέργειας που είναι ευαίσθητη στα χρονικά μεταβαλλόμενα όρια της προσφοράς.

Σε οικιακό επίπεδο, οι συσκευές με ένα βαθμό αποθήκευσης ενέργειας ή θερμικής μάζας (όπως ψυγεία, συλλέκτες και αντλίες θερμότητας) θα είναι σε θέση να είναι ευέλικτοι στην αγορά και να επιδιώξουν να ελαχιστοποιήσουν το ενεργειακό κόστος προσαρμόζοντας τη ζήτηση στο χαμηλότερο κόστος. Πρόκειται για μια επέκταση της προαναφερόμενης διπλής τιμολόγησης της ενέργειας.

Υποστήριξη της ζήτησης

Η υποστήριξη της ζήτησης επιτρέπει στους παραγωγούς και τα φορτία να αλληλεπιδρούν με αυτοματοποιημένο τρόπο σε πραγματικό χρόνο, συντονίζοντας τη ζήτηση για να μην υπάρχουν αιχμές.

Η εξάλειψη του κλάσματος της ζήτησης που εμφανίζεται σε αυτές τις αιχμές, εξαλείφει το κόστος προσθήκης εφεδρικών γεννητριών, μειώνει τη φθορά και παρατείνει τη διάρκεια ζωής του εξοπλισμού επιτρέποντας στους χρήστες να μειώνουν τους λογαριασμούς ενέργειας.

Επί του παρόντος, τα συστήματα του ηλεκτρικού δικτύου έχουν διαφορετικούς βαθμούς επικοινωνίας εντός των συστημάτων ελέγχου, όπως σε μονάδες παραγωγής, γραμμές μεταφοράς, υποσταθμούς και σημαντικούς χρήστες ενέργειας.

Γενικά, οι πληροφορίες από τους χρήστες και τα φορτία που ελέγχουν, επιστρέφουν πίσω στα βοηθητικά προγράμματα.

Οι επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας προσπαθούν να ανταποκριθούν στη ζήτηση και να επιτύχουν ή να αποτύχουν σε διάφορες καταστάσεις (προσωρινά προβλήματα, επαναλαμβανόμενες διακοπές ρεύματος, ανεξέλεγκτες διακοπές ρεύματος).

Το συνολικό ποσό ζήτησης ισχύος από τους χρήστες μπορεί να έχει μια πολύ ευρεία κατανομή πιθανότητας που απαιτεί εναλλακτικές μονάδες παραγωγής σε κατάσταση αναμονής για να ανταποκριθεί στην πολύ γρήγορη εναλλαγή χρήσης ενέργειας.

Η απόκριση ζήτησης μπορεί να παρέχεται από εμπορικά, οικιακά και βιομηχανικά φορτία.

Η καθυστέρηση της ροής δεδομένων αποτελεί βασική μέριμνα, με κάποιες πρώιμες αρχιτεκτονικές έξυπνων μετρητών που καθιστούν εφικτή την καθυστέρηση 24 ωρών στην παραλαβή των δεδομένων, αποτρέποντας κάθε πιθανό συμβάν είτε με την παροχή είτε με απαιτητικές συσκευές.

Πλατφόρμα για προηγμένες υπηρεσίες

Η χρήση ισχυρών αμφίδρομων επικοινωνιών, προηγμένων αισθητήρων και κατανεμημένης τεχνολογίας πληροφορικής, θα βελτιώσει την αποδοτικότητα, την αξιοπιστία και την ασφάλεια της παροχής ισχύος και της χρήσης.

Ανοίγει επίσης τις δυνατότητες, για εντελώς νέες υπηρεσίες ή βελτιώσεις σε υφιστάμενες υπηρεσίες, όπως παρακολούθηση πυρκαγιάς και συναγερμοί που μπορούν να σβήσουν την παροχή ρεύματος, να πραγματοποιήσουν τηλεφωνικές κλήσεις σε υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης κ.α.

Προοπτικές για τον έλεγχο και την μετάδοση της ισχύος

Η ποσότητα των δεδομένων που απαιτούνται για την παρακολούθηση και την αυτόματη αλλαγή των συσκευών είναι πολύ μικρή σε σύγκριση με εκείνη που ήδη φθάνει ακόμη και σε απομακρυσμένα σπίτια για υποστήριξη υπηρεσιών φωνής, ασφάλειας, διαδικτύου και τηλεόρασης.

Πολλές αναβαθμίσεις στο εύρος ζώνης του έξυπνου δικτύου, υπερεκτιμώνται για την υποστήριξη των υπηρεσιών προς τους καταναλωτές και επιδότηση των επικοινωνιών με υπηρεσίες που σχετίζονται με την ενέργεια ή επιδότηση των ενεργειακών υπηρεσιών, όπως υψηλότερα ποσοστά κατά τις ώρες αιχμής.

Ενώ τα πρότυπα ελέγχου ισχύος εναλλασσόμενου ρεύματος υποδεικνύουν ότι η δικτυακή πρίζα θα είναι το κύριο μέσο επικοινωνίας μεταξύ των έξυπνων δικτύων και των οικιακών συσκευών, τα δεδομένα ενδέχεται να μην φτάσουν στο σπίτι μέσω ευρυζωνικής σύνδεσης γραμμών ισχύος (BPL) αρχικά, αλλά μέσω σταθερού ασύρματου δικτύου.

Εν κατακλείδι, σε σχέση με το υπάρχον ηλεκτρικό δίκτυο, το έξυπνο δίκτυο θα είναι:

Σοφό – ικανό να αντιλαμβάνεται υπερφορτώσεις και να είναι σε θέση να διαφοροποιεί την συνδεσιμότητα για ομαλοποίηση της ροής ηλεκτρικής ενέργειας και αποφυγή διακοπών, να λειτουργεί αυτόνομα όταν οι συνθήκες αναζητούν πιο γρήγορη λειτουργία από αυτή που θα μπορούσε να προσφέρει ο ανθρώπινος νους, με στόχο να συντονίσει τις ανάγκες των προμηθευτών, καταναλωτών και ρυθμιστών.

Αποδοτικό – ικανό να ικανοποιεί αυξημένες ανάγκες ζήτησης χωρίς να προσθέτει εξοπλισμό και επέκταση δικτύου.

Προσαρμοστικό – αποδεχόμενο ενέργεια από όλες τις πηγές ενέργειας στην ουσία συμπεριλαμβανομένου τον ήλιο και τον αέρα με την ίδια ευκολία και διαφάνεια όπως και το κάρβουνο και το φυσικό αέριο, ικανό για να εντάσσει οποιεσδήποτε και καλύτερες ιδέες και τεχνολογίες όπως αυτές των συστημάτων αποθήκευσης, όποτε αυτές αποδεικνύονται ως διαθέσιμες στην αγορά και είναι έτοιμες για σύνδεση.

Ελκυστικό – επιτρέποντας επικοινωνία σε πραγματικό χρόνο μεταξύ των καταναλωτών και των προμηθευτών έτσι που οι καταναλωτές να προσαρμόσουν την κατανάλωση τους στις δικές τους επιλογές, όπως ανησυχίες κόστους και επίδραση στο περιβάλλον.

Διορατικό – δημιουργώντας δυνατότητες και ανάπτυξη της δυναμικής της αγοράς μέσω της ικανότητας του να αξιοποιεί πρωτοποριακές τεχνολογίες διαλειτουργικότητας όπου και όποτε αυτές προσφέρονται.

Εστιασμένο στην ποιότητα – με ικανότητα να προμηθεύει την αναγκαία ενεργειακή ποιότητα, ελεύθερη από βυθίσεις, υπερτάσεις, διακυμάνσεις και διακοπές, προς ικανοποίηση των συνεχώς αυξανόμενων αναγκών μας σε ηλεκτρική ενέργεια για εξυπηρέτηση της ψηφιακής οικονομίας με τα αναγκαία κέντρα πληροφοριών, ηλεκτρονικών υπολογιστών και ηλεκτρονικών ισχύος στη βάση των οποίων λειτουργούν.

Ανθεκτικό – με αυξημένες αντοχές σε επεμβάσεις και φυσικές καταστροφές όσο γίνεται πιο αποκεντρωμένο και ενισχυμένο με τα πρωτόκολλα ασφαλείας των έξυπνων δικτύων.

Πράσινο - αφού αποδεδειγμένα επιβραδύνει την κλιματική αλλαγή και προσφέρει μια πραγματική εναλλακτική πορεία για σημαντική περιβαλλοντική διόρθωση.

Όλα τα πιο πάνω προσφέρουν οφέλη κατά συγκεκριμένο τρόπο τόσο στους χρήστες ηλεκτρικής ενέργειας αλλά και σε όλους τους υπόλοιπους συμμετέχοντες στην αγορά ηλεκτρισμού: παραγωγούς, ιδιοκτήτες συστημάτων αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας, Λειτουργούς Ηλεκτρικών Δικτύων, προμηθευτές ηλεκτρικής ενέργειας και εταιρείες που προσφέρουν υπηρεσίες σχετιζόμενες με τον ηλεκτρισμό.

Υπάρχον Δίκτυο	Έξυπνο Δίκτυο
Ηλεκτρομηχανολογικό	Ψηφιακό
Μονόπλευρη επικοινωνία	Αμφίπλευρη επικοινωνία
Κεντρική παραγωγή	Κατανεμημένη/διεσπαρμένη παραγωγή
Ελάχιστοι αισθητήρες	Καθολική χρήση αισθητήρων
Χειροκίνητη παρακολούθηση	Αυτοπαρακολούθηση
Χειροκίνητη αποκατάσταση	Αυτοθεραπεία
Βλάβες και διακοπές	Προσαρμοστικότητα και πρόβλεψη
Περιορισμένος έλεγχος	Καθολικός έλεγχος
Ελάχιστες επιλογές των πελατών	Πολλές επιλογές των πελατών

Πίνακας 1.1 Σύγκριση χαρακτηριστικών υπάρχοντος και έξυπνου δικτύου



Εικόνα 1.2 Όραμα ενός έξυπνου δικτύου

1.3 Τεχνολογικοί άξονες του Έξυπνου Δικτύου

Ο κύριος όγκος των τεχνολογιών έξυπνου δικτύου, χρησιμοποιείται ήδη σε άλλες εφαρμογές, όπως είναι η μεταποίηση και οι τηλεπικοινωνίες, και προσαρμόζονται για χρήση σε λειτουργίες δικτύου.

Ολοκληρωμένες επικοινωνίες:

Οι τομείς βελτίωσης περιλαμβάνουν: αυτοματοποίηση υποσταθμού, απόκριση ζήτησης, αυτοματοποίηση διανομής, εποπτικό έλεγχο και απόκτηση δεδομένων (SCADA), συστήματα διαχείρισης ενέργειας, ασύρματα δίκτυα και άλλες τεχνολογίες, τηλεπικοινωνιακές επικοινωνίες και οπτικές ίνες. Επίσης, θα επιτρέπουν τον έλεγχο σε πραγματικό χρόνο, την ανταλλαγή πληροφοριών και δεδομένων για τη βελτιστοποίηση της αξιοπιστίας του συστήματος, της αξιοποίησης του δυναμικού και της ασφάλειας.

Ανίχνευση και μέτρηση:

Οι βασικές ενέργειες, αξιολογούν τη συμφόρηση και τη σταθερότητα του δικτύου, την παρακολούθηση του εξοπλισμού για την υγεία, την πρόληψη της κλοπής ενέργειας και την υποστήριξη στρατηγικών ελέγχου.

Οι τεχνολογίες περιλαμβάνουν: προηγμένους μετρητές μικροεπεξεργαστών (έξυπνο μετρητή) και εξοπλισμό ανάγνωσης μετρητών, συστήματα ευρείας περιοχής παρακολούθησης, δυναμική βαθμολογία γραμμής (συνήθως βασίζονται σε διαγνώσεις σε απευθείας σύνδεση από κατανεμημένους αισθητήρες θερμοκρασίας σε συνδυασμό με συστήματα RTTR), μετρήσεις ηλεκτρομαγνητικής υπογραφής/ανάλυσης, το χρόνο χρήσης και τα εργαλεία τιμολόγησης σε πραγματικό χρόνο, τους προηγμένους διακόπτες και καλώδια, την τεχνολογία ραδιοσυχνοτήτων backscatter και τα ψηφιακά προστατευτικά ρελέ.

Έξυπνοι μετρητές:

Ένας έξυπνος μετρητής είναι μια ηλεκτρονική συσκευή που καταγράφει την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε χρονικά διαστήματα μιας ώρας ή λιγότερο και ανακοινώνει αυτές τις πληροφορίες καθημερινά μέσω βοηθητικού προγράμματος, για παρακολούθηση και τιμολόγηση.

Οι συγκεκριμένες συσκευές, θα αναλυθούν εκτενεστέρα σε επόμενο κεφάλαιο.

Μονάδες μέτρησης φασιθετών (Phasors):

Μια μονάδα μέτρησης φασιθέτη (PMU), είναι μια συσκευή που μετρά τα ηλεκτρικά κύματα σε ένα ηλεκτρικό δίκτυο χρησιμοποιώντας μια κοινή πηγή χρόνου για συγχρονισμό.

Ο συγχρονισμός του χρόνου, επιτρέπει συγχρονισμένες μετρήσεις σε πραγματικό χρόνο πολλαπλών απομακρυσμένων σημείων μέτρησης στο δίκτυο.

Η προκύπτουσα μέτρηση είναι γνωστή ως συγχροφασιθέτης.

Διακεκομμένος έλεγχος ροής ισχύος:

Οι συσκευές ελέγχου της ροής ισχύος, αγκαλιάζουν τις γραμμές μεταφοράς για να ελέγξουν τη ροή ισχύος.

Οι γραμμές μετάδοσης που ενεργοποιούνται με τέτοιες συσκευές, μπορούν να υποστηρίξουν μεγαλύτερη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, παρέχοντας σε πραγματικό χρόνο πιο συνεπή έλεγχο, σχετικά με τον τρόπο που εν λόγω ενέργεια κατευθύνεται στο δίκτυο.

Αυτή η τεχνολογία, επιτρέπει στο δίκτυο να αποθηκεύει αποτελεσματικότερα την ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές για μελλοντική χρήση.

Έξυπνη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με προηγμένα εξαρτήματα:

Η έξυπνη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, είναι μια ιδέα συνδυασμού της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με τη ζήτηση, χρησιμοποιώντας πολλαπλές πανομοιότυπες γεννήτριες οι οποίες μπορούν να ξεκινήσουν, να σταματήσουν και να λειτουργήσουν αποτελεσματικά με το επιλεγμένο φορτίο ανεξάρτητα από τις άλλες, καθιστώντας τις κατάλληλες για το βασικό φορτίο.

Η αντιστοίχιση της προσφοράς και της ζήτησης, που ονομάζεται εξισορρόπηση φορτίου, είναι απαραίτητη για τη σταθερή και αξιόπιστη παροχή ηλεκτρικής ενέργειας.

Οι βραχυπρόθεσμες αποκλίσεις στην ισορροπία, οδηγούν σε διακυμάνσεις της συχνότητας και η παρατεταμένη αναντιστοιχία έχει ως αποτέλεσμα την συρρίκνωση.

Οι φορείς εκμετάλλευσης συστημάτων μετάδοσης ισχύος, επιβαρύνονται με την εργασία εξισορρόπησης, συνδυάζοντας την ισχύ εξόδου όλων των γεννητριών με το φορτίο του ηλεκτρικού δικτύου τους.

Η προσπάθεια εξισορρόπησης φορτίου, έχει καταστεί πολύ πιο δύσκολη καθώς όλο και πιο μεταβλητές γεννήτριες όπως οι ανεμογεννήτριες και τα ηλιακά κύτταρα προστίθενται στο δίκτυο, αναγκάζοντας τους άλλους παραγωγούς να προσαρμόσουν την παραγωγή τους πολύ συχνότερα από ότι απαιτείτο στο παρελθόν.

Η αυτοματοποίηση του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας επιτρέπει την ταχεία διάγνωση και ακριβείς λύσεις σε συγκεκριμένες διαταραχές ή διακοπές δικτύου:

Αυτές οι τεχνολογίες στηρίζονται και συμβάλλουν σε κάθε έναν από τους τέσσερις βασικούς τομείς.

Οι τρεις τεχνολογικές κατηγορίες για προηγμένες μεθόδους ελέγχου είναι: καταναμημένοι ευφυείς αισθητήρες (συστήματα ελέγχου), αναλυτικά εργαλεία (αλγόριθμοι λογισμικού και υπολογιστές υψηλής ταχύτητας) και εφαρμογές (SCADA, αυτοματισμοί υποσταθμών, ανταπόκριση στη ζήτηση).

Το λογισμικό παρακολούθησης και ελέγχου σταθερότητας τάσης (VSMC), χρησιμοποιεί μια διαδοχική γραμμική μέθοδο προγραμματισμού, βασισμένη στην ευαισθησία για τον αξιόπιστο προσδιορισμό της βέλτιστης λύσης ελέγχου.

2. Η προοπτική του Ευρωπαϊκού υπερ-δικτύου (Supergrid)

Το υπερ-δίκτυο, είναι ένα ευρύ δίκτυο μεταφοράς, που καθιστά δυνατή την εμπορία μεγάλου όγκου ηλεκτρικής ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις.

Μερικές φορές αναφέρεται επίσης και ως μεγάλο δίκτυο.

Το ευρωπαϊκό υπερδίκτυο, είναι ένα μελλοντικός σχεδιασμός με σκοπό να διασυνδέσει όλες τις ευρωπαϊκές χώρες και τις περιφέρειες γύρω από τα σύνορα της Ευρώπης, συμπεριλαμβανομένης της Βόρειας Αφρικής, του Καζακστάν και της Τουρκίας, με ένα δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας υψηλής τάσης συνεχούς ρεύματος (HVDC).

Το υπερ-δίκτυο, είναι ανώτερο όχι μόνο επειδή είναι ένα μεγάλο δίκτυο από πολλές περιοχές, αλλά και επειδή είναι πολύ συντονισμένο από ένα μακροοικονομικό επίπεδο που καλύπτει τα έθνη και τις ηπείρους, σε όλη τη διαδρομή μέχρι τον προγραμματισμό χαμηλού επιπέδου προτεραιότητας φορτίων όπως οι θερμαντήρες νερού και ψύξη.

Στην ευρωπαϊκή πρόταση του υπερ-έξυπνου δικτύου και στην έννοια των ενοποιημένων έξυπνων δικτύων των Η.Π.Α., αυτά, διαθέτουν χαρακτηριστικά ευφυΐας στο επίπεδο μεταφοράς ευρείας περιοχής που ενσωματώνει τα τοπικά έξυπνα δίκτυα σε ένα ενιαίο τεράστιο υπερ-δίκτυο.

Αυτό το παράδειγμα, είναι παρόμοιο με την περίπτωση του διαδικτύου που συνδέει μαζί τα μικρά δίκτυα σε ένα ενιαίο μεγάλο δίκτυο.

Η μεταφορά σε μια ευρεία περιοχή μπορεί να θεωρηθεί ως οριζόντια επέκταση του έξυπνου δικτύου.

Η διάκριση μεταξύ μεταφοράς και διανομής δεν είναι ξεκάθαρη με την ολοκλήρωση καθώς η ροή ενέργειας γίνεται αμφίδρομη.

Για παράδειγμα, τα δίκτυα διανομής στις αγροτικές περιοχές ενδέχεται να παράγουν περισσότερη ενέργεια από ότι χρησιμοποιούν, μετατρέποντας το τοπικό έξυπνο δίκτυο σε εικονικό σταθμό ηλεκτροπαραγωγής ή σε μια πόλη που υπάρχουν πολλές ηλεκτρικές μηχανές, οι οποίες θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την αποκατάσταση των αιχμών στην μεταφορά με την ενσωμάτωσή τους στο έξυπνο δίκτυο.

Με βάση τις προβλέψεις, το ευρωπαϊκό υπερ-δίκτυο θα μπορεί:

- να μειώσει το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας σε όλες τις συμμετέχουσες χώρες, επιτρέποντας σε ολόκληρη την περιοχή να μοιράζεται τις αποδοτικότερες μονάδες παραγωγής ενέργειας.
- να ελέγχει την μεταβλητότητα του φορτίου και την αναξιπιστία του σταθμού ηλεκτροπαραγωγής, μειώνοντας τις περιπτώσεις ανεπαρκούς αποθέματος και αναμονής που πρέπει να παρέχονται.
- να επιτρέψει την ευρύτερη χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, ιδιαίτερα της αιολικής ενέργειας, ιδιαίτερα το καλοκαίρι στη Βόρεια Αφρική και το χειμώνα στην Ευρώπη.
- να επιτρέπουν ευρεία διάθεση του συνολικού ευρωπαϊκού πόρου υδροηλεκτρικής ενέργειας, η οποία είναι περίπου 6 εβδομάδες πλήρους φορτίου της ευρωπαϊκής παραγωγής.
- να μειώσει την Ευρωπαϊκή εξάρτηση από τα εισαγόμενα καύσιμα.

Προτεινόμενα σχήματα

Η πιο ολοκληρωμένη μελέτη, προέρχεται από την Γερμανία βασισμένη σε ένα τεράστιο δίκτυο που καλύπτει τη Βόρεια Αφρική, την Ανατολική Ευρώπη, τη Νορβηγία και την Ισλανδία.

Η συγκεκριμένη μελέτη, έτρεξε μερικά σενάρια για διάφορες πηγές όπως αιολική, ηλιακή, πυρηνική κλπ.

Και η βελτιστοποίηση, έδειξε ότι όλη η ευρωπαϊκή ισχύς θα μπορούσε να προέλθει σε μεγάλο βαθμό από την αιολική ενέργεια, με σχετικά μικρές ποσότητες μονάδων καύσης που χρειάζονται κατά τις περιόδους παγκόσμιου χαμηλού ανέμου.

Επιπλέον, η μελέτη έδειξε ότι δεν απαιτείται νέα αποθήκευση.

Παράλληλα, η υπάρχουσα υδροηλεκτρική ενέργεια είναι επαρκής.

Το συνολικό κόστος, συμπεριλαμβανομένων των νέων εγκαταστάσεων καύσης που τροφοδοτούνται με βιομάζα, το κόστος των διασυνδέσεων, της ανεπάρκειας της εκκίνησης και της διακοπής της εγκατάστασης καύσης, ανέφεραν ότι η τιμή ισχύος ήταν ίδια με εκείνη που πληρώνει η Γερμανία το 2005.

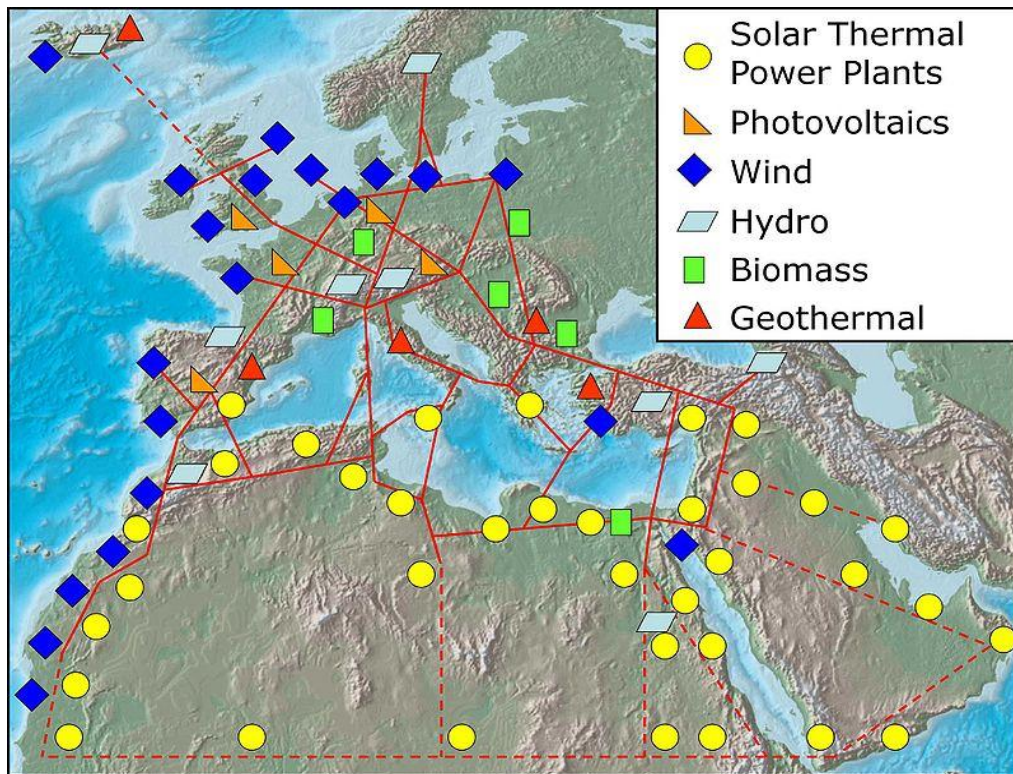
Έχουν προταθεί και ορισμένες ακόμα ειδικές μελέτες για την δημιουργία υπερ-δικτύων εντός της Ευρώπης.

Αυτές περιλαμβάνουν:

- Σχέδιο διασύνδεσης της αγοράς ενέργειας της Βαλτικής που περιλαμβάνει τη Δανία, την Εσθονία, τη Φινλανδία, τη Γερμανία, τη Λετονία, τη Λιθουανία, την Πολωνία
- Σχέδιο με την ονομασία Euroagrid, που προτάθηκε από την Euroagrid Limited για τη σύνδεση διαφόρων ευρωπαϊκών χωρών, συμπεριλαμβανομένου του Ηνωμένου Βασιλείου, της Ιρλανδίας, των Κάτω Χωρών, του Βελγίου, της Γερμανίας και της Νορβηγίας
- Το σχέδιο Offshore Grid της Βόρειας Θάλασσας, μια ενεργή πρόταση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, που προτάθηκε για πρώτη φορά τον Νοέμβριο του 2008 ως δομικό στοιχείο για ένα ευρωπαϊκό πανευρωπαϊκό δίκτυο υπεράκτιων δικτύων με τη Γερμανία, το Ηνωμένο Βασίλειο, τη Γαλλία, τη Δανία, τη Σουηδία, την Ιρλανδία και το Λουξεμβούργο
- Το σχέδιο Low Grid, που προτείνεται από τη Greenpeace για τη σύνδεση των χωρών της Κεντρικής Ευρώπης, ιδίως της Γερμανίας, των Κάτω Χωρών, του Βελγίου και της Γαλλίας
- Το σχέδιο High Grid, που επίσης προτείνεται από τη Greenpeace για τη σύνδεση της Ευρώπης και της Βόρειας Αφρικής, με έμφαση στην εγκατάσταση ηλιακής ενέργειας στη Νότια Ευρώπη
- Το σχέδιο με ονομασία ISLES, μια ενεργή πρόταση από τον Σεπτέμβριο του 2011, για τη σύνδεση της Σκωτίας, της Βόρειας Ιρλανδίας και της Ιρλανδίας με την παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές
- Σχέδιο για την προσέγγιση όλων των νησιών, με βάση τη συνεργασία μεταξύ των χωρών των Βρετανικών Νήσων
- Και τέλος, το EU PowerNet.
Το υπερ-δίκτυο αυτό, θα ανήκει σε συνεταιριστική εταιρεία και θα διοικείται με τη συμμετοχή των ευρωπαϊκών κρατών.
Η ιδέα αυτή, αναγνωρίζει την εθνική κυριαρχία αυτών των κρατών, ενώ παράλληλα πραγματοποιεί άμεσες διασυνδέσεις μεταξύ όλων των δικτύων αντί μόνο μεταξύ γειτόνων.

Άλλα, σχετικά συνδυαστικά σχέδια είναι τα παρακάτω:

- DESERTEC, μια ιδέα που βασίζεται στην ιδέα της κατασκευής σταθμών συγκέντρωσης ηλιακής ενέργειας (CSP) στη Βόρεια Αφρική και τη Μέση Ανατολή και εξάγει στην Ευρώπη με γραμμές HVDC.
- Medgrid, ένα σχέδιο που σχεδιάζεται στη Βόρεια Αφρική και στοχεύει στην προώθηση και ανάπτυξη ενός ευρωμεσογειακού δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας που θα παρέχει στην Βόρεια Αφρική και στην Ευρώπη φθηνή ανανεώσιμη ηλεκτρική ενέργεια, κυρίως ηλιακή. Ο στόχος είναι να εγκατασταθεί δυναμικό παραγωγής 20GW, με 5GW να αφιερωθεί στις εξαγωγές προς την Ευρώπη



Εικόνα 2.1 Ένα σχέδιο ενός υπερ-δικτύου που συνδέει τις Α.Π.Ε. σε όλη τη Βόρεια Αφρική, τη Μέση Ανατολή και την Ευρώπη

Τεχνολογική κατεύθυνση

Τα σχέδια υπερ-δικτύων ευρείας περιοχής, συνήθως απαιτούν μαζική μετάδοση χρησιμοποιώντας γραμμές συνεχούς ρεύματος υψηλής τάσης.

Η Ευρωπαϊκή πρόταση βασίζεται στο HVDC, ενώ στις ΗΠΑ, οι βασικοί φορείς λήψης αποφάσεων τάσσονται υπέρ ενός εθνικού ηλεκτρικού δικτύου μεγάλων αποστάσεων.

Αν και το εναλλασσόμενο ρεύμα (FACTS) έχει μειονεκτήματα για μεγάλες αποστάσεις, η εταιρεία ενέργειας American Electric Power έχει υπερασπιστεί ένα υπερ-πλέγμα 765 kV που αποκαλούν I-765 που θα παράσχει 400 GW πρόσθετης μεταφορικής ικανότητας που απαιτούνται για την παραγωγή 20% της αμερικανικής ενέργειας από αιολικά πάρκα.

Οι υποστηρικτές του HVAC, επισημαίνουν ότι τα συστήματα αυτά είναι προσανατολισμένα για μαζική μεταφορά και οι πολλαπλές συνδέσεις απαιτούν ακριβό πολύπλοκο εξοπλισμό επικοινωνίας και ελέγχου, σε αντίθεση με τους απλούς μετασχηματιστές που απαιτούνται για την χρήση γραμμών AC.

Επί του παρόντος, υπάρχει μόνο ένα σύστημα μεταφοράς πολλαπλών αποστάσεων HVDC.

Στο μέλλον, η απώλεια της τάσης των τρεχουσών μεθόδων, θα μπορούσε να αποφευχθεί χρησιμοποιώντας την πειραματική υπεραγωγική τεχνολογία των έξυπνων δικτύων, όπου το καλώδιο μετάδοσης ψύχεται από έναν αγωγό υγρού υδρογόνου, ο οποίος χρησιμοποιείται επίσης για την ροή ενέργειας σε εθνικό επίπεδο.

Επίσης, οι απώλειες ενέργειας για τη δημιουργία, τη συγκράτηση και την εκ νέου ψύξη υγρού υδρογόνου, θα πρέπει να ληφθούν σοβαρά υπόψη.

Για τον συντονισμό και ο έλεγχο του δικτύου, θα χρησιμοποιηθούν τεχνολογίες έξυπνων δικτύων, όπως μονάδες μέτρησης φάσεων, για την ταχεία ανίχνευση ανισορροπιών στο δίκτυο που προκαλούνται από μεταβαλλόμενες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και ενδεχομένως άμεση αντίδραση με προγραμματισμένα συστήματα αυτόματης προστασίας για την ανακατεύθυνση, μείωση του φορτίου ή μείωση της παραγωγής ως λύση στις διαταραχές δικτύου.

2.1 Το Ασιατικό υπερ-δίκτυο

Το ασιατικό υπερ-δίκτυο, είναι ένα έργο για τη δημιουργία ενός δικτύου μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, το οποίο θα συνδέει την Κίνα, τη Νότια Κορέα, τη Ρωσία και την Ιαπωνία.

Η βασική ιδέα του δικτύου αυτού, είναι να αξιοποιήσει την αιολική ενέργεια και την ηλιακή ενέργεια που διατίθεται στην περιοχή της έρημο Gobi της Κίνας, που υπολογίζεται ότι ισοδυναμεί με χιλιάδες πυρηνικούς αντιδραστήρες.

Πρόκειται για ένα ευρέως διασυνδεδεμένο έξυπνο δίκτυο που χρησιμοποιεί τα δίκτυα UHV, με μια πλατφόρμα υποδομής στην οποία μπορεί να αναπτυχθεί, να μεταδοθεί και να χρησιμοποιηθεί καθαρή ενέργεια παγκοσμίως.

Εννέα περιφερειακά διασυνδεδεμένα δίκτυα λειτουργούν ήδη εντός της Κίνας, οπότε έχει ήδη αποδειχθεί η τεχνική σκοπιμότητα της μετάδοσης ηλεκτρικής ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις με υψηλές τάσεις.

Θα μεταφέρει ηλεκτρική ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές από περιοχές όλου του κόσμου, που θα είναι σε θέση να τις παράγουν, σε καταναλωτές σε άλλα μέρη του κόσμου.

Η ανάπτυξη του δικτύου υψηλής τάσης, έχει σκοπό την λειτουργεί με περισσότερα από 1.000 KV AC και 800 KV DC σε χιλιάδες χιλιόμετρα.

Προβλέπει διασυνδεδετικά δίκτυα μεταξύ περιοχών, εθνών και ηπείρων με μεταφορά άνω των 10 GW.

Η απόφαση της Κίνας για μετάδοση UHV, βασίζεται στο γεγονός ότι οι ενεργειακοί πόροι είναι πολύ μακριά από τα κέντρα φορτίου.

Η πλειονότητα των υδροηλεκτρικών πόρων είναι στα δυτικά και ο άνθρακας βρίσκεται στα βορειοδυτικά, αλλά τα τεράστια φορτία βρίσκονται στα ανατολικά και τα νότια.

Για να μειωθούν οι απώλειες μετάδοσης σε ένα διαχειρίσιμο επίπεδο, η μεταφορά μέσω UHV είναι μια λογική επιλογή.

Όπως έχει δηλώσει η κρατική εταιρεία τηλεπικοινωνιών, η Κίνα θα επενδύσει περίπου 88 δισεκατομμύρια δολάρια στην ανάπτυξη του UHV μέχρι το 2020.

Η υλοποίηση του δικτύου UHV επιτρέπει την κατασκευή νεότερων, καθαρότερων και αποδοτικότερων εγκαταστάσεων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μακριά από τα κέντρα πληθυσμού.

Οι παλαιότεροι σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής κατά μήκος της ακτής θα αποσυρθούν. Αυτό θα μειώσει τη συνολική τρέχουσα ποσότητα ρύπανσης, καθώς και τη ρύπανση που αισθάνονται οι πολίτες στις αστικές κατοικίες.

Η χρήση μεγάλων κεντρικών σταθμών ηλεκτροπαραγωγής που παρέχουν ηλεκτρική θέρμανση είναι επίσης λιγότερο ρυπογόνος από τους μεμονωμένους λέβητες που χρησιμοποιούνται για χειμερινή θέρμανση σε πολλά νοικοκυριά στον βορρά.

Το δίκτυο UHV θα ενισχύσει το σχέδιο ηλεκτροδότησης και απαλλαγής της Κίνας από τον άνθρακα και θα επιτρέψει την ενσωμάτωση της ανανεώσιμης ενέργειας με την κατάργηση του σημείου συμφόρησης που περιορίζει σήμερα τις επεκτάσεις της χωρητικότητας παραγωγής αιολικής και ηλιακής ενέργειας, αναπτύσσοντας περαιτέρω την αγορά ηλεκτρικών οχημάτων μακράς εμβέλειας.

Η Ιαπωνία από την άλλη πλευρά, έχει τις δικές της τεχνικές προκλήσεις.

Το ήμισυ του έθνους λειτουργεί σε εναλλασσόμενο ρεύμα 50 Hz, ενώ το άλλο μισό χρησιμοποιεί 60 Hz .

Ο διαχωρισμός καθιστά σχεδόν αδύνατη τη διασύνδεση των εγκαταστάσεων παραγωγής σε κάθε τμήμα.

2.2 Το υπερ-δίκτυο των Η.Π.Α.

Το ενοποιημένο εθνικό έξυπνο δίκτυο καθώς και το ενοποιημένο δίκτυο ηλιακής ενέργειας, αποτελούν πρόταση για ένα δίκτυο ευρύ δίκτυο στις Η.Π.Α. που είναι ένα εθνικό διασυνδεδεμένο δίκτυο που βασίζεται σε μια υποδομή γραμμών μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας υψηλής δυναμικότητας, που συνδέουν όλα τα τοπικά ηλεκτρικά δίκτυα του έθνους τα όποια έχουν αναβαθμιστεί σε έξυπνα δίκτυα.

Η μεταφορά μεγάλου όγκου, όπως γίνεται με την γραμμή συνεχούς ρεύματος 800 KV υψηλής τάσης, θα καλύπτει τη χώρα που παρέχει συνδέσεις με τις τοπικές ηλεκτρικές επιχειρήσεις και εγκαταστάσεις μαζικής παραγωγής ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις.

Η εθνική αξονική ενοποίηση, θα ήταν έξυπνη με τρόπο παρόμοιο με αυτόν των τοπικών έξυπνων δικτύων.

Καθώς τα τοπικά δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας αναβαθμίζονται σε έξυπνα δίκτυα, οι αλληλεπιδράσεις με την εθνική ενοποίηση μπορούν να γίνουν πιο συντονισμένες.

Η πρόταση ενοποιημένου ευφυούς δικτύου δεν είναι απλώς μια συλλογή διασυνδέσεων από σημείο σε σημείο μεταξύ περιφερειακών συστημάτων με κάποια επικοινωνιακή ευφυΐα.

Η τοπολογία έχει εννοιολογικά πολλά σημεία πρόσβασης με κάθε κόμβο να είναι ένα έξυπνο δίκτυο που θα μπορούσε να είναι ένα εικονικό δίκτυο παραγωγής ενέργειας, μπορεί να είναι ένα τοπικό σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας ή θα μπορούσε να είναι μια εγκατάσταση αποθήκευσης ενέργειας.

Η ιδέα ενός εθνικού συστήματος, βοήθησε σε μεγάλο βαθμό την αμερικανική ενεργειακή οικονομία όπως έγινε με το διακρατικό σύστημα οδικής κυκλοφορίας. Για παράδειγμα, η ηλιακή ενέργεια από την Αριζόνα, είναι σε θέση να προμηθεύσει το δίκτυο στο Οχάιο ή η βραδινή αιολική ενέργεια από τα βορειοανατολικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παροχή μέγιστης ζήτησης ενέργειας κατά τη διάρκεια της ημέρας στη Νεβάδα.

Το ενιαίο έξυπνο δίκτυο συμβάλει αποτελεσματικά στην προστασία του κλίματος με βασικό άξονα το πρόγραμμα Repower America.

3. Διεσπαρμένη παραγωγή (Distributed generation) και μικρο-δίκτυα (microgrids)

Η διεσπαρμένη παραγωγή, που συναντάται και ως διεσπαρμένη ενέργεια αλλά και ως παραγωγή ενέργειας επί τόπου (OSG) ή περιφερειακή / αποκεντρωμένη ενέργεια, είναι η ηλεκτρική παραγωγή και αποθήκευση που προκύπτει από μια ποικιλία μικρών συσκευών συνδεδεμένων στο δίκτυο που αναφέρονται ως διεσπαρμένες πηγές ενέργειας (DER).

Οι συμβατικοί σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής, όπως οι μονάδες παραγωγής άνθρακα, φυσικού αερίου και πυρηνικής ενέργειας, καθώς και τα υδροηλεκτρικά φράγματα αλλά και οι μεγάλοι σταθμοί ηλιακής ενέργειας, είναι συγκεντρωμένοι και συχνά απαιτούν τη μετάδοση ηλεκτρικής ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις.

Αντίθετα, τα συστήματα DER είναι αποκεντρωμένες, αρθρωτές και πιο ευέλικτες τεχνολογίες, οι οποίες βρίσκονται κοντά στο φορτίο που εξυπηρετούν.

Αυτά τα συστήματα, μπορούν να περιλαμβάνουν πολλαπλές γεννήτριες, στοιχεία αποθήκευσης και συχνά αναφέρονται ως υβριδικά συστήματα ισχύος.

Τα συστήματα DER συνήθως χρησιμοποιούν ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως μικρές υδροηλεκτρικές μονάδες, βιομάζα, βιοαέριο, ηλιακή ενέργεια, αιολική ενέργεια, γεωθερμική ενέργεια, και διαδραματίζουν ολοένα και περισσότερο σημαντικό ρόλο στο σύστημα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας.

