

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

Τμήμα Ψηφιακών Συστημάτων

Κατεύθυνση: Ψηφιακές Επικοινωνίες & Δίκτυα



ΤΙΤΛΟΣ

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΣ ΑΠΟΔΟΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ ΑΣΥΡΜΑΤΗΣ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ

Διπλωματική εργασία

Καραχάλιος Κωνσταντίνος, Α.Μ. ΜΕ09081

Επιβλέπων: Ρούσκας Άγγελος, Αναπληρωτής Καθηγητής

Πειραιάς, Σεπτέμβριος 2013

UNIVERSITY OF PIREUS

SCHOOL OF INFORMATION AND COMMUNICATION
TECHNOLOGIES

DEPARTMENT OF DIGITAL SYSTEMS



TITLE

ENERGY EFFICIENT WIRELESS ACCESS NETWORKS

Supervisor: Angelos Rouskas, Associate Professor

Ευχαριστίες

Παραδίνοντας την διπλωματική εργασία θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερος και αποκλειστικώς την οικογένεια μου για την αρωγή τους την οποία επέδειξαν κατά την διάρκεια της φοίτησης μου. Χωρίς την πολύτιμη στηριξή τους δεν θα είχε καταστεί δυνατό αυτό το εγχείρημα.

Επίσης θα ήθελα να τονίσω την πολύτιμη αρωγή που έλαβα από τον καθηγητή μου κ. Άγγελο Ρούσκα καθώς και την υπομονή και την κατανόηση που επέδειξε κατά την διάρκεια εκπόνησης της εργασίας αυτής

Αφιερώνεται στους γονείς μου
Νικόλαο και Ιουλία Καραχάλιου με αγάπη και
σεβασμό.

Thanks

I would like to thank especially my family for the support during the studies. Without their support I wouldn't

Περίληψη

Στόχος της διπλωματικής εργασίας είναι να μελετήσει τις καταναλώσεις των σταθμών βάσεως της κινητής τηλεφωνίας και να εξετάσει λύσεις ώστε να πραγματοποιηθεί μία περαιτέρω μείωση της κατανάλωσης ισχύος σε κάθε σταθμό βάσης. Από μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί προκύπτει ότι η παγκόσμια κατανάλωση ενεργειακής ισχύος από τις ICT τεχνολογίες (Information and

Communication Technologies) υπολογίζεται σε 600TWh και αντιστοιχεί στο 3% της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας. Αν συνεχιστεί με τέτοιο ρυθμό η κατανάλωση ενέργειας για τις ICT υπολογίζεται ότι μέχρι το 2030 η κατανάλωση θα ξεπεράσει τις 1700 TWh. Η τιμή αυτή θεωρείται από πολλούς ως μετριοπαθής και έχουν ξεκινήσει να καταβάλλονται προσπάθειες μείωσης του ενεργειακού αποτυπώματος. Μεγάλο μέρος των ICT τεχνολογιών θεωρούνται τα κυβελωτά δίκτυα. Στην χώρα μας μέχρι και πριν μία πενταετία υπήρχε ραγδαία αύξηση της επέκτασης των δικτύων των 3 κυριότερων τηλεπικοινωνιακών παρόχων κινητής τηλεφωνίας και είχε δοθεί εκεί το κύριο βάρος ώστε να καταστεί δυνατή η πληθυσμιακή και γεωγραφική κάλυψη σε πολύ μεγάλο ποσοστό. Πλέον οι πάροχοι αναζητούν μεθόδους και τεχνικές που θα τους επιτρέψουν να μειώσουν τις δαπάνες τους σε ενέργεια. Οι σταθμοί βάσης σύμφωνα με υπολογισμούς και έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί καταναλώνουν το 50% της ενέργειας ολόκληρου του δικτύου των τηλεπικοινωνιών. Για αυτό τον λόγο η προσπάθεια μείωσης του έγινε σημαντικό θέμα έρευνας.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια εισαγωγή στις ασύρματες κινητές επικοινωνίες και μία αναφορά στις τεχνολογίες GSM και UMTS ώστε να δοθεί μία εικόνα ως προς τις ασύρματες επικοινωνίες.

Στο δεύτερο κεφάλαιο πραγματοποιείται μία ανάλυση στις κατηγορίες των σταθμών βάσεων, περιγραφή του εξοπλισμού που διαθέτουν αλλά και του τρόπου λειτουργίας τους. Επίσης αναφέρονται τεχνικές τις οποίες έχουν υλοποιήσει οι πάροχοι ώστε να προκύψει μείωση της κατανάλωσης ενέργειας.

Στο τρίτο κεφάλαιο αυτής της εργασίας έχει πραγματοποιηθεί μία σειρά από μετρήσεις οι οποίες έχουν διαρκέσει πέντε ημέρες με σκοπό την συσχέτιση της κατανάλωσης ισχύος και των φορτίων τηλεπικοινωνιακής κίνησης αλλά και γενικότερα την κατανάλωση ισχύος του σταθμού βάσης ανά πραγματικό χρόνο.

Τέλος στο τέταρτο και τελευταίο κεφάλαιο με βάση τα στοιχεία που έχουν συλλεχθεί από τα προηγούμενα κεφάλαια έχει υλοποιηθεί μια εφαρμογή που βασίζεται σε μία νέα ιδέα κατά την οποία οι σταθμοί βάσης ανάλογα με την

τηλεπικοινωνιακή κίνηση την οποία δέχονται από τους χρήστες να ενεργοποιούνται ,διαφορετικά να παραμένουν απενεργοποιημένοι με στόχο την μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας.

Abstract

The aim of this thesis is to study the consumption of base stations of mobile telephony and to propose solutions for further reduction of power consumption at each base station. Studies that took place show that the global energy consumption power of ICT technologies (Information and Communication Technologies) is estimated about 600TWh about 3% of global energy consumption. If this continues at such a pace, the energy consumption for ICT is estimated that by 2030 consumption will surpass the 1700 TWh. This value is considered by many to be modest and efforts and methods have started efforts to reduce the energy footprint. A great part of ICT is cellular networks. The telecommunications providers tried to get an enormous expansion of their networks in our country, in order to get a very large percentage of geographic coverage and to cover the needs of the users. Most providers are looking for methods and techniques that will enable them to reduce power consumption. Researches that took place is estimated that BTSs or Node Bs spend over than 50% of the total energy of whole telecom network. For this reason the effort to decrease the energy consumption has major importance.

This thesis has four chapters. The first chapter is an introduction to wireless mobile