Μια συσκευή συνδεδεμένη στο δίκτυο που χρησιμοποιείται για αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας, μπορεί επίσης να χαρακτηριστεί ως σύστημα DER και καλείται συχνά σύστημα διεσπαρμένης ενεργειακής αποθήκευσης (DESS).

Μέσω της διασύνδεσής τους, τα συστήματα DER μπορούν να διαχειρίζονται και να συντονίζονται μέσα σε ένα έξυπνο δίκτυο.

Η διεσπαρμένη παραγωγή και αποθήκευση, επιτρέπει τη συλλογή ενέργειας από πολλές πηγές και μπορεί να μειώσει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και να βελτιώσει την ασφάλεια του εφοδιασμού.

Οι διεσπαρμένοι ενεργειακοί πόροι είναι μαζικά παραγόμενοι, μικροί και τοπικοί.

Η ανάπτυξή τους προέκυψε από:

- τις ανησυχίες σχετικά με τις εκτιμήσεις σχετικά με το εξωτερικό κόστος της κεντρικής παραγωγής, ιδίως όσον αφορά τα περιβαλλοντικά θέματα
- την αυξανόμενη ηλικία, την υποβάθμιση και την περιορισμένη ικανότητα στην μεταφορά και διανομή του όγκου της ενέργειας
- την σχετικά αυξανόμενη οικονομία της μαζικής παραγωγής μικρότερων συσκευών έναντι στη βαριά κατασκευή μεγαλύτερων μονάδων και την κατασκευή επί τόπου
- τις υψηλότερες σχετικές τιμές ενέργειας, την υψηλότερη συνολική πολυπλοκότητα και το συνολικό κόστος για κανονιστική εποπτεία, διαχείριση τιμολογίων, μέτρηση και τιμολόγηση

Ενώ το επίπεδο κόστους της διεσπαρμένης παραγωγής είναι συνήθως πιο ακριβό ανά κιλοβατώρα από τις συμβατικές, συγκεντρωτικές πηγές, δεν λαμβάνει όμως υπόψη τις αρνητικές πτυχές των συμβατικών καυσίμων.

Η πρόσθετη πρωμοδότηση για την διασπαρμένη παραγωγή, μειώνεται ραγδαία καθώς η ζήτηση αυξάνεται και η τεχνολογία εξελίσσεται και η επαρκής και αξιόπιστη ζήτηση μπορεί να οδηγήσει σε οικονομίες κλίμακας, καινοτομία, ανταγωνισμό και πιο ευέλικτη χρηματοδότηση, που θα μπορούσαν να την καταστήσουν καθαρή ενέργεια με το βλέμμα στο μέλλον.

Παράλληλα, μειώνει την ποσότητα ενέργειας που έχει χαθεί στην μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας, επειδή αυτή παράγεται πολύ κοντά στο σημείο όπου χρησιμοποιείται, ίσως ακόμη και στο ίδιο κτίριο.

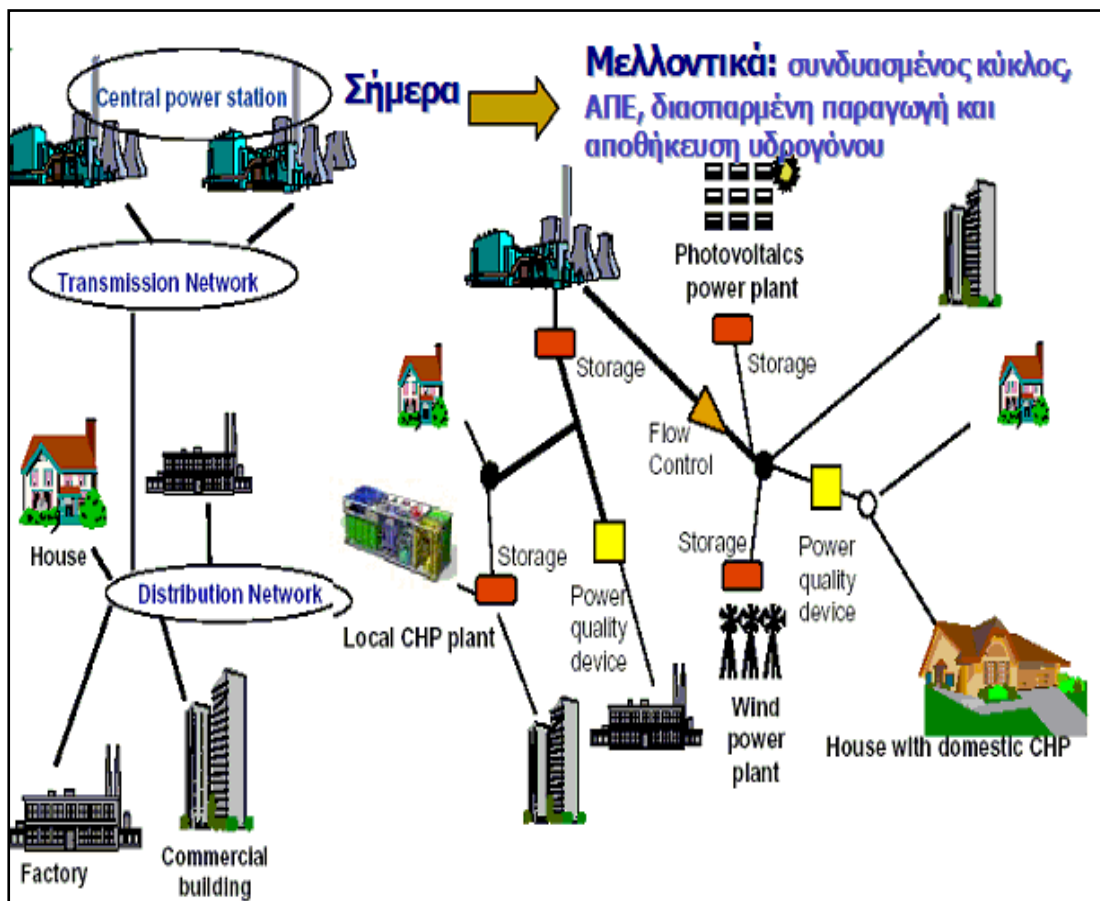
Το γεγονός αυτό, μειώνει επίσης το μέγεθος και τον αριθμό των ηλεκτρικών γραμμών που πρέπει να κατασκευαστούν.

Τα τυπικά συστήματα DER σε έναν μηχανισμό πολιτικής FIT έχουν χαμηλή συντήρηση, χαμηλή ρύπανση και υψηλή απόδοση.

Στο παρελθόν, αυτά τα χαρακτηριστικά απαιτούσαν εξειδικευμένους μηχανικούς και μεγάλους πολύπλοκους σταθμούς για τη μείωση της ρύπανσης.

Ωστόσο, τα σύγχρονα ενσωματωμένα συστήματα μπορούν να προσφέρουν αυτά τα χαρακτηριστικά με αυτοματοποιημένη λειτουργία και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως το ηλιακό φως, την αιολική και την γεωθερμική ενέργεια.

Αυτό, μειώνει το μέγεθος του σταθμού ηλεκτροπαραγωγής γεγονός που μπορεί να αποφέρει κέρδος.



Εικόνα 3.1 Η παραγωγή ενέργειας σήμερα και το όραμα της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για τη μελλοντική υλοποίηση σε μεγάλη κλίμακα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και της διεσπαρμένης παραγωγής

Χαρακτηριστικά και Τεχνολογίες

Τα συστήματα διεσπαρμένων ενεργειακών πόρων, είναι μικρής κλίμακας τεχνολογίες παραγωγής ή αποθήκευσης ενέργειας (συνήθως από 1 KW έως 10.000 KW) που χρησιμοποιούνται για την παροχή εναλλακτικών λύσεων ή την ενίσχυση του παραδοσιακού συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας.

Τα συστήματα DER, τυπικά χαρακτηρίζονται από υψηλό αρχικό κόστος κεφαλαίου ανά κιλοβάτ.

Χρησιμεύουν επίσης, ως συσκευή αποθήκευσης και ονομάζονται συχνά συστήματα διεσπαρμένης αποθήκευσης ενέργειας (DESS).

Τα συστήματα DER, ενδέχεται να περιλαμβάνουν τις ακόλουθες συσκευές / τεχνολογίες:

- Συνδυασμένη θερμική ενέργεια (CHP), γνωστή και ως συμπαραγωγή ή τριπαραγωγή
 - Κυψέλες καυσίμου
 - Υβριδικά συστήματα ισχύος (ηλιακά υβριδικά και αιολικά υβριδικά συστήματα)
 - Μικρή συνδυασμένη θερμική ενέργεια (MicroCHP)
 - Μικρο-τουρμπίνες
 - Φωτοβολταϊκά συστήματα (συνήθως φωτοβολταϊκή εγκατάσταση στέγης)
 - Παλινδρομικοί κινητήρες
 - Μικρά συστήματα αιολικής ενέργειας
 - Μηχανές Stirling
 - ή συνδυασμός των παραπάνω.
- Για παράδειγμα, τα υβριδικά φωτοβολταϊκά, τα συστήματα CHP και οι συσσωρευτές μπορούν να παρέχουν πλήρη ηλεκτρική ενέργεια για μονοκατοικίες, χωρίς να απαιτούνται μεγάλα έξοδα για την αποθήκευση.

Συμπαραγωγή

Οι διεσπαρμένες πηγές συμπαραγωγής, χρησιμοποιούν ατμοστρόβιλους, κυψέλες καυσίμου με φυσικό αέριο, μικρο-τουρμπίνες ή παλινδρομικούς κινητήρες, για την κίνηση των γεννητριών.

Στη συνέχεια, τα ζεστά καυσαέρια χρησιμοποιούνται για τη θέρμανση των κατοικιών και του νερού ή οδηγούνται σε έναν ψύκτη απορρόφησης για κλιματισμό.

Εκτός από τα συστήματα που βασίζονται στο φυσικό αέριο, τα έργα διεσπαρμένης ενέργειας μπορούν να περιλαμβάνουν και άλλα καύσιμα από ανανεώσιμες πηγές ή από χαμηλές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, συμπεριλαμβανομένων των βιοκαυσίμων, του βιοαερίου, του αερίου από χώρους υγειονομικής ταφής, του αερίου αποχέτευσης, του μεθανίου, του αερίου σύνθεσης και του αερίου πετρελαίου.

Επιπλέον, χρησιμοποιούνται κυψέλες καυσίμου με τη χρήση ανθρακικού καυσίμου και καυσίμου στερεού οξειδίου με φυσικό αέριο, όπως αυτά της Αμερικανικής εταιρείας FuelCell Energy και του διακομιστή ενέργειας Bloom, ή οι διαδικασίες μετατροπής των αποβλήτων σε ενέργεια όπως το Gate 5 Energy System ως διεσπαρμένο ενεργειακό πόρο.

3.1 Με βασικό άξονα τη δύναμη των Α.Π.Ε.

Ηλιακή ενέργεια

Η φωτοβολταϊκή τεχνολογία, είναι μακράν η πιο σημαντική για την διεσπαρμένη παραγωγή ηλιακής ενέργειας, καθώς χρησιμοποιεί ηλιακές κυψέλες συναρμολογημένες σε ηλιακούς συλλέκτες ώστε να μετατρέψουν το ηλιακό φως σε ηλεκτρισμό.

Πρόκειται για μια ταχέως αναπτυσσόμενη τεχνολογία που διπλασιάζει την παγκόσμια εγκατεστημένη ισχύ της κάθε δύο χρόνια.

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα, διακρίνονται σε διεσπαρμένες, οικιστικές και εμπορικές εγκαταστάσεις στέγης ή κτιρίων μέχρι μεγάλους κεντρικούς φωτοβολταϊκούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής.

Η κυρίαρχη τεχνολογία φωτοβολταϊκών, είναι βασισμένη στο κρυσταλλικό πυρίτιο, ενώ η τεχνολογία ηλιακών κυψελών λεπτού υμενίου αντιπροσωπεύει περίπου το 10% της παγκόσμιας φωτοβολταϊκής ανάπτυξης.

Τα τελευταία χρόνια, η φωτοβολταϊκή τεχνολογία έχει βελτιώσει την ηλιακή ακτινοβολία ως προς την απόδοση στην μετατροπή της σε ηλεκτρική ενέργεια, το κόστος ανά watt ισχύος καθώς και τον χρόνο απόσβεσης ενέργειας (EPBT) αλλά και το επίπεδο κόστους ηλεκτρικής ενέργειας (LCOE).

Δεδομένου ότι οι περισσότερες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, σε αντίθεση με την παράγωγη από άνθρακα και την πυρηνική ενέργεια, η ηλιακή φωτοβολταϊκή ενέργεια δεν έχει δυνατότητα μεταφοράς και είναι μεταβλητή, αλλά δεν έχει κόστος καυσίμων, λειτουργεί χωρίς ρύπανση, χωρίς εξορύξεις και έχει αισθητά μειωμένα ζητήματα λειτουργικής ασφάλειας.

Παράγει μέγιστη ισχύ τις ώρες του μεσημεριού, κάθε μέρα και ο συντελεστής ικανότητας της είναι περίπου 20%.

Ένα απλό παράδειγμα για την σύνδεση του συστήματος μια κατοικίας, είναι το παρακάτω.

Ένα τέτοιο μικρό δίκτυο, συνδέεται με ένα μεγαλύτερο ανεξάρτητο δίκτυο (συνήθως το δημόσιο ηλεκτρικό δίκτυο) και τροφοδοτεί ενέργεια απευθείας στο δίκτυο.

Αυτή η ενέργεια μπορεί να διαμοιραστεί σε ένα οικιακό ή εμπορικό κτίριο πριν ή μετά το σημείο μέτρησης των εσόδων.

Η διαφορά είναι, πως η πιστωτική παραγωγή ενέργειας υπολογίζεται ανεξάρτητα από την κατανάλωση ενέργειας του πελάτη (τιμολόγιο τροφοδότησης) ή μόνο από τη διαφορά ενέργειας (καθαρή μέτρηση).

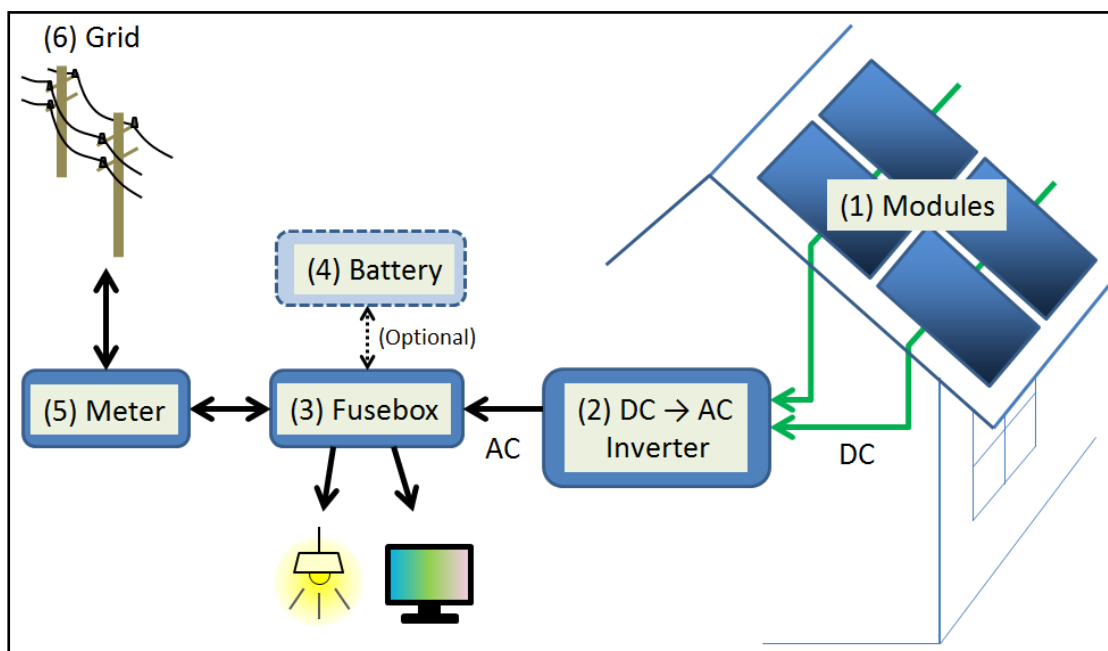
Τα συστήματα που συνδέονται με το δίκτυο, έχουν διαφορές στο μέγεθος, από τα οικιακά (2-10 KW) έως τους ηλιακούς σταθμούς (έως 10 MW).

Είναι δεδομένο, ότι πρόκειται για μια μορφή αποκεντρωμένης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Η τροφοδοσία ηλεκτρικής ενέργειας στο δίκτυο, απαιτεί τη μετατροπή του συνεχούς ρεύματος σε εναλλασσόμενο ρεύμα μέσω ενός ειδικού μετατροπέα.

Σε εγκαταστάσεις κιλοβάτ, η τάση του συστήματος συνεχούς ρεύματος είναι τόσο υψηλή όσο επιτρέπεται (τυπικά 1000V, εκτός από τα 600V οικιακά) για να περιορίσει τις ωμικές απώλειες.

Τα περισσότερα στοιχεία (60 ή 72 κυψέλες κρυσταλλικού πυριτίου) παράγουν περίπου 160 W έως 300 W στα 36 βολτ.
Μερικές φορές, είναι απαραίτητο ή επιθυμητό να συνδέσετε τα στοιχεία εν μέρει παράλληλα και όχι όλα σε σειρά.
Ένα σύνολο στοιχείων που συνδέονται εν σειρά είναι γνωστό ως string-σειρά.



Εικόνα 3.2 Σχέδιο τυπικής οικιακής φωτοβολταϊκής εγκατάστασης

Κλίμακα χρησιμότητας

Τα φωτοβολταϊκά πάρκα ή φάρμες μεγάλης κλίμακας, είναι σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που είναι σε θέση να παρέχουν ενέργεια σε μεγάλο αριθμό καταναλωτών.

Ο παραγόμενος ηλεκτρισμός, μεταφέρεται στο δίκτυο μεταφοράς που τροφοδοτείται από κεντρικές μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (συνδεδεμένο στο δίκτυο ή σε δίκτυο που συνδέεται με το δίκτυο) ή σε συνδυασμό με μία ή περισσότερες γεννήτριες ηλεκτρικής ενέργειας που τροφοδοτούν ένα μικρό ηλεκτρικό δίκτυο (υβριδικό εργοστάσιο).

Σε σπάνιες περιπτώσεις, η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια αποθηκεύεται ή χρησιμοποιείται απευθείας από νησιωτική / αυτόνομη μονάδα.

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα, σχεδιάζονται γενικά για να εξασφαλίσουν την υψηλότερη ενεργειακή απόδοση για μια δεδομένη επένδυση.

Ορισμένοι μεγάλοι φωτοβολταϊκοί σταθμοί, όπως το ηλιακό πάρκο Waldpolenz στην Γερμανία, τα ηλιακά πάρκα Topaz και Solar Star στην Αμερική, καλύπτουν δεκάδες ή εκατοντάδες εκτάρια και έχουν ισχύ εξόδου έως εκατοντάδες MW.

Εξοπλισμός

Ένα φωτοβολταϊκό σύστημα που προορίζεται για οικιακή, εμπορική ή βιομηχανική παροχή ενέργειας αποτελείται από την ηλιακή συστοιχία και μια σειρά από στοιχεία που συνοψίζονται ως ισορροπία του συστήματος (BOS).

Τα εξαρτήματα BOS, περιλαμβάνουν εξοπλισμό για τον έλεγχο της ισχύος, συνήθως με έναν ή περισσότερους μετατροπείς ισχύος DC σε AC, γνωστούς ως μετατροπείς, μια συσκευή αποθήκευσης ενέργειας, ένα σύστημα ραφιών που υποστηρίζει την ηλιακή συστοιχία, τις ηλεκτρικές καλωδιώσεις και τις διασυνδέσεις

Προαιρετικά, η ισορροπία του συστήματος μπορεί να περιλαμβάνει κάποια ή όλα τα παρακάτω:

μετρητή ποιότητας των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, συσκευή παρακολούθησης μέγιστης ισχύος (MPPT), σύστημα μπαταριών και φορτιστή, ηλιακή συσκευή παρακολούθησης GPS, λογισμικό διαχείρισης ενέργειας, αισθητήρες ηλιακής ακτινοβολίας ή αξεσουάρ ειδικά για συγκεκριμένες εργασίες που έχουν σχεδιαστεί για να πληρούν εξειδικευμένες απαιτήσεις για έναν ιδιοκτήτη συστήματος.

Επιπλέον, ένα σύστημα CPV απαιτεί οπτικούς φακούς ή κάτοπτρα και μερικές φορές σύστημα ψύξης.

Οι όροι, ηλιακή συστοιχία και φωτοβολταϊκό σύστημα χρησιμοποιούνται συχνά λανθασμένα καθώς είναι διαφορετικές έννοιες, για τον λόγο ότι η ηλιακή συστοιχία δεν καλύπτει ολόκληρο το σύστημα.

Επιπλέον, το ηλιακό πάνελ χρησιμοποιείται συχνά ως συνώνυμο της ηλιακής μονάδας, αν και ένα πάνελ αποτελείται από μια σειρά από διάφορες μονάδες.

Ο όρος ηλιακό σύστημα, είναι επίσης μια συχνά εσφαλμένως χρησιμοποιούμενη ονομασία για ένα φωτοβολταϊκό σύστημα.



Εικόνα 3.3 Σύστημα παρακολούθησης ηλιακής ενέργειας

Αιολική ενέργεια

Η αιολική ενέργεια, είναι η χρήση της ροής του αέρα μέσω των ανεμογεννητριών για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Η αιολική ενέργεια, ως εναλλακτική λύση έναντι στην καύση ορυκτών καυσίμων, είναι άφθονη, ανανεώσιμη, ευρέως διεσπαρμένη, καθαρή, δεν παράγει εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου κατά τη λειτουργία, δεν καταναλώνει νερό και μπορεί χρησιμοποιεί υπό προϋποθέσεις μικρές εκτάσεις.

Οι επιπτώσεις στο περιβάλλον, είναι πολύ λιγότερο προβληματικές από αυτές των μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Τα αιολικά πάρκα, αποτελούνται από πολλές μεμονωμένες ανεμογεννήτριες, οι οποίες συνδέονται με το δίκτυο μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας.

Η παραθαλάσσια αιολική ενέργεια, είναι μια φθηνή πηγή ηλεκτρικής ενέργειας, ανταγωνιστική και σε πολλά σημεία φθηνότερη από τις εγκαταστάσεις άνθρακα ή αερίου.

Η υπεράκτια αιολική ενέργεια, είναι σταθερότερη και ισχυρότερη, ενώ οι εκμεταλλεύσεις έχουν μικρότερο οπτικό αντίκτυπο, αλλά το κόστος κατασκευής και συντήρησης είναι σημαντικά υψηλότερο.

Τα μικρά αιολικά πάρκα στην στεριά, μπορούν να τροφοδοτήσουν με ενέργεια το δίκτυο ή να παράσχουν ηλεκτρική ενέργεια σε απομονωμένες θέσεις εκτός δικτύου.

Η αιολική ενέργεια, παρέχει μεταβλητή ισχύ η οποία είναι πολύ σταθερή από έτος σε έτος αλλά παρουσιάζει σημαντικές διακυμάνσεις σε μικρότερες χρονικές κλίμακες. Συνεπώς, χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με άλλες πηγές ηλεκτρικής ενέργειας για να μπορεί να είναι αξιόπιστη.

Καθώς αυξάνεται η αναλογία αιολικής ενέργειας σε μια περιοχή, μπορεί να χρειαστεί ανάγκη αναβάθμισης του δικτύου και να προκύψει μειωμένη ικανότητα συμβατικής παραγωγής.

Οι τεχνικές διαχείρισης ισχύος, όπως η πλεονάζουσα χωρητικότητα, οι γεωγραφικά διεσπαρμένοι στρόβιλοι, η επαρκής υδροηλεκτρική ενέργεια, η εξαγωγή και εισαγωγή στις γειτονικές περιοχές καθώς και η μείωση της ζήτησης όταν η παραγωγή αιολικής ενέργειας είναι χαμηλή, μπορεί σε πολλές περιπτώσεις να υπερνικήσει αυτά τα προβλήματα.

Επιπλέον, η πρόβλεψη του καιρού επιτρέπει στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας να προετοιμαστεί για τις αλλαγές στην παραγωγή που πρόκειται να συμβούν.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η Δανία, η οποία από το 2015 παράγει το 40% της ηλεκτρικής ισχύος της από τον άνεμο, ενώ παράλληλα, τουλάχιστον 83 ακόμα χώρες σε όλο τον κόσμο χρησιμοποιούν αιολική ενέργεια για να τροφοδοτήσουν τα ηλεκτρικά δίκτυά τους.

Το 2014, η παγκόσμια παραγωγή αιολικής ενέργειας αυξήθηκε κατά 16% στα 369.553 MW.

Η ετήσια παραγωγή αιολικής ενέργειας, αυξάνεται ταχύτατα και έφθασε το 4% περίπου της παγκόσμιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και το 11,4% στην ΕΕ.



Εικόνα 3.4 Υπεράκτιο αιολικό πάρκο

Χαρακτηριστικά γεννήτριας και σταθερότητα

Οι γεννήτριες επαγωγής, οι οποίες χρησιμοποιούνταν συχνά για έργα αιολικής ενέργειας, κατά τη δεκαετία του 1980 και του 1990, απαιτούσαν ισχύ για διέγερση, έτσι ώστε οι υποσταθμοί που χρησιμοποιούσαν στα συστήματα συλλογής αιολικής ενέργειας, περιελάμβαναν σημαντικό αριθμό πυκνωτών για τη διόρθωση του συντελεστή ισχύος.

Οι διαφορετικοί τύποι γεννητριών, συμπεριφέρονται διαφορετικά κατά τη διάρκεια των διαταραχών του δικτύου μετάδοσης, έτσι ώστε οι φορείς εκμετάλλευσης του συστήματος μεταφοράς να απαιτούν εκτεταμένη μοντελοποίηση των δυναμικών ηλεκτρομηχανολογικών χαρακτηριστικών ενός νέου αιολικού πάρκου ώστε να εξασφαλίζεται προβλέψιμη σταθερή συμπεριφορά κατά τη διάρκεια των βλαβών του συστήματος.

Συγκεκριμένα, οι γεννήτριες επαγωγής δεν μπορούν να υποστηρίξουν την τάση του συστήματος κατά τη διάρκεια των σφαλμάτων, σε αντίθεση με σύγχρονες γεννήτριες με ατμό ή υδροστρόβιλους.

Σήμερα, οι γεννήτριες αυτές δεν χρησιμοποιούνται πλέον στις σύγχρονες ανεμογεννήτριες.

Αντ' αυτού, σήμερα χρησιμοποιούνται γεννήτριες μεταβλητής ταχύτητας σε συνδυασμό με μετατροπέα ισχύος μερικής ή πλήρους κλίμακας, μεταξύ της γεννήτριας και του συστήματος συλλέκτη, οι οποίες γενικά έχουν πιο επιθυμητά χαρακτηριστικά για διασύνδεση στο δίκτυο και διαθέτουν δυνατότητες χαμηλής τάσης.

Οι σύγχρονοι σχεδιασμοί, χρησιμοποιούν είτε μηχανές διπλής τροφοδοσίας με μετατροπείς μερικής κλίμακας, είτε γεννήτριες επαγωγής τύπου κλωβού είτε σύγχρονες γεννήτριες (όλες μόνιμα ηλεκτρικά διεγερμένες) με μετατροπείς πλήρους κλίμακας.

Οι διαχειριστές συστημάτων μεταφοράς, διαθέτουν έναν υπεύθυνο ανάπτυξης αιολικών πάρκων με έναν κώδικα δικτύου για τον προσδιορισμό των απαιτήσεων για τη διασύνδεση με το δίκτυο μεταφοράς.

Αυτός ο κώδικας, περιλαμβάνει τον συντελεστή ισχύος, την σταθερότητα της συχνότητας και την δυναμική συμπεριφορά των ανεμογεννητριών σε περίπτωση βλάβης του συστήματος.

Σχεδίαση γεννήτριας

Τα τυπικά στοιχεία μιας ανεμογεννήτριας είναι τα παρακάτω:

θεμέλια, συνδέσεις στο ηλεκτρικό δίκτυο, πύργος, σκάλα πρόσβασης, έλεγχος προσανατολισμού ανέμου (έλεγχος στροφής), θάλαμος, γεννήτρια, ανεμόμετρο, ηλεκτρικό ή μηχανικό φρένο, κιβώτιο ταχυτήτων, πτερύγια, έλεγχος βήματος πτερυγίων και διανομέας πτερυγίων.

Οι ανεμογεννήτριες είναι συσκευές που μετατρέπουν την κινητική ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική ενέργεια.

Το αποτέλεσμα πολλών ετών στην ανάπτυξη γεννητριών και της σύγχρονης μηχανικής, είναι οι σημερινές ανεμογεννήτριες που κατασκευάζονται σε ένα ευρύ φάσμα τύπων οριζόντιου και κάθετου άξονα.

Οι μικρότερες εξ αυτών, χρησιμοποιούνται για εφαρμογές όπως η φόρτιση της μπαταρίας για βοηθητική ισχύ.

Οι ελαφρώς μεγαλύτερες, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μικρές συνεισφορές στην εγχώρια τροφοδοσία ενώ μπορούν να δίνουν την αχρησιμοποίητη ενέργεια πίσω στον προμηθευτή κοινής ωφέλειας μέσω του ηλεκτρικού δικτύου.

Οι συστοιχίες μεγάλων ανεμογεννητριών, γνωστές ως αιολικά πάρκα, έχουν καταστεί σημαντικές πηγές ανανεώσιμης ενέργειας και χρησιμοποιούνται σε πολλές χώρες ως μέρος μιας στρατηγικής για τη μείωση της εξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα.

Ο σχεδιασμός ανεμογεννητριών, είναι η διαδικασία καθορισμού της μορφής και των προδιαγραφών μιας ανεμογεννήτριας για την παραγωγή ενέργειας από τον άνεμο.

Μια εγκατάσταση ανεμογεννητριών, αποτελείται από τα απαραίτητα συστήματα που χρειάζονται για να συλλάβει την ενέργεια του ανέμου, να κατευθύνει την διάταξη προς τον άνεμο, να μετατρέψει τη μηχανική σε ηλεκτρική ενέργεια καθώς επίσης και άλλα συστήματα για να ξεκινήσει, να σταματήσει και να ελέγξει την ανεμογεννήτρια.

Το 1919 ο Γερμανός φυσικός Albert Betz, έδειξε ότι για μια υποθετική ιδανική μηχανή αιολικής ενέργειας, οι θεμελιώδεις νόμοι για τη διατήρηση της μάζας και της ενέργειας δεν επιτρέπουν να συλλαμβάνονται περισσότερα από το $16/27$ (59,3%) της κινητικής ενέργειας του ανέμου.

Αυτό το όριο Betz μπορεί να προσεγγιστεί σε μοντέρνα σχέδια γεννήτριας, τα οποία μπορεί να φτάσουν το 70 έως 80% του θεωρητικού ορίου Betz.

Η αεροδυναμική της ανεμογεννήτριας δεν είναι μια απλή διαδικασία.

Η ροή αέρα στα πτερύγια, δεν είναι η ίδια με τη ροή αέρα μακριά από την γεννήτρια.

Η ίδια η φύση του τρόπου με τον οποίο παράγεται η ενέργεια από τον αέρα, προκαλεί επίσης την εκτροπή του αέρα από την γεννήτρια.

Επιπλέον, η αεροδυναμική της ανεμογεννήτριας στην επιφάνεια του ρότορα παρουσιάζει φαινόμενα που σπάνια παρατηρούνται σε άλλα αεροδυναμικά πεδία. Το σχήμα και οι διαστάσεις των πτερυγίων της ανεμογεννήτριας, καθορίζονται από την αεροδυναμική απόδοση που απαιτείται για την αποδοτική παραγωγή ενέργειας από τον άνεμο και από τη δύναμη που απαιτείται για να αντισταθεί στις δυνάμεις του κάθε πτερυγίου.

Εκτός από τον αεροδυναμικό σχεδιασμό των πτερυγίων, ο σχεδιασμός ενός πλήρους συστήματος αιολικής ενέργειας πρέπει επίσης να καλύπτει το σχεδιασμό του ρότορα, του θαλάμου, της δομής του πύργου, της γεννήτριας, των χειριστηρίων και των θεμελίων.

Ο σχεδιασμός των γεννητριών, χρησιμοποιεί εκτεταμένα εργαλεία μοντελοποίησης και προσομοίωσης υπολογιστών.

Αυτά γίνονται όλο και πιο εξελιγμένα, όπως τονίζεται από μια πρόσφατη ανασκόπηση της τεχνολογίας από τους Hewitt et al.

Υδροηλεκτρική ενέργεια

Η υδροηλεκτρική, είναι ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από την δύναμη του νερού.

Το 2015, η υδροηλεκτρική ενέργεια παρήγαγε το 16,6% της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας παγκοσμίως και το 70% της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές και αναμένεται να αυξηθεί περίπου 3,1% ετησίως για τα επόμενα 25 χρόνια.

Η υδροηλεκτρική ενέργεια, είναι η πλέον διαδεδομένη μορφή ανανεώσιμης ενέργειας και το δυναμικό της έχει ήδη εξερευνηθεί σε μεγάλο βαθμό το οποίο διακυβεύεται εξαιτίας ζητημάτων όπως οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις στην αλιεία και η αυξημένη ζήτηση για ψυχαγωγικούς λόγους.

Ωστόσο, η χρήση σύγχρονης τεχνολογίας του 21ου αιώνα, όπως η ενέργεια των κυμάτων, μπορεί να προσφέρει μεγάλα ποσά υδροηλεκτρικής ισχύος, με μικρές περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Κινητήρες νέας γενιάς μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε συστοιχίες για την εξυπηρέτηση των αναγκών σε οικιστική, εμπορική, βιομηχανική, δημοτική ή και περιφερειακή κλίμακα.

Οι μικρο-υδροκινητικές γεννήτριες, δεν απαιτούν ούτε φράγματα ούτε κατακρημνίσματα, καθώς χρησιμοποιούν την κινητική ενέργεια του νερού είτε σε κύματα είτε σε ροή.

Δεν απαιτείται κατασκευή στην ακτή ή στη θάλασσα, η οποία ελαχιστοποιεί τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις σε οικότοπους και απλοποιεί τη διαδικασία αδειοδότησης.

Αυτού του είδους η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, έχει επίσης ελάχιστες περιβαλλοντικές επιπτώσεις και οι μη παραδοσιακές μικροϋδραυλικές εφαρμογές μπορούν να συνδεθούν σε υπάρχουσες κατασκευές όπως αποβάθρες, προβλήτες, πέλματα γεφυρών και παρόμοιες κατασκευές.

Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί μεγάλης κλίμακας, θεωρούνται συχνότερα ως οι μεγαλύτερες μονάδες παραγωγής ενέργειας στον κόσμο, με ορισμένες υδροηλεκτρικές εγκαταστάσεις ικανές να παράγουν περισσότερο από το διπλάσιο των εγκατεστημένων δυνατοτήτων των σημερινών μεγαλύτερων πυρηνικών σταθμών.

Παρόλο που δεν υπάρχει επίσημος ορισμός για το φάσμα δυνατοτήτων των μεγάλων υδροηλεκτρικών σταθμών, ωστόσο, οι εγκαταστάσεις που υπερβαίνουν τις λίγες εκατοντάδες μεγαβάτ θεωρούνται γενικά μεγάλες υδροηλεκτρικές εγκαταστάσεις. Σήμερα, μόνο τέσσερις εγκαταστάσεις άνω των 10 GW (10.000 MW) λειτουργούν παγκοσμίως:

Three Gorges Dam, China, 22,500 MW
Itaipu Dam, Brazil Paraguay, 14,000 MW
Xiluodu Dam, China, 13,860 MW
Guri Dam, Venezuela, 10,200 MW

Η μεσαίου μεγέθους υδροηλεκτρική ενέργεια, μπορεί να εξυπηρετήσει μια μικρή κοινότητα ή μια βιομηχανική μονάδα.

Ο ορισμός ενός μεσαίου υδροηλεκτρικού έργου ποικίλλει, αλλά η παραγωγική ικανότητα μέχρι 10 MW είναι γενικά αποδεκτή ως το ανώτερο όριο αυτού που μπορεί να ονομαστεί μικρό υδροηλεκτρικό.

Οι μεσαίας κλίμακας υδροηλεκτρικοί σταθμοί, μπορούν να συνδεθούν με συμβατικά ηλεκτρικά δίκτυα διανομής ως πηγή ανανεώσιμης ενέργειας χαμηλού κόστους.

Εναλλακτικά, μικρά τέτοια έργα μπορούν να κατασκευαστούν σε απομονωμένες περιοχές, στις οποίες θα ήταν ασύμφορο να εξυπηρετηθούν από ένα δίκτυο, ή σε περιοχές όπου δεν υπάρχει εθνικό δίκτυο ηλεκτρικής διανομής.

Δεδομένου, ότι τα μεσαία υδροηλεκτρικά έργα έχουν συνήθως ελάχιστες δεξαμενές και υποδομές, θεωρείται ότι έχουν σχετικά χαμηλό περιβαλλοντικό αντίκτυπο σε σύγκριση με τα μεγάλα υδροηλεκτρικά.

Αυτή η μειωμένη περιβαλλοντική επίπτωση, εξαρτάται έντονα από την ισορροπία μεταξύ ροής και παραγωγής ενέργειας.

Ο όρος μικρο-υδροηλεκτρική ενέργεια, χρησιμοποιείται για εγκαταστάσεις υδροηλεκτρικής ενέργειας που παράγουν συνήθως ισχύ έως και 100 KW.

Αυτές οι εγκαταστάσεις, μπορούν να παρέχουν ενέργεια σε ένα απομονωμένο σπίτι ή μια πολύ μικρή κοινότητα και μερικές φορές συνδέονται με δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας.

Υπάρχουν πολλές από αυτές τις εγκαταστάσεις σε όλο τον κόσμο, ιδιαίτερα στις αναπτυσσόμενες χώρες, καθώς μπορούν να προσφέρουν μια οικονομική πηγή ενέργειας χωρίς την αγορά καυσίμων .

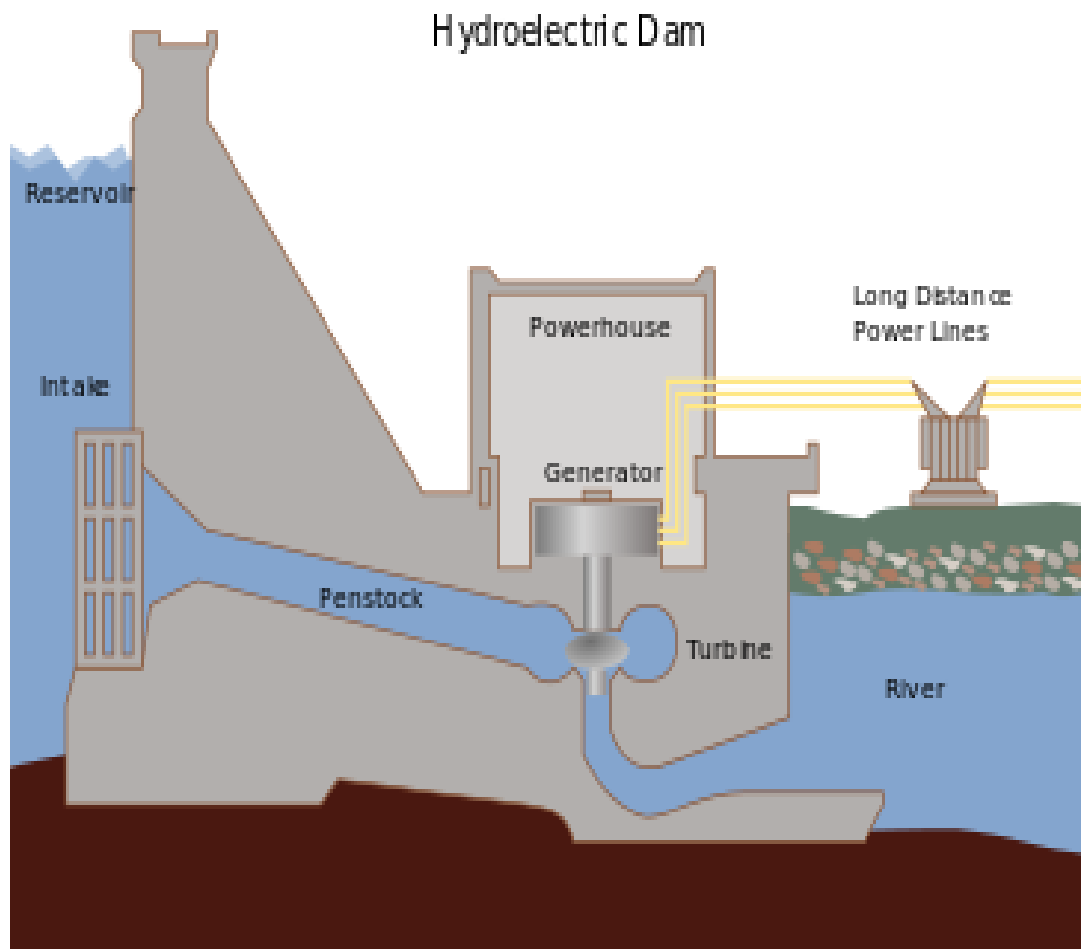
Τα μικρά υδροηλεκτρικά συστήματα, συμπληρώνουν τα φωτοβολταϊκά συστήματα ηλιακής ενέργειας, διότι σε πολλές περιοχές η ροή νερού και η διαθέσιμη υδροηλεκτρική ενέργεια είναι υψηλότερη το χειμώνα όταν η ηλιακή ενέργεια είναι ελάχιστη.

Ο όρος pico hydro, χρησιμοποιείται για να χαρακτηρίσει την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας πολύ μικρής κλίμακας, της τάξης των 5 KW.

Είναι χρήσιμο σε μικρές, απομακρυσμένες κοινότητες και χωριά, που απαιτούν μια μικρή μόνο ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας.

Για παράδειγμα, για την τροφοδοσία ενός ή δύο λαμπτήρων φθορισμού και μιας τηλεόρασης ή ραδιοφώνου για μερικά σπίτια.

Ακόμα και μικρότερες γεννήτριες των 200-300W, μπορούν να τροφοδοτήσουν ένα σπίτι σε μια αναπτυσσόμενη χώρα με μια σταγόνα από μόλις ενός μέτρου νερού. Μια εγκατάσταση pico-hydro, είναι τυπικά το τρεχούμενο νερό του ποταμού, που σημαίνει ότι τα φράγματα δεν χρησιμοποιούνται, αλλά οι σωλήνες εκτρέπουν μέρος της ροής, πέφτουν κάτω από μια κλίση, και μέσω της γεννήτριας επιστρέφουν στη ροή.



Εικόνα 3.5 Εγκατάσταση υδροηλεκτρικού φράγματος

Ενέργεια από απόβλητα

Τα απόβλητα προς ενέργεια (WtE) ή ενέργεια από απόβλητα (EfW), είναι η διαδικασία παραγωγής ενέργειας υπό μορφή ηλεκτρικής ενέργειας ή και θερμότητας, από την πρωτογενή επεξεργασία αποβλήτων.

Το WtE είναι μια μορφή ανάκτησης ενέργειας.

Οι περισσότερες διαδικασίες WtE, παράγουν ηλεκτρική ενέργεια ή και θερμότητα απευθείας μέσω καύσης ή παράγουν προϊόν καυσίμου, όπως μεθάνιο, μεθανόλη, αιθανόλη ή συνθετικά καύσιμα.

Υπάρχουν νέες και αναδυόμενες τεχνολογίες, που είναι σε θέση να παράγουν ενέργεια από απόβλητα και άλλα καύσιμα χωρίς άμεση καύση.

Πολλές από αυτές τις τεχνολογίες έχουν τη δυνατότητα να παράγουν περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια από την ίδια ποσότητα καυσίμου σε σχέση με την άμεση καύση. Αυτό το γεγονός, οφείλεται κυρίως στον διαχωρισμό των διαβρωτικών συστατικών (τέφρα) από το μετατρεπόμενο καύσιμο, επιτρέποντας έτσι υψηλότερες θερμοκρασίες καύσης, π.χ. λέβητες, αεριοστρόβιλοι, κινητήρες εσωτερικής καύσης, κυψέλες καυσίμου.

Μερικοί είναι σε θέση να μετατρέψουν αποτελεσματικά την ενέργεια σε υγρά ή αέρια καύσιμα:

Θερμικές τεχνολογίες

Αεριοποίηση: παράγει αέριο καύσιμο, υδρογόνο, συνθετικά καύσιμα

Θερμικός αποπολυμερισμός: παράγει συνθετικό αργό πετρέλαιο, το οποίο μπορεί να βελτιωθεί περαιτέρω

Πυρόλυση: παράγει καύσιμο πίσσα / βιοντίλιο και χαρακτήρες

Απελευθέρωση με τόξο πλάσματος ή διαδικασία αεριοποίησης πλάσματος (PGP): παράγει πλούσιο αέριο σύνθεσης, συμπεριλαμβανομένου του υδρογόνου και του μονοξειδίου του άνθρακα, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για κυψέλες καυσίμου ή για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος για την κίνηση του τόξου πλάσματος, των χρησιμοποιούμενων πυριτικού άλατος και μεταλλικών πλινθωμάτων, άλατα και θείο.

Μη θερμικές τεχνολογίες:

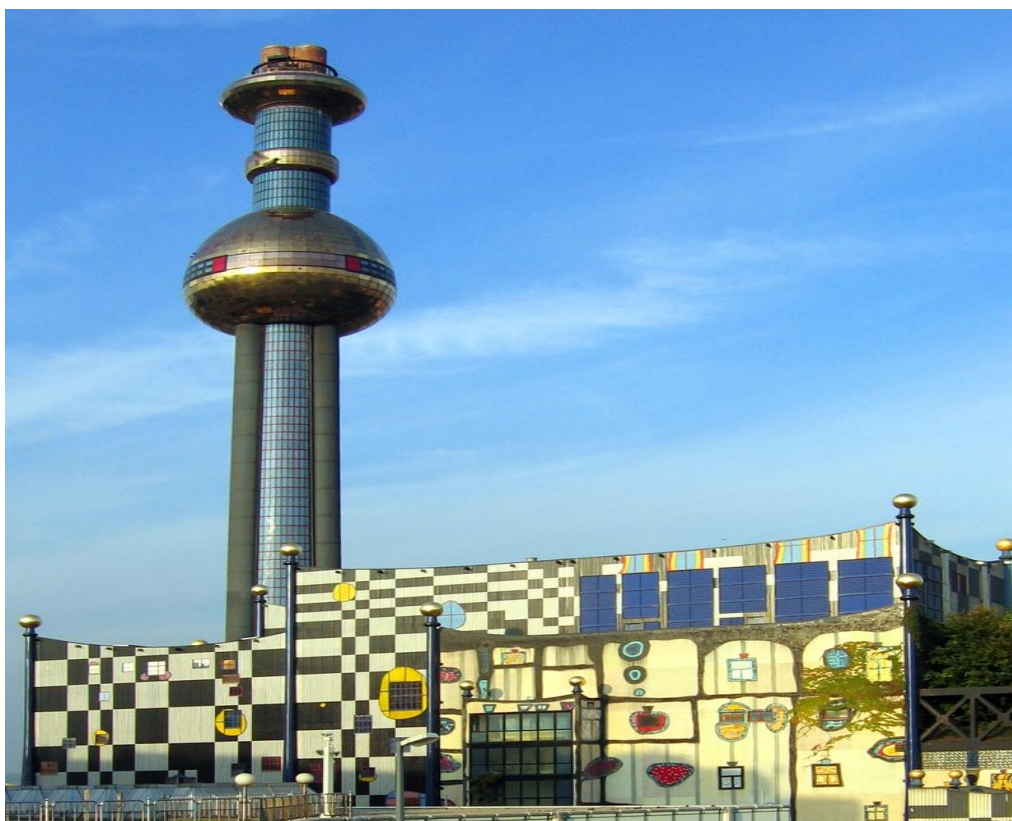
Αναερόβια χώνευση: βιοαέριο πλούσιο σε μεθάνιο

Παραγωγή ζύμωσης: παραδείγματα είναι η αιθανόλη, το γαλακτικό οξύ, το υδρογόνο

Μηχανική βιολογική επεξεργασία (MBT)

MBT + Αναερόβια χώνευση

MBT για την απόρριψη των παραγώγων καυσίμου



Εικόνα 3.6 Μονάδα αποτέφρωσης αποβλήτων

Αποθήκευση ενέργειας

Ένας διεσπαρμένος ενεργειακός πόρος, δεν περιορίζεται στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας αλλά μπορεί επίσης να περιλαμβάνει και μια συσκευή αποθήκευσης διεσπαρμένης ενέργειας.

Οι εφαρμογές συστημάτων διεσπαρμένης αποθήκευσης ενέργειας, περιλαμβάνουν διάφορους τύπους μπαταριών, αντλητικούς υδροηλεκτρικούς σταθμούς, πεπιεσμένο αέρα και αποθήκευση θερμικής ενέργειας.

Η πρόσβαση στην αποθήκευση ενέργειας για εμπορικές εφαρμογές, είναι εύκολα προσβάσιμη μέσω προγραμμάτων όπως η αποθήκευση ενέργειας ως υπηρεσία (π.χ. ESaaS).

Η αποθήκευση ενέργειας ως υπηρεσία (ESaaS), επιτρέπει σε μια εγκατάσταση να επωφεληθεί από τα πλεονεκτήματα ενός συστήματος αποθήκευσης ενέργειας, συνάπτοντας μια συμφωνία παροχής υπηρεσιών χωρίς να αγοράσει το σύστημα.

Τα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας, παρέχουν μια σειρά υπηρεσιών για τη δημιουργία εσόδων, τη δημιουργία αποταμιεύσεων και τη βελτίωση της ανθεκτικότητας στην ηλεκτρική ενέργεια.

Η λειτουργία του συστήματος ESaaS, είναι ένας μοναδικός συνδυασμός ενός προηγμένου συστήματος αποθήκευσης σε μπαταρίες, ενός συστήματος διαχείρισης ενέργειας και ενός συμβολαίου υπηρεσιών που μπορούν να αποδώσουν αξία σε μια επιχείρηση, παρέχοντας αξιόπιστη ισχύ πιο οικονομικά.

Η αποθήκευση ενέργειας στο δίκτυο (που ονομάζεται επίσης και αποθήκευση ενέργειας μεγάλης κλίμακας), είναι μια συλλογή μεθόδων που χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας σε μεγάλη κλίμακα μέσα σε ένα ηλεκτρικό δίκτυο.

Η ηλεκτρική ενέργεια, αποθηκεύεται σε διαστήματα κατά τα οποία η παραγωγή (ιδίως από διακοπτόμενες μονάδες ηλεκτροπαραγωγής, όπως οι ανανεώσιμες πηγές ηλεκτρικής ενέργειας, η αιολική ενέργεια, η παλιρροιακή ενέργεια και η ηλιακή ενέργεια) υπερβαίνει την κατανάλωση και επιστρέφεται στο δίκτυο όταν η παραγωγή πέφτει κάτω από την κατανάλωση.

Οι εναλλακτικές λύσεις, περιλαμβάνουν τη δυνατότητα αποθήκευσης ενέργειας σε σιδηροδρομικές γραμμές, όπου τα σιδηροδρομικά οχήματα που μεταφέρουν 300 τόνους βάρους, μετακινούνται προς τα πάνω ή προς τα κάτω σε τμήμα 8 μιλίων κεκλιμένης γραμμής σιδηροτροχιάς, αποθηκεύοντας ή απελευθερώνοντας ενέργεια ως αποτέλεσμα ή αποθηκευμένο δυναμικό αποθήκευσης πετρελαίου, ή να χαμηλώσουν σε μια βαθιά εκκενωμένη πετρελαιοπηγή 12.000 ποδών.

Μία ακόμα λύση για την αποθήκευση σε δίκτυα, είναι η χρήση υπερσύγχρονων σταθμών παραγωγής ενέργειας για την κάλυψη των κενών ζήτησης.

Οποιοδήποτε ηλεκτρικό δίκτυο, πρέπει να ταιριάζει την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με την κατανάλωση, οι οποίες ποικίλλουν δραστικά με την πάροδο του χρόνου.

Κάθε συνδυασμός αποθήκευσης ενέργειας και ζήτησης έχει τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

- οι σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής με βάση το καύσιμο (δηλαδή ο άνθρακας, το πετρέλαιο, το φυσικό αέριο, τα πυρηνικά) μπορούν να λειτουργούν πιο αποτελεσματικά και εύκολα σε σταθερά επίπεδα παραγωγής
- η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από διακοπτόμενες πηγές, μπορεί να αποθηκευτεί και να χρησιμοποιηθεί αργότερα, ενώ διαφορετικά θα έπρεπε να μεταφερθεί προς πώληση αλλού ή να κλείσει
- η μέγιστη δυναμικότητα παραγωγής ή μεταφοράς, μπορεί να μειωθεί με το συνολικό δυναμικό όλων των αποθηκευτικών χώρων μαζί με τα αναλώσιμα φορτία (διαχείριση της ζήτησης), εξοικονομώντας έτσι τη δαπάνη αυτής της δυναμικότητας
- πιο σταθερή τιμολόγηση, όπου το κόστος διαχείρισης της αποθήκευσης ή της ζήτησης συμπεριλαμβάνεται στην τιμολόγηση, ώστε να υπάρχουν λιγότερες διακυμάνσεις στα ποσοστά ισχύος που χρεώνονται στους πελάτες ή εναλλακτικά (εάν τα ποσοστά διατηρούνται σταθερά από το νόμο) λιγότερες απώλειες στη χρησιμότητα από τα ακριβά όταν η ζήτηση αιχμής πρέπει να ικανοποιηθεί από την εισαγόμενη χονδρική ενέργεια
- την ετοιμότητα σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης, όπου οι ζωτικές ανάγκες μπορούν να αντιμετωπιστούν με αξιοπιστία ακόμα και χωρίς τη μεταφορά ή την παραγωγή, ενώ οι μη βασικές ανάγκες αναβάλλονται

Η αποθήκευση σε μπαταρίες, χρησιμοποιήθηκε στις πρώτες ημέρες της ηλεκτρικής ενέργειας συνεχούς ρεύματος.

Όταν η ισχύς του δικτύου AC δεν ήταν άμεσα διαθέσιμη, οι απομονωμένες μονάδες φωτισμού που λειτουργούσαν με ανεμογεννήτριες ή κινητήρες εσωτερικής καύσης, παρείχαν φωτισμό και ισχύ σε μικρούς κινητήρες.

Το σύστημα των μπαταριών, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για τη λειτουργία του φορτίου χωρίς την εκκίνηση του κινητήρα ή όταν ο άνεμος είναι ήρεμος.

Μια συστοιχία συσσωρευτών μολύβδου-οξέος σε γυάλινα βάζα, τροφοδοτούσε τόσο το δίκτυο για να φωτίζει τους λαμπτήρες, όσο και για να θέσει σε λειτουργία έναν κινητήρα για να επαναφορτίσει τις μπαταρίες.

Η τεχνολογία αποθήκευσης μπαταριών είναι περίπου 70-85% αποτελεσματική.

Τα συστήματα μπαταριών που είναι συνδεδεμένα με μεγάλους μετατροπείς στερεάς κατάστασης, έχουν χρησιμοποιηθεί για τη σταθεροποίηση των δικτύων διανομής ενέργειας.

Ορισμένες μπαταρίες δικτύου, είναι τοποθετημένες σε εγκαταστάσεις ανανεώσιμης ενέργειας, είτε για την εξομάλυνση της παρεχόμενης ενέργειας από τον διακοπτόμενο άνεμο, είτε για την ηλιακή παροχή ή για τη μετατόπιση της ισχύος εξόδου σε άλλες ώρες της ημέρας, όταν η μονάδα ανανεώσιμης ενέργειας δεν μπορεί να παράγει απευθείας ηλεκτρική ενέργεια.

Αυτά τα υβριδικά συστήματα (παραγωγή και αποθήκευση), μπορούν είτε να ανακουφίσουν το δίκτυο όταν συνδέονται ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είτε να χρησιμοποιηθούν για να φτάσουν στην αυτάρκεια και να εργαστούν εκτός δικτύου.

Σε αντίθεση με τις εφαρμογές στα ηλεκτρικά οχήματα, οι μπαταρίες για σταθερή αποθήκευση δεν έχουν ιδιαίτερους περιορισμούς μάζας ή όγκου.

Ωστόσο, λόγω της μεγάλης ποσότητας ενέργειας και ισχύος, το κόστος ανά μονάδα ισχύος ή ενέργειας είναι ζωτικής σημασίας.

Οι σχετικές μετρήσεις για την εκτίμηση του ενδιαφέροντος μιας τεχνολογίας για αποθήκευση σε κλίμακα δικτύου είναι το \$ / Wh (ή \$ / W) και όχι το Wh / kg (ή W / kg).

Η ηλεκτροχημική αποθήκευση, έγινε δυνατή χάρη στην ανάπτυξη του ηλεκτρικού οχήματος, που προκάλεσε ταχεία μείωση του κόστους παραγωγής των μπαταριών κάτω από \$ 300 / KWh.

Με την βελτιστοποίηση της αλυσίδας παραγωγής, οι μεγάλες βιομηχανίες σκοπεύουν να φθάσουν τα \$ 150 / KWh μέχρι το τέλος του 2020.

Οι μπαταρίες αυτές, βασίζονται σε τεχνολογία Li-Ion, η οποία είναι κατάλληλη για κινητές εφαρμογές (υψηλό κόστος, υψηλή πυκνότητα).

Οι βελτιστοποιημένες τεχνολογίες για το δίκτυο, θα πρέπει να επικεντρώνονται στο χαμηλό κόστος και την χαμηλή πυκνότητα.

Τεχνολογίες μπαταριών

Οι μπαταρίες ιόντων νατρίου, είναι μια φθηνή και βιώσιμη εναλλακτική λύση από τις ιόντων λιθίου, επειδή το νάτριο είναι πολύ πιο άφθονο και φθηνότερο από το λίθιο, αλλά έχει χαμηλότερη πυκνότητα ισχύος.

Ωστόσο, βρίσκονται ακόμη στα πρώτα στάδια της ανάπτυξής τους.

Οι τεχνολογίες προσανατολισμένες στην αυτοκινητοβιομηχανία, βασίζονται σε στερεά ηλεκτρόδια, τα οποία διαθέτουν υψηλή ενεργειακή πυκνότητα αλλά απαιτούν ακριβή διαδικασία κατασκευής.

Τα υγρά ηλεκτρόδια, αντιπροσωπεύουν μια φθηνότερη και λιγότερο πυκνή εναλλακτική λύση, καθώς δεν χρειάζονται καμία επεξεργασία.

Μπαταρίες υγρών κραμάτων

Αυτές οι μπαταρίες, αποτελούνται από δύο κράματα μετάλλων που διαχωρίζονται από έναν ηλεκτρολύτη.

Είναι απλά στην κατασκευή τους, αλλά απαιτούν θερμοκρασία αρκετών εκατοντάδων βαθμών Κελσίου για να κρατήσουν το κράμα σε υγρή κατάσταση.

Αυτή η τεχνολογία περιλαμβάνει ZEBRA, μπαταρίες θείου νατρίου και υγρού μετάλλου.

Οι μπαταρίες θείου νατρίου, χρησιμοποιούνται για αποθήκευση ενέργειας στην Ιαπωνία και στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής.

Ο ηλεκτρολύτης, αποτελείται από στερεά βήτα αλουμίνα.

Η συγκεκριμένη κατηγορία μπαταριών, βρίσκεται ακόμα στη φάση της προτυποποίησης.

Μπαταρίες ροής

Στις επαναφορτιζόμενες μπαταρίες ροής, τα υγρά ηλεκτρόδια αποτελούνται από μεταβατικά μέταλλα μέσα σε νερό με θερμοκρασία δωματίου.

Μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως μέσο αποθήκευσης ταχείας απόκρισης.

Έχουν εγκατασταθεί στο αιολικό πάρκο Huxley Hill (Αυστραλία), στο Tomari Wind Hills στο Hokkaidō (Ιαπωνία), καθώς και σε μη αιολικές γεωργικές εφαρμογές.

Στο αιολικό πάρκο Sorne Hill (Ιρλανδία), επρόκειτο να εγκατασταθεί μπαταρία ροής 12 MWh.

Αυτά τα συστήματα αποθήκευσης, έχουν σχεδιαστεί για να εξομαλύνουν τις παροδικές διακυμάνσεις του δικτύου.

Οι μπαταρίες οξειδοαναγωγής βαναδίου είναι μια άλλη μπαταρία ροής.

Επίσης, το υδροβρώμιο έχει προταθεί για χρήση σε μπαταρίες τύπου ροής.

Υδρογόνο

Το υδρογόνο αναπτύσσεται ως μέσο αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας.

Παράγεται, στη συνέχεια συμπιέζεται ή υγροποιείται, αποθηκεύεται κρυογενετικά στους $-252.882\text{ }^{\circ}\text{C}$ και στη συνέχεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια ή θερμότητα.

Το υδρογόνο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για φορητές διατάξεις (οχήματα) ή σταθερή παραγωγή ενέργειας.

Σε σύγκριση με την αποθηκευμένη άντληση νερού και τις μπαταρίες, το υδρογόνο, έχει το πλεονέκτημα ότι είναι καύσιμο υψηλής ενεργειακής πυκνότητας.

Μπορεί να παραχθεί είτε με αναμόρφωση φυσικού αερίου με ατμό είτε με ηλεκτρόλυση νερού σε υδρογόνο και οξυγόνο.

Η αναμόρφωση του φυσικού αερίου, παράγει διοξείδιο του άνθρακα ως υποπροϊόν.

Η ηλεκτρόλυση υψηλής θερμοκρασίας και η υψηλής πίεσης, είναι δύο τεχνικές με τις οποίες μπορεί να αυξηθεί η απόδοση της παραγωγής υδρογόνου.

Το υδρογόνο μετατρέπεται στη συνέχεια σε ηλεκτρική ενέργεια από κινητήρα εσωτερικής καύσης ή σε κυψέλη καυσίμου.

Η αποδοτικότητα AC σε AC στην αποθήκευση υδρογόνου, έχει αποδειχθεί ότι είναι της τάξης του 20 έως 45%, γεγονός που επιβάλλει οικονομικούς περιορισμούς. Ο αναλογία τιμής, μεταξύ αγοράς και πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας, πρέπει να συμβαδίζει με την απόδοση, προκειμένου το σύστημα να είναι οικονομικό. Οι κυψέλες καυσίμου υδρογόνου, μπορούν να ανταποκριθούν αρκετά γρήγορα ώστε να διορθώσουν τις γρήγορες διακυμάνσεις της ζήτησης ή της παροχής ηλεκτρικής ενέργειας και να ρυθμίσουν τη συχνότητα. Εάν το υδρογόνο, μπορεί να χρησιμοποιήσει την υποδομή φυσικού αερίου, εξαρτάται από τα υλικά κατασκευής του δικτύου, τα πρότυπα στις συνδέσεις και την πίεση αποθήκευσης. Ο εξοπλισμός που απαιτείται για την αποθήκευση ενέργειας υδρογόνου, περιλαμβάνει μια εγκατάσταση ηλεκτρόλυσης, συμπιεστές υδρογόνου ή υγροποιητές και δεξαμενές αποθήκευσης. Το βιουδρογόνο, είναι μια διεργασία που διερευνάται για την παραγωγή υδρογόνου που χρησιμοποιεί βιομάζα. Η μικρο-συμπαγωγή θερμότητας και ισχύος (microCHP), μπορεί να χρησιμοποιήσει το υδρογόνο ως καύσιμο. Ορισμένες μονάδες πυρηνικής ενέργειας, μπορούν να επωφεληθούν από μια συμβίωση με την παραγωγή υδρογόνου. Οι αντιδραστήρες υψηλής θερμοκρασίας παραγωγής πυρηνικής ενέργειας IV (950 έως 1000 ° C), έχουν τη δυνατότητα να ηλεκτρολύουν το υδρογόνο από το νερό με θερμοχημικά μέσα χρησιμοποιώντας πυρηνική θερμότητα όπως στον κύκλο θείου-ιωδίου. Οι πρώτοι εμπορικοί αντιδραστήρες αναμένονται το 2030. Ένα πιλοτικό πρόγραμμα που βασίζεται σε κοινότητες και χρησιμοποιεί ανεμογεννήτριες και γεννήτριες υδρογόνου ξεκίνησε το 2007 στην απομακρυσμένη κοινότητα Ramea, Newfoundland και Labrador στον Καναδά. Ένα παρόμοιο έργο συνεχίζεται από το 2004 στην Utsira, ένα μικρό νορβηγικό δήμο.

Αποθήκευση θερμικής ενέργειας

Στη Δανία, παρατηρήθηκε πως η άμεση αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας είναι υπερβολικά δαπανηρή σε μεγάλη κλίμακα, αν και γίνεται σημαντική χρήση της υπάρχουσας Νορβηγικής εταιρείας υδρογόνου. Αντ' αυτού, η χρήση των υφιστάμενων δεξαμενών αποθήκευσης ζεστού νερού που συνδέονται με συστήματα τηλεθέρμανσης, που θερμαίνονται είτε από λέβητες είτε από αντλίες θερμότητας, θεωρείται προτιμότερη προσέγγιση. Στη συνέχεια, η αποθηκευμένη θερμότητα μεταφέρεται σε κατοικίες χρησιμοποιώντας σωλήνες τηλεθέρμανσης. Το τηγμένο αλάτι, χρησιμοποιείται για την αποθήκευση της θερμότητας που συλλέγεται από μια μονάδα ηλιακής ενέργειας, ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρισμού σε περίπτωση κακοκαιρίας ή τη νύχτα. Η ηλεκτρική ενέργεια εκτός ωρών αιχμής, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή πάγου από το νερό και ο πάγος μπορεί να αποθηκευτεί. Ο αποθηκευμένος πάγος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ψύξει τον αέρα σε ένα μεγάλο κτίριο που θα χρησιμοποιούσε κανονικά ηλεκτρικό A/C, μεταφέροντας έτσι το ηλεκτρικό φορτίο σε ώρες εκτός αιχμής.

Σε άλλα συστήματα αποθήκευσης, ο πάγος χρησιμοποιείται για την ψύξη του αέρα εισαγωγής μιας γεννήτριας αεριοστροβίλων, αυξάνοντας έτσι την απόδοση σε ώρες αιχμής.

Ένα σύστημα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας με αντλία θερμότητας, χρησιμοποιεί έναν ιδιαίτερα αναστρέψιμο μηχανισμό θερμότητας, αντλία για την άντληση θερμότητας μεταξύ δύο δοχείων αποθήκευσης, για την θέρμανση του ενός και ψύξη του άλλου.

Το σύστημα αυτό, υπόσχεται ενεργειακή απόδοση σε ηλεκτρικό ρεύμα περίπου 72-80%.

3.2 Μικρο-δίκτυα (Microgrids)

Το μικρο-δίκτυο, είναι ένα σύνολο τοπικών πηγών ηλεκτρικής ενέργειας και φορτίων, που κανονικά λειτουργούν συνδεδεμένα συγχρόνως με το παραδοσιακό κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο, αλλά μπορούν επίσης να αποσυνδεθούν (λειτουργία νησιωτικού μοντέλου) και να λειτουργήσουν αυτόνομα.

Με αυτό τον τρόπο, ένα μικρο-δίκτυο μπορεί να ενσωματώσει αποτελεσματικά διάφορες πηγές διεσπαρμένης παραγωγής, ειδικά Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ), και μπορεί να παρέχει ισχύ έκτακτης ανάγκης, αλλάζοντας μεταξύ νησιωτικού και διασυνδεδεμένου μοντέλου.

Η Χαβάη, είναι ένα παράδειγμα μικρο-δικτύου και σχεδόν πάντα σε νησιωτικό μοντέλο επειδή είναι πράγματι ένα νησί.

Οι βασικοί άξονες ενός μικρο-δικτύου είναι:

- *Τοπική παραγωγή*
Αφορά τους διάφορους τύπους πηγών παραγωγής που τροφοδοτούν με ηλεκτρικό ρεύμα τον χρήστη.
Αυτές οι πηγές χωρίζονται σε δύο μεγάλες ομάδες, τις πηγές θερμικής ενέργειας (π.χ. γεννήτριες ντίζελ) και τις ανανεώσιμες πηγές παραγωγής (π.χ. ανεμογεννήτριες, ηλιακή ενέργεια)
- *Κατανάλωση*
Αναφέρεται σε στοιχεία που καταναλώνουν ηλεκτρική ενέργεια που κυμαίνεται από μεμονωμένες συσκευές μέχρι φωτισμό, σύστημα θέρμανσης κτιρίων, εμπορικά κέντρα κλπ.
Στην περίπτωση ελεγχόμενων φορτίων, η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να τροποποιηθεί στη ζήτηση του δικτύου
- *Αποθήκευση ενέργειας*
Στα μικρο-δίκτυα, η αποθήκευση ενέργειας είναι ικανή να εκτελεί πολλαπλές λειτουργίες, όπως η εξασφάλιση της ποιότητας της ηλεκτρικής ενέργειας, συμπεριλαμβανομένης της ρύθμισης συχνότητας και τάσης, η εξομάλυνση της παραγωγής ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, η παροχή εφεδρικής ισχύος για το σύστημα, καθώς επίσης και η σημαντική συνεισφορά στη βελτιστοποίηση του κόστους
- *Σημείο κοινής σύνδεσης (PCC)*
Είναι το σημείο στο ηλεκτρικό κύκλωμα όπου ένα μικρο-δίκτυο συνδέεται με ένα κύριο.
Τα μικρο-δίκτυα που δεν διαθέτουν PCC, ονομάζονται απομονωμένα μικρο-δίκτυα που συνήθως παρουσιάζονται στην περίπτωση απομακρυσμένων τοποθεσιών (π.χ. απομακρυσμένες κοινότητες ή βιομηχανικές περιοχές), όπου η διασύνδεση με το κύριο δίκτυο δεν είναι εφικτή λόγω τεχνικών ή και οικονομικών περιορισμών .

Παρακάτω, αναφέρονται διάφοροι τύποι μικρο-δικτύων:

- *Μικρο-δίκτυο πανεπιστημιούπολης/ιδρυμάτων*
Το μικρο-δίκτυο πανεπιστημιούπολης/ιδρυμάτων, εστιάζει στην υπάρχουσα επιτόπια παραγωγή με πολλαπλά φορτία που βρίσκονται σε περιορισμένα γεωγραφικά όρια, όπου ο διαχειριστής την ελέγχει εύκολα

- Απομακρυσμένα "εκτός δικτύου" μικρο-δίκτυα
Αυτά τα μικρο-δίκτυα, δεν συνδέονται ποτέ με το κεντρικό δίκτυο και αντ' αυτού λειτουργούν σε νησιωτικό μοντέλο ανά πάσα στιγμή λόγω οικονομικής ή γεωγραφικής θέσης.
Χαρακτηριστικά, ένα μικρο-δίκτυο "εκτός δικτύου", είναι χτισμένο σε περιοχές πολύ απομακρυσμένες από οποιαδήποτε υποδομή μεταφοράς και διανομής και επομένως δεν έχει καμία σύνδεση με το κεντρικό δίκτυο ηλεκτρισμού
- Μικρο-δίκτυο στρατιωτικής βάσης
Αυτά τα μικρο-δίκτυα, αναπτύσσονται ενεργά με επίκεντρο τόσο την φυσική όσο και την κυβερνητική ασφάλεια για τις στρατιωτικές εγκαταστάσεις, προκειμένου να εξασφαλιστεί αξιόπιστη επάρκεια χωρίς να στηρίζεται στο κεντρικό δίκτυο
- Εμπορικά και Βιομηχανικά μικρο-δίκτυα
Αυτοί οι τύποι μικρο-δικτύων, ωριμάζουν γρήγορα στη Βόρεια Αμερική και την Ασία.
Ωστόσο, η έλλειψη γνωστών προτύπων για αυτούς τους τύπους μικρο-δικτύων, περιορίζει τις παγκόσμιες επιπτώσεις.
Οι κύριοι λόγοι για την εγκατάσταση ενός βιομηχανικού μικρο-δικτύου, είναι η ασφάλεια τροφοδοσίας και η αξιοπιστία.
Υπάρχουν πολλές διαδικασίες παραγωγής, στις οποίες η διακοπή της τροφοδοσίας μπορεί να προκαλέσει υψηλές απώλειες εσόδων και μεγάλο χρονικό διάστημα επαναφοράς.

3.2.1 Πλεονεκτήματα, προκλήσεις και έλεγχος των μικρο-δικτύων

Πλεονεκτήματα

Ένα μικρο-δίκτυο, είναι ικανό να λειτουργεί σε διασυνδεδεμένο αλλά και αυτόνομο, καθώς και να χειρίζεται τη μετάβαση μεταξύ των δύο λειτουργιών

Στον τρόπο λειτουργίας που συνδέεται με το δίκτυο, οι βοηθητικές υπηρεσίες μπορούν να παρέχονται από την εμπορική δραστηριότητα μεταξύ του μικρο-δικτύου και του κύριου δικτύου.

Στο νησιωτικό μοντέλο, η πραγματική και η άεργος ισχύς που παράγεται μέσα στο μικρο-δίκτυο, συμπεριλαμβανομένης της πραγματικής και άεργου ισχύος που παρέχεται από το σύστημα αποθήκευσης ενέργειας, πρέπει να είναι σε ισορροπία με την ζήτηση των τοπικών φορτίων.

Ένα μικρο-δίκτυο, μπορεί να μεταβαίνει μεταξύ αυτών των δύο τρόπων λόγω προγραμματισμένης συντήρησης, υποβαθμισμένης ποιότητας ισχύος ή έλλειψης στο δίκτυο, σφαλμάτων στο τοπικό δίκτυο ή για οικονομικούς λόγους.

Μέσω της τροποποίησης της ροής ενέργειας μέσω των συνιστωσών του μικρο-δικτύου, αυτά, διευκολύνουν την ενσωμάτωση της παραγωγής ανανεώσιμης ενέργειας όπως η παραγωγή των φωτοβολταϊκών, των αιολικών και των κυψελών καυσίμου χωρίς να απαιτείται ανασχεδιασμός του εθνικού συστήματος διανομής. Οι σύγχρονες μέθοδοι βελτιστοποίησης, μπορούν επίσης να ενσωματωθούν στο σύστημα διαχείρισης ενέργειας του μικρο-δικτύου για τη βελτίωση της αποδοτικότητας, της οικονομίας και της ευελιξίας.

Προκλήσεις

Τα μικρο-δίκτυα και γενικά η ενσωμάτωση των μονάδων DER, εισάγουν ορισμένες λειτουργικές προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπιστούν στο σχεδιασμό συστημάτων ελέγχου και προστασίας, προκειμένου να διασφαλιστεί ότι τα σημερινά επίπεδα αξιοπιστίας δεν επηρεάζονται σημαντικά και τα πιθανά οφέλη της διεσπαρμένης παραγωγής αξιοποιούνται πλήρως.

Ορισμένες από αυτές τις προκλήσεις, προκύπτουν από μη έγκυρες υποθέσεις που συνήθως εφαρμόζονται στα συμβατικά συστήματα διανομής, ενώ άλλες, είναι αποτέλεσμα των θεμάτων σταθερότητας που παρατηρήθηκαν μόνο σε επίπεδο συστήματος μεταφοράς.

Οι σημαντικότερες προκλήσεις όσον αφορά την προστασία και τον έλεγχο του μικρο-δικτύου περιλαμβάνουν:

- Αμοιβαίες ροές ισχύος: Η παρουσία στο δίκτυο μονάδων DG σε χαμηλά επίπεδα τάσης, μπορεί να προκαλέσει αντίστροφη ροή ισχύος με αποτέλεσμα να οδηγήσει σε επιπλοκές στον συντονισμό προστασίας, ανεπιθύμητη ροής ισχύος, σφάλμα στην κατανομή ρεύματος και έλεγχο της τάσης.
- Θέματα σταθερότητας: Η αλληλεπίδραση του συστήματος ελέγχου των μονάδων DG, μπορεί να δημιουργήσει τοπικές ταλαντώσεις, απαιτώντας λεπτομερή ανάλυση σταθερότητας μικρών διαταραχών.

Επιπλέον, οι μεταβατικές δραστηριότητες μεταξύ των συνδεδεμένων και αυτόνομων τρόπων λειτουργίας σε ένα μικρο-δίκτυο, μπορούν να δημιουργήσουν παροδική σταθερότητα.

Πρόσφατες μελέτες, έχουν δείξει ότι η διασύνδεση μικρο-δικτύων συνεχούς ρεύματος (DC), μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικά απλούστερη δομή ελέγχου, αποδοτικότερη κατανομή ενέργειας και μεγαλύτερη ικανότητα μεταφοράς ρεύματος για τις ίδιες διαβαθμίσεις γραμμής.

- Μοντελοποίηση: Πολλά χαρακτηριστικά στο παραδοσιακό σχήμα, όπως η επικράτηση ισορροπημένες συνθήκες τριών φάσεων, κυρίως επαγωγικών γραμμών μεταφοράς και φορτίων σταθερής ισχύος, δεν ισχύουν αναγκαστικά για τα μικρο-δίκτυα και κατά συνέπεια τα μοντέλα πρέπει να αναθεωρηθούν.
- Χαμηλή αδράνεια: Το μικρο-δίκτυο, παρουσιάζει χαρακτηριστικά χαμηλής αδράνειας που διαφέρουν από τα συστήματα μεγάλης ισχύος, όπου ο υψηλός αριθμός σύγχρονων γεννητριών εξασφαλίζει σχετικά μεγάλη αδράνεια. Ειδικά, αν υπάρχει ένας σημαντικός αριθμός διασυνδεδεμένων μονάδων DG με ηλεκτρονικά ισχύος, το φαινόμενο αυτό είναι πιο ξεκάθαρο. Η χαμηλή αδράνεια στο σύστημα, μπορεί να οδηγήσει σε σοβαρές αποκλίσεις συχνότητας στην αυτόνομη λειτουργία, εάν δεν εφαρμοστεί ένας σωστός μηχανισμός ελέγχου.

- Αβεβαιότητα: Η λειτουργία των μικρο-δικτύων, εμπεριέχει πολύ μεγάλη αβεβαιότητα, η οποία συνδέεται με την οικονομική και αξιόπιστη λειτουργία τους.

Τα είδη των φορτίων και η πρόγνωση του καιρού, είναι δύο στοιχεία που καθιστούν το συντονισμό αυτό πιο δύσκολο κυρίως στα απομονωμένα μικρο-δίκτυα, όπου η κρίσιμη ισορροπία ζήτησης-προσφοράς και τα υψηλότερα ποσοστά αποτυχίας των εξαρτημάτων, απαιτούν την επίλυση ενός ισχυρού προβλήματος σε βάθος χρόνου. Αυτή η αβεβαιότητα, είναι υψηλότερη από εκείνη των συστημάτων μεγάλης ισχύος, λόγω του μειωμένου αριθμού φορτίων και τις πολλές μεταβολές των διαθέσιμων ενεργειακών πόρων.

Έλεγχος μικρο-δικτύων

Όσον αφορά την αρχιτεκτονική για τον έλεγχο του μικρο-δικτύου ή οποιουδήποτε προβλήματος ελέγχου, υπάρχουν δύο διαφορετικές προσεγγίσεις που μπορούν να αναφερθούν: ο συγκεντρωτικός και ο αποκεντρωμένος έλεγχος.

Ένας πλήρως κεντρικός έλεγχος, βασίζεται σε έναν μεγάλο όγκο μετάδοσης πληροφοριών μεταξύ των μονάδων που εμπλέκονται και στη συνέχεια η απόφαση δημιουργείται σε ένα μόνο σημείο.

Αποτέλεσμα του γεγονότος αυτού, είναι να παρουσιαστεί μεγάλο πρόβλημα στην εφαρμογή, δεδομένου ότι τα διασυνδεδεμένα συστήματα ισχύος συνήθως καλύπτουν εκτεταμένες γεωγραφικές τοποθεσίες και περιλαμβάνουν έναν τεράστιο αριθμό μονάδων.

Ως εκ τούτου, ο πλήρως κεντρικός έλεγχος θεωρείται σήμερα ανέφικτος.

Από την άλλη μεριά, σε έναν πλήρως αποκεντρωμένο έλεγχο, κάθε μονάδα ελέγχεται από τον τοπικό ελεγκτή της χωρίς να γνωρίζει την κατάσταση άλλων.

Επίσης, είναι ανεξάρτητος λόγω της ισχυρής σύζευξης μεταξύ των λειτουργιών διαφόρων μονάδων του συστήματος.

Ένας συμβιβασμός μεταξύ αυτών των δύο καθεστώτων ακραίων ελέγχων, μπορεί να επιτευχθεί μέσω ενός συστήματος ιεραρχικού ελέγχου που αποτελείται από τρία επίπεδα: πρωτοβάθμιος, δευτεροβάθμιος και τριτοβάθμιος.

Πρωτοβάθμιος έλεγχος

Ο πρωτοβάθμιος έλεγχος, έχει σχεδιαστεί για να ικανοποιεί τις ακόλουθες απαιτήσεις:

- Για την σταθεροποίηση της τάσης και της συχνότητας
- Να προσφέρει την δυνατότητα σύνδεσης και αναπαραγωγής για DER και να διαμοιράζει κατάλληλα την ενεργή και άεργο ισχύ μεταξύ τους, κατά προτίμηση χωρίς καμία σύνδεση επικοινωνίας
- Να μετριάξει την αύξηση του ρεύματος που μπορεί να προκαλέσει ανεπιθύμητα φαινόμενα στις ηλεκτρονικές συσκευές ισχύος

Ο πρωτοβάθμιος έλεγχος, παρέχει τις επιθυμητές τιμές για χαμηλότερους ελεγκτές, οι οποίοι είναι οι βρόχοι ελέγχου τάσης και ρεύματος των DER.

Αυτοί οι εσωτερικοί βρόχοι ελέγχου, αναφέρονται συνήθως ως μηδενικού επιπέδου.

Δευτεροβάθμιος έλεγχος

Ο δευτεροβάθμιος έλεγχος, έχει συνήθως χρόνο δειγματοληψίας δευτερολέπτων έως λεπτών (δηλ. βραδύτερος από τον προηγούμενο), ο οποίος δικαιολογεί την αποσυνδεδεμένη δυναμική των βρόχων πρωτοβάθμιου και δευτεροβάθμιου ελέγχου και διευκολύνει τα μεμονωμένα σχέδια τους.

Το σημείο ρύθμισης του πρωτοβάθμιου ελέγχου, δίνεται από τον δευτεροβάθμιο, στον οποίο ως κεντρικός ελεγκτής, αποκαθιστά την τάση και τη συχνότητα του μικρο-δικτύου και αντισταθμίζει τις αποκλίσεις που προκαλούνται από τον πρωτοβάθμιο.

Επίσης, μπορεί να σχεδιαστεί για να ικανοποιεί τις απαιτήσεις ποιότητας ισχύος, π.χ. εξισορρόπηση τάσης σε κρίσιμα φορτία.

Τριτοβάθμιος έλεγχος

Ο τριτοβάθμιος έλεγχος, είναι το τελευταίο (και το πιο αργό) επίπεδο ελέγχου που εξετάζει τις οικονομική πλευρά για την βέλτιστη λειτουργία του μικρο-δικτύου (χρόνος δειγματοληψίας είναι από λεπτά έως ώρες) και διαχειρίζεται τη ροή ισχύος ανάμεσα στο μικρο-δίκτυο και το κυρίως δίκτυο.

Το επίπεδο αυτό, συχνά περιλαμβάνει την πρόβλεψη του καιρού, το τιμολόγιο του δικτύου και των φορτίων των επόμενων ώρων ή τον σχεδιασμό για οικονομικότερη παραγωγή ενέργειας.

Σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης, όπως η διακοπή ρεύματος, ο τριτοβάθμιος έλεγχος θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για να διαχειριστεί μια ομάδα διασυνδεδεμένων μικρο-δικτύων και να σχηματίσουν τη λεγόμενη ομαδοποίηση μικρο-δικτύων, που θα μπορούσε να λειτουργήσει ως εικονική μονάδα παραγωγής ενέργειας και να διατηρήσει τουλάχιστον τα κρίσιμα φορτία βάσης.

Υπό αυτές τις συνθήκες, ο ελεγκτής θα πρέπει να επιλέξει ένα από τα μικρο-δίκτυα να είναι χαλαρό (δηλ. κύριο) και το υπόλοιπο ως φωτοβολταϊκά και φορτία βάσης, σύμφωνα με έναν προκαθορισμένο αλγόριθμο και τις υπάρχουσες συνθήκες του συστήματος (δηλ. ζήτηση και παραγωγή), στην περίπτωση αυτή ο έλεγχος πρέπει να είναι σε πραγματικό χρόνο ή τουλάχιστον σε υψηλό ποσοστό δειγματοληψίας.

3.3 Έξυπνοι μετρητές (Smart meters)

Ένας έξυπνος μετρητής, είναι μια ηλεκτρονική συσκευή που καταγράφει την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε διάφορα χρονικά διαστήματα και ανακοινώνει αυτές τις πληροφορίες καθημερινά στην εταιρεία παροχής για παρακολούθηση και χρέωση.

Οι έξυπνοι μετρητές, επιτρέπουν την αμφίδρομη επικοινωνία μεταξύ του μετρητή και του κεντρικού συστήματος.

Σε αντίθεση με τις οθόνες οικιακής ενέργειας, οι έξυπνοι μετρητές μπορούν να συλλέξουν δεδομένα για απομακρυσμένες αναφορές.

Μια τέτοια προηγμένη υποδομή μέτρησης (AMI), διαφέρει από την παραδοσιακή αυτόματη ανάγνωση μετρητών (AMR) στο ότι επιτρέπει αμφίδρομες επικοινωνίες με τον μετρητή.

Οι επικοινωνίες από το μετρητή στο δίκτυο, μπορούν να πραγματοποιηθούν μέσω σταθερών ενσύρματων συνδέσεων ή με ασύρματη σύνδεση.

Οι επιλογές επικοινωνίας μέσω καλωδίων, περιλαμβάνουν τον φορέα ηλεκτρικής ενέργειας (PLC).

Υπάρχουν πολλές κοινές επιλογές ασύρματης επικοινωνίας που περιλαμβάνουν: κυψελοειδείς επικοινωνίες (που μπορούν να είναι ακριβές), Wi-Fi (άμεσα διαθέσιμα), ασύρματα δίκτυα ad-hoc (αυτο-οργανωμένο δίκτυο ή δίκτυο κατ' απαίτηση) μέσω Wi-Fi, ασύρματα βροχοειδή δίκτυα, ασύρματα δίκτυα χαμηλής ισχύος μεγάλης εμβέλειας, ZigBee (ασύρματο χαμηλής ταχύτητας δεδομένων χαμηλής ισχύος) και Wi-SUN (δίκτυα έξυπνης χρήσης).



Εικόνα 3.7 Έξυπνος ψηφιακός μετρητής ηλεκτρικής ενέργειας

Σκοπός

Από την έναρξη της απελευθέρωσης του ηλεκτρικού ρεύματος και της καθοδηγούμενης τιμολόγησης από την αγορά σε όλο τον κόσμο, οι επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας αναζητούσαν ένα μέσο που να ταιριάζει με την κατανάλωση και την παραγωγή.

Οι παραδοσιακοί ηλεκτρικοί μετρητές και οι μετρητές αερίων, μετρούν μόνο τη συνολική κατανάλωση και επομένως δεν παρέχουν πληροφορίες σχετικά με το πότε καταναλώνεται η ενέργεια σε κάθε μετρητή.

Οι έξυπνοι μετρητές, παρέχουν έναν τρόπο μέτρησης αυτών των πληροφοριών για συγκεκριμένες τοποθεσίες, επιτρέποντας στις εταιρείες κοινής ωφέλειας να εισάγουν διαφορετικές τιμές κατανάλωσης βάσει της ημέρας και της εποχής.

Οι επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας, προτείνουν ότι από την άποψη των καταναλωτών, η έξυπνη μέτρηση προσφέρει δυνητικά οφέλη στους ιδιοκτήτες κατοικιών.

Αυτά περιλαμβάνουν: α) ένα τέλος στους εκτιμώμενους λογαριασμούς, οι οποίοι αποτελούν σημαντική πηγή καταγγελιών για πολλούς πελάτες, β) ένα εργαλείο που βοηθά τους καταναλωτές να διαχειρίζονται καλύτερα την αγορά ενέργειας, αναφέροντας ότι οι έξυπνοι μετρητές με οθόνη έξω από τα σπίτια τους, θα μπορούσαν να παρέχουν ενημερωμένες πληροφορίες, ώστε να βοηθήσουν τους

πολίτες να διαχειριστούν καλύτερα τη χρήση ενέργειας και να μειώσουν τους λογαριασμούς.

Η τιμολόγηση της ηλεκτρικής ενέργειας, συνήθως κορυφώνεται σε ορισμένες προβλέψιμες ώρες της ημέρας κάθε εποχής.

Ειδικότερα, αν η παραγωγή είναι περιορισμένη, οι τιμές μπορεί να αυξηθούν εάν η ηλεκτρική ενέργεια από άλλες πηγές ή πιο δαπανηρές παραγωγές, εμφανίζεται σε απευθείας σύνδεση.

Οι υπέρμαχοι υποστηρίζουν, ότι η χρέωση των πελατών με υψηλότερο τιμολόγιο για τις ώρες αιχμής, θα ενθαρρύνει τους καταναλωτές να προσαρμόσουν τις καταναλωτικές τους συνήθειες ώστε να ανταποκρίνονται περισσότερο στις τιμές της αγοράς και να ισχυροποιήσουν περαιτέρω το γεγονός, ότι οι ρυθμιστικοί οργανισμοί και οι φορείς σχεδιασμού αγοράς ελπίζουν ότι αυτά τα σήματα τιμών, θα καθυστερούσαν την πρόσθετης παραγωγή ή τουλάχιστον την αγορά ενέργειας από πηγές υψηλότερης τιμής, ελέγχοντας με τον τρόπο αυτό τη σταθερή και ταχεία αύξηση των τιμών ηλεκτρικής ενέργειας.

Ωστόσο, υπάρχουν ορισμένες ανησυχίες ότι οι καταναλωτές χαμηλού εισοδήματος και οι ευάλωτοι καταναλωτές, δεν μπορούν να επωφεληθούν από τα ημερήσια τιμολόγια χρόνου χρήσης.

Μια ακαδημαϊκή μελέτη, βασισμένη σε υπάρχουσες δοκιμές, έδειξε ότι η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από τους ιδιοκτήτες κατοικιών μειώνεται κατά μέσο όρο 3-5% περίπου.

Η δυνατότητα σύνδεσης/αποσύνδεσης από την υπηρεσία και ανάγνωσης της κατανάλωσης από τους μετρητές εξ αποστάσεως, είναι σημαντική εξοικονόμηση εργασίας και μπορεί να οδηγήσει στην απενεργοποίηση πολλών μετρητών.

Τεχνολογία

Συνδεσιμότητα

Η επικοινωνία, είναι μια κρίσιμη τεχνολογική απαίτηση για έξυπνους μετρητές. Κάθε μετρητής, πρέπει να είναι σε θέση να διαβιβάσει αξιόπιστα και με ασφάλεια τις πληροφορίες που συλλέγονται σε κάποια κεντρική τοποθεσία.

Λαμβάνοντας υπόψη τα διαφορετικά περιβάλλοντα και τις τοποθεσίες όπου βρίσκονται οι μετρητές, διαπιστώνεται ότι το αυτό γεγονός αποτελεί μεγάλο πρόβλημα.

Μεταξύ των προτεινόμενων λύσεων είναι: η χρήση δικτύων κυψελών και τηλεειδοποιητών, δορυφορικών ραδιοσυχνοτήτων, ασύρματη αδειοδότηση, συνδυασμός αδειοδοτούμενης και μη αδειοδοτούμενης ασύρματης επικοινωνίας και επικοινωνίας μέσω γραμμής ισχύος.

Δεν είναι μόνο το μέσο που χρησιμοποιείται για επικοινωνιακούς σκοπούς, αλλά και ο τύπος του δικτύου που χρησιμοποιείται.

Ως εκ τούτου, θα μπορούσαν να αναφερθούν τα εξής: σταθερό ασύρματο, ασύρματο δίκτυο πλέγματος και ασύρματα δίκτυα ad hoc ή ένας συνδυασμός των δύο.

Υπάρχουν πολλές άλλες πιθανές διαμορφώσεις δικτύου, όπως η χρήση Wi-Fi και άλλων δικτύων που σχετίζονται με το διαδίκτυο.

Μέχρι σήμερα, καμία λύση δεν φαίνεται να είναι βέλτιστη για όλες τις εφαρμογές.

Οι αγροτικές επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας, έχουν πολύ διαφορετικά προβλήματα επικοινωνίας από τις αστικές επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας ή επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας που βρίσκονται σε απομακρυσμένες τοποθεσίες, όπως ορεινές περιοχές ή περιοχές που δεν εξυπηρετούνται από εταιρείες διαδικτύου.

Εκτός από την επικοινωνία με το κεντρικό δίκτυο, οι έξυπνοι μετρητές ίσως χρειαστεί να είναι μέρος ενός οικιακού δικτύου, το οποίο μπορεί να περιλαμβάνει μια εσωτερική οθόνη και έναν διανομέα για τη διασύνδεση ενός ή περισσοτέρων μετρητών με το κέντρο.

Οι τεχνολογίες για αυτό το δίκτυο θα διαφέρουν από χώρα σε χώρα, αλλά περιλαμβάνουν επικοινωνία γραμμής ισχύος, ασύρματο δίκτυο ad hoc και ZigBee.

Πρωτόκολλα επικοινωνίας

Το ANSI C12.18 είναι ένα πρότυπο που περιγράφει ένα πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται για αμφίδρομες επικοινωνίες με ένα μετρητή, το οποίο χρησιμοποιείται κυρίως στις αγορές της Βορείου Αμερικής.

Το πρότυπο C12.18, είναι γραμμένο ειδικά για επικοινωνίες μετρητών μέσω μιας οπτικής θύρας ANSI τύπου 2 και καθορίζει τις λεπτομέρειες πρωτοκόλλου χαμηλότερου επιπέδου.

Το ANSI C12.19 καθορίζει τους πίνακες δεδομένων που θα χρησιμοποιηθούν.

Το ANSI C12.21 είναι μια επέκταση του C12.18, γραμμένο για μόντεμ αντί για οπτικές επικοινωνίες, επομένως είναι καλύτερα προσαρμοσμένο στην αυτόματη ανάγνωση του μετρητή.

Το πρότυπο IEC 61107, είναι ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας για έξυπνους μετρητές που εκδόθηκε από την IEC που χρησιμοποιείται ευρέως για μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση.

Στην πορεία, αντικαταστάθηκε από το IEC 62056, αλλά παραμένει σε ευρεία χρήση επειδή είναι απλό και καλά αποδεκτό.

Αποστέλλει δεδομένα ASCII, χρησιμοποιώντας μια σειριακή θύρα.

Τα φυσικά μέσα μετάδοσης είναι είτε διαμορφωμένο φως, που αποστέλλεται με ένα LED και λαμβάνονται από μια φωτοδίοδο, είτε ένα ζεύγος καλωδίων που συνήθως διαμορφώνονται με EIA-485.

Το πρότυπο IEC 61107, σχετίζεται και συνδέεται με το πρωτόκολλο FLAG.

Το πρωτόκολλο Open Smart Grid (OSGP), είναι μια οικογένεια προδιαγραφών που δημοσιεύεται από το Ευρωπαϊκό Ινστιτούτο Τηλεπικοινωνιακών Προτύπων (ETSI) και χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με το πρότυπο δικτύου ελέγχου ISO / IEC 14908 για έξυπνες μετρήσεις και εφαρμογές έξυπνων δικτύων.

Εκατομμύρια έξυπνοι μετρητές που βασίζονται στο OSGP, αναπτύσσονται σε όλο τον κόσμο, αλλά έχουν εντοπιστεί πολυάριθμα ελαττώματα ασφαλείας.

Όπως δείχνουν οι έρευνες, υπάρχει μια αυξανόμενη τάση για τη χρήση της τεχνολογίας TCP / IP ως κοινή πλατφόρμα επικοινωνίας για εφαρμογές έξυπνου μετρητή, ώστε οι επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας να μπορούν να αναπτύξουν πολλαπλά συστήματα επικοινωνίας, ενώ χρησιμοποιούν την τεχνολογία IP ως κοινή πλατφόρμα διαχείρισης.

Μια καθολική διεπαφή μέτρησης, θα επέτρεπε την ανάπτυξη και τη μαζική παραγωγή έξυπνων μετρητών και συσκευών έξυπνων δικτύων, πριν από την καθιέρωση των προτύπων επικοινωνίας και στη συνέχεια, για την εύκολη προσθήκη ή αλλαγή των σχετικών ενοτήτων επικοινωνίας όταν απαιτείται.

Με τον τρόπο αυτό, θα μειωθεί ο κίνδυνος της επένδυσης σε λάθος πρότυπα καθώς και να επιτραπεί σε ένα ενιαίο προϊόν να χρησιμοποιηθεί σε παγκόσμιο επίπεδο, ακόμη και αν τα περιφερειακά πρότυπα επικοινωνίας ποικίλλουν. Ορισμένοι έξυπνοι μετρητές, μπορούν να χρησιμοποιήσουν ένα δοκιμαστικό IR LED, για τη μετάδοση μη κρυπτογραφημένων δεδομένων χρήσης, που παρακάμπτουν την ασφάλεια του μετρητή με τη μετάδοση δεδομένων χαμηλότερου επιπέδου σε πραγματικό χρόνο.

Διαχείριση δεδομένων

Μια άλλη κρίσιμη τεχνολογία για συστήματα έξυπνων μετρητών, είναι η τεχνολογία πληροφοριών στο βοηθητικό πρόγραμμα που ενσωματώνει τα δίκτυα αυτά με τις εφαρμογές του βοηθητικού προγράμματος, που περιλαμβάνει το σύστημα διαχείρισης δεδομένων μετρητών.

Είναι επίσης σημαντικό για τις εφαρμογές έξυπνων δικτύων, να είναι τυποποιημένες και συμβατές με τις τεχνολογίες επικοινωνίας γραμμής ισχύος (PLC) που χρησιμοποιούνται στο σπίτι μέσω ενός τοπικού δικτύου (HAN).

Το HAN επιτρέπει στα συστήματα HVAC και σε άλλες οικιακές συσκευές, να επικοινωνούν με τον έξυπνο μετρητή και από εκεί με το βοηθητικό πρόγραμμα. Επί του παρόντος υπάρχουν αρκετά ευρυζωνικά δίκτυα που έχουν αναπτυχθεί, τα οποία δεν είναι ακόμα συμβατά.

Για την αντιμετώπιση αυτού του ζητήματος, το Εθνικό Ινστιτούτο Προτύπων και Τεχνολογίας (NIST) δημιούργησε μια ομάδα εργασίας, η οποία θα μελετήσει και θα προτείνει μηχανισμούς συνύπαρξης με έμφαση στην εναρμόνιση των προτύπων PLC για το HAN.

Ο στόχος της ομάδας, είναι να διασφαλίσει ότι όλες οι τεχνολογίες PLC που επιλέγονται για το HAN τουλάχιστον θα συνυπάρχουν.

Οι δύο κύριες τεχνολογίες PLC ευρείας ζώνης που επιλέγονται, είναι οι τεχνολογίες HomePlug AV / IEEE 1901 και ITU-T G.hn.

Οι τεχνικές ομάδες εργασίας των εν λόγω οργανισμών, εργάζονται για την ανάπτυξη κατάλληλων μηχανισμών συνύπαρξης.

Η συμμαχία HomePlug Powerline, έχει αναπτύξει ένα νέο πρότυπο για τις επικοινωνίες έξυπνων δικτύων HAN, που ονομάζεται η προδιαγραφή HomePlug Green PHY.

Είναι ένα πρότυπο διαλειτουργικό και συνυπάρχει με την ευρέως αναπτυγμένη τεχνολογία HomePlug AV και με το νέο διεθνές πρότυπο IEEE 1901 και βασίζεται στην τεχνολογία ευρείας ζώνης OFDM.

Η ITU-T ανέθεσε το 2010 ένα νέο έργο με τίτλο G.hnem, για να αντιμετωπίσει τις πτυχές οικιακής δικτύωσης της ενεργειακής διαχείρισης, βασισμένες στις υφιστάμενες τεχνολογίες χαμηλής συχνότητας narrow band OFDM, για την οποία θα γίνει αναφορά σε επόμενο κεφάλαιο.

Προηγμένη υποδομή μέτρησης

Η προηγμένη υποδομή μέτρησης (AMI), αναφέρεται σε συστήματα που μετρούν, συλλέγουν και αναλύουν τη χρήση ενέργειας και επικοινωνούν με μετρητικές συσκευές όπως μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας, μετρητές αερίου, μετρητές θερμότητας και μετρητές νερού, είτε κατόπιν αιτήματος είτε βάσει προγράμματος. Αυτά τα συστήματα περιλαμβάνουν το υλικό, το λογισμικό, τις επικοινωνίες, τις οθόνες και τους ελεγκτές ενέργειας των καταναλωτών, τα συστήματα που συνδέονται με τους πελάτες, το λογισμικό διαχείρισης δεδομένων των μετρητών και τα επιχειρηματικά συστήματα των προμηθευτών.

Οι κυβερνητικές υπηρεσίες και οι επιχειρήσεις κοινής ωφελείας, στρέφονται προς τα συστήματα προηγμένης μετρητικής υποδομής AMI ως μέρος μεγαλύτερων πρωτοβουλιών έξυπνου δικτύου.

Η AMI, επεκτείνει την τεχνολογία αυτόματης ανάγνωσης μετρητών (AMR), παρέχοντας επικοινωνίες δύο μετρητών, επιτρέποντας την αποστολή εντολών προς το σπίτι για πολλαπλούς σκοπούς, συμπεριλαμβανομένων των πληροφοριών τιμολόγησης με βάση το χρόνο, των ενεργειών απόκρισης ζήτησης ή των αποσυνδεδεμένων απομακρυσμένων υπηρεσιών.

Οι ασύρματες τεχνολογίες, είναι κρίσιμα στοιχεία για τα γειτονικά δίκτυα, συγκεντρώνοντας την διαμόρφωση του πλέγματος χιλιάδων μέτρων ώστε να γίνει η μετάδοση προς τα κεντρικά γραφεία πληροφορικής της εταιρείας.

Το δίκτυο μεταξύ των συσκευών μέτρησης και των επιχειρηματικών συστημάτων, επιτρέπει τη συλλογή και τη διανομή πληροφοριών σε πελάτες, προμηθευτές, επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας και παρόχους υπηρεσιών.

Αυτό επιτρέπει στις επιχειρήσεις, να συμμετέχουν στις υπηρεσίες απόκρισης ζήτησης.

Οι καταναλωτές, μπορούν να χρησιμοποιήσουν τις πληροφορίες που παρέχονται από το σύστημα για να αλλάξουν τα συνήθη πρότυπα κατανάλωσης για να επωφεληθούν από τις χαμηλότερες τιμές.

Η τιμολόγηση, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον περιορισμό της αύξησης της κατανάλωσης σε ώρες αιχμής.

Η AMI, διαφέρει από την παραδοσιακή αυτόματη ανάγνωση μετρητών AMR, στο γεγονός ότι επιτρέπει αμφίδρομες επικοινωνίες με τον μετρητή.

Συστήματα ικανά μόνο για ανάγνωση μετρητών, δεν χαρακτηρίζονται ως συστήματα AMI.

4. Επικοινωνία μεταξύ συσκευών (M2M Communication)

Η επικοινωνία M2M, στοχεύει στην απευθείας επικοινωνία μεταξύ συσκευών χρησιμοποιώντας οποιοδήποτε κανάλι διαύλου, συμπεριλαμβανομένων των ενσύρματων και ασύρματων.

Είναι μια πολλά υποσχόμενη τεχνολογία για τα συστήματα επικοινωνίας επόμενης γενιάς.

Αυτό το παράδειγμα επικοινωνίας διευκολύνει τις πανταχού παρούσες επικοινωνίες με πλήρη μηχανικό αυτοματισμό, όπου ένας μεγάλος αριθμός ευφυών συσκευών που συνδέονται με ενσύρματους/ασύρματους συνδέσμους αλληλεπιδρούν μεταξύ τους χωρίς άμεση ανθρώπινη παρέμβαση.

Ως αποτέλεσμα, η επικοινωνία M2M βρίσκει εφαρμογές σε ευρείες περιοχές όπως τα έξυπνα δίκτυα, η ηλεκτρονική υγειονομική περίθαλψη, τα οικιακά δίκτυα, τα έξυπνα συστήματα μεταφορών, η περιβαλλοντική παρακολούθηση, οι έξυπνες πόλεις και ο βιομηχανικός αυτοματισμός.

Ωστόσο, τα διακριτικά χαρακτηριστικά στις επικοινωνίες M2M αποτελούν διαφορετικές προκλήσεις από εκείνες στις επικοινωνίες μεταξύ ανθρώπων.

Παράλληλα, το πεδίο εφαρμογής της συγκεκριμένης τεχνολογίας, μπορεί να περιλαμβάνει βιομηχανικά όργανα, επιτρέποντας σε έναν αισθητήρα ή έναν μετρητή να μεταδίδει τα δεδομένα που καταγράφει (όπως θερμοκρασία και επίπεδο αποθέματος), χρησιμοποιώντας ένα λογισμικό εφαρμογών (για παράδειγμα, προσαρμογή μιας βιομηχανικής διαδικασίας βασισμένης στη θερμοκρασία ή υποβολή παραγγελιών για την ανανέωση του αποθέματος).

Αυτή η επικοινωνία, διαμορφώθηκε αρχικά με την αποστολή πληροφοριών ενός απομακρυσμένου δικτύου μηχανών πίσω σε έναν κεντρικό κόμβο για ανάλυση, οι οποίες στη συνέχεια κατέληξαν σε ένα σύστημα όπως ένας προσωπικός υπολογιστής. Η πιο πρόσφατη M2M επικοινωνία, έχει εξελιχθεί σε ένα σύστημα δικτύων που μεταδίδει δεδομένα σε προσωπικές συσκευές.

Η επέκταση των δικτύων IP σε όλο τον κόσμο, έχει κάνει την επικοινωνία M2M ταχύτερη και ευκολότερη ενώ χρησιμοποιεί λιγότερη ενέργεια.

Μερικά από τα βασικά χαρακτηριστικά του συστήματος επικοινωνίας M2M δίνονται παρακάτω:

α. Μικρή κινητικότητα:

Οι συσκευές M2M δεν κινούνται, μετακινούνται σπάνια ή μετακινούνται μόνο μέσα σε μια συγκεκριμένη περιοχή.

β. Έλεγχος χρόνου:

Αποστολή ή λήψη δεδομένων μόνο σε ορισμένες προκαθορισμένες περιόδους.

γ. Χρονική ανοχή:

Η μεταφορά δεδομένων μπορεί να καθυστερήσει.

δ. Εναλλαγή πακέτων:

Ο διαχειριστής του δικτύου μπορεί να παρέχει υπηρεσίες μεταγωγής πακέτων

ε. Μικρές διαδικτυακές μεταδόσεις δεδομένων:

Οι συσκευές στέλνουν ή λαμβάνουν μικρές ποσότητες δεδομένων.

ζ. Παρακολούθηση:

Δεν προτίθεται να αποτρέψει κλοπή ή βανδαλισμό, αλλά παρέχει λειτουργικότητα για την ανίχνευση των συμβάντων.

η. Χαμηλή κατανάλωση ενέργειας: Όστε να βελτιωθεί η ικανότητα του συστήματος να εξυπηρετεί αποτελεσματικά τις εφαρμογές M2M.

θ. Ειδική ενεργοποίηση θέσης:

Προτίθεται να ενεργοποιήσει τη συσκευή M2M σε μια συγκεκριμένη περιοχή π.χ. ξυπνήστε μια συσκευή.

Η τεχνολογία M2M στην καθημερινή μας ζωή

Ακολουθούν μερικά παραδείγματα τεχνολογίας M2M που μπορεί να συναντήσουμε σε καθημερινή βάση:

Μετακίνηση:

Εάν ακυρωθεί το τρένο λόγω κακής καιρικής κατάστασης, ένα έξυπνο ξυπνητήρι θα καθορίσει το επιπλέον χρόνο που θα χρειαστεί να πάρουμε μια διαφορετική διαδρομή και θα μας ξυπνήσει αρκετά νωρίς ώστε να μην καθυστερήσουμε στη δουλειά.

Έξυπνα σπίτια:

Ένας συνδεδεμένος θερμοστάτης μπορεί να ενεργοποιήσει αυτόματα τη θέρμανση όταν η θερμοκρασία δωματίου πέσει κάτω από ένα συγκεκριμένο σημείο. Μπορεί επίσης να έχουμε ένα σύστημα απομακρυσμένης κλειδώματος που θα μας επιτρέπει να ανοίξουμε την πόρτα σε έναν επισκέπτη μέσω του έξυπνου τηλεφώνου σας, αν δεν βρισκόμαστε στο σπίτι.

Υγεία και ευεξία:

Οι φορητές συσκευές μπορούν να παρακολουθήσουν τον αριθμό των βημάτων που παίρνουμε σε μια μέρα, να παρακολουθούμε τον ρυθμό της καρδιάς και να μετράμε τις θερμίδες για να καθορίσουμε τα διαιτητικά πρότυπα και να διαπιστώσουμε εάν λείπουν θρεπτικά συστατικά.

Αγορές:

Με βάση την τοποθεσία μας, τις προηγούμενες εμπειρίες αγορών και τις προσωπικές προτιμήσεις, το τοπικό σουπερμάρκετ μπορεί να μας στείλει ένα κουπόνι για τα αγαπημένα παντοπωλεία όταν βρισκόμαστε στην περιοχή.

Η τεχνολογία M2M στις επιχειρήσεις

Η τεχνολογία M2M, αποφέρει σημαντικά οφέλη και για τις επιχειρήσεις.

Οι συνδεδεμένες συσκευές συλλέγουν πληροφορίες για κάθε σημείο της επιχείρησης από την ανάπτυξη προϊόντων, την κατασκευή, την αλυσίδα εφοδιασμού μέχρι το σημείο πώλησης και οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον εντοπισμό και την εξάλειψη σημείων αναποτελεσματικότητας.

Παρακάτω αναφέρονται μερικά παραδείγματα:

- *Έξυπνη παρακολούθηση στοιχείων*: οι ενσωματωμένοι αισθητήρες και οι δυνατότητες GPS παρακολουθούν τα στοιχεία μας.
Ένας στόλος συνδεδεμένων φορτηγών διανομής θα μπορούσε να μοιραστεί τη θέση, το περιεχόμενό και το στάδιο επισκευής.
- *Προγνωστική συντήρηση*: οι αισθητήρες στον εξοπλισμό, ανιχνεύουν σφάλματα, παραγγέλνουν εξαρτήματα αντικατάστασης και επισκευάζουν το χρονοδιάγραμμα πριν συμβεί μια ζημιά που μπορεί να προκαλέσει δαπανηρό χρόνο διακοπής της λειτουργίας.
- *Ανάπτυξη προϊόντων*: με την τεχνολογία M2M, η ανάπτυξη προϊόντων μπορεί να συνεχιστεί πέρα από ένα σημείο πώλησης
Ένα συνδεδεμένο προϊόν, θα μπορούσε να ανατροφοδοτήσει τις πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση της επισκευής του και τον τρόπο με τον οποίο ανταποκρίνεται στη συνεχιζόμενη χρήση, εντοπίζοντας τα πλεονεκτήματα και τις αδυναμίες ώστε να βοηθήσει στην επιρροή της μελλοντικής παραγωγής.

Η τεχνολογία M2M στην υποδομή των πόλεων

Προσαρμοσμένη διαχείριση της κυκλοφορίας: τα συνδεδεμένα αυτοκίνητα μπορούν να ανιχνεύσουν την τοποθεσία τους στο δρόμο, να καταλάβουν την εγγύτητα σε εμπόδια ή άλλα οχήματα καθώς και να ανταλλάξουν δεδομένα σχετικά με τους διαθέσιμους χώρους στάθμευσης με άλλα οχήματα και ομάδες διαχείρισης κυκλοφορίας.

Οι κόμβοι αισθητήρων που τοποθετούνται σε κάθε χώρο στάθμευσης θα μπορούσαν να στείλουν δεδομένα σε μια εφαρμογή σε πραγματικό χρόνο στα αυτοκίνητα των οδηγών, επιτρέποντας στους οδηγούς να μάθουν πού να βρουν τους διαθέσιμους χώρους ώστε να μειώσουν τη συμφόρηση και να εξοικονομήσουν χρόνο και καύσιμα.

Συνδεδεμένες πληροφορίες για το καιρό: πολλαπλοί αισθητήρες ανιχνεύουν τη βαρομετρική πίεση, τη θερμοκρασία, την ταχύτητα του ανέμου, την υγρασία, προκειμένου να βοηθήσουν τις κυβερνήσεις και τις κοινότητες να προβλέψουν την ανάπτυξη των καιρικών συνθηκών και να ενεργήσουν πριν είναι πολύ αργά.

Συνδεδεμένα κτίρια: τα έξυπνα κτίρια λαμβάνουν πληροφορίες όπως τα τμήματα ενός κτιρίου που χρησιμοποιούνται συχνότερα, συμβάλλοντας στον εντοπισμό των περιπτώσεων όπου η χρήση ενέργειας (π.χ. φωτισμός και θέρμανση) μπορεί να μειωθεί χωρίς να επηρεαστούν αρνητικά οι κάτοικοι του κτιρίου.

Πώς λειτουργεί η τεχνολογία M2M

Η επικοινωνία μεταξύ συσκευών είναι μια ιδέα, προερχόμενη από την τεχνολογία της τηλεμετρίας, που χρησιμοποιείται για αυτόματη μετάδοση και μέτρηση των δεδομένων από απομακρυσμένες πηγές, με ενσύρματο, ασύρματο ή άλλο τρόπο.

Η έννοια της τηλεμετρίας, οι απομακρυσμένες μηχανές και οι αισθητήρες που συλλέγουν και στέλνουν δεδομένα σε ένα κεντρικό σημείο για ανάλυση, είτε από ανθρώπους είτε από υπολογιστές, δεν είναι καινούργια.

Ωστόσο, μια αναδυόμενη έννοια υιοθετεί αυτή την ιδέα σε ένα εντελώς νέο επίπεδο εφαρμόζοντας σύγχρονη τεχνολογία δικτύωσης.

Τρεις πολύ κοινές τεχνολογίες, οι ασύρματοι αισθητήρες, το διαδίκτυο και οι προσωπικοί υπολογιστές, συναντώνται για να δημιουργήσουν επικοινωνίες M2M.

Η έννοια αυτή, αποτελεί μεγάλη υπόσχεση για την προώθηση της χρήσης της τηλεμετρίας από τις επιχειρήσεις, τις κυβερνήσεις και τους ιδιώτες. Οι επικοινωνίες M2M, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αποτελεσματικότερη παρακολούθηση της κατάστασης μιας κρίσιμης δημόσιας υποδομής, όπως οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας νερού ή οι γέφυρες, με λιγότερη ανθρώπινη παρέμβαση. Μπορεί να βοηθήσει τις επιχειρήσεις να διατηρήσουν την απογραφή ή να διευκολύνουν τους επιστήμονες να διεξάγουν μια έρευνα. Επειδή βασίζεται σε κοινή τεχνολογία, θα μπορούσε επίσης να βοηθήσει έναν ιδιοκτήτη σπιτιού να διατηρήσει το τέλειο γκαζόν ή να δημιουργήσει μια λίστα αγορών με το πάτημα ενός κουμπιού. Τα βασικά στοιχεία είναι οι αισθητήρες (συνήθως το είδος που μπορεί να στείλει τηλεμετρικά ασύρματα), ένα ασύρματο δίκτυο και ένας υπολογιστής συνδεδεμένος στο Internet. Η ακόλουθη διαδικασία πρέπει γενικά να εφαρμοστεί για τη δημιουργία συστημάτων επικοινωνιών M2M:

- Οι αισθητήρες πρέπει να τοποθετούνται σε στρατηγικές θέσεις για να συλλέξουν τα απαιτούμενα δεδομένα.
- Οι αισθητήρες πρέπει να είναι συνδεδεμένοι για να στέλνουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο σε ασύρματο δίκτυο συνδεδεμένο στο διαδίκτυο.
- Τα άτομα ή τα προγράμματα πρέπει στη συνέχεια να παρακολουθούν αυτήν την εισερχόμενη ροή δεδομένων, συνήθως χρησιμοποιώντας υπολογιστές που διαθέτουν ειδικό λογισμικό.

Η επικοινωνία M2M, επεκτείνει τον ρόλο της τηλεμετρίας πέρα από την κοινή χρήση της στην επιστήμη και τη μηχανική και την τοποθετεί σε καθημερινή βάση. Οι άνθρωποι την χρησιμοποιούν ήδη, αλλά υπάρχουν πολλές περισσότερες πιθανές εφαρμογές, καθώς βελτιώνονται οι ασύρματοι αισθητήρες, τα δίκτυα και οι υπολογιστές και η ιδέα συνδυάζεται με άλλες τεχνολογίες.

4.1 Συγκριτική αναφορά τηλεμετρίας και M2M επικοινωνίας

Τα παλαιότερα συστήματα λειτουργούσαν χρησιμοποιώντας την τηλεμετρία. Η τεχνολογία αυτή, με πολλούς τρόπους, ήταν ο πρόδρομος των πιο προηγμένων συστημάτων επικοινωνιών M2M. Τόσο η επικοινωνία τηλεμετρίας όσο και οι επικοινωνίες M2M, μεταδίδουν δεδομένα μέσω των αισθητήρων. Η μεγάλη διαφορά μεταξύ των δύο είναι ότι αντί για τυχαίο ραδιοσήμα, οι επικοινωνίες M2M χρησιμοποιούν υπάρχοντα δίκτυα, όπως τα ασύρματα δίκτυα που χρησιμοποιούνται από τους ανθρώπους, για τη μετάδοση των δεδομένων. Η τεχνολογία τηλεμετρίας, βρήκε πολλές χρήσεις, συμπεριλαμβανομένης της αεροδιαστημικής, της γεωργίας, της παρακολούθησης στην επεξεργασία των υδάτων και της επιστήμης της άγριας φύσης. Οι αισθητήρες στις παλαιότερες επικοινωνίες τηλεμετρίας, ήταν εξειδικευμένοι και συχνά χρειάζονταν ισχυρές πηγές ενέργειας για τη μετάδοση δεδομένων. Επίσης, η συλλογή δεδομένων θα μπορούσε να είναι αδιαφανής αν ένας απομακρυσμένος αισθητήρας τοποθετήθηκε σε κάποιο νεκρό σημείο. Φυσικά, οποιαδήποτε ανάλυση δεδομένων, διεξήχθη από αυτό που σήμερα θεωρούμε ξεπερασμένους υπολογιστές.

Οι σύγχρονες επικοινωνίες M2M, αντιπροσωπεύουν τεράστιες βελτιώσεις σε σχέση με τα παλαιότερα συστήματα.

Οι προηγμένες τεχνολογίες αισθητήρων προσφέρουν αυξημένη ευαισθησία και ακρίβεια.

Η ανάλυση των υπολογιστών και του λογισμικού λειτουργεί επίσης με ταχύτερο ρυθμό.

Η δυναμική ανάπτυξη των δημόσιων ασύρματων δικτύων είναι ίσως η μεγαλύτερη αλλαγή που άνοιξε τις επικοινωνίες M2M σε πολλούς άλλους τομείς.

Η χρήση ασύρματων δικτύων, διευκολύνει την μετάδοση τηλεμετρίας για πολλούς λόγους.

Τα ραδιοσήματα δεν χρειάζεται να είναι τόσο ισχυρά όσο κάποτε, καθώς οι κυψελοειδείς πύργοι διασκορπίζονται σε μεγάλες περιοχές για να παρέχουν κάλυψη.

Τέλος, τα παλαιότερα συστήματα τηλεμετρίας, δεν βασίζονταν πάντοτε σε ραδιοφωνικά σήματα, για παράδειγμα, ορισμένα από αυτά χρησιμοποιούσαν αποκλειστικές τηλεφωνικές γραμμές, αλλά η ασύρματη μετάδοση, επιτρέπει πιο εύκολα την απομακρυσμένη τοποθέτηση των αισθητήρων.

4.2 Εφαρμογές των επικοινωνιών M2M

Είναι προφανές, ότι με καλύτερους αισθητήρες, ασύρματα δίκτυα και αυξημένη ικανότητα πληροφορικής, η ανάπτυξη ενός συστήματος M2M έχει νόημα για πολλούς τομείς.

Οι δυνατότητες των συστημάτων M2M, μπορούν να καταγράφουν σε τέσσερις σημαντικές περιπτώσεις χρήσης, οι οποίες περιγράφονται παρακάτω:

Βιομηχανοποίηση

Κάθε περιβάλλον παραγωγής, είτε πρόκειται για την επεξεργασία τροφίμων είτε για τη γενική κατασκευή προϊόντων, βασίζεται στην τεχνολογία για να διασφαλίσει ότι το κόστος διαχειρίζεται σωστά και οι διαδικασίες εκτελούνται αποτελεσματικά.

Η αυτοματοποίηση των διαδικασιών παραγωγής σε ένα τόσο γρήγορα μεταβαλλόμενο περιβάλλον, αναμένεται να βελτιώσει ακόμη περισσότερο τις διαδικασίες.

Στον κόσμο της μεταποίησης, αυτό θα μπορούσε να περιλαμβάνει πολύ αυτοματοποιημένες διαδικασίες συντήρησης και ασφάλειας του εξοπλισμού.

Για παράδειγμα, τα εργαλεία M2M επιτρέπουν στους ιδιοκτήτες των επιχειρήσεων να ενημερώνονται μέσω των smartphones τους, όταν ένα σημαντικό κομμάτι του εξοπλισμού χρειάζεται συντήρηση, έτσι ώστε να μπορούν να αντιμετωπίζουν τα ζητήματα που προκύπτουν.

Επίσης, τα εξελιγμένα δίκτυα αισθητήρων, που είναι συνδεδεμένα στο διαδίκτυο, μπορούν να παραγγείλουν αυτόματα εξαρτήματα αντικατάστασης.

Οικιακός εξοπλισμός

Μεγάλες εταιρείες όπως η LG και η Samsung, κατασκευάζουν όλο και περισσότερες έξυπνες οικιακές συσκευές που βοηθούν στην εξασφάλιση υψηλότερης ποιότητας ζωής για τους επιβάτες.

Για παράδειγμα, ένα πλυντήριο ρούχων με δυνατότητα επικοινωνίας M2M, θα μπορούσε να στείλει ειδοποιήσεις στις έξυπνες συσκευές των ιδιοκτητών μόλις τελειώσει το πλύσιμο ή το στέγνωμα και ένα έξυπνο ψυγείο θα μπορούσε να παραγγείλει αυτόματα προϊόντα μόλις εξαντληθεί το απόθεμά του. Σε περιπτώσεις όπου ένας ιδιοκτήτης σπιτιού, αποφασίζει να φύγει νωρίς από την εργασία, μπορεί να έρθει σε επαφή με το σύστημα θέρμανσης του σπιτιού πριν εγκαταλείψει την εργασία του, για να βεβαιωθεί ότι η θερμοκρασία στο σπίτι θα είναι ιδανική όταν θα φτάσει εκεί.

Διαχείριση συσκευών υγειονομικής περίθαλψης

Η τηλεϊατρική, είναι ένας ακόμα τομέας εφαρμογής με μεγάλη σπουδαιότητα. Με την τεχνολογία M2M, τα νοσοκομεία μπορούν να αυτοματοποιήσουν διαδικασίες για να εξασφαλίσουν τα υψηλότερα επίπεδα θεραπείας.

Αυτό είναι εφικτό, χρησιμοποιώντας συσκευές που μπορούν να αντιδράσουν γρηγορότερα από έναν επαγγελματία υγείας σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης. Για παράδειγμα, όταν οι ζωτικές ενδείξεις ενός ασθενούς πέφτουν κάτω από το φυσιολογικό, μια συσκευή υποστήριξης ζωής που συνδέεται με το M2M, θα μπορούσε να χορηγήσει αυτόματα οξυγόνο και να προσφέρει πρόσθετη φροντίδα, μέχρι να φθάσει κάποιος επαγγελματίας υγείας κοντά του.

Ένα άλλο παράδειγμα, είναι όταν ορισμένοι καρδιοπαθείς φορούν ειδικές συσκευές που συγκεντρώνουν πληροφορίες σχετικά με τον τρόπο λειτουργίας της καρδιάς τους. Τα δεδομένα, αποστέλλονται σε εμφυτευμένες συσκευές που επιτυγχάνουν τη διόρθωση ενός σφάλματος.

Το σύστημα M2M, επιτρέπει επίσης στους ασθενείς να παρακολουθούνται στα σπίτια τους αντί σε νοσοκομεία ή κέντρα φροντίδας.

Οι συσκευές που εντοπίζουν τις συνήθεις κινήσεις ενός αδύναμου ή ηλικιωμένου ατόμου, μπορούν να ανιχνεύσουν πότε έχει πέσει και να ειδοποιήσει έναν εργαζόμενο στην υγειονομική περίθαλψη για την κατάσταση αυτή.

Έξυπνη διαχείριση χρησιμότητας

Στη νέα εποχή της ενεργειακής απόδοσης, ο αυτοματισμός θα παίζει καθοριστικό ρόλο.

Καθώς οι εταιρείες ενέργειας αναζητούν νέους τρόπους για να αυτοματοποιήσουν τη διαδικασία μέτρησης, το σύστημα M2M έρχεται για να βοηθήσει στην αυτόματη συλλογή δεδομένων κατανάλωσης ενέργειας, ώστε να μπορούν να χρεώνουν με ακρίβεια τους πελάτες.

Οι έξυπνοι μετρητές, για τους οποίους θα γίνει αναφορά σε επόμενο κεφάλαιο, μπορούν να παρακολουθήσουν πόση ενέργεια χρησιμοποιεί ένα νοικοκυριό ή επιχείρηση και να ειδοποιήσουν αυτόματα την ενεργειακή εταιρεία, οι οποίοι αντικαθιστούν έναν υπάλληλο για να διαβάσει το μετρητή ή να ζητούν από τον πελάτη να κάνει μια ανάγνωση.

Αυτό, είναι ακόμη σημαντικότερο καθώς οι επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας κινούνται προς πιο δυναμικά μοντέλα τιμολόγησης, χρεώνοντας περισσότερο τους καταναλωτές για τη χρήση ενέργειας κατά τους χρόνους αιχμής.

Καθώς, όλο και περισσότεροι καταναλωτές, χρήστες και ιδιοκτήτες επιχειρήσεων απαιτούν ποιοτικότερη συνδεσιμότητα, η τεχνολογία θα πρέπει να είναι συνεχώς εξοπλισμένη ώστε να ανταποκρίνεται στις ανάγκες και τις προκλήσεις του αύριο. Αυτό θα ενισχύσει ένα ευρύ φάσμα αυτοματοποιημένων διαδικασιών, από τις επισκευές εξοπλισμού και τις αναβαθμίσεις υλικών και λογισμικού, μέχρι τη διάγνωση του συστήματος, την ανάκτηση δεδομένων και την ανάλυση.

Οι πληροφορίες που θα συλλέγονται, θα παρέχονται στους χρήστες, μηχανικούς, επιστήμονες δεδομένων και βασικούς φορείς λήψης αποφάσεων σε πραγματικό χρόνο και θα εξαλείψουν την ανάγκη για υποθετικούς υπολογισμούς.

Άλλα παραδείγματα εφαρμογής είναι τα εξής:

Οι επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας, χρησιμοποιούν τις επικοινωνίες M2M, τόσο στη συγκομιδή ενεργειακών προϊόντων, όπως το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο, όσο και στη χρέωση των πελατών.

Οι απομακρυσμένοι αισθητήρες, μπορούν να ανιχνεύσουν σημαντικές παραμέτρους σε μια περιοχή εξόρυξης πετρελαίου.

Οι αισθητήρες, μπορούν να στέλνουν πληροφορίες ασύρματα σε έναν υπολογιστή με συγκεκριμένες λεπτομέρειες σχετικά με την πίεση, τα ποσοστά ροής και τις θερμοκρασίες ή ακόμα και τα επίπεδα καυσίμων.

Ο υπολογιστής, μπορεί να προσαρμόσει αυτόματα τον εξοπλισμό για μεγιστοποίηση της απόδοσης.

Παράλληλα, ο έλεγχος της κυκλοφορίας, είναι ένας άλλος δυναμικός τομέας που μπορεί να επωφεληθεί από τις επικοινωνίες M2M.

Σε ένα τυπικό σύστημα, οι αισθητήρες παρακολουθούν μεταβλητές όπως ο όγκος κίνησης και η ταχύτητα.

Οι αισθητήρες, αποστέλλουν αυτές τις πληροφορίες σε υπολογιστές χρησιμοποιώντας εξειδικευμένο λογισμικό που ελέγχει τις συσκευές ελέγχου της κυκλοφορίας, όπως τα φώτα και τα μεταβλητά πληροφοριακά σήματα.

Χρησιμοποιώντας τα εισερχόμενα δεδομένα, το λογισμικό χειρίζεται τις συσκευές ελέγχου κυκλοφορίας για να μεγιστοποιήσει τη ροή της κυκλοφορίας.

Τα τελευταία χρόνια, πεδίο έρευνας είναι η δημιουργία δικτύων M2M που παρακολουθούν την κατάσταση υποδομών, όπως οι γέφυρες και οι αυτοκινητόδρομοι.

Αρχιτεκτονική και στοιχεία ενός συστήματος M2M

Στο σχήμα 4.1, φαίνεται μια απλή αρχιτεκτονική των συστημάτων M2M με τα στοιχεία του.

Παρακάτω, περιγράφονται συνοπτικά τα διάφορα στοιχεία ενός συστήματος M2M:

α. Συσκευή M2M:

Η συσκευή αυτή, είναι ικανή να απαντά σε κάποιο αίτημα για δεδομένα που περιέχονται σε αυτές τις συσκευές ή ικανή να μεταδίδει αυτόνομα δεδομένα.

Οι αισθητήρες και οι συσκευές επικοινωνίας είναι τα τελικά σημεία των εφαρμογών M2M.

Γενικά, οι συσκευές μπορούν να συνδεθούν απευθείας στο δίκτυο του φορέα εκμετάλλευσης ή πιθανόν να διασυνδεθούν χρησιμοποιώντας σύγχρονες τεχνολογίες επικοινωνίας.

Η διεύθυνση και η αναγνώριση, π.χ. της δρομολόγησης των συσκευών, εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις πύλες.

Οι συσκευές που συνδέονται μέσω πύλης, είναι συνήθως εκτός ευθύνης του φορέα εκμετάλλευσης, αλλά ανήκουν σε εφαρμογές M2M που παρέχονται από παρόχους υπηρεσιών ή εφαρμογών.

Οι αισθητήρες και οι συσκευές που συνδέονται απευθείας στο δίκτυο του διαχειριστή, αποτελούν τελικά σημεία του δικτύου.

Έτσι, η ευθύνη όσον αφορά την υπευθυνότητα, βρίσκεται εντός του διαχειριστή του δικτύου ή του εικονικού διαχειριστή δικτύου.

β. Δίκτυο περιοχής M2M (τομέας ορισμού συσκευής):

Παρέχετε η συνδεσιμότητα μεταξύ συσκευών M2M και πύλες M2M, π.χ. προσωπικό δίκτυο περιοχής.

γ. Πύλες M2M:

Είναι ο εξοπλισμός που χρησιμοποιεί δυνατότητες M2M για τη διασφάλιση της διαλειτουργικότητας των συσκευών M2M και της διασύνδεσης με το δίκτυο επικοινωνίας.

Οι πύλες και οι δρομολογητές είναι τα τελικά σημεία του δικτύου του χειριστή σε περίπτωση όπου οι αισθητήρες και οι συσκευές M2M δεν συνδέονται άμεσα με το δίκτυο

Έτσι, το έργο των πυλών και των δρομολογητών είναι σύνθετο.

Πρώτον, πρέπει να διασφαλίσουν ότι οι συσκευές του δικτύου μπορούν να επικοινωνήσουν από το εξωτερικό και αντίστροφα.

Αυτές οι λειτουργίες αντιμετωπίζονται από τους υπεύθυνους πρόσβασης, όπως η αναγνώριση, η διεύθυνση, η λογιστική κ.λπ., από την πλατφόρμα του φορέα εκμετάλλευσης και πρέπει να υποστηρίζονται και από την πλευρά της πύλης.

Έτσι, η πλατφόρμα και η πύλη σχηματίζουν ένα καταναμημένο σύστημα, όπου γενικές και αφηρημένες δυνατότητες υλοποιούνται από την πλευρά της πύλης. Συνεπώς, θα υπάρχει μια ροή ελέγχου μεταξύ της πύλης και της πλατφόρμας του διαχειριστή, η οποία πρέπει να διακρίνεται από το κανάλι δεδομένων που πρόκειται να μεταφέρει δεδομένα της εφαρμογής M2M.

Δεύτερον, μπορεί να υπάρχει η ανάγκη καταγραφής ογκωδών πρωτοκόλλων διαδικτύου σε δίκτυα αισθητήρων χαμηλής ισχύος.

Ωστόσο, η τελευταία εφαρμογή θα μπορούσε να χάσει τη συνάφειά της, καθώς υπάρχουν υλοποιήσεις του IPv6 για διαθέσιμα δίκτυα αισθητήρων, τα οποία επιτρέπουν την προσέγγιση όλων των IP.

δ. Δίκτυα επικοινωνίας M2M (Τομέας Δικτύου):

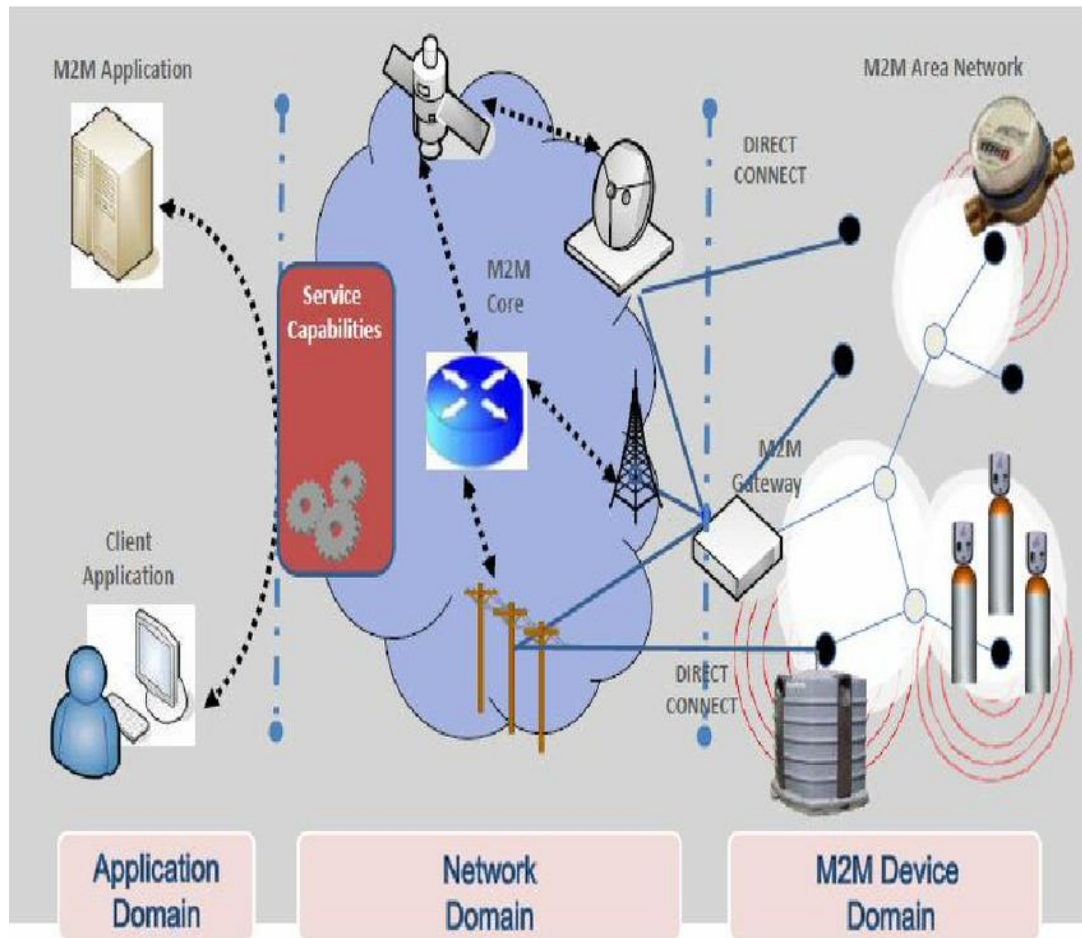
Καλύπτει τις επικοινωνίες μεταξύ των πυλών M2M και των εφαρμογών M2M, π.χ. xDSL, LTE, WiMAX και WLAN.

ε. Εφαρμογές M2M:

Περιλαμβάνει τον κύκλο εργασίας όπου τα δεδομένα περνούν από διάφορες υπηρεσίες εφαρμογών και χρησιμοποιούνται από συγκεκριμένους μηχανισμούς επεξεργασίας.

Οι εφαρμογές M2M, βασίζονται στα στοιχεία υποδομής (π.χ. ενεργοποιητές πρόσβασης) που παρέχονται από τον διαχειριστή.

Οι εφαρμογές, μπορούν είτε να στοχεύουν στους τελικούς χρήστες, όπως ο χρήστης μιας συγκεκριμένης λύσης M2M, είτε σε άλλους παρόχους εφαρμογών που προσφέρουν πιο εξειδικευμένα δομικά στοιχεία μέσω των οποίων μπορούν να δημιουργήσουν πιο εξελιγμένες λύσεις και υπηρεσίες M2M. π.χ. λειτουργίες εξυπηρέτησης πελατών, λεπτομερείς λειτουργίες χρέωσης κλπ. Αυτές οι υπηρεσίες ή ενεργοποιητές υπηρεσιών, μπορούν να σχεδιάζονται και να προσφέρονται από έναν πάροχο εφαρμογών, αλλά μπορούν να προσφέρονται από τον διαχειριστή μέσω της ίδιας της πλατφόρμας.



Εικόνα 4.1 Αρχιτεκτονική του συστήματος M2M

5. Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet of Things - IoT) και Narrow - Band IoT (NB - IoT)

Το διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT), είναι το δίκτυο των φυσικών συσκευών, των μηχανών, των οικιακών συσκευών και άλλων αντικειμένων που ενσωματώνουν ηλεκτρονικά, λογισμικό, αισθητήρες, ενεργοποιητές και συνδεσιμότητα που επιτρέπει σε όλα αυτά να συνδέονται και να ανταλλάσσουν δεδομένα.

Κάθε πράγμα, είναι μοναδικά αναγνωρίσιμο μέσω του ενσωματωμένου συστήματος πληροφορικής, αλλά είναι σε θέση να αλληλεπιδράσει μέσα στην υπάρχουσα υποδομή του διαδικτύου.

Ο αριθμός των συσκευών που διαθέτουν δυνατότητα απευθείας σύνδεση αυξήθηκε κατά 31% από το 2016 σε 8,4 δισ. το 2017.

Οι ειδικοί εκτιμούν, ότι το IoT θα αποτελείται από περίπου 30 δισεκατομμύρια αντικείμενα έως το 2020.

Εκτιμάται επίσης, ότι η αξία στην παγκόσμια αγορά του IoT θα φθάσει τα 7,1 τρισεκατομμύρια δολάρια μέχρι το 2020.

Το IoT, επιτρέπει στα αντικείμενα να ανιχνεύονται ή να ελέγχονται εξ αποστάσεως σε όλη την υπάρχουσα υποδομή του δικτύου, δημιουργώντας ευκαιρίες για πιο άμεση ενσωμάτωση του φυσικού κόσμου σε συστήματα βασισμένα σε υπολογιστές και οδηγώντας σε πιο βελτιωμένη αποτελεσματικότητα, ακρίβεια και οικονομικό όφελος, επιπλέον της μειωμένης ανθρώπινης παρέμβασης .

Όταν το IoT συμπληρώνεται με αισθητήρες και ενεργοποιητές, η τεχνολογία αποτελεί παράδειγμα γενικότερου κλάδου των κυβερνο-φυσικών συστημάτων, το οποίο περιλαμβάνει επίσης τεχνολογίες όπως τα έξυπνα δίκτυα, οι εικονικές μονάδες παραγωγής ενέργειας, τα έξυπνα σπίτια, οι έξυπνες μεταφορές και οι έξυπνες πόλεις. Τα "πράγματα", κατά την έννοια του IoT, μπορούν να αναφέρονται σε μια μεγάλη ποικιλία συσκευών, όπως εμφυτεύματα παρακολούθησης της καρδιάς, αναμεταδότες σε φάρμες ζώων, κάμερες που μεταδίδουν ζωντανά το τσίγμα άγριων ζώων σε παράκτια ύδατα, αυτοκίνητα με ενσωματωμένους αισθητήρες, συσκευές ανάλυσης DNA για παρακολούθηση περιβάλλοντος/τροφίμων/παθολογιών ή συσκευές πεδίου που βοηθούν τους πυροσβέστες σε επιχειρήσεις έρευνας και διάσωσης.

Οι νόμιμοι μελετητές υποδεικνύουν ότι τα "πράγματα" είναι ένα "αναπόσπαστο μείγμα υλικού, λογισμικού, δεδομένων και υπηρεσιών.

Αυτές οι συσκευές συλλέγουν χρήσιμα δεδομένα με τη βοήθεια διαφόρων υφιστάμενων τεχνολογιών και στη συνέχεια μεταφέρουν αυτόνομα τα δεδομένα μεταξύ άλλων συσκευών.

Έτσι, λέγαμε πως το διαδίκτυο των πραγμάτων έχει τρία σημαντικά χαρακτηριστικά:

1. Ολοκληρωμένη αίσθηση, χρησιμοποιώντας RFID τεχνολογία, αισθητήρες και δυο διαστάσεων κώδικα για τη συλλογή πληροφοριών από αντικείμενα οπουδήποτε και οποιαδήποτε στιγμή.
2. Αξιόπιστη μετάδοση, ακριβής και σε πραγματικό χρόνο παροχή πληροφοριών από τα αντικείμενα, εμπλέκοντας διάφορα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα και το διαδίκτυο.
3. Έξυπνη επεξεργασία, χρησιμοποιώντας έξυπνους τρόπους για να αναλύσει και να επεξεργαστεί τεράστιες ποσότητες δεδομένων και πληροφοριών, με σκοπό την εφαρμογή ευφυούς ελέγχου στα αντικείμενα.

Τομείς εφαρμογών

Οι εφαρμογές για συσκευές συνδεδεμένες στο διαδίκτυο είναι εκτεταμένες. Έχουν προταθεί πολλές κατηγοριοποιήσεις, οι περισσότερες από τις οποίες συμφωνούν σε έναν διαχωρισμό μεταξύ καταναλωτών, επιχειρήσεων και εφαρμογών υποδομής.

Η δυνατότητα δικτύωσης ενσωματωμένων συσκευών με περιορισμένο CPU, μνήμη και πηγές ενέργειας, σημαίνει ότι το IoT βρίσκει εφαρμογές σχεδόν σε κάθε τομέα. Τέτοια συστήματα, θα μπορούσαν να είναι υπεύθυνα για τη συλλογή πληροφοριών σε περιβάλλοντα που κυμαίνονται από φυσικά οικοσυστήματα μέχρι κτίρια και εργοστάσια, βρίσκοντας έτσι εφαρμογές στους τομείς της περιβαλλοντικής ανίχνευσης και του πολεοδομικού σχεδιασμού.

Για παράδειγμα, τα έξυπνα συστήματα αγορών θα μπορούσαν να παρακολουθήσουν τις αγοραστικές συνήθειες συγκεκριμένων χρηστών σε ένα κατάστημα, παρακολουθώντας τα κινητά τους τηλέφωνα.

Αυτοί οι χρήστες, θα μπορούσαν στη συνέχεια να προμηθευτούν ειδικές προσφορές για τα αγαπημένα τους προϊόντα ή ακόμα και την τοποθεσία των αντικειμένων που χρειάζονται, τα οποία μεταβίβασε το ψυγείο τους αυτόματα στο τηλέφωνο.

Πρόσθετα παραδείγματα ανίχνευσης και ενεργοποίησης, αντικατοπτρίζονται σε εφαρμογές που ασχολούνται με τη διαχείριση θερμότητας, νερού, ηλεκτρισμού και ενέργειας, καθώς και σε συστήματα μεταφοράς που υποστηρίζουν την κρουαζιέρα. Άλλες εφαρμογές που μπορεί να προσφέρει το διαδίκτυο των πραγμάτων, είναι οι διευρυμένες λειτουργίες ασφάλειας και αυτοματοποίησης του σπιτιού.

Η έννοια του "διαδικτύου των ζωντανών πραγμάτων", έχει προταθεί για να περιγράψει δίκτυα βιολογικών αισθητήρων που θα μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν βάσεις αναλύσεων για να επιτρέψουν στους χρήστες να μελετήσουν το DNA κ.α.

Διαχείριση ενέργειας

Η ενσωμάτωση συστημάτων ανίχνευσης και ενεργοποίησης, που συνδέονται με το διαδίκτυο, είναι πιθανό να βελτιστοποιήσει την κατανάλωση ενέργειας στο σύνολό της.

Αναμένεται, ότι οι συσκευές IoT θα ενσωματωθούν σε όλες τις μορφές συσκευών που καταναλώνουν ενέργεια (διακόπτες, ρευματοδότες, βαλβίδες, τηλεοράσεις κλπ.), και θα μπορούν να επικοινωνούν με την εταιρεία παροχής ηλεκτρικής ενέργειας προκειμένου να εξισορροπήσουν αποτελεσματικά την παραγωγή ενέργειας και τη χρήση ενέργειας.

Τέτοιες συσκευές, θα παρέχουν επίσης τη δυνατότητα στους χρήστες να ελέγχουν εξ αποστάσεως τις συσκευές τους ή να τις διαχειρίζονται κεντρικά μέσω μιας διασύνδεσης και θα επιτρέπουν προηγμένες λειτουργίες όπως τον προγραμματισμό (π.χ. ενεργοποίηση ή απενεργοποίηση των συστημάτων θέρμανσης, έλεγχος φούρνων).

Εκτός από την ενεργειακή διαχείριση που βασίζεται στο σπίτι, το IoT έχει ιδιαίτερη σημασία για το έξυπνο δίκτυο, δεδομένου ότι παρέχει συστήματα για τη συγκέντρωση και την ενεργειακή πληροφόρηση με αυτοματοποιημένο τρόπο, με στόχο τη βελτίωση της αποδοτικότητας, της αξιοπιστίας, της οικονομίας και της βιωσιμότητας στην παραγωγή και τη διανομή ηλεκτρικής ενέργειας.

Χρησιμοποιώντας συσκευές προηγμένης μετρητικής υποδομής (AMI) συνδεδεμένες στο διαδίκτυο, τα ηλεκτρικά βοηθητικά προγράμματα δεν μπορούν μόνο να συλλέγουν δεδομένα από συνδέσεις τελικών χρηστών, αλλά και να διαχειρίζονται άλλες συσκευές αυτοματοποίησης διανομής, όπως τους μετασχηματιστές.

Εφαρμογή για τους καταναλωτές

Ένα μεγάλο τμήμα των συσκευών IoT δημιουργούνται για χρήση από τους καταναλωτές.

Παραδείγματα εφαρμογών για τους καταναλωτές, αποτελούν το συνδεδεμένο αυτοκίνητο, ψυχαγωγία, οικιακή αυτοματοποίηση (έξυπνες οικιακές συσκευές), φορητή τεχνολογία, ποσοτικά προσδιορισμένο εαυτό, συνδεδεμένη υγεία και συσκευές όπως πλυντήρια/στεγνωτήρια, ρομποτικές εφαρμογές, καθαριστές αέρα, φούρνοι ή ψυγεία/καταψύκτες που χρησιμοποιούν Wi-Fi για απομακρυσμένη παρακολούθηση.

Το IoT για τους καταναλωτές, παρέχει νέες ευκαιρίες για εμπειρία χρήστη και διεπαφές.

Ωστόσο, ορισμένες εταιρείες έχουν επικριθεί για τη βιασύνη τους στο IoT, δημιουργώντας συσκευές αμφισβητήσιμης αξίας και ότι δεν θεσπίζουν αυστηρά πρότυπα ασφαλείας.

Έξυπνο σπίτι

Οι συσκευές IoT, αποτελούν μέρος της ευρύτερης έννοιας του αυτοματισμού στο σπίτι.

Τα μεγάλα έξυπνα οικιακά συστήματα, χρησιμοποιούν έναν κύριο διανομέα ή ελεγκτή για να παρέχουν στους χρήστες κεντρικό έλεγχο για όλες τις συσκευές τους. Αυτές οι συσκευές μπορούν να περιλαμβάνουν φωτισμό, θέρμανση και κλιματισμό, μέσα μαζικής ενημέρωσης και συστήματα ασφαλείας, συμπεριλαμβανομένων των συστημάτων ελέγχου πρόσβασης.

Η ευκολία χρήσης, είναι το πιο άμεσο όφελος για τη σύνδεση αυτών των λειτουργιών.

Τα μακροπρόθεσμα οφέλη, μπορούν να περιλαμβάνουν τη δυνατότητα δημιουργίας ενός φιλικότερου προς το περιβάλλον σπίτι με την αυτοματοποίηση ορισμένων λειτουργιών, όπως η εξασφάλιση της απενεργοποίησης των φώτων και των ηλεκτρονικών συσκευών.

Ένα από τα σημαντικότερα εμπόδια στην απόκτηση έξυπνης οικιακής τεχνολογίας, είναι το υψηλό αρχικό κόστος.

Εφαρμογές

Μια βασική εφαρμογή του έξυπνου σπιτιού, είναι η παροχή βοήθειας σε άτομα με αναπηρία και ηλικιωμένους.

Αυτά τα οικιακά συστήματα, χρησιμοποιούν τεχνολογία υποβοήθησης για την προσαρμογή των ειδικών αναγκών ενός ιδιοκτήτη.

Ο φωνητικός έλεγχος, μπορεί να βοηθήσει τους χρήστες με περιορισμένη όραση και κινητικότητα, ενώ τα συστήματα συναγερμού μπορούν να συνδεθούν απευθείας με τα εμφυτεύματα Cochlear, που φοριούνται από χρήστες με προβλήματα ακοής.

Μπορούν επίσης, να είναι εξοπλισμένα με πρόσθετα χαρακτηριστικά ασφαλείας.

Αυτά τα χαρακτηριστικά, μπορούν να περιλαμβάνουν αισθητήρες που παρακολουθούν ιατρικές καταστάσεις έκτακτης ανάγκης, όπως πτώσεις ή επιληπτικές κρίσεις.

Η τεχνολογία έξυπνου σπιτιού που εφαρμόζεται με τον τρόπο αυτό, μπορεί να προσφέρει στους χρήστες μεγαλύτερη ελευθερία και υψηλότερη ποιότητα ζωής. Μια δεύτερη εφαρμογή έξυπνης κατοικίας, είναι ακόμα πιο εξελιγμένη καθώς κάποιος μπορεί να καθοδηγήσει τη συνδεδεμένη συσκευή του στο σπίτι ακόμα και από μακριά.

Εάν οποιοσδήποτε, για παράδειγμα, εγκαταλείψει το γραφείο, είναι δυνατόν να πει σε μια συνδεδεμένη συσκευή κλιματιστικού μέσω έξυπνου τηλεφώνου, να κρυώσει το σπίτι σε μια ορισμένη θερμοκρασία.

Γενικά, οι συσκευές έξυπνου σπιτιού, διευκολύνουν τη ζωή όλων και δίνουν στους χρήστες τη δυνατότητα να κάνουν πολλά πράγματα ταυτόχρονα.

Η Αρχιτεκτονική του Διαδικτύου των Πραγμάτων

Το διαδίκτυο των πραγμάτων μπορεί να διαιρεθεί σε τρία επίπεδα:

το επίπεδο αντίληψης, το επίπεδο δικτύου και το επίπεδο εφαρμογής.

Το επίπεδο αντίληψης, αποτελείται από δύο-διαστάσεων κωδικό ετικέτας και αναγνώστη κωδικού, RFID ετικέτα και αναγνώστη, κάμερα, GPS, όλα τα είδη των αισθητήρων, δίκτυο αισθητήρων, M2M τερματικά, πύλη αισθητήρα (gateway) κ.α. Η κύρια λειτουργία του στρώματος αντίληψης, είναι η αντίληψη και ταυτοποίηση των αντικειμένων και η συλλογή πληροφοριών.

Το επίπεδο δικτύου, αποτελεί ένα συγκλίνον δίκτυο το οποίο σχηματίζεται από όλα τα είδη δικτύων επικοινωνιών και το διαδίκτυο.

Έχει γίνει ευρέως αποδεκτό, ότι αυτό το τμήμα είναι το πιο ώριμο κομμάτι.

Εξάλλου, τα κέντρα διαχείρισης και πληροφοριών του IoT, είναι τμήματα του επιπέδου δικτύου.

Το επίπεδο δικτύου δηλαδή, όχι μόνο έχει την ικανότητα της λειτουργίας δικτύου, αλλά θα πρέπει να βελτιώνει την ικανότητα της λειτουργίας πληροφοριών.

Παρέχει και επεξεργάζεται πληροφορίες από τα επίπεδα αντίληψης, σαν να είναι το νευρικό κέντρο και ο εγκέφαλος της δομής, ολοκληρώνοντας τη μεταφορά πληροφοριών και δεδομένων μεταξύ του επιπέδου αντίληψης και του επιπέδου εφαρμογής.

Το επίπεδο δικτύου, είναι η υποδομή ώστε να γίνει το IoT καθολική υπηρεσία.

Το επίπεδο εφαρμογής, αποτελείται κυρίως από είδη συστημάτων εφαρμογών, με κύριες λειτουργίες τη σύγκλιση, τη μετατροπή, την ανάλυση και την ανταλλαγή δεδομένων, καθώς και τη σχετική πλατφόρμα υποστήριξης για τους χρήστες.

Παράλληλα, το επίπεδο αυτό προσφέρει επίσης διεπαφή εφαρμογής του διαδικτύου των πραγμάτων και υπηρεσίες εφαρμογής για τις συσκευές και τα τερματικά των χρηστών.

Το επίπεδο εφαρμογής, είναι η τεχνολογία του διαδικτύου των πραγμάτων σε συνδυασμό με την τεχνογνωσία της βιομηχανίας για να επιτευχθεί μια ευρεία σειρά ευφυών λύσεων εφαρμογών.

Μέσω του επιπέδου αυτού, το διαδίκτυο των πραγμάτων μπορεί να επιτύχει, τελικά, την ενσωμάτωση της τεχνολογίας πληροφοριών με τη βιομηχανία.

Θα έχει μεγάλη επίδραση στην οικονομική και κοινωνική ανάπτυξη.

Το κεντρικό στοιχείο του επιπέδου εφαρμογής, είναι η ανταλλαγή και η ασφάλεια των πληροφοριών.

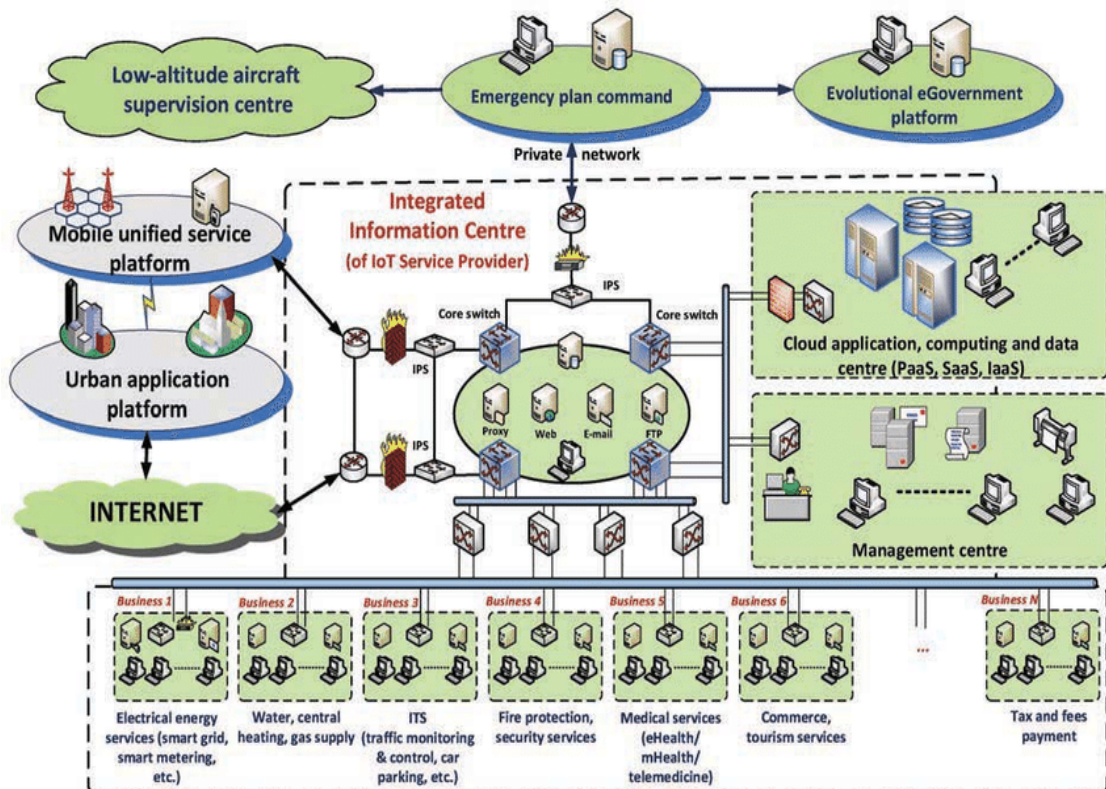
Οι εφαρμογές του IoT στο έξυπνο δίκτυο

Τα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας περιλαμβάνουν τρία σημαντικά υποσυστήματα, την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, την μεταφορά και τη διανομή ενέργειας.

Το διαδίκτυο των πραγμάτων, έχει ευρέως αναγνωριστεί ως μια πολύ υποσχόμενη τεχνολογία που μπορεί να ενισχύσει όλα αυτά τα υποσυστήματα, γεγονός που το καθιστά βασική συνιστώσα των επόμενης γενιάς συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας των έξυπνων δικτύων.

Τα κύρια πεδία εφαρμογής του IoT στα έξυπνα δίκτυα είναι:

- Στον τομέα της παραγωγής ενέργειας, το IoT μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παρακολούθηση της μονάδας, των διεσπαρμένων σταθμών ηλεκτροπαραγωγής, της περιοχής των σταθμών παραγωγής, των ρύπων και των εκπομπών αερίων, της ενεργειακής κατανάλωσης, του υλικού του άνθρακα, της αιολικής μονάδας παραγωγής, των φωτοβολταϊκών σταθμών παραγωγής, της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα, της αποθήκευσης ενέργειας, της διασύνδεσης ηλεκτρικής ενέργειας κτλ.
- Το IoT επίσης, χρησιμοποιείται ευρέως για την παρακολούθηση των γραμμών μεταφοράς, για την προστασία των πύργων, για έξυπνους υποσταθμούς, για την αυτοματοποίηση της διανομής, για την παρακολούθηση της κατάστασης διανομής, για τη διαχείριση της λειτουργίας και του εξοπλισμού.
- Το IoT, χρησιμοποιείται κυρίως για τους έξυπνους μετρητές και τη μέτρηση κατανάλωσης ενέργειας, για τα ηλεκτρικά οχήματα και τη φόρτισή τους, για την παρακολούθηση και διαχείριση της ενεργειακής απόδοσης, καθώς και για τη διαχείριση ζήτησης.



Εικόνα 5.1 Αρχιτεκτονική απεικόνιση του IoT σε έξυπνο δίκτυο

5.1 Narrow - Band IoT (NB - IoT)

Το Narrowband IoT (IoT-NB,) είναι ένα δίκτυο χαμηλής ισχύος ευρείας περιοχής (LPWAN), πρότυπη ασύρματη τεχνολογία που αναπτύχθηκε για να επιτρέψει ένα ευρύ φάσμα συσκευών και υπηρεσιών να συνδεθεί με τη χρήση κυψελοειδών τηλεπικοινωνιακών ζωνών.

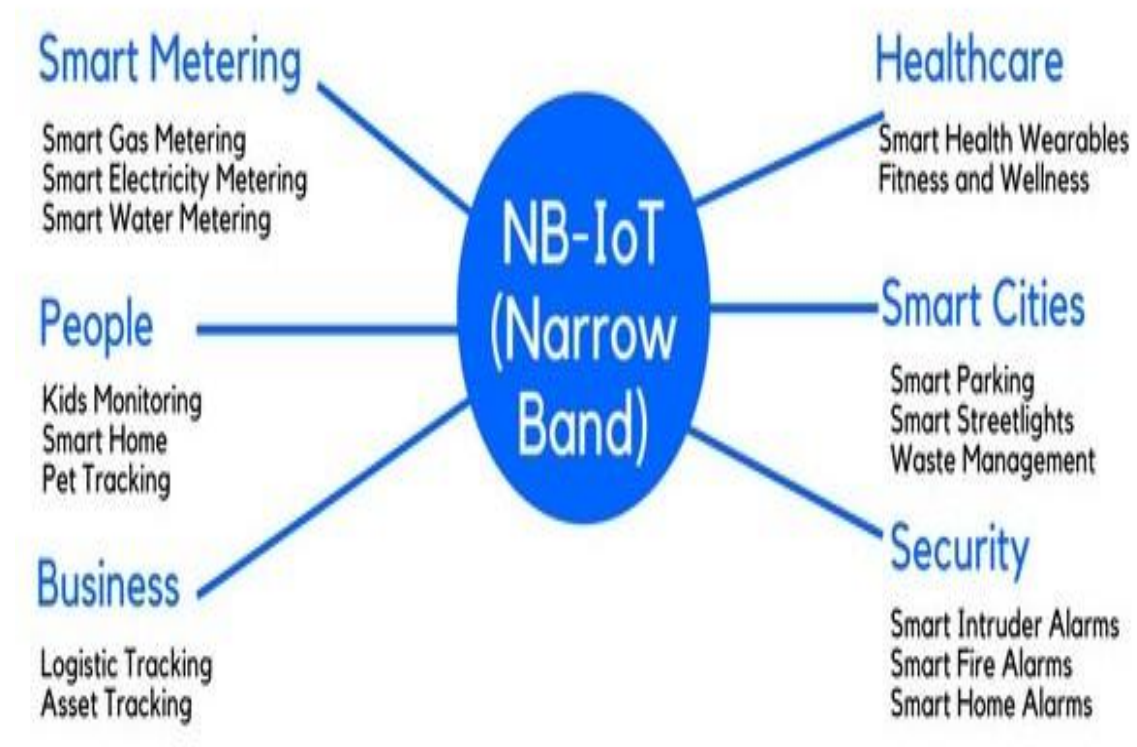
Επίσης, έχει σχεδιαστεί για το διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT) και είναι μία εκ των κινητών IoT (M IoT) τεχνολογιών που έχει τυποποιηθεί από το πρόγραμμα εταιρικής συνεργασίας 3ης γενιάς (3GPP).

Άλλες τεχνολογίες 3GPP IoT περιλαμβάνουν eMTC (ενισχυμένη επικοινωνία τύπου μηχανής) και EC-GSM-IoT.

Το NB-IoT, επικεντρώνεται ειδικά στην κάλυψη εσωτερικών χώρων, στο χαμηλό κόστος, τη μεγάλη διάρκεια ζωής της μπαταρίας και την ενεργοποίηση μεγάλου αριθμού συνδεδεμένων συσκευών.

Η τεχνολογία NB-IoT, αναπτύσσεται "εντός ζώνης" στο φάσμα που διατίθεται για το LTE, χρησιμοποιώντας μπλοκ πόρων σε ένα κανονικό φορέα LTE ή "αυτόνομο" για εφαρμογές σε αποκλειστικό φάσμα.

Είναι επίσης κατάλληλη, για την αναδημιουργία του φάσματος GSM.



Εικόνα 5.2 Πλεονεκτήματα και δυνατότητες του Narrowband IoT στο έξυπνο δίκτυο

Η δομή του Narrowband IoT, καθορίζει την λειτουργία του με βάση τους παρακάτω τρόπους:

- Ανεξάρτητο
- Σε αχρησιμοποίητες ζώνες των 200 kHz που έχουν χρησιμοποιηθεί για το GSM
- Στους σταθμούς βάσης LTE που διαθέτουν ένα μπλοκ πόρων στις λειτουργίες NB-IoT ή στις ζώνες προστασίας τους

Εταιρείες κολοσσοί στον χώρο των τηλεπικοινωνιών, όπως η Huawei, η Ericsson, η Qualcomm και η Vodafone, συμμετέχουν ενεργά στη δημιουργία αυτού του προτύπου.

Συγκεκριμένα, η Vodafone εγκαινίασε τις πρώτες ζωντανές, εμπορικές αγορές εκτόξευσης NB-IoT στις αρχές του 2017 στη Γερμανία, την Ιρλανδία, στην Ολλανδία και την Ισπανία.

Πλεονεκτήματα και οφέλη

1. Απόδοση ισχύος

Η αποδοτική τροφοδοσία συσκευών IoT είναι σημαντική.

Ενώ σχεδόν όλες οι τεχνολογίες IoT αναπτύσσονται για να εξοικονομούν ενέργεια όταν δεν λειτουργούν, αντλούν ενέργεια όταν το μόντεμ λειτουργεί και χειρίζεται επεξεργασία σήματος.

2. Εξοικονόμηση κόστους

Οι τεχνολογίες με απλούστερη κυματομορφή όπως το NB-IoT, θα καταναλώνουν λιγότερη ενέργεια.

Ο σχεδιασμός και η ψηφιοποίηση του NB-IoT στα 200 kHz, προσφέρει μειωμένη πολυπλοκότητα μετατροπής αναλογικού σε ψηφιακό και ψηφιακού σε αναλογικό, ρύθμισης και εκτίμησης καναλιού.

Η εξοικονόμηση ενέργειας ισούται με εξοικονόμηση κόστους.

Επιπλέον, τα ολοκληρωμένα κυκλώματα NB-IoT θα είναι απλούστερα να δημιουργηθούν και έτσι θα είναι φθηνότερα.

3. Αξιοπιστία

Η ανάπτυξη του NB-IoT σε ένα αδειοδοτημένο φάσμα, σημαίνει βελτιωμένη αξιοπιστία για τους χρήστες, καθώς και εγγυημένη κατανομή πόρων που απαιτείται για τη διαχείριση ποιότητας της υπηρεσίας (QoS).

4. Ευρύτερη ανάπτυξη

Σε σύγκριση με την προηγούμενη έκδοση, το NB-IoT έχει χαμηλότερα ρυθμό μετάδοσης και καλύτερους προϋπολογισμούς σύνδεσης.

Επιπλέον, το NB-IoT δεν χρειάζεται πύλες για να παρέχει συνδεσιμότητα.

Αντί της δημιουργίας ενός άλλου εξοπλισμού που πρέπει να διαχειριστεί και να λειτουργήσει, μπορεί να συνδέσει απευθείας τους αισθητήρες με το σταθμό βάσης. Αυτό μπορεί να αυξήσει την ευελιξία με ταυτόχρονη μείωση του κόστους.

5. Συνολική προσέγγιση

Ενώ οι ισχυροί παράγοντες στις Η.Π.Α., έχουν ήδη επενδύσει δισεκατομμύρια σε δίκτυα LTE, υπάρχουν πολλές περιοχές σε όλο τον κόσμο με λιγότερα LTE.

Εκτός των Η.Π.Α., υπάρχουν μεγαλύτερες τοποθετήσεις GSM στις οποίες θα βρεθούν αχρησιμοποίητα συγκροτήματα που θα αξιοποιήσουν το NB-IoT.

Το NB-IoT, θα μπορούσε να βοηθήσει τους καινοτόμους της IoT, να βρουν προσιτά σημεία εισόδου σε νέες αγορές παγκοσμίως.

Προβλεπόμενες εφαρμογές NB-IoT

Οι εφαρμογές NB-IoT, μπορούν να υποστηρίξουν πολλές κατηγορίες υπηρεσιών όπως:

- Έξυπνη μέτρηση (ηλεκτρική ενέργεια, φυσικό αέριο και νερό)
- Υπηρεσίες διαχείρισης εγκαταστάσεων
- Ανιχνευτές εισβολέων και πυρκαγιάς για οικίες και εμπορικές ιδιοκτησίες
- Συνδεδεμένες προσωπικές συσκευές μέτρησης παραμέτρων υγείας
- Παρακολούθηση προσώπων, ζώων ή αντικειμένων
- Έξυπνη υποδομή πόλεων όπως λαμπτήρες δρόμου ή κάδους απορριμμάτων
- Συνδεδεμένες βιομηχανικές συσκευές όπως μηχανές συγκόλλησης ή αεροσυμπιεστές.

6. Τεχνολογίες επικοινωνίας στα Έξυπνα Δίκτυα

Ένα έξυπνο δίκτυο, είναι αυτοματοποιημένο σύστημα παροχής και ελέγχου ηλεκτρικού ρεύματος, στο οποίο οι συσκευές ή τα "τελικά σημεία" που βρίσκονται στην αρχή και κατά μήκος της γραμμής ρεύματος, μπορούν να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους.

Οι κοινές αλληλεπιδράσεις ανάμεσα σε αυτές τις συσκευές, μπορεί να είναι εντολές για έλεγχο της κατάστασης, σύνδεση, αποσύνδεση, ενεργοποίηση, απενεργοποίηση και ανάγνωση δεδομένων.

Οι τεχνολογίες επικοινωνιών, χρησιμοποιούνται για την αναμετάδοση πληροφοριών από τις εγκαταστάσεις ηλεκτρικής ενέργειας στη χρησιμότητα και αντιστρόφως.

Η πιο βασική μορφή του έξυπνου δικτύου, μπορεί να χωριστεί σε δύο βασικούς τομείς: Αυτόματη ανάγνωση μετρητών (AMR) και SCADA (εποπτικός έλεγχος και απόκτηση δεδομένων)/αυτοματισμοί διανομής (DA).

Το σύστημα AMR, συλλέγει δεδομένα κατανάλωσης και διάγνωσης από μετρητές σε λογαριασμούς με ακριβή τιμολόγηση πελατών και ανάλυση ή αντιμετώπιση προβλημάτων.

Ο πελάτης, αποκτά έτσι πρόσβαση σε δεδομένα χρήσης.

Τα συστήματα SCADA/DA, βοηθούν στην αποτελεσματική λειτουργία μιας πολύ επιθυμητής και "αξιόπιστης" γραμμής ηλεκτρικής ενέργειας.

Αυτά τα συστήματα, μπορούν να παρακολουθήσουν μεγαλύτερη περιοχή με εξοπλισμό πεδίου στην μεταφορά και διανομή ηλεκτρικής ενέργειας και να επιτρέψουν στις επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας να μετρήσουν τάση/ρεύμα καθώς και στοιχεία ενεργητικού ελέγχου στο δίκτυό του μέσω αυτόματης λήψης αποφάσεων, αποτελεσματικής ανίχνευσης σφαλμάτων και αποκατάστασης ισχύος.

Αν και η βασική μορφή της εφαρμογής του έξυπνου δικτύου δεν είναι ξεπερασμένη σήμερα, μεταξύ της δεκαετίας του 1990 και του 2005, η βιομηχανία και η τεχνολογία μετακινήθηκαν από βασικές σε πιο προηγμένες λειτουργίες.

Οι αμφίδρομοι και πραγματικοί χρόνοι είναι οι βασικοί πυλώνες που αναπτύσσονται.

Βοηθητικά μέσα για προηγμένη υποδομή μέτρησης (AMI), είναι ένας όρος που υποδηλώνει αυτοματοποιημένη αμφίδρομη επικοινωνία μεταξύ ενός έξυπνου μετρητή και ενός κέντρου δεδομένων χρησιμότητας.

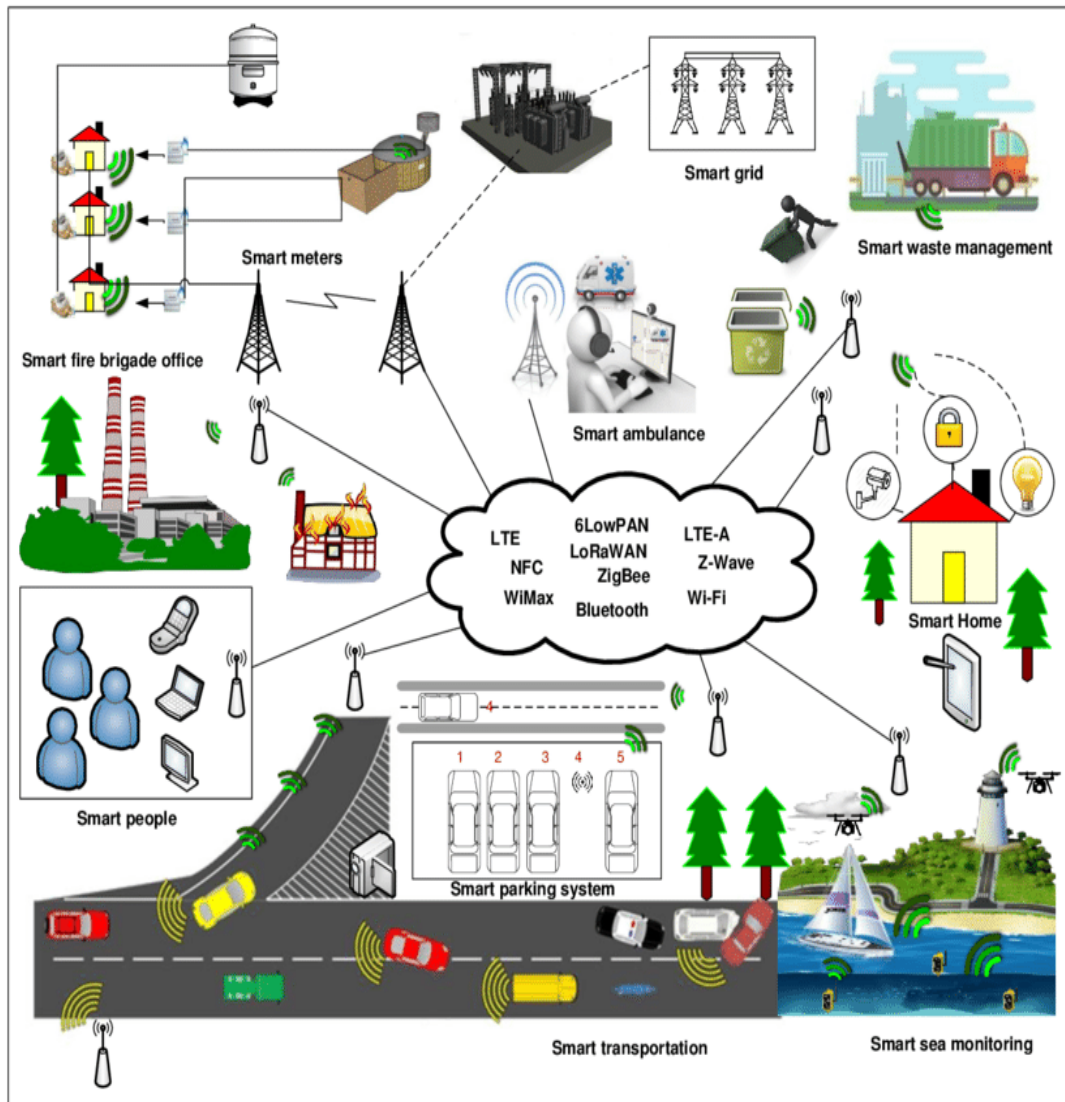
AMR + αμφίδρομη επικοινωνία + ικανότητα πραγματικού χρόνου ισούται με AMI.

Ομοίως, στα συστήματα ελέγχου ισχύος μαζί με SCADA και DA, αναπτύχθηκαν πλήρεις εφαρμογές έξυπνων δικτύων: διαχείριση τάσης, απαιτήσεις απόκρισης, έλεγχος Direct Load, απορρόφηση από διεσπαρμένη παραγωγή (DER) κλπ.

Το AMI, είναι ένα λογικό σημείο εκκίνησης για την περιγραφή της τεχνολογίας επικοινωνιών έξυπνου δικτύου, καθώς άλλα στοιχεία του έξυπνου δικτύου κοινής ωφέλειας θα καλυφθούν διαρθρωτικά με τεχνολογίες AMI.

Η συγκεκριμένη τεχνολογία, σε ένα έξυπνο δίκτυο αποτελείται από τέσσερα επίπεδα:

- Οικιακό δίκτυο
- Έξυπνος μετρητής
- Σημείο συγκέντρωσης
- Κέντρο δεδομένων βοηθητικών εφαρμογών



Εικόνα 6.1 Οι τεχνολογίες επικοινωνίας σε ένα έξυπνο δίκτυο

Οικιακό δίκτυο και έξυπνη μέτρηση

Το οικιακό δίκτυο και τα σημεία πρόσβασης έξυπνου μετρητή συνδέονται στενά. Ο όρος οικιακό δίκτυο δεν περιορίζεται σε ένα σπίτι αλλά εφαρμόζεται σε μια στενή περιοχή.

Το οικιακό δίκτυο, ελέγχεται από το δίκτυο οικιακής περιοχής (HAN), το οποίο συνδέει έξυπνες συσκευές, ηλεκτρικά οχήματα, αποθήκευση και γεννήτριες ηλεκτρικής ενέργειας σε ένα σημείο πρόσβασης - έξυπνο μετρητή.

Ένας έξυπνος μετρητής είναι σε θέση να διασύνδεει ψηφιακά.

Οι συσκευές που λειτουργούν από κοινού, επιτρέπουν τη διαχείριση φορτίου στις ώρες αιχμής και τον συνολικό έλεγχο της ενέργειας.

Η διαχείριση του μέγιστου φορτίου, αποτελεί κρίσιμο παράγοντα στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας λόγω του υψηλού κόστους που συνδέεται με αυτό.

Το υπόλοιπο του ενεργειακού ελέγχου, αν και επιθυμητό να επιτευχθεί, δεν θα επιφέρει το ίδιο επίπεδο απαιτούμενης αξιοπιστίας.

Η ποσότητα της μεταφοράς δεδομένων σε ένα καθορισμένο σημείο, θα αποτελείται πιθανότατα από έναν αριθμό που αντιπροσωπεύει την στιγμιαία χρήση ηλεκτρικής ενέργειας για κάθε συσκευή, εκπεφρασμένη σε βατ (W).

Ως εκ τούτου, η απαίτηση εύρους ζώνης συνήθως πέφτει μεταξύ 10kbps - 100 kbps ανά συσκευή.

Το απαιτούμενο εύρος ζώνης, θα μπορούσε να αυξηθεί εκθετικά για μεγάλα κτίρια γραφείων, οπότε η επιλεγμένη τεχνολογία δικτύωσης πρέπει να κλιμακωθεί.

Οι τεχνολογίες χαμηλής κατανάλωσης, μικρής απόστασης και κόστους είναι κατάλληλες για επικοινωνίες εντός της εγκατάστασης.

Υπάρχουν πολλές επιλογές όπως:

- 2.4 GHz Wi-Fi, πρωτόκολλο ασύρματης δικτύωσης 802.11
- ZigBee (βασισμένο στο ασύρματο πρότυπο IEEE 802.15.4)
- IEEE 802.15.4g ασύρματα δίκτυα Smart Utility (SUN)
- HomePlug (μια μορφή δικτύωσης δικτύου μεταφέρει δεδομένα μέσω των υφιστάμενων ηλεκτρικών καλωδίων)

Η ομοιόμορφη τυποποίηση που βασίζεται στο πρωτόκολλο του διαδικτύου (IP) χρησιμοποιείται ευρέως για τις εσωτερικές επικοινωνίες.

Πρέπει να σημειωθεί, ότι οι εφαρμογές στο σπίτι μπορούν να χρησιμοποιήσουν έξυπνο δίκτυο.

Μπορούν επίσης να υπάρχουν, ανεξάρτητα χωρίς να αποτελούν μέρος ενός έξυπνου δικτύου.

Για παράδειγμα, οποιοσδήποτε έξυπνος ή μη μετρητής μπορεί να συνδεθεί στο HAN. Π.χ. ένας αισθητήρας με δυνατότητα Wi-Fi, μπορεί να διαβάσει τον παραδοσιακό μετρητή και να στείλει σε έναν διακομιστή ιστού να φτιάξει πολλά είδη ενεργειακής κατανάλωσης που σχετίζονται με αυτή.

Αυτά τα είδη εφαρμογών, είτε χρησιμοποιούν έναν υπάρχον μετρητή είτε έναν έξυπνο μετρητή και επιτρέπουν τις λειτουργίες που αντιμετωπίζουν οι καταναλωτές χωρίς να χρειάζονται τεχνολογίες επικοινωνιών πέραν των ήδη εγκατεστημένων σε ένα συνηθισμένο οικιακό δίκτυο.

Σημείο Συγκέντρωσης

Οι πληροφορίες που συλλέγονται από ένα οικιακό δίκτυο έως ένα σημείο πρόσβασης, πρέπει τώρα να διασχίσουν και να φθάσουν σε ένα σημείο συγκέντρωσης ως μέρος του έξυπνου δικτύου.

Η μετάβαση δεδομένων είναι πράγματι αμφίδρομη, ωστόσο, ο όγκος των δεδομένων από το σημείο συγκέντρωσης σε μια συσκευή, θα είναι μικρότερος σε σύγκριση με τις πληροφορίες του καταναλωτή που οδηγούνται στο βοηθητικό πρόγραμμα.

Ένα σημείο συγκέντρωσης, μπορεί να είναι ένας υποσταθμός, μια βοηθητική συσκευή όπως μετασχηματιστής ή ένας πύργος επικοινωνίας.

Οι απαιτήσεις εύρους ζώνης, είναι στην περιοχή 10-100 kbps ανά συσκευή από το σπίτι ή το γραφείο.

Ωστόσο, αν τα σημεία δεδομένων σε επίπεδο συσκευής σε αντίθεση με ολόκληρα οικιακά δεδομένα μεταδίδονται στο σημείο συγκέντρωσης, τότε η απαίτηση εύρους ζώνης θα αυξάνεται.

Οι αρχικές λύσεις, βασίστηκαν στην επικοινωνία μέσω γραμμής ηλεκτρικής ενέργειας (PLC).

Η PLC, μεταδίδει δεδομένα από συσκευή/μετρητή ή εντολή σε συσκευή/μετρητή μέσω υπάρχουσας γραμμής ηλεκτρικής ενέργειας.

Είναι οικονομικά αποδοτικό για επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας, ειδικά σε περιοχές χαμηλής πυκνότητας, όπου η ανάπτυξη ασύρματης τεχνολογίας δεν είναι βιώσιμη αλλά υπάρχει η γραμμή ισχύος.

Η ανάπτυξη της ασύρματης τεχνολογίας, αποτελεί μια ελκυστική επιχειρηματική περίπτωση όταν το ακριβό κόστος της εγκατάστασης του εξοπλισμού μπορεί να μοιραστεί .

Η ανάπτυξη αποκλειστικής ασύρματης τεχνολογίας σε απομακρυσμένες εγκαταστάσεις είναι απαγορευτική λόγω του κόστους.

Αλλά, σε ορισμένες περιπτώσεις η PLC είναι ευαίσθητη στις παρεμβολές και προσφέρει εξαιρετικά χαμηλό εύρος ζώνης, λιγότερο από 20 kbps.

Το AMI, με εντατική επεξεργασία δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, απαιτεί εύρος ζώνης έως 100 kbps ανά συσκευή.

Σε πόλεις με πολλούς κατοίκους, οι εγκαταστάσεις AMI χρησιμοποιούν δίκτυο ασύρματων δικτύων 900 MHz για τη μετάδοση δεδομένων.

Σε ένα δίκτυο ασύρματων δικτύων, η σύνδεση μεταξύ μετρητών και τελικών σημείων συλλογής επιτυγχάνεται μέσω ενός αποκλειστικού δικτύου που χρησιμοποιεί μη εξουσιοδοτημένο φάσμα ραδιοσυχνοτήτων, το οποίο διαχειρίζεται η εταιρεία ή ένας υπεργολάβος.

Το δίκτυο Stat, είναι μια άλλη ασύρματη εναλλακτική λύση.

Χρησιμοποιεί σταθερό σημείο σε δίκτυο πολλαπλών σημείων RF, χρησιμοποιώντας αδειοδοτημένους πύρους επικοινωνίας και ραδιοσυχνοτήτων.

Περισσότερες ευρυζωνικές επικοινωνίες που υποστηρίζουν εύρος ζώνης, όπως το IEEE 802.16e, το κινητό WiMAX, το ευρυζωνικό PLC και οι κυψελοειδείς τεχνολογίες νέας γενιάς και οι δορυφορικές τεχνολογίες, είναι μερικές πιθανές επιλογές.

Με τα αυξανόμενα δεδομένα και τον μεγάλο θόρυβο, η απαίτηση εύρους ζώνης τείνει να αυξάνεται.

Κέντρο δεδομένων βοηθητικών εφαρμογών

Η ροή πληροφοριών από τα σημεία συγκέντρωσης στο βοηθητικό πρόγραμμα, συνήθως λειτουργεί μέσω ιδιωτικού δικτύου.

Διατίθενται διάφορες τεχνολογίες: καλώδιο οπτικών ινών, καλώδιο T1, δίκτυα μικροκυμάτων ή δίκτυα αστέρα για τη μεταφορά δεδομένων από τον διανομέα προς το βοηθητικό πρόγραμμα.

Οι εξελιγμένες εφαρμογές έξυπνου δικτύου που υποστηρίζουν αμφίδρομη και συχνή επικοινωνία, χρειάζονται εύρος ζώνης τουλάχιστον 500 kbps για την αποστολή δεδομένων από ένα σημείο συγκέντρωσης σε ένα βοηθητική εφαρμογή.

Επί του παρόντος, πολλά δίκτυα AMI υποστηρίζουν διαλείπουσα συνδεσιμότητα με βοηθητικές εφαρμογές, τα δεδομένα συγκεντρώνονται σε έναν γειτονικό κόμβο και αποστέλλονται περιοδικά.

Μπορεί να χρειαστεί μεγαλύτερο εύρος ζώνης για την υποστήριξη περισσότερων λειτουργιών ή μεγαλύτερης σύνδεσης σε πραγματικό χρόνο.

6.1 Αρχιτεκτονική του δικτύου επικοινωνιών

Η υποδομή επικοινωνίας στο έξυπνο δίκτυο, πρέπει να υποστηρίζει τις αναμενόμενες λειτουργικές δυνατότητες και να ικανοποιεί τις απαιτήσεις επίδοσης.

Καθώς η υποδομή αυτή συνδέει ένα τεράστιο αριθμό ηλεκτρικών συσκευών και διαχειρίζεται την περίπλοκη επικοινωνία τους, είναι οργανωμένη σε μια ιεραρχική υποδομή με διασυνδεδεμένα επιμέρους υποδίκτυα, το καθένα από τα οποία είναι υπεύθυνο για ξεχωριστή γεωγραφική περιοχή.

Γενικά, τα δίκτυα επικοινωνιών μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις κατηγορίες: δίκτυα WAN (Wide Area Networks), δίκτυα FAN (Field Area Networks) και δίκτυα HAN (Home Area Networks).

Wide Area Networks

Τα δίκτυα WAN, αποτελούν την ραχοκοκαλιά που συνδέει τα κατανεμημένα, μικρότερα δίκτυα που εξυπηρετούν τα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας σε διάφορες θέσεις.

Όταν τα κέντρα ελέγχου βρίσκονται μακριά από τους υποσταθμούς ή τους τελικούς καταναλωτές, οι μετρήσεις πραγματικού χρόνου που λαμβάνονται από τις ηλεκτρικές συσκευές μεταφέρονται στα κέντρα ελέγχου μέσω των δικτύων WAN και κατά την αντίστροφη κατεύθυνση, τα WAN αναλαμβάνουν τη μεταφορά εντολών από τα κέντρα ελέγχου προς τις συσκευές.

Για βέλτιστη επίγνωση των συνθηκών σε μια ευρεία περιοχή, οι φορείς RTO (Regional Transmission Operator) χρειάζονται πολλές πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση του ηλεκτρικού δικτύου.

Η επίγνωση αυτή, επιτυγχάνεται με τη χρήση στους υποσταθμούς γρήγορων, χρονικά σφραγισμένων και πραγματικού χρόνου πληροφοριών για το σύστημα, που προέρχονται από εξειδικευμένους ηλεκτρικούς αισθητήρες (δηλαδή τις μονάδες PMUs).

Οι συσκευές PMU, καταγράφουν πληροφορίες για το διάνυσμα του ρεύματος και της τάσης με συχνότητα δειγμάτων ως 60 Hz.

Στην συνέχεια, οι πληροφορίες αυτές χρησιμοποιούνται από τα συστήματα διαχείρισης ενέργειας (EMS) στα κέντρα ελέγχου για την παροχή βελτιωμένης εκτίμησης, παρακολούθησης, ελέγχου και προστασίας της κατάστασης λειτουργίας.

Τα δίκτυα WAN, επίσης, συντελούν στην επικοινωνία μεταξύ των IEDs και των κέντρων ελέγχου.

Οι έξυπνες ηλεκτρικές συσκευές, εγκαθίστανται κατά μήκος των γραμμών μεταφοράς και στους υποσταθμούς για να καταγράφουν τις πληροφορίες από τα συστήματα SCADA και να ενεργούν βάσει των εντολών ελέγχου και προστασίας που στέλνουν τα κέντρα ελέγχου.

Επιπλέον, για να υποστηριχθεί στα κέντρα ελέγχου η λήψη των υψηλής ταχύτητας δεδομένων από τα στοιχεία PMU, απαιτείται ένα δίκτυο υψηλού εύρους ζώνης.

Επί του παρόντος, οι υποσταθμοί επικοινωνούν με τα κέντρα ελέγχου χρησιμοποιώντας point-to-point τηλεφωνικές ή μικροκυματικές ζεύξεις.

Έτσι, υπό την απουσία ενός δικτύου υψηλής ταχύτητας, τα ψηφιακά δεδομένα από τις μονάδες PMU περιορίζονται εντός των υποσταθμών και δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικά από τα κέντρα ελέγχου, γεγονός που υπογραμμίζει την ανάγκη ενός υψηλού εύρους ζώνης δικτύου WAN στο σύστημα του έξυπνου δικτύου.

Field area networks

Τα δίκτυα FAN, συνιστούν τη μονάδα επικοινωνίας για τα συστήματα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας.

Οι ηλεκτρονικοί αισθητήρες στα τροφοδοτικά και τους μετασχηματιστές της διανομής, οι έξυπνες ηλεκτρικές συσκευές (IEDs) ικανές να εκτελούν εντολές ελέγχου από τα συστήματα DMS, οι διεσπαρμένοι ενεργειακοί πόροι (DER) στα συστήματα διανομής, οι σταθμοί φόρτισης plug-in ηλεκτρικών οχημάτων (PEVs) και οι έξυπνοι μετρητές στις εγκαταστάσεις των πελατών αποτελούν τις κύριες πηγές πληροφοριών προς παρακολούθηση και έλεγχο από τα συστήματα DMS στα κέντρα ελέγχου.

Οι εφαρμογές του συστήματος ενέργειας στον τομέα της διανομής, χρησιμοποιούν δίκτυα FAN για να μοιράζονται και να ανταλλάσσουν πληροφορίες.

Οι εφαρμογές αυτές μπορούν να κατηγοριοποιηθούν είτε με βάση τον τομέα, οπότε είναι αυτές που σχετίζονται με τις γραμμές μεταφοράς, τους αισθητήρες, τους ρυθμιστές τάσης είτε με βάση τους καταναλωτές, οπότε σχετίζονται γενικά με τους τελικούς καταναλωτές, όπως σπίτια, κτήρια, βιομηχανικούς χρήστες κ.τ.λ.

Οι δυο κατηγορίες εφαρμογών που λειτουργούν στον τομέα της διανομής έχουν διαφορετικές κρίσιμες απαιτήσεις.

Για παράδειγμα, οι εφαρμογές βασισμένες στους καταναλωτές (σε αυτές περιλαμβάνονται τα AMI, DR, LMS κ.ά.) απαιτούν το δίκτυο επικοινωνίας μεταξύ της επιχείρησης κοινής ωφέλειας και του καταναλωτή να είναι επεκτάσιμο, κάτι που θα επέτρεπε την προσθήκη περισσότερων εφαρμογών και καταναλωτών στο μέλλον, ενώ η ευαισθησία ως προς το χρόνο δεν είναι μεγάλο θέμα για αυτές.

Από την άλλη, οι βασισμένες στον τομέα εφαρμογές (περιλαμβάνονται εφαρμογές SCADA και OMS, παρακολούθηση και έλεγχο των DER, κ.ά.) είναι πιο ευαίσθητες φύσεως όσον αφορά το χρόνο.

Ως εκ τούτου, οι επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας μπορούν να επιλέξουν να υιοθετήσουν είτε αφιερωμένα δίκτυα επικοινωνίας σε κάθε κατηγορία εφαρμογών, είτε ένα ενιαίο και κοινόχρηστο δίκτυο για τις δυο κατηγορίες.

Ένα κοινόχρηστο δίκτυο, θα ελαχιστοποιήσει το κόστος ανάπτυξης, ενώ τα ξεχωριστά δίκτυα έχουν το πλεονέκτημα της δυνατότητας επικοινωνίας σε πραγματικό χρόνο και της πρόσθετης ασφάλειας.

Home Area Networks

Τα οικιακά δίκτυα απαιτούνται στον τομέα του καταναλωτή, για την παρακολούθηση και τον έλεγχο των έξυπνων συσκευών στο χώρο των πελατών και για την εφαρμογή νέων λειτουργιών όπως DR και AMI.

Τα πρώτα HAN εμφανίστηκαν προς τα τέλη της δεκαετίας του '90 και άρχισαν να εξαπλώνονται από τις αρχές του 2000 με την ανάπτυξη του διαδικτύου.

Πλέον, με την εμφάνιση και ανάπτυξη του έξυπνου δικτύου, τα de facto πρότυπα (Ethernet και 802.11 Wi-Fi) δικτύωσης HAN θα πρέπει να αναμένουν και νέες αφίξεις στον τομέα αυτό, με τις κύριες διαφορές τους να στρέφονται γύρω από τους ρυθμούς δεδομένων και την κατανάλωση ενέργειας.

Το διαδίκτυο και οι τεχνολογίες γύρω από αυτό αναπτύχθηκαν με στόχο τη μεταφορά μεγάλου όγκου δεδομένων μέσω ενός δικτύου σε διακοπτόμενα, θα λέγαμε, διαστήματα.

Οι ανάγκες ενός έξυπνου δικτύου, όμως, είναι αρκετά διαφορετικές, απαιτώντας σχετικά χαμηλό εύρος ζώνης αλλά τακτική και αδιάλειπτη επικοινωνία.

Εντός σπιτιού, για παράδειγμα, συσκευές όπως θερμοστάτες, συστήματα HVAC, συστήματα οικιακού αυτοματισμού ή διαχείρισης οικιακής ενέργειας, μετρητές νερού και μετρητές ηλεκτρικού ρεύματος θα διασυνδέονται και θα επικοινωνούν, επιτρέποντας στους ιδιοκτήτες να αντιλαμβάνονται και να διαχειρίζονται καλύτερα την κατανάλωση ενέργειας.

Οι συσκευές αυτές έχουν μικρότερες απαιτήσεις εύρους ζώνης, αλλά προϋποθέτουν τακτική και συνεχή ροή δεδομένων.

Γενικά, υπάρχει πληθώρα προτύπων και πρωτοκόλλων που ανταγωνίζονται για την κυριαρχία στην αγορά των έξυπνων δικτύων.

Με τόσες πολλές συσκευές που χρειάζεται να συνδεθούν στο δίκτυο, επαφίεται στο συμφέρον των καταναλωτών και των κατασκευαστών να καθορίσει τα πιο αξιόλογα από αυτά και να επιλέξει όποια υπερτερούν ως προς τη διαλειτουργικότητα, την κλίμακα οικονομίας και την ευκολία υιοθέτησης.

Με τόσες συσκευές που αναμένεται να ενσωματωθούν στα έξυπνα δίκτυα, εύλογα τίθεται το ερώτημα πώς πρόκειται να συνδεθούν.

Φαίνεται να υπάρχουν δυο διαφορετικές σκέψεις για την αρχιτεκτονική HAN και τον τρόπο που σχετίζεται με την επιχείρηση κοινής ωφέλειας.

Η πρώτη είναι πως η επιχείρηση, που παραδοσιακά ελέγχει το μεγαλύτερο μέρος της ηλεκτρικής υποδομής, αν όχι ολόκληρη, θα είναι σε θέση να ελέγχει όλες τις συσκευές εντός σπιτιού για να διαχειρίζεται καλύτερα το δίκτυο.

Η δεύτερη προβλέπει πως η επιχείρηση θα έχει πρόσβαση σε μία πύλη εντός σπιτιού αλλά ο καταναλωτής ελέγχει τι συμβαίνει μέσα στο σπίτι ή το αναθέτει σε τρίτους.

Αυτή η επιλογή είναι πιο βολική γιατί ταιριάζει τόσο στους καταναλωτές, που θα νιώθουν άβολα να μπορεί η επιχείρηση να χειρίζεται τις συσκευές μέσα στο ίδιο τους το σπίτι, όσο και στους παρόχους και τους κατασκευαστές, που ασχολούνται με τη διαλειτουργικότητα.

Τα πρότυπα για τα δίκτυα HAN μπορούν να διαχωριστούν σε τρεις κατηγορίες, αυτά που χρειάζονται νέα καλώδια, αυτά που δεν απαιτούν νέα καλώδια και τα ασύρματα, με κάθε κατηγορία να έχει πλεονεκτήματα αλλά και αδυναμίες.

Στην ενσύρματη δικτύωση το πλέον διαδεδομένο, και χωρίς ανταγωνισμό, πρότυπο είναι το Ethernet.

Στην περίπτωση που θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε την υπάρχουσα καλωδίωση αντί να εγκαταστήσουμε ένα νέο δίκτυο, οι επιλογές που υπάρχουν σχεδόν σε κάθε σπίτι είναι οι τηλεφωνικές γραμμές και οι γραμμές ηλεκτρικού ρεύματος.

Υπάρχουν πρότυπα και τεχνολογίες και για τις δυο περιπτώσεις, αλλά δεδομένου ότι ένας από τους κύριους στόχους του έξυπνου δικτύου είναι να παρακολουθεί και να ελαχιστοποιεί τη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας, η χρήση των γραμμών ρεύματος έχει το προβάδισμα.

Ένας επιπλέον λόγος που συμβαίνει αυτό είναι η περιορισμένη κάλυψη των τηλεφωνικών γραμμών στην κατασκευή του σπιτιού.

Το HomePlug, είναι το πιο διαδεδομένο πρότυπο για επικοινωνία μέσω ηλεκτρικών γραμμών, το HomePNA χρησιμοποιεί τις τηλεφωνικές γραμμές ή ομοαξονικά καλώδια, ενώ το G.hn είναι ένα ITU πρότυπο για δικτύωση μέσω γραμμών ρεύματος, τηλεφωνικών γραμμών ή ομοαξονικών καλωδίων, με ρυθμούς δεδομένων έως 1Gbps. Από την άλλη μεριά, μεγάλο ενδιαφέρον κερδίζει συνεχώς η ασύρματη σύνδεση των συσκευών, μια τάση που αναμένεται να συνεχιστεί.

Δυο από τις εξέχουσες ασύρματες τεχνολογίες που ανταγωνίζονται στο χώρο των έξυπνων δικτύων είναι τα πρότυπα IEEE 802.11n (WiFi) και το 802.15.4 (που χρησιμοποιεί το ZigBee).

6.2 Εφαρμόσιμες τεχνολογίες στα έξυπνα δίκτυα

Η εφαρμογή των διάφορων τεχνολογιών για τις επικοινωνίες των έξυπνων δικτύων εξαρτάται, από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του δικτύου και τις καθορισμένες απαιτήσεις.

Μικρές επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας, για παράδειγμα, μπορεί να εκμεταλλευθούν τα πλεονεκτήματα που προσφέρουν τα υπάρχοντα κυψελωτά δίκτυα και να συνεργαστούν με άλλους ώστε να μειώσουν το κεφαλαιουχικό και λειτουργικό κόστος.

Αντιθέτως, οι μεγάλες επιχειρήσεις είναι σε θέση να φτιάξουν το δικό τους δίκτυο για να αποφύγουν την κοινή χρήση εύρους ζώνης, με στόχο να έχουν μεγαλύτερα κέρδη από το επενδεδυμένο κεφάλαιο.

Επιπλέον, οι γεωγραφικές ανάγκες, οι στόχοι του έργου, οι εφαρμογές και οι υπηρεσίες που θα διατίθενται στους καταναλωτές θα επηρεάσουν τις επιλογές των τεχνολογιών που θα εφαρμοστούν.

6.2.1 Ασύρματες Τεχνολογίες (Wireless Technologies)

Οι ασύρματες τεχνολογίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στις διάφορες εφαρμογές των έξυπνων δικτύων παρουσιάζονται παρακάτω.

WiMAX

Η τεχνολογία WiMAX, είναι μέρος της σειράς προτύπων 802.16 για δίκτυα WMAN. Κύριος στόχος του WiMAX, είναι να επιτύχει διαλειτουργικότητα σε παγκόσμιο επίπεδο για μικροκυματική πρόσβαση.

Το 2001, όταν εκδόθηκε το πρώτο σχέδιο του IEEE 802.16, όριζε το ευρύ φάσμα των 10-66GHz για τις επικοινωνίες.

Κατόπιν, δημοσιεύτηκε ένα υποσύνολο του φάσματος για διαλειτουργικότητα.

Στις σταθερές επικοινωνίες, αφιερώθηκαν οι ζώνες 3.5 και 5.8GHz, ενώ στις κινητές επικοινωνίες ανατέθηκαν οι ζώνες 2.3, 2.5 και 3.5GHz.

Τα φάσματα των 2.3, 2.5, 3.5GHz είναι αδειοδοτημένα, ενώ των 5.8GHz είναι μη αδειοδοτημένο.

Το WiMAX, παρέχει ρυθμούς δεδομένων μέχρι 70Mbps και απόσταση κάλυψης ως 48km.

Ωστόσο, η κάλυψη και η ταχύτητα του δικτύου είναι μεγέθη αντιστρόφως ανάλογα το ένα προς το άλλο.

Τα αδειοδοτημένα φάσματα επιτρέπουν μετάδοση υψηλότερης ισχύος και σε μεγαλύτερες αποστάσεις, κάτι που τα καθιστά πιο κατάλληλα για επικοινωνίες μεγάλων αποστάσεων.

Μερικές από τις εφαρμογές των έξυπνων δικτύων όπου θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί το WiMAX είναι: 1) ασύρματα αυτόματα συστήματα ανάγνωσης μετρητών (WAMRS), 2) τιμολόγηση σε πραγματικό χρόνο (Real-time Pricing), 3) ανίχνευση και αποκατάσταση διακοπής λειτουργίας.

Στα πλεονεκτήματα της σημερινής τεχνολογίας WiMAX συμπεριλαμβάνονται το μικρότερο κόστος ανάπτυξης και λειτουργίας, η ομαλή επικοινωνία, οι υψηλοί ρυθμοί μετάδοσης (ως τα 75Mbps), το επαρκές εύρος ζώνης και η επεκτασιμότητα.

Ασύρματα Τοπικά Δίκτυα (Wireless LAN)

Τα ασύρματα τοπικά δίκτυα (LAN), βασισμένα στο πρότυπο IEEE 802.11, παρέχουν εύρωστη, υψηλής ταχύτητας επικοινωνία σημείου-προς-σημείο (point-to-point) και σημείου-προς-πολλαπλά σημεία (point-to-multipoint), σε ρυθμούς των 1 και 2Mbps. Στο πρότυπο αυτό υιοθετήθηκε τεχνολογία απλωμένου φάσματος που επιτρέπει να χρησιμοποιείται η ίδια ζώνη συχνοτήτων από πολλούς χρήστες με ελάχιστη παρεμβολή σε άλλους χρήστες.

Το πρότυπο IEEE 802.11b, γνωστό επίσης και ως Wi-Fi, προσφέρει μέγιστο ρυθμό δεδομένων στα 11Mbps και λειτουργεί στη ζώνη συχνοτήτων 2.4GHz με διαμόρφωση DSSS.

Επιπλέον, πρόσφατα διαθέσιμες τεχνολογίες βασισμένες στο IEEE 802.11a και 802.11g μπορούν να επιτύχουν ρυθμούς μέχρι 54 Mbps.

Το IEEE 802.11a λειτουργεί στα 5.4GHz με OFDM διαμόρφωση και το IEEE 802.11g, γνωστό ως ενισχυμένο WI-Fi, λειτουργεί στα 2,4GHz με DSSS διαμόρφωση.

Το IEEE 802.11n, βασισμένο σε τεχνολογία MIMO προορίζεται να αυξήσει τους ρυθμούς μεταφοράς, φτάνοντας τα 600Mbps, ενώ το IEEE 802.11i, γνωστό ως WPA-2, ενισχύει την ασφάλεια στα ασύρματα LAN χρησιμοποιώντας προηγμένα πρότυπα κρυπτογράφησης (AES).

Η εφαρμογή ασύρματων LAN πλεονεκτεί σε σχέση με τα ενσύρματα γιατί είναι εύκολο να εγκατασταθούν, λιγότερο ακριβά και παρέχουν κινητικότητα των συσκευών.

Μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε διάφορες εφαρμογές, όπως στον αυτοματισμό και την προστασία υποσταθμών διανομής και στην απεικόνιση και τον έλεγχο των διεσπαρμένων ενεργειακών πόρων, ειδικά σε περιπτώσεις απομακρυσμένων, μικρών υποσταθμών και DER, όπου οι απαιτήσεις για ρυθμούς μετάδοσης και ασύρματες παρεμβολές είναι συγκριτικά χαμηλότερες.

Κυψελωτές Επικοινωνίες (Cellular network Communication)

Το υπάρχον δίκτυο κυψελωτών επικοινωνιών, είναι μια καλή επιλογή τόσο για την επικοινωνία μεταξύ των έξυπνων μετρητών και των επιχειρήσεων κοινής ωφέλειας, όσο και μεταξύ απομακρυσμένων κόμβων.

Χρησιμοποιώντας την υπάρχουσα υποδομή επικοινωνιών, οι επιχειρήσεις αποφεύγουν σημαντικό κόστος και χρόνο που θα απαιτούνταν για τη δημιουργία μιας νέας και αποκλειστικής υποδομής.

Οι 3G (3rd Generation) / 4G (4rd Generation) τεχνολογίες λειτουργούν στο φάσμα 824-894MHz/1900MHz, που είναι οι αδειοδοτημένες ζώνες συχνοτήτων.

Οι ρυθμοί μεταφοράς δεδομένων αυτής της τεχνολογίας έχουν βελτιωθεί τελευταία, αλλά η απόσταση κάλυψης εξαρτάται από τη διαθεσιμότητα της κυψελωτής υπηρεσίας.

Η τοπολογία του δικτύου αποτελείται από κυψέλες, οι οποίες καλύπτουν μια ευρεία περιοχή και εξυπηρετούνται η καθεμία από τουλάχιστον ένα ασύρματο πομπό χαμηλής ισχύος, γνωστό ως σταθμό βάσης.

Κάθε κυψέλη χρησιμοποιεί διαφορετικό σύνολο συχνοτήτων από τις γειτονικές της, ώστε να αποφεύγεται η παρεμβολή και να παρέχεται εγγυημένο εύρος ζώνης εντός των ορίων της.

Όσον αφορά τα πλεονεκτήματα, το σημαντικότερο είναι ότι τα κυψελωτά δίκτυα υπάρχουν ήδη.

Έτσι, όπως έχει αναφερθεί, οι πάροχοι δε θα επιβαρυνθούν με κόστος κατασκευής. Επίσης, παρέχεται επαρκές εύρος ζώνης για αρκετές από τις εφαρμογές, ενώ με την πρόσφατη ανάπτυξη στις 3G / 4G τεχνολογίες, ο ρυθμός δεδομένων και η ποιότητα υπηρεσίας (QoS) βελτιώνονται πολύ γρήγορα.

Από την άλλη, μερικές κρίσιμες εφαρμογές των έξυπνων δικτύων χρειάζονται αδιάλειπτη διαθεσιμότητα επικοινωνιών.

Ωστόσο, το κυψελωτό δίκτυο θα χρησιμοποιείται παράλληλα και από την αγορά των καταναλωτών, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε συμφόρηση του δικτύου ή μείωση της επίδοσης σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης.

Ακόμη, οι κυψελωτές επικοινωνίες είναι πιθανόν ακατάλληλες για εφαρμογές που σχετίζονται με πολλά δεδομένα και απαιτούν πολύ μεγάλο εύρος ζώνης.

ZigBee

Το ZigBee είναι μια αξιόπιστη, αποτελεσματική ως προς το κόστος, ασύρματη τεχνολογία επικοινωνιών, σχετικά χαμηλή σε κατανάλωση ισχύος, ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων, κόστος εφαρμογής και πολυπλοκότητα.

Είναι ιδανική τεχνολογία για έξυπνο φωτισμό, παρακολούθηση της ενέργειας, οικιακό αυτοματισμό κλπ.

Το ZigBee και το ZigBee (SEP), έχουν αναγνωριστεί ως τα πιο κατάλληλα πρότυπα για εφαρμογές έξυπνου δικτύου στον οικιακό τομέα.

Λειτουργεί στη μη αδειοδοτημένη ζώνη των 868MHz στην Ευρώπη, 915MHz στην Βόρεια Αμερική και 2.4GHz παγκοσμίως.

Στη ζώνη των 2.4GHz, που λειτουργούν πιο συχνά οι πομποδέκτες, έχει 16 κανάλια εύρους 5MHz το καθένα και χρησιμοποιεί την OQPSK τεχνική διαμόρφωσης.

Επιλέγεται αυτό το σχήμα, που είναι μια παραλλαγή της κλασσικής QPSK, επειδή απαιτεί λιγότερη ισχύ συγκριτικά με παρόμοια σχέδια διαμόρφωσης, ενώ επιτυγχάνει την ίδια ή καλύτερη απόδοση (throughput).

Το ZigBee προσφέρει ρυθμούς δεδομένων 20-250Kbps και κάλυψη 10-100m.

Θεωρείται πολύ καλή επιλογή για μετρήσεις (metering) και διαχείριση ενέργειας και είναι ιδανικό για εφαρμογές έξυπνων δικτύων χάρη στην απλότητα, την κινητικότητα που παρέχει, την ευρωστία, τις χαμηλές απαιτήσεις εύρους ζώνης, τη λειτουργία του σε μη αδειοδοτημένο φάσμα και την ευκολία εφαρμογής του.

Υπάρχουν, όμως, κάποιοι περιορισμοί στη χρήση του ZigBee σε πρακτικές εφαρμογές, όπως οι μικρές ικανότητες επεξεργασίας, το μικρό μέγεθος μνήμης, οι μικρές απαιτήσεις καθυστέρησης και οι παρεμβολές από άλλες συσκευές που μοιράζονται το ίδιο μέσο μετάδοσης.

Ασύρματα Δίκτυα Πλέγματος (Wireless Mesh Networks – WMN)

Ένα δίκτυο πλέγματος (mesh network), είναι ένα ευέλικτο δίκτυο αποτελούμενο από μια ομάδα κόμβων, όπου νέοι κόμβοι μπορούν να ενταχθούν στην ομάδα και κάθε κόμβος μπορεί να δράσει ως ανεξάρτητος δρομολογητής.

Τα WMN, συχνά αποτελούνται από πελάτες πλέγματος (mesh clients), δρομολογητές πλέγματος (mesh routers) και πύλες.

Οι πελάτες είναι συχνά φορητοί υπολογιστές, κινητά τηλέφωνα και άλλες ασύρματες συσκευές, ενώ οι δρομολογητές πλέγματος προωθούν κίνηση από και προς τις πύλες, οι οποίες μπορούν, αλλά δεν είναι απαραίτητο, να είναι συνδεδεμένες στο διαδίκτυο.

Η περιοχή κάλυψης των ραδιοκόμβων, που λειτουργεί ως ένα ενιαίο δίκτυο, καλείται μερικές φορές σύννεφο πλέγματος.

Τα δίκτυα αυτά είναι αξιόπιστα και προσφέρουν πλεονασμό.

Αυτού του είδους τα δίκτυα έχουν, επίσης, την ιδιότητα της αυτό-θεραπείας, που επιτρέπει στα σήματα επικοινωνιών να βρίσκουν εναλλακτική διαδρομή μέσω των ενεργών κόμβων, σε περίπτωση που οποιοσδήποτε κόμβος εγκαταλείψει το δίκτυο. Τα ασύρματα δίκτυα πλέγματος και τα δίκτυα χαμηλής ισχύος και χαμηλού ρυθμού (LPLR), παίζουν σημαντικό ρόλο στην επικοινωνιακή υποδομή των έξυπνων δικτύων.

Τα WMN, αρχικά σχεδιασμένα για επικοινωνία σε επίπεδο κοινότητας ή γειτονιάς, θεωρούνται μία από τις προβλεπόμενες προσεγγίσεις για να υποστηρίξουν τα έξυπνα δίκτυα.

Βασίζονται κυρίως στο πρότυπο IEEE 802.11 για να παρέχουν αξιόπιστη και οικονομικά αποδοτική δικτύωση πλέγματος, με εύκολη εγκατάσταση και εφαρμογή και αποτελούν μια προσιτή επένδυση.

Μπορούν να διαχειρίζονται αποδοτικά εφαρμογές των έξυπνων δικτύων, ταυτόχρονα με άλλες χρήσεις που δεν αφορούν έξυπνα δίκτυα.

Από την άλλη, τα LPLR δίκτυα εφαρμόζουν, γενικά, το πρότυπο IEEE 802.15.4 και αποτελούνται από πολυάριθμες συσκευές, οι οποίες είναι βασισμένες σε αισθητήρες.

Δορυφορικές επικοινωνίες

Οι δορυφορικές επικοινωνίες είναι μια καλή λύση για τον απομακρυσμένο έλεγχο και την παρακολούθηση, αφού παρέχουν παγκόσμια κάλυψη και γρήγορη εγκατάσταση. Σε ορισμένα σενάρια όπου δεν υπάρχει υποδομή επικοινωνίας, ιδιαίτερα σε απομακρυσμένους υποσταθμούς και παραγωγή, οι δορυφορικές επικοινωνίες είναι μια οικονομικά αποδοτική λύση.

Τέτοιου είδους επικοινωνία μπορεί εύκολα να εγκατασταθεί και απαιτεί μόνο την απόκτηση του απαραίτητου εξοπλισμού δορυφορικής επικοινωνίας.

Εδώ ας σημειωθεί ότι ορισμένες επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας έχουν ήδη εγκαταστήσει τέτοιον εξοπλισμό για την παρακολούθηση των αγροτικών υποσταθμών.

Επιπλέον, μια αποκλειστικά επίγεια αρχιτεκτονική είναι ευάλωτη σε καταστροφές ή βλάβες του συστήματος επικοινωνίας.

Κατά συνέπεια, προκειμένου να εξασφαλιστεί η ασφαλής λειτουργία και η παράδοση της κρίσιμης κίνησης δεδομένων σε περιπτώσεις καταστροφών ή βλαβών του επίγειου συστήματος επικοινωνιών, οι δορυφόροι μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εφεδρικό σύστημα για τα υπάρχοντα δίκτυα επικοινωνιών.

Ωστόσο, θα πρέπει να σημειωθούν και τα μειονεκτήματα των δορυφορικών επικοινωνιών, καθώς υπάρχουν δυο σημαντικές αδυναμίες.

Πρώτον, ένα δορυφορικό σύστημα επικοινωνίας έχει σημαντικά υψηλότερη καθυστέρηση από αυτή ενός επίγειου συστήματος.

Αυτό καθιστά κάποια πρωτόκολλα π.χ. TCP, τα οποία είχαν αρχικά σχεδιαστεί για επίγεια επικοινωνία, ακατάλληλα για τις δορυφορικές επικοινωνίες.

Δεύτερον, τα χαρακτηριστικά ενός δορυφορικού καναλιού ποικίλλουν ανάλογα με την επίδραση της εξασθένησης και τις καιρικές συνθήκες.

Αυτή η ιδιότητα μπορεί να μειώσει σε μεγάλο βαθμό την επίδοση ολόκληρου του συστήματος επικοινωνίας.

Διάφορες ασύρματες τεχνολογίες

- Mobile Broadband Wireless Access (MBWA)
- Ψηφιακή Τεχνολογία Μικροκυμάτων (Digital Microwave Technology)
- Ελεύθερου χώρου οπτική επικοινωνία (Free-space optical communication)
- Bluetooth

6.2.2 Ενσύρματες Τεχνολογίες (Wired Technologies)

Οι ενσύρματες τεχνολογίες, όπως οι οπτικές ίνες και το BPL, μπορεί να προτιμηθούν από τις επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας όταν είναι ήδη διαθέσιμες στις εξυπηρετούμενες περιοχές και όταν μπορούν να ικανοποιήσουν τις απαιτήσεις επίδοσης.

Βέβαια, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή επικοινωνιακών δικτύων και αφιερωμένα καλώδια που είναι διαφορετικά από τις ηλεκτρικές γραμμές. Αυτά τα ειδικά αφιερωμένα δίκτυα απαιτούν επιπλέον επένδυση για την εγκατάσταση των καλωδίων, αλλά μπορούν να προσφέρουν μεγαλύτερη χωρητικότητα και μικρότερη καθυστέρηση για την επικοινωνία.

Ανάλογα με το μέσο μετάδοσης που χρησιμοποιείται, τα ενσύρματα δίκτυα περιλαμβάνουν τα SONET/SDH, Ethernet, DSL και ομοαξονικού καλωδίου δίκτυα πρόσβασης.

Το DSL και τα ομοαξονικά καλώδια μπορούν να χρησιμοποιηθούν για πρόσβαση στο διαδίκτυο.

Η προς το παρόν διαθέσιμη τεχνολογία, επιτρέπει τη μεταφορά δεδομένων μέσω DSL και ομοαξονικών καλωδίων με ρυθμό ως 10Mbps.

Οι τεχνολογίες οπτικών ινών και οπτικών δικτύων, όπως η επόμενη γενιά SONET/SDH, είναι ικανές να παρέχουν διαφορετικούς ρυθμούς δεδομένων στα επίπεδα πρόσβασης, συγκέντρωσης και πυρήνα, οι οποίοι κυμαίνονται μεταξύ 155Mbps και 160Gbps.

Προσφέρουν πλατφόρμες που παρέχουν πολλαπλές υπηρεσίες, οι οποίες υποστηρίζουν εφαρμογές IP και Ethernet.

Ως αποτέλεσμα της απλότητας του Ethernet και της αποδοτικότητάς του σχετικά με το κόστος, η υιοθέτηση του IP με MPLS για την επίτευξη μεταφοράς πάνω από SONET/SDH στα υπάρχοντα δίκτυα μεταγωγής πακέτων (γνωστά ως carrier Ethernet) θα ενισχύσει την αξιοπιστία, την ποιότητα υπηρεσίας και την ασφάλεια για τις κρίσιμες εφαρμογές των έξυπνων δικτύων.

Το Ethernet είναι σήμερα σε θέση να προσφέρει ταχύτητες ενός Gbps στο Gigabit Ethernet (GbE) και 10 Gbps στο 10GbE.

Τα αναδύμενα 40GbE/100GbE με άφθονη χωρητικότητα, θα είναι επωφελή για τη συνολική κίνηση δεδομένων στο έξυπνο δίκτυο.

Ομοίως, τα Ethernet και Gigabit παθητικά οπτικά δίκτυα (EPON/GPON) χρησιμοποιούν οπτικές-ηλεκτρικές προσεγγίσεις για την παροχή επαρκούς χωρητικότητας για την παράδοση μεγάλων δεδομένων, καθώς και υψηλής ταχύτητας μετάδοση στα δίκτυα πρόσβασης.

Εκμεταλλούνται την πολυπλεξία διαίρεσης μήκους κύματος (WDM).

Η χρήση διαφορετικών μηκών κύματος, τόσο για την κίνηση ανόδου (upstream) όσο και καθόδου (downstream), επιτρέπει μεγάλη ευελιξία στη δρομολόγηση και μεταγωγή οπτικών σημάτων.

Powerline Communication (PLC)

Ο σκοπός της τεχνικής αυτής ήταν να χρησιμοποιήσει τις ηλεκτρικές γραμμές μεταφοράς ως επικοινωνιακό μέσο ώστε να παρέχει ένα δίκτυο επικοινωνιών όπως το διαδίκτυο, αλλά ταυτόχρονα να υποστηρίζει τις κλασσικές υπηρεσίες που σχετίζονται με τη διανομή ενέργειας, π.χ. έλεγχο φορτίου και απομακρυσμένη ανάγνωση μετρητών.

Η τεχνολογία PLC, στην οποία θα αναφερθούμε εκτενέστερα στο επόμενο κεφάλαιο, ουσιαστικά περιλαμβάνει το δίκτυο μεταφοράς μέσης τάσης (MT) καθώς και το δίκτυο διανομής χαμηλής τάσης (XT).

Οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται στο PLC είναι κυρίως στενού εύρους ζώνης (narrowband -NB) που λειτουργούν σε χαμηλές συχνότητες (μερικά kHz) και ευρυζωνικές που λειτουργούν σε υψηλές συχνότητες (εκατοντάδες MHz).

Τα σήματα δεδομένων μεταδίδονται με υψηλή ταχύτητα (2-3Mbps) μέσω του PLC.

Σε ένα τυπικό PLC δίκτυο, οι έξυπνοι μετρητές συνδέονται στο συγκεντρωτή δεδομένων μέσω ηλεκτρικών γραμμών μεταφοράς και τα δεδομένα μεταφέρονται στο κέντρο δεδομένων με τεχνολογίες κυψελωτών δικτύων.

Για παράδειγμα, οποιαδήποτε ηλεκτρική συσκευή, όπως ένας έξυπνος μετρητής με βάση πομποδέκτη, μπορεί να συνδεθεί στη γραμμή μεταφοράς και να χρησιμοποιηθεί για να μεταφέρει τα δεδομένα των μετρήσεων σε μια κεντρική τοποθεσία.

Το PLC, μπορεί να θεωρηθεί μια υποσχόμενη τεχνολογία για τις εφαρμογές των έξυπνων δικτύων εξαιτίας του γεγονότος ότι η υπάρχουσα υποδομή μειώνει το κόστος εγκατάστασης μιας επικοινωνιακής υποδομής.

Οι προσπάθειες προτυποποίησης στα PLC δίκτυα, η αποδοτικότητα ως προς το κόστος, η παρουσία τους παντού και η ευρέως διαθέσιμη υποδομή των PLC είναι οι λόγοι που το κάνουν δυνατό και δημοφιλές.

Βέβαια, το στοιχείο της ασφάλειας είναι κρίσιμο.

Η εμπιστευτικότητα, ο έλεγχος ταυτότητας-αυθεντικότητας, η ακεραιότητα, η παρέμβαση του χρήστη είναι μερικά από τα κρίσιμα θέματα στις επικοινωνίες των έξυπνων δικτύων.

Digital Subscriber Lines (DSL)

Πρόκειται για μια τεχνολογία υψηλής ταχύτητας μεταφοράς ψηφιακών δεδομένων που χρησιμοποιεί τα καλώδια του τηλεφωνικού δικτύου.

Η ήδη υπάρχουσα υποδομή των DSL γραμμών μειώνει το κόστος εγκατάστασης. Έτσι, πολλές επιχειρήσεις επιλέγουν το DSL για τα έργα των έξυπνων δικτύων τους. Ωστόσο, η απόδοση (throughput) της DSL σύνδεσης εξαρτάται από το πόσο μακριά είναι ο συνδρομητής από το τηλεφωνικό κέντρο που τον εξυπηρετεί και κάτι τέτοιο δυσκολεύει τον χαρακτηρισμό της επίδοσης της DSL τεχνολογίας.

Η ευρεία διαθεσιμότητα, το χαμηλό κόστος και η υψηλού εύρους μετάδοση δεδομένων αποτελούν τους πιο σημαντικούς λόγους που θέτουν το DSL στις πρώτες θέσεις των υποψήφιων τεχνολογιών για τους παρόχους ηλεκτρισμού στην εφαρμογή της ιδέας των έξυπνων δικτύων.

Από την άλλη, η αξιοπιστία και ο πιθανός χρόνος μη-λειτουργίας της DSL τεχνολογίας πιθανόν να μην είναι αποδεκτοί για κρίσιμες εφαρμογές.

Η εξάρτηση από την απόσταση και η έλλειψη προτυποποίησης μπορεί να προκαλέσουν επιπλέον προβλήματα.

Τα επικοινωνιακά συστήματα που βασίζονται σε DSL απαιτούν την εγκατάσταση και τακτική συντήρηση καλωδίων και συνεπώς δεν μπορούν να εφαρμοστούν σε αγροτικές περιοχές εξαιτίας του κόστους εγκατάστασης καθορισμένης υποδομής για περιοχές χαμηλής πυκνότητας.

Optical fiber

Μια οπτική ίνα είναι μια εύκαμπτη, διαφανής ίνα κατασκευασμένη από γυαλί ή πλαστικό με διάμετρο ελαφρώς παχύτερο από εκείνη μιας ανθρώπινης τρίχας. Οι οπτικές ίνες χρησιμοποιούνται συχνότερα ως μέσο μετάδοσης του φωτός μεταξύ των δύο άκρων της ίνας και βρίσκουν ευρεία χρήση στις οπτικές επικοινωνίες με οπτικές ίνες, όπου επιτρέπουν τη μετάδοση σε μεγαλύτερες αποστάσεις και σε υψηλότερα εύρη ζώνης (ταχύτητες δεδομένων) από τα απλά καλώδια. Οι ίνες, χρησιμοποιούνται αντί των καλωδίων επειδή τα σήματα ταξιδεύουν μαζί τους με λιγότερες απώλειες.

Επιπλέον, είναι ανθεκτικές στις ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές, ένα πρόβλημα το οποίο στα καλώδια υφίστανται υπερβολικά.

Χρησιμοποιούνται επίσης, για φωτισμό και απεικόνιση και συχνά τυλίγονται σε δέσμες έτσι ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να μεταφέρουν φωτισμό ή εικόνες από περιορισμένους χώρους, όπως στην περίπτωση ενός οπτικού πεδίου.

Ειδικά σχεδιασμένες οπτικές ίνες, χρησιμοποιούνται επίσης για διάφορες άλλες εφαρμογές, ορισμένες από τις οποίες είναι αισθητήρες οπτικών ινών και λέιζερ ινών. Τα πλεονεκτήματα των οπτικών ινών σε σχέση με τα καλώδια χαλκού είναι τα εξής:

- Μεγάλο εύρος ζώνης: Μια ενιαία οπτική ίνα μπορεί να μεταφέρει πάνω από 3.000.000 φωνητικές κλήσεις πλήρους αμφίδρομης ή 90.000 τηλεοπτικά κανάλια.
- Ανθεκτικότητα στις ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές: Η μετάδοση του φωτός μέσω των οπτικών ινών δεν επηρεάζεται από άλλες ηλεκτρομαγνητικές ακτινοβολίες που βρίσκονται κοντά.
Η οπτική ίνα, είναι ηλεκτρικά μη αγώγιμη, επομένως δεν ενεργεί ως κεραία για την ανίχνευση ηλεκτρομαγνητικών σημάτων.
Οι πληροφορίες που ταξιδεύουν μέσα στην οπτική ίνα, είναι ανθεκτικές σε ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές, ακόμη και ηλεκτρομαγνητικούς παλμούς που παράγονται από πυρηνικές συσκευές.
- Χαμηλή απώλεια εξασθένησης σε μεγάλες αποστάσεις: Η απώλεια εξασθένησης μπορεί να είναι τόσο χαμηλή όσο 0,2 dB / km σε καλώδια οπτικών ινών, επιτρέποντας τη μετάδοση σε μεγάλες αποστάσεις χωρίς την ανάγκη επαναλήψεων.
- Ηλεκτρική απομόνωση: Οι οπτικές ίνες δεν είναι αγώγιμες ηλεκτρικά, αποτρέποντας τα προβλήματα με τους βρόχους γείωσης και τη διεξαγωγή κεραυνού. Οι οπτικές ίνες μπορούν να αρθρωθούν σε πόλους παράλληλα με καλώδια υψηλής τάσης.
- Υλικό κόστος και πρόληψη κλοπής: Τα συμβατικά καλωδιακά συστήματα χρησιμοποιούν μεγάλες ποσότητες χαλκού. Οι παγκόσμιες τιμές χαλκού γνώρισαν μια έκρηξη στη δεκαετία του 2000 και ο χαλκός υπήρξε στόχος της κλοπής μετάλλων.
- Ασφάλεια των πληροφοριών που διαβιβάζονται στο καλώδιο: Ο χαλκός μπορεί να τραβηχτεί με ελάχιστες πιθανότητες ανίχνευσης.

7. Επικοινωνία μέσω γραμμής ρεύματος - Power Line Communication (PLC)

Η επικοινωνία μέσω γραμμής ρεύματος (PLC), μεταφέρει δεδομένα σε έναν αγωγό ο οποίος χρησιμοποιείται ταυτόχρονα για τη μεταφορά εναλλασσόμενου ρεύματος ή για διανομή ηλεκτρικής ενέργειας στους καταναλωτές.

Για διάφορες εφαρμογές, απαιτείται μια ευρεία γκάμα τεχνολογιών επικοινωνίας γραμμής ισχύος, που κυμαίνονται από τον αυτοματισμό στο σπίτι μέχρι την πρόσβαση στο διαδίκτυο, η οποία καλείται συχνά ευρυζωνική γραμμή μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας (BPL).

Οι περισσότερες τεχνολογίες PLC περιορίζονται σε ένα είδος καλωδίων (όπως καλωδιώσεις εγκαταστάσεων εντός ενός κτιρίου), αλλά μερικές μπορούν να διασχίσουν μεταξύ δύο επιπέδων (για παράδειγμα, τόσο το δίκτυο διανομής όσο και η καλωδίωση των εγκαταστάσεων).

Τυπικά, οι μετασχηματιστές εμποδίζουν την διάδοση του σήματος, το οποίο απαιτεί πολλαπλές τεχνολογίες για να σχηματίσουν πολύ μεγάλα δίκτυα.

Διάφοροι ρυθμοί δεδομένων και συχνότητες χρησιμοποιούνται σε διαφορετικές καταστάσεις.

Ορισμένα δύσκολα τεχνικά προβλήματα, είναι κοινά μεταξύ της ασύρματης επικοινωνίας και της επικοινωνίας ηλεκτρικής γραμμής, ιδίως εκείνων των ραδιοσήματος ευρέος φάσματος που λειτουργούν σε ένα πολυσύχναστο περιβάλλον.

Τα συστήματα επικοινωνίας μέσω γραμμής ηλεκτρικού ρεύματος, λειτουργούν προσθέτοντας ένα διαμορφωμένο σήμα φορέα στο σύστημα καλωδίωσης.

Οι διαφορετικοί τύποι αυτής της επικοινωνίας, χρησιμοποιούν διαφορετικές ζώνες συχνοτήτων.

Δεδομένου ότι το σύστημα διανομής προοριζόταν αρχικά για μετάδοση ισχύος εναλλασσόμενου ρεύματος σε τυπικές συχνότητες 50 ή 60 Hz, τα κυκλώματα καλωδίων ισχύος έχουν περιορισμένη μόνο δυνατότητα να μεταφέρουν υψηλότερες συχνότητες.

Το πρόβλημα της διάδοσης είναι ένας περιοριστικός παράγοντας για κάθε τύπο επικοινωνιών μέσω ηλεκτρικής γραμμής.

Το κύριο ζήτημα που καθορίζει τις συχνότητες της επικοινωνίας μέσω γραμμών ρεύματος, είναι οι νόμοι για τον περιορισμό των παρεμβολών στις ραδιοφωνικές υπηρεσίες.

Πολλές χώρες, ρυθμίζουν τις αθόρυβες ενσύρματες εκπομπές σαν να ήταν ραδιοπομποί.

Αυτές οι δικαιοδοσίες, απαιτούν συνήθως μη εξουσιοδοτημένες χρήσεις να είναι κάτω από 500 KHz ή σε μη αδειοδοτημένες ραδιοφωνικές ζώνες.

Ορισμένες δικαιοδοσίες (όπως στην ΕΕ) ρυθμίζουν περαιτέρω τις μεταδόσεις καλωδίων.

Οι ΗΠΑ, είναι μια αξιοσημείωτη εξαίρεση, επιτρέποντας σήματα ευρείας ζώνης περιορισμένης ισχύος να εισάγονται σε αδιάλειπτη καλωδίωση, αρκεί η καλωδίωση να μην έχει σχεδιαστεί για να διαδίδει ραδιοκύματα σε ελεύθερο χώρο.

Τα ποσοστά δεδομένων και τα όρια απόστασης ποικίλλουν ευρέως σε πολλά πρότυπα επικοινωνίας γραμμής ισχύος.

Οι φορείς χαμηλής συχνότητας (περίπου 100-200 kHz) που είναι εντυπωμένοι σε γραμμές μεταφοράς υψηλής τάσης μπορούν να φέρουν ένα ή δύο αναλογικά κυκλώματα φωνής ή κυκλώματα τηλεμετρίας και ελέγχου με ισοδύναμο ρυθμό δεδομένων μερικών εκατοντάδων δυαδικών ψηφίων ανά δευτερόλεπτο.

Ωστόσο, αυτά τα κυκλώματα μπορεί να έχουν μήκος πολλών χιλιομέτρων. Τα υψηλότερα ποσοστά δεδομένων γενικά συνεπάγονται μικρότερες διακυμάνσεις. ένα τοπικό δίκτυο που λειτουργεί σε εκατομμύρια bits ανά δευτερόλεπτο μπορεί να καλύπτει μόνο έναν όροφο ενός κτιρίου γραφείων, αλλά εξαλείφει την ανάγκη για εγκατάσταση ειδικής καλωδίωσης δικτύου.

Οι επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας χρησιμοποιούν ειδικούς πυκνωτές ζεύξης για να συνδέουν τους ραδιοπομπούς στους αγωγούς εναλλασσόμενου ρεύματος υψηλής συχνότητας.

Οι χρησιμοποιούμενες συχνότητες, κυμαίνονται από 24 έως 500 kHz, με επίπεδα ισχύος πομπού έως και εκατοντάδες watt.

Αυτά τα σήματα μπορεί να είναι εντυπωμένα σε έναν αγωγό, σε δύο αγωγούς ή και στους τρεις αγωγούς μιας γραμμής AC υψηλής τάσης.

Αρκετά κανάλια PLC μπορούν να συζευχθούν σε μία γραμμή HV.

Οι συσκευές φιλτραρίσματος εφαρμόζονται σε υποσταθμούς για να αποτρέπεται η παράκαμψη του ρεύματος της φέρουσας συχνότητας μέσω της συσκευής σταθμών και για να εξασφαλίζεται ότι τα απομακρυσμένα σφάλματα δεν επηρεάζουν τα απομονωμένα τμήματα του συστήματος PLC.

Αυτά τα κυκλώματα χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο του διανομέα και για την προστασία των γραμμών μεταφοράς.

Για παράδειγμα, ένας προστατευτικός ηλεκτρονόμος μπορεί να χρησιμοποιήσει ένα κανάλι PLC για την εκκένωση μιας γραμμής αν εντοπιστεί σφάλμα μεταξύ των δύο ακροδεκτών του, αλλά για να αφήσει τη γραμμή σε λειτουργία εάν το σφάλμα βρίσκεται σε άλλο σημείο του συστήματος.

Σε ορισμένες γραμμές ισχύος στην πρώην Σοβιετική Ένωση, τα σήματα PLC δεν τροφοδοτούνται στη γραμμή υψηλής τάσης, αλλά στους αγωγούς εδάφους, οι οποίοι είναι τοποθετημένοι σε μονωτήρες στους πυλώνες.

Ενώ οι επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας χρησιμοποιούν μικροκύματα και τώρα όλο και περισσότερο καλώδια οπτικών ινών για τις πρωτεύουσες ανάγκες επικοινωνίας τους στο σύστημα, η συσκευή φορητής γραμμής δύναμης μπορεί να είναι χρήσιμη ως εφεδρικό κανάλι ή για πολύ απλές εγκαταστάσεις χαμηλού κόστους που δεν εγγυώνται την εγκατάσταση οπτικών ινών.

Το φωνητικό σήμα, συμπίεζεται και φιλτράρεται στην περιοχή από 300 Hz έως 4000 Hz και αυτή η συχνότητα ήχου αναμειγνύεται με τη συχνότητα του φορέα.

Η φέρουσα συχνότητα διηθείται πάλι, ενισχύεται και μεταδίδεται.

Η ισχύς μετάδοσης αυτών των συχνοτήτων φορέα HF θα κυμαίνεται από 0 έως +32 dbW.

Αυτό το εύρος ρυθμίζεται ανάλογα με την απόσταση μεταξύ υποσταθμών.

Το PLCC μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη διασύνδεση ιδιωτικών τηλεφωνικών κέντρων (PBX).

Για να διαχωρίσετε το δίκτυο μετάδοσης και να προστατεύσετε από αστοχίες, μια "παγίδα κύματος" συνδέεται σε σειρά με τη γραμμή ισχύος (μεταφοράς).

Αποτελούνται από ένα ή περισσότερα τμήματα κυκλωμάτων συντονισμού, τα οποία αποκλείουν τα κύματα φορέα υψηλής συχνότητας (24 kHz έως 500 kHz) και επιτρέπουν τη διέλευση του ρεύματος συχνότητας ρεύματος (50 Hz - 60 Hz).

Οι παγίδες των κυμάτων, χρησιμοποιούνται στις εγκαταστάσεις των περισσότερων σταθμών ηλεκτροπαραγωγής για να εμποδίσουν την είσοδο του φορέα στον εξοπλισμό του σταθμού.

Κάθε παγίδα κυμάτων έχει ένα απαγωγό κερανού για να την προστατεύσει από τις τάσεις κύματος.

Ένας πυκνωτής ζεύξης χρησιμοποιείται για τη σύνδεση των πομπών και των δεκτών στη γραμμή υψηλής τάσης.

Αυτό παρέχει χαμηλή διαδρομή σύνθετης αντίστασης για την ενέργεια φορέα στη γραμμή HV, αλλά αποκλείει το κύκλωμα συχνότητας ισχύος, επειδή είναι μια μεγάλη διαδρομή σύνθετης αντίστασης.

Ο πυκνωτής ζεύξης μπορεί να είναι μέρος ενός μετασχηματιστή τάσης πυκνωτή που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση τάσης.

Οι φορείς μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας μπορούν να αλλάξουν το σύστημα μετάδοσης από αναλογικό σε ψηφιακό για να ενεργοποιήσουν τις συσκευές πρωτοκόλλου διαδικτύου.

Ο ψηφιακός φορέας ηλεκτρικής γραμμής (DPLC) αναπτύχθηκε για ψηφιακή μετάδοση μέσω γραμμών μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας.

Το DPLC έχει την απαιτούμενη ποιότητα χαρακτηριστικών του ρυθμού σφάλματος δυαδικών ψηφίων και την ικανότητα μετάδοσης, όπως η μετάδοση πληροφοριών από τους σταθμούς ηλεκτροδότησης και τις εικόνες που παρακολουθούνται.

Ένας σταθμός επανάληψης φορέα PLC, είναι μια εγκατάσταση στην οποία ανανεώνεται ένα σήμα σε μια γραμμή ισχύος.

Συνεπώς, το σήμα φιλτράρεται έξω από τη γραμμή ισχύος, αποδιαμορφώνεται και διαμορφώνεται σε νέα φέρουσα συχνότητα και στη συνέχεια επανεναρμόζεται πάλι στη γραμμή ισχύος.

Δεδομένου ότι τα σήματα PLC μπορούν να μεταφερθούν σε μεγάλες αποστάσεις (αρκετά χιλιόμετρα), τέτοιες εγκαταστάσεις υπάρχουν μόνο σε πολύ μεγάλες γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιώντας εξοπλισμό PLC.

Το PLC, είναι μία από τις τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για την αυτόματη ανάγνωση μετρητών.

Τόσο τα μονόδρομα όσο και τα αμφίδρομα συστήματα έχουν χρησιμοποιηθεί με επιτυχία εδώ και δεκαετίες.

Το ενδιαφέρον για την εφαρμογή αυτή έχει αυξηθεί σημαντικά στο πρόσφατο παρελθόν, όχι τόσο επειδή υπάρχει ενδιαφέρον για την αυτοματοποίηση μιας χειροκίνητης διαδικασίας, αλλά επειδή υπάρχει ενδιαφέρον για την απόκτηση νέων δεδομένων από όλα τα μετρημένα σημεία για τον καλύτερο έλεγχο και λειτουργία του συστήματος.

Το PLC, είναι μία από τις τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται στα συστήματα προηγμένης μετρητικής υποδομής (AMI).

Σε ένα σύστημα μονής κατεύθυνσης (εισερχόμενου μόνο), οι αναγνώσεις "φουσκώνουν" από τις τελικές συσκευές (όπως μετρητές), μέσω της υποδομής επικοινωνίας, σε έναν "κεντρικό σταθμό" που δημοσιεύει τις αναγνώσεις.

Ένα σύστημα μονής κατεύθυνσης μπορεί να είναι χαμηλότερο από ένα αμφίδρομο σύστημα, αλλά είναι επίσης δύσκολο να επαναπροσδιοριστεί εάν αλλάξει το περιβάλλον λειτουργίας.

Σε ένα αμφίδρομο σύστημα (υποστηρίζοντας τόσο την εξερχόμενη όσο και την εισερχόμενη), οι εντολές μπορούν να μεταδοθούν από τον κύριο σταθμό σε συσκευές τερματισμού (μετρητές), επιτρέποντας την αναδιάταξη του δικτύου ή λήψη μετρήσεων ή μεταφορά μηνυμάτων κ.λπ., η συσκευή στο τέλος του δικτύου μπορεί στη συνέχεια να ανταποκριθεί (εισερχόμενη) με ένα μήνυμα που μεταφέρει την επιθυμητή τιμή.

Τα εξερχόμενα μηνύματα που εισάγονται σε υποσταθμό χρησιμότητας θα διαδοθούν σε όλα τα σημεία.

Αυτός ο τύπος εκπομπής επιτρέπει στο σύστημα επικοινωνίας να προσεγγίζει ταυτόχρονα πολλές χιλιάδες συσκευές, όλες οι οποίες είναι γνωστό ότι έχουν ισχύ και έχουν προηγουμένως αναγνωριστεί ως υποψήφιοι για φορτίο.

Το PLC μπορεί επίσης να αποτελεί στοιχείο ενός έξυπνου δικτύου.

Η τεχνολογία PLC μπορεί να χωριστεί στις εξής κατηγορίες:

- **Υπέρ-Στενής Ζώνης - Ultra Narrow Band (UNB):** Τεχνολογίες που λειτουργούν σε πολύ χαμηλούς ρυθμούς δεδομένων (~100 bps) στη ULF ζώνη συχνοτήτων (0.3-3 kHz) ή στο πάνω μέρος της SLF ζώνης (30-300 Hz). Ένα ιστορικό παράδειγμα μιας μονόδρομης ζεύξης επικοινωνίας που υποστηρίζει εφαρμογές ελέγχου φορτίου είναι η τεχνολογία RCS, η οποία λειτουργεί στα 125 – 2.000 kHz και είναι σε θέση να μεταφέρει αρκετά bps χρησιμοποιώντας απλή ASK διαμόρφωση. Πιο πρόσφατα παραδείγματα είναι τα συστήματα Turtle AMR που μεταφέρουν δεδομένα σε εξαιρετικά χαμηλή ταχύτητα (~0.001 bps) και τα συστήματα TWACS που μπορούν να μεταφέρουν δεδομένα με ένα μέγιστο ρυθμό μετάδοσης των bits ανά κύκλο συχνότητας δικτύου, δηλαδή 100 bps στην Ευρώπη και 120 bps στη Βόρεια Αμερική. Οι UNB-PLC τεχνολογίες έχουν πολύ μεγάλο φάσμα λειτουργίας (150km και παραπάνω). Παρότι ο ρυθμός δεδομένων ανά σύνδεση είναι χαμηλός, τα συστήματα που έχουν αναπτυχθεί χρησιμοποιούν διάφορες μορφές παραλληλοποίησης και αποτελεσματικής διευθυνσιοδότησης που προσφέρουν καλές δυνατότητες κλιμάκωσης. Παρά το γεγονός ότι αυτές οι UNB λύσεις είναι μονοπωλιακές, είναι πολύ ώριμες τεχνολογίες, βρίσκονται στον τομέα εδώ και τουλάχιστον δυο δεκαετίες και έχουν χρησιμοποιηθεί από εκατοντάδες υπηρεσίες κοινής ωφέλειας.
- **Στενής Ζώνης - Narrowband (NB):** Τεχνολογίες που λειτουργούν στις VLF/LF/MF ζώνες (3-500 kHz), οι οποίες περιλαμβάνουν τις ευρωπαϊκές CENELEC ζώνες (3-148.5 kHz), την FCC ζώνη (10-490 kHz) των Η.Π.Α., την ιαπωνική ARIB ζώνη (10-450 kHz), και την κινεζική ζώνη (3-500 kHz). Διακρίνουμε τις εξής περιπτώσεις:
 1. **Χαμηλού Ρυθμού Δεδομένων - Low Data Rate (LDR):** Τεχνολογίες μονού φέροντος που προσφέρουν ρυθμούς δεδομένων λίγων kbps. Τυπικά παραδείγματα LDR NB-PLC τεχνολογιών είναι συσκευές που ανταποκρίνονται στις ακόλουθες συστάσεις: ISO/IEC 14908-3 (LonWorks), ISO/IEC 14543-3-5 (KNX), CEA-600.31 (CEBus), IEC 61334-3-1, IEC 61334-5 (FSK και Spread-FSK) κ.τ.λ.
 2. **Υψηλού Ρυθμού Δεδομένων - High Data Rate (HDR):** Τεχνολογίες πολλαπλού φέροντος (multicarrier technologies) με ρυθμούς δεδομένων εύρους από δεκάδες kbps μέχρι και 500 kbps. Τυπικά παραδείγματα HDR NB-PLC τεχνολογιών είναι αυτές οι συσκευές που εμπίπτουν στο πεδίο εφαρμογής των εν εξελίξει σχεδίων προτύπων: ITU-T G.hnem, IEEE 1901.2. Επιπλέον παραδείγματα, που δε βασίζονται σε οργανισμούς ανάπτυξης προτύπων SDO είναι τα PRIME και G3-PLC.

- Ευρεία ζώνη - Ευρυζωνικότητα (BB-PLC ή BPL): Τεχνολογίες που λειτουργούν στις ζώνες HF / VHF (1.8-250 MHz) και έχουν ρυθμούς φυσικής στρώσης (PHY rate) από μερικά Mbps έως αρκετές εκατοντάδες Mbps. Τυπικά παραδείγματα BB-PLC τεχνολογιών είναι οι συσκευές που είναι σύμφωνες με τις συστάσεις TIA-1113 (HomePlug 1.0), IEEE 1901 και ITU-T G.hn (G.9960 / G.9961). Επιπλέον παραδείγματα είναι τα HomePlug AV / Extended, HomePlug Green PHY, HD-PLC, UPA Powermax και Giga MediaXtreme. Η BPL χωρίζεται σε πρόσβαση BPL, όταν η μετάδοση δεδομένων γίνεται μέσω του ηλεκτρικού δικτύου, και σε BPL στο σπίτι, όταν χρησιμοποιείται για τη διαβίβαση δεδομένων εντός ενός κτιρίου (σπίτι, γραφείο).

7.1 Ευρυζωνική σύνδεση μέσω γραμμών ρεύματος (Broadband over Power Lines)

Οι ευρυζωνικές συνδέσεις μέσω γραμμών ρεύματος (BPL), είναι μια μέθοδος επικοινωνίας γραμμής ισχύος (PLC) που επιτρέπει τη μετάδοση ψηφιακών δεδομένων σχετικά υψηλής ταχύτητας μέσω της δημόσιας καλωδίωσης διανομής ηλεκτρικής ενέργειας.

Το BPL, χρησιμοποιεί υψηλότερες συχνότητες, ευρύτερο φάσμα συχνοτήτων και διαφορετικές τεχνολογίες από άλλες μορφές επικοινωνιών ηλεκτρικής γραμμής για την παροχή επικοινωνίας υψηλής ταχύτητας σε μεγαλύτερες αποστάσεις.

Το BPL, χρησιμοποιεί συχνότητες που αποτελούν μέρος του ραδιοφάσματος που παρέχεται στις υπηρεσίες επικοινωνίας μέσω του εναέριου χώρου, επομένως η πρόληψη των παρεμβολών στις και από αυτές τις υπηρεσίες αποτελεί πολύ σημαντικό παράγοντα για το σχεδιασμό των συστημάτων BPL.

Γενικά, το BPL περιγράφεται είτε ως BPL In-House σε μηχανές δικτύου εντός ενός κτιρίου είτε ως Access BPL, το οποίο θα μεταφέρει ευρυζωνικό διαδίκτυο μέσω γραμμών μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας και θα επιτρέπει στις εταιρείες ηλεκτρικής ενέργειας να παρακολουθούν τα συστήματα ισχύος.

Επειδή το ηλεκτρικό ρεύμα και τα ραδιοσήματα (δεδομένων) λειτουργούν σε διαφορετικές συχνότητες, δεν παρεμβαίνουν μεταξύ τους αρκετά ώστε να διαταράσσουν σημαντικά τη μετάδοση δεδομένων.

Αυτό λειτουργεί μόνο σε καλώδια χαμηλής τάσης και μέσης τάσης.

Τα καλώδια υψηλής τάσης δεν δονείται με σταθερή συχνότητα, προκαλώντας τακτικές ακίδες που ακυρώνουν το σήμα δεδομένων και διακόπτουν σοβαρά τη μετάδοση.

Οι γραμμές μέσης τάσης γενικά φθάνουν μέχρι 100 KV, σε απόσταση λίγων χιλιομέτρων μεταξύ των σταθμών διανομής ηλεκτρικής ενέργειας και των μετασχηματιστών που είναι τοποθετημένοι σε πόλο.

Οι γραμμές χαμηλής τάσης μεταδίδουν μερικές εκατοντάδες βολτ σε μερικές εκατοντάδες μέτρα, συνήθως από μετασχηματιστές τοποθετημένους σε πόλο σε σπίτι ή επιχείρηση.

Συνήθως, οι συζεύκτες μόντεμ ενσωματώνουν σήματα δεδομένων στις γραμμές μέσης τάσης στον υποσταθμό, με εξόδους στον μετασχηματιστή διανομής χαμηλής τάσης για να τροφοδοτούν την ισχύ σε μια ομάδα κτιρίων.

Τα μόντεμ BPL μεταδίδουν σε μεσαία και υψηλή συχνότητα (1.6 έως 80 MHz ηλεκτρικό φορέα).

Η ασύμμετρη ταχύτητα στο μόντεμ είναι γενικά από 256 kbit / s έως 2,7 Mbit / s. Στον αναμεταδότη που βρίσκεται στο δωμάτιο μετρητών η ταχύτητα είναι έως και 45 Mbit / s και μπορεί να συνδεθεί σε μόντεμ 256 PLC.

Στους σταθμούς μέσης τάσης, η ταχύτητα από την κεφαλή προς το Διαδίκτυο φτάνει τα 135 Mbit / s.

Για να συνδεθείτε στο Internet, τα βοηθητικά προγράμματα μπορούν να χρησιμοποιούν ραχοκοκαλιά οπτικών ινών ή ασύρματη σύνδεση.

Οι επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας, χρησιμοποιούν συχνότητες κάτω των 490 kHz για τις δικές τους εφαρμογές δεδομένων. Το μεγαλύτερο μέρος του εξοπλισμού BPL κατασκευάστηκε για να λειτουργεί μεταξύ 1,7 MHz και 30 MHz και περιστασιακά μέχρι 80 MHz.

Η ανάπτυξη του BPL, έχει καταδείξει ορισμένες θεμελιώδεις προκλήσεις, όπως ότι οι γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας είναι εγγενώς πολύ θορυβώδες περιβάλλον. Κάθε φορά που μια συσκευή ενεργοποιείται ή απενεργοποιείται, εισάγει έναν κρότο ή κλικ στη γραμμή.

Η εναλλαγή των τροφοδοτικών, συχνά εισάγει θορυβώδεις αρμονικές στη γραμμή. Και σε αντίθεση με το ομοαξονικό καλώδιο ή το συνεστραμμένο ζεύγος, η καλωδίωση δεν έχει εγγενή απόρριψη θορύβου.

Το δεύτερο σημαντικό ζήτημα είναι η ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα (EMC). Το σύστημα αναμενόταν να χρησιμοποιεί συχνότητες από 10 έως 30 MHz στην περιοχή υψηλής συχνότητας, η οποία χρησιμοποιείται εδώ και δεκαετίες από στρατιωτικό, αεροναυτικό ραδιοερασιτεχνισμό και ραδιοτηλεοπτικούς σταθμούς. Οι γραμμές μεταφοράς ενέργειας, δεν είναι θωρακισμένες και θα λειτουργούν ως κεραίες για τα σήματα που μεταφέρουν και θα προκαλέσουν παρεμβολές σε ραδιοφωνικές επικοινωνίες και εκπομπές υψηλής συχνότητας.

Ακόμη υψηλότερες μεταδόσεις ρυθμού πληροφορίας σε γραμμή ισχύος, χρησιμοποιούν RF μέσω συχνοτήτων μικροκυμάτων που μεταδίδονται μέσω ενός μηχανισμού μεταδόσεως επιφανειακού κύματος εγκάρσιου τρόπου που απαιτεί μόνο έναν αγωγό.

Μια εφαρμογή αυτής της τεχνολογίας πωλείται ως E-Line.

Αυτά χρησιμοποιούν μικροκύματα αντί για τις ζώνες χαμηλότερης συχνότητας, μέχρι 2-20 GHz.

Ενώ αυτά μπορούν να παρεμβαίνουν στη ραδιοαστρονομία όταν χρησιμοποιούνται σε εξωτερικούς χώρους, τα πλεονεκτήματα των ταχυτήτων ανταγωνιστικών με τα καλώδια οπτικών ινών χωρίς νέα καλωδίωση είναι πιθανό να είναι μεγαλύτερα από αυτό.

Αυτά τα συστήματα, απαιτούν συμμετρική και πλήρη αμφίδρομη επικοινωνία που υπερβαίνει τα 1 Gbit / s σε κάθε κατεύθυνση.

Πολλαπλά κανάλια Wi-Fi με ταυτόχρονη αναλογική τηλεόραση στις ζώνες μη αδειοδοτημένων 2,4 και 5,3 GHz, έχει καταδειχθεί ότι λειτουργούν σε ένα μόνο αγωγό μέσης τάσης.

Επειδή ο τρόπος διάδοσης, είναι εξαιρετικά ευρείας ζώνης (από τεχνική άποψη), μπορεί να λειτουργήσει οπουδήποτε στην περιοχή των 20 MHz - 20 GHz.

Επίσης, δεδομένου ότι δεν περιορίζεται κάτω από τα 80 MHz, όπως συμβαίνει με τα BPL υψηλής συχνότητας, τα συστήματα αυτά μπορούν να αποφύγουν τα ζητήματα παρεμβολών που συνδέονται με τη χρήση κοινού φάσματος με άλλες υπηρεσίες με άδεια ή χωρίς άδεια.

8. Οι εξελίξεις στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης και στην Ελλάδα

Η Ε.Ε., σκοπεύει να αντικαταστήσει το 80% των σημερινών μετρητών ηλεκτρικής ενέργειας με έξυπνους μετρητές μέχρι το 2020, με την ανάλυση κόστους-οφέλους να καταδεικνύει θετικό αποτέλεσμα.

Αυτός ο έξυπνος μετρητής και η ανάπτυξη έξυπνων δικτύων, μπορούν να μειώσουν τις εκπομπές στην ΕΕ έως και 9% και την ετήσια κατανάλωση ενέργειας των νοικοκυριών με παρόμοια ποσοστά.

Στις 30 Νοεμβρίου 2016, η Επιτροπή δημοσίευσε μια πρόταση που αναφέρει ότι όλοι οι καταναλωτές πρέπει να έχουν το δικαίωμα να ζητούν από τον προμηθευτή τους ένα έξυπνο μετρητή.

Οι έξυπνοι μετρητές, πρέπει να επιτρέπουν στους καταναλωτές να αποκομίσουν τα οφέλη από την προοδευτική ψηφιοποίηση της αγοράς ενέργειας μέσω πολλών διαφορετικών λειτουργιών.

Οι καταναλωτές θα πρέπει επίσης να έχουν πρόσβαση σε δυναμικές συμβάσεις τιμής ηλεκτρικής ενέργειας.

Η έκθεση της Επιτροπής για την ανάπτυξη έξυπνων μετρητών 2014 ανέφερε:

- περίπου 200 εκατομμύρια έξυπνα μετρητά για ηλεκτρική ενέργεια και 45 εκατομμύρια για φυσικό αέριο θα διοχετευθούν στην ΕΕ έως το 2020. Αυτό αντιπροσωπεύει πιθανή επένδυση ύψους 45 δισεκατομμυρίων ευρώ.
- έως το 2020, αναμένεται ότι σχεδόν το 72% των ευρωπαϊών καταναλωτών θα έχει ένα έξυπνο μετρητή για την ηλεκτρική ενέργεια. Περίπου το 40% θα έχει ένα για το φυσικό αέριο.
- το κόστος εγκατάστασης ενός έξυπνου μετρητή στην ΕΕ είναι κατά μέσο όρο μεταξύ 200 και 250 ευρώ.
- κατά μέσο όρο, οι έξυπνοι μετρητές παρέχουν εξοικονόμηση 160 ευρώ για φυσικό αέριο και 309 ευρώ για ηλεκτρική ενέργεια ανά σημείο μέτρησης (κατανεμημένα στους καταναλωτές, προμηθευτές, διαχειριστές συστημάτων διανομής κ.λπ.) καθώς και μέση εξοικονόμηση ενέργειας 3%.

Στη χώρα μας, θέλοντας να εκσυγχρονίσουμε το ηλεκτρικό δίκτυο με κατεύθυνση προς τη διεσπαρμένη παραγωγή, με βασικό άξονα τα διεθνή προγράμματα Ambassador και Nobel Grid, πραγματοποιείτε πιλοτική εφαρμογή και έρευνα με ενθαρρυντικές προοπτικές σε δύο σημεία, στο τεχνολογικό πάρκο Λαυρίου και στο οικολογικό χωριό Μελτέμι.

Στα διεθνή προγράμματα που προανέφερα, συμμετέχουν κι άλλοι πάροχοι ηλεκτρικής ενέργειας από χώρες της Ευρώπης όπως, η Voltalia (Γαλλία), Alginet (Ισπανίας), Ecopower (Βέλγιο), Carbon Coop (Αγγλία), ASM Terni (Ιταλία) κ.α.

Στη Γηραιά ήπειρο, η διεσπαρμένη παράγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, δεν είναι καθόλου άγνωστη ως εφαρμογή, καθώς σε αρκετές πόλεις την έχουν υιοθετήσει με πολύ ενθαρρυντικά αποτελέσματα.

Σύμφωνα με την Eurelectric, τον ευρωπαϊκό σύνδεσμο των μεγάλων εταιρειών ηλεκτρισμού, οι επενδύσεις στα δίκτυα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας της Ευρώπης, θα ανέλθουν έως το 2020 στα 400 δις ευρώ.

Οι συνολικές θέσεις εργασίας που αναμένεται να δημιουργηθούν άμεσα και έμμεσα από την ανάπτυξη των έξυπνων δικτύων, δηλαδή οι Smart Energy Jobs, υπολογίζονται σε περίπου 3 εκατομμύρια πανευρωπαϊκά.

9. Συμπεράσματα διπλωματικής εργασίας

Είναι ολοφάνερο πλέον, πως μέρα με τη μέρα, ο ενεργειακός χάρτης στην Ευρώπη αλλά και σε όλο τον κόσμο αλλάζει, καθώς όλο και περισσότερες πόλεις/χώρες προσπαθούν να εκσυγχρονίσουν τα δίκτυά τους ώστε να γίνουν πιο έξυπνα, ευέλικτα και φιλικότερα στο περιβάλλον.

Σε αυτή την αλλαγή, η Ελλάδα πρέπει να έχει ενεργό ρόλο γιατί είναι δεδομένο, πως η καινοτομία αυτού του μοντέλου, μπορεί να αξιοποιήσει κατάλληλα τους πλούσιους φυσικούς μας πόρους και το κοινωνικό μας κεφάλαιο.

Τα έξυπνα δίκτυα και οι σύγχρονες τεχνολογίες επικοινωνίας, μπορούν να γίνουν βασικοί μοχλοί ανάπτυξης για την ελληνική οικονομία, όπως φαίνεται και από τη διεθνή εμπειρία.

Η ανάπτυξη της ελληνικής οικονομίας, περνάει μέσα από τον τομέα της ενέργειας και τα δίκτυα, αποτελούν τις αναγκαίες στρατηγικές υποδομές για την λειτουργία της ενεργειακής αλυσίδας.

Οι εκτιμήσεις είναι εντυπωσιακές, καθώς τα έξυπνα δίκτυα αναμένεται να δημιουργήσουν νέες θέσεις εργασίας που θα αντιστοιχούν στο 2,5% των συνολικών Smart Energy Jobs στην Ευρώπη, δηλαδή περίπου 100.000 νέες θέσεις που θα σχετίζονται άμεσα και έμμεσα με την ανάπτυξη των σύγχρονων δικτύων.

Η καθαρή παρούσα αξία για την ελληνική οικονομία (Net Present Value), ανάλογα με την τεχνολογία που θα εφαρμοστεί, διαμορφώνεται από 217 έως 770 εκ. ευρώ.

Η ποιότητα των υπηρεσιών αναβαθμίζεται σημαντικά, καθώς επιτυγχάνεται περιορισμός των βλαβών και των διακοπών, ενώ η εκτιμώμενη ζήτηση τις ώρες αιχμής μπορεί να περιοριστεί έως και 5%.

Παράλληλα, νέες επιχειρηματικές ευκαιρίες δημιουργούνται για πολλές επιχειρήσεις, ιδιαίτερα για τις μικρομεσαίες που τους δίνεται η δυνατότητα να αναπτύξουν νέες εφαρμογές για τα έξυπνα δίκτυα αλλά και πλήθος άλλων λύσεων.

Η ελληνική βιομηχανία, μπορεί επίσης μέσα από τα έξυπνα δίκτυα να αναβαθμίσει τη μεταποιητική της δραστηριότητα.

Ο εκσυγχρονισμός και η αναβάθμιση των δικτύων, συνεπάγεται παραγωγικότερη, ανταγωνιστικότερη και δυναμικότερη οικονομία.

Η ένταξή τους, σε μια νέα δημιουργική στρατηγική στο ενεργειακό μοντέλο της χώρας μας είναι απαραίτητη, ενώ παράλληλα, οι προοπτικές είναι εξαιρετικές λαμβάνοντας υπόψη τις συγκύριες που επικρατούν, με ιδιαίτερη έμφαση στον ανθρώπινο παράγοντα και στην τόνωση της απασχόλησης, αξιοποιώντας τις σύγχρονες τεχνολογικές εξελίξεις οι οποίες είναι φιλικές προς στο περιβάλλον.

Γλωσσάρι/Glossary

(3GPP) 3rd Generation Partnership Project
(A/C) Air Conditioning
(AC) Alternating Current
(AMI) Advanced Metering Infrastructure
(AMR) Automatic Meter Reading
(API) Application Programming Interface
(ARIB) Association of Radio Industries and Businesses
(ASK) Amplitude Shift Keying
(BOS) Balance Of System
(BPL) Broadband over Power Lines
(CAES) Compressed Air Energy Storage
(CENELEC) European Committee for Electrotechnical Standardization
(CHP) Combined Heat Power
(CPU) Central Processing Unit
(CPV) Concentrator Photovoltaics
(CSP) Concentrated Solar Power
(DA) Distribution Automation
(DC) Direct Current
(DER) Distributed Energy Resources
(DESS) Distributed Energy Storage System
(DG) Distributed Generation
(DMS) Distribution Management System
(DNA) Deoxyribonucleic Acid
(DPLC) Digital Power-Line Carrier
(DSL) Digital Subscriber Line
(DSSS) Direct-Sequence Spread Spectrum
(EC-GSM-IoT) Extended Coverage GSM IoT
(EfW) Energy from Waste
(EMC) Electromagnetic Compatibility
(EMS) Energy Management System
(EMTC) Enhanced Machine-Type Communication
(EPBT) Energy Payback Time
(ESaaS) Energy Storage as a Service
(ETSI) European Telecommunications Standards Institute
(ETSI) European Telecommunications Standards Institute
(FACTS) Flexible Alternating Current Transmission System
(FAN) Field Area Networks
(FCC) Federal Communications Commission
(FIT) Feed-In Tariff
(GPS) Global Positioning System

(GSM) Global System for Mobile
(HAN) Home Area Network
(HAN) Home Area Networks
(HVAC) Heating Ventilation and Air Conditioning
(HVDC) High-Voltage Direct Current
(IED) Intelligent Electronic Device
(IoT) Internet of Things
(IR) Infrared Radiation
(LAN) Local Area Network
(LCOE) Levelised Cost Of Electricity
(LED) Light Emitting Diode
(LMS) Load Management Systems
(LPLR) Low-Power and Low-Rate
(LPWAN) Low Power Wide Area Network
(LTE) Long Term Evolution
(M IoT) Mobile IoT
(M2M) Machine to Machine Communication
(MBT) Mechanical Biological Treatment
(MicroCHP) MicroCombined Heat and Power
(MPPT) Maximum Power Point Tracker
(MSW) Municipal Solid Waste
(MTC) Machine Type Communication
(NB-IoT) Narrowband IoT
(NIST) National Institute for Standards and Technology
(OFDM) Orthogonal Frequency Division Multiplexing
(OMS) Outage Management System
(OSG) On-Site Generation
(OSGP) Open Smart Grid Protocol
(PBX) Private Branch Exchange
(PCC) Point of Common Coupling
(PEV) Plug-in Electric Vehicle
(PGP) Plasma Gasification Process
(PHES) Pumped Hydroelectric Energy Storage
(PLC) Power-Line Communication
(PLCC) Power-Line Carrier Communication
(PMU) Phasor Measurement Unit
(PON) Passive Optical Network
(QoS) Quality of Service
(RCS) Ripple Carrier Signaling
(RF) Radio frequency
(RTO) Regional Transmission Operator
(RTTR) Real-Time Thermal Rating

(SCADA) Supervisory Control and Data Acquisition
(SDH) Synchronous Digital Hierarchy
(SDO) Standards Developing Organization
(SEP) Smart Energy Profile
(SONET) Synchronous Optical Networking
(T&D) Transmission and Distribution
(TC M2M) Machine-to-Machine Communications Technical Committee
(TCP) Transmission Control Protocol
(TPM) Trusted Platform Module TR Technical Report
(TWACS) Two-Way Automatic Communications System
(UHV) Ultra-High Voltage
(VSMC) Voltage Stability Monitoring and Control
(VVO) Volt/Var Optimization
(WAN) Wide Area Networks
(WDM) Wavelength Division Multiplexing
(WiMAX) Worldwide inter-operability for Microwave Access
(Wi-SUN) Wireless Smart Utility Network
(WMAN) Wireless Metropolitan Area Network
(WPA) Wi-Fi Protected Access
(WtE) Waste to Energy
(ZEBRA) Zero Emissions Batteries Research Activity
(MPLS) MultiProtocol Label Switching
(MIMO) Multiple Input Multiple Output

Βιβλιογραφία

1. Yih-Fang Huang; Werner, S.; Jing Huang; Kashyap, N.; Gupta, V., "State Estimation in Electric Power Grids: Meeting New Challenges Presented by the Requirements of the Future Grid," Signal Processing Magazine, IEEE , vol.29, no.5, pp.33,43, Sept. 2012
2. Yi-Heng Tzeng, Tsung-Hui Chang, "Evaluating the impact of distributed solar powers on coordinated demand side management", Intelligent Green Building and Smart Grid (IGBSG) 2014 International Conference on, pp. 1-4, 2014.
3. "Smart Grids European Technology Platform | <http://www.smartgrids.eu>". smartgrids.eu. 2011
4. Buevich, Maxim; Zhang, Xiao; Schnitzer, Dan; Escalada, Tristan; Jacquiau-Chamski, Arthur; Thacker, Jon; Rowe, Anthony (2015-01-01). "Short Paper: Microgrid Losses: When the Whole is Greater Than the Sum of Its Parts". Proceedings of the 2Nd ACM International Conference on Embedded Systems for Energy-Efficient Built Environments. BuildSys '15. New York, USA
5. Fangxing Li, Wei Qiao, Hongbin Sun, Hui Wan, Jianhui Wang, Yan Xia, Zhao Xu, Pei Zhang, "Smart Transmission Grid: Vision and Framework", IEEE Transactions on Smart Grid, vol. 1, no. 2, Sep. 2010
6. Mohsen Fadaee Nejad, AminMohammad Saberian and Hashim Hizam (June 3, 2013). "Application of smart power grid in developing countries". 7th International Power Engineering and Optimization Conference (PEOCO). IEEE.
7. Saleh, M. S.; Althaibani, A.; Esa, Y.; Mhandi, Y.; Mohamed, A. A. (October 2015). "Impact of clustering microgrids on their stability and resilience during blackouts". 2015 International Conference on Smart Grid and Clean Energy Technologies (ICSGCE): 195–200
8. EU Commission welcomes Desertec and Medgrid cooperation on solar energy in North Africa and the Middle East, europa.eu. Nov 24, 2011
9. F.R. Yu, P. Zhang, W. Xiao, and P. Choudhury, "Communication Systems for Grid Integration of Renewable Energy Resources," IEEE Network, vol. 25, no. 5, pp. 22-29, Sept. 2011
10. Kunal K. Shah, Aishwarya S. Mundada, Joshua M. Pearce. Performance of U.S. hybrid distributed energy systems: Solar photovoltaic, battery and combined heat and power. Energy Conversion and Management 105, pp. 71–80 (2015).
11. Czisch, Gregor; Gregor Giebel. "Realisable Scenarios for a Future Electricity Supply based 100% on Renewable Energies" (PDF). Institute for Electrical Engineering – Efficient Energy Conversion. University of Kassel, Germany and Risø National Laboratory, Technical University of Denmark, 2015
12. China, Japan, Russia, & South Korea Plan Renewable Energy Super Grid". CleanTechnica, 2016-09-21
13. Chen, Stephen (2014), China to build new hi-tech power network to help fight pollution, SCMP.
14. Drif, M.; Perez, P. J.; Aguilera, J.; Aguilar, J. D. (2008). "A new estimation method of irradiance on a partially shaded PV generator in grid-connected photovoltaic systems". Renewable Energy. 33 (9): 2048–2056.

15. H. T. Nguyen and J. M. Pearce, Incorporating Shading Losses in Solar Photovoltaic Potential Assessment at the Municipal Scale, *Solar Energy* 86(5), pp. 1245–1260 (2012).
16. Al-Mohamad, Ali (2004). "Efficiency improvements of photo-voltaic panels using a Sun-tracking system". *Applied Energy*.
17. Pearce, Joshua. M; Adegboyega Babasola; Rob Andrews (2012). "Open Solar Photovoltaic Systems Optimization". Proceedings of the 16th Annual National Collegiate Inventors and Innovators Alliance Conference. NCIIA: 1–7.
18. Cheng, Ming; Zhu, Ying (2014). "The state of the art of wind energy conversion systems and technologies: A review". *Energy Conversion and Management*. 88: 332.
19. Hill, Joshua (March 7, 2017). "US Wind Energy Provided 5.5% Of Nation's Electricity In 2016, Over 20% In 5 Heartland States". *CleanTechnica*
20. Yates, Ysabel (15 October 2012) Testing the Waters: Gaining Public Support for Offshore Wind. *ecomagination.com*
21. Jacobson, M. Z.; Archer, C. L. (2012). "Saturation wind power potential and its implications for wind energy Proceedings of the National Academy of Sciences
22. Fthenakis, V.; Kim, H. C. (2009). "Land use and electricity generation: A life-cycle analysis". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*
23. Waste-to-Energy in Austria, White Book, 2nd Edition 2010" (PDF). Austrian Ministry of Life.
24. A New Method to Determine the Ratio of Electricity Production from Fossil and Biogenic Sources in Waste-to-Energy Plants. by Fellner, J., Cencic, O. and Rechberger, H., 2007, *Environmental Science & Technology*
25. Parker, Robin; Clapper, Jr, William L. "Hydrogen-based utility energy storage system", February 2017
26. Kevin Bullis (20 May 2013). "The Resurgence of Liquid Air for Energy Storage". *MIT Technology Review*
27. Emily W. Prehoda, Chelsea Schelly, Joshua M. Pearce. "U.S. Strategic Solar Photovoltaic-Powered Microgrid Deployment for Enhanced National Security", 2017.
28. A. A. Salam, A. Mohamed and M. A. Hannan (2008). "Technical challenges on Microgrids". *ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences*. 3: 64.
29. F.D Kanellos; A.I. Tsouchnikas; N.D. Hatziargyriou. (June 2005). "Microgrid Simulation during Grid Connected and Islanded Modes of Operation". Proc. of the Canada International Conference on Power System Transient
30. Jin, Ming; Feng, Wei; Liu, Ping; Marnay, Chris; Spanos, Costas (2017-02-01). "MOD-DR: Microgrid optimal dispatch with demand response". *Applied Energy*.
31. Dragičević, T.; Lu, X.; Vasquez, J. C.; Guerrero, J. M. (2016-07-01). "DC Microgrids #x2014;Part I: A Review of Control Strategies and Stabilization Techniques". *IEEE Transactions on Power Electronics*
32. Cardenas, A.; Berthier; Bobba; Huh; Jetcheva; Grochocki (March 2014). "A framework for evaluating intrusion detection architectures in advanced metering infrastructures". *IEEE Transactions on Smart Grid*
33. "Promoting best practices of innovative smart metering services to European regions (SMARTREGIONS)". European Commission - Energy - Intelligent Energy Europe - Projects database, July 2017.

34. Jianming Liu, Bingzhen Zhao, Jiye Wang, Yi Zhu, Jing Hu, "Application of power line communication in smart power Consumption", IEEE International Symposium on Power Line Communications and Its Applications (ISPLC), pp. 303-307, Mar. 28-31, 2010
35. Nayagam, Arun; Rajkotia, Purva R.; Krishnam, Manjunath.; Rindchen, Markus. (February 2014). "chapter 13". In Berger, Lars T.; Schwager, Andreas; Pagani, Pascal; Schneider, Daniel M. IEEE 1901: Broadband over Power Line Networks.
36. Schwager, Andreas; Berger, Lars T. (February 2014). "PLC Electromagnetic Compatibility Regulations". In Berger, Lars T.; Schwager, Andreas; Pagani, Pascal; Schneider, Daniel M. MIMO Power Line Communications: Narrow and Broadband Standards, EMC, and Advanced Processing. Devices, Circuits, and Systems. CRC Press. pp. 169–186.
37. Luo, Chao (March 20, 2017). "3GPP TS45.001: GSM/EDGE Physical layer on the radio path", 3gpp.org.
38. Grant, Svetlana (September 1, 2016). "3GPP Low Power Wide Area Technologies - GSMA White Paper", gsma.com
39. Senior, John M.; Jamro, M. Yousif (2009). Optical fiber communications: principles and practice. Pearson Education
40. Kostovski, G; Stoddart, P. R.; Mitchell, A (2014). "The optical fiber tip: An inherently light-coupled microscopic platform for micro- and nanotechnologies". Advanced Materials
41. Yan Zhen, Lingkang Zeng, Xi Chen, Xiangzhen Li, Jianming Liu, "Study of Architecture of Power Internet of Things", IET International Conference on Communication Technology and Application (ICCTA 2011), Oct. 14-16, 2011
42. Xi Chen, Jianming Liu, Xiangzhen Li, Limin Sun, Yan Zhen, "Integration of IoT with Smart Grid", IET International Conference on Communication Technology and Application (ICCTA 2011), Oct. 14-16, 2011
43. Li Li, Hu Xiaoguang, Chen Ke, He Ketai, "The Applications Of WiFi-based Wireless Sensor Network In Internet Of Things And Smart Grid", 6th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA), 21-23 June, 2011,
44. CISCO, "The Internet of Things. How the Next Evolution of the Internet Is Changing Everything," Available at:
http://www.cisco.com/web/about/ac79/docs/innov/IoT_IBSG_0411FINAL.pdf
45. Kyriazis, D.; Varvarigou, T.; Rossi, A.; White, D.; Cooper, J. (4–7 June 2013). "Sustainable smart city IoT applications: Heat and electricity management & Eco-conscious cruise control for public transportation". IEEE International Symposium and Workshops on a World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks
46. Xie, Xiao-Feng; Wang, Zun-Jing (2017). "Integrated in-vehicle decision support system for driving at signalized intersections: A prototype of smart IoT in transportation". Transportation Research Board (TRB) Annual Meeting, Washington, DC, USA.
47. Severi, S.; Abreu, G.; Sottile, F.; Pastrone, C.; Spirito, M.; Berens, F. (23–26 June 2014). "M2M Technologies: Enablers for a Pervasive Internet of Things". The European Conference on Networks and Communications (EUCNC2014).

48. Mohammadi, Mehdi; Al-Fuqaha, Ala; Sorour, Sameh; Guizani, Mohsen (2017). "Deep Learning for IoT Big Data and Streaming Analytics: A Survey
49. Al-Fuqaha, A.; Guizani, M.; Mohammadi, M.; Aledhari, M.; Ayyash, M. (1 January 2015). "Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications". *IEEE Communications Surveys Tutorials*
50. A. Ali, Z. Chen, and J. Lee (2008). "Web-enabled platform for distributed and dynamic decision-making systems". *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*.
51. E. Lapira, D. Brisset, H. D. Ardakani, D. Siegel, and J. Lee (2012). "Wind turbine performance assessment using multi-regime modeling approach". *Renewable Energy*
52. Ziming Zhu, Lambbotharan S., Woon Hau Chin, Zhong Fan, "Overview of demand management in smart grid and enabling wireless communication technologies", *IEEE Wireless Communications*, vol. 19, no. 3, pp. 48-56, June 2012
53. S. Abdul Salam, S.A. Mahmud, G.M. Khan, H. S. Al-Raweshidy, "M2M communication in Smart Grids: Implementation scenarios and performance analysis", *IEEE Wireless Communications and Networking Conference Workshops (WCNCW)*, Apr. 1, 2012
54. Wietfeld C., Georg H., Groening S., Lewandowski C., Mueller C., Schmutzler J., "Wireless M2M Communication Networks for Smart Grid Applications," in *11th European Wireless Conference*, April 27-29, 2011
55. Oksman, V., Jin Zhang, "G.HNEM: the new ITU-T standard on narrowband PLC technology", *IEEE Communications Magazine*, vo. 49, no. 12, pp. 36-44, Dec. 2011
56. Sooriyabandara, M., Ekanayake, J., "Smart Grid - Technologies for its realization", *IEEE International Conference on Sustainable Energy Technologies (ICSET)*, Dec. 2010
57. Zhou Xue-song , Cui Li-qiang, Ma You-jie, "Research on Technology of Smart Grid", *IEEE International Conference on Intelligent Computing and Intelligent Systems (ICIS)*, 2010
58. Simoes, M.G., Roche, R., Kyriakides, E., Miraoui, A., Blunier, B., McBee, K., Suryanarayanan, S., Nguyen, P., Ribeiro, P., "Smart-Grid Technologies and Progress in Europe and the USA", *IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE)*, Sept. 17-22, 2011
59. U.S. Department of Energy , "The Smart Grid", <http://energy.gov/>
60. Smart Electricity Systems and Interoperability, <http://ses.jrc.ec.europa.eu/>
61. Core IEC Standards for Smart Grids, <http://www.iec.ch/smartgrid/standards/>
62. M2M Communications, "What is M2M Communications", <http://www.m2mcomm.com/about/what-is-m2m/index.html>
63. HomePlug, "HomePlug Green PHY Specification," Available: <http://www.homeplug.org/>
64. ITU-T G.hn, G.9960/G.9961 (06/10), "Unified high-speed wireline-based home networking transceivers - System architecture and physical layer specification," Available at <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.9960/en>
65. TIA-1113 (2008-4), "Medium-Speed (up to 14 Mbps) Power Line Communications (PLC) Modems using Windowed OFDM," Telecommunications Industry Association (TIA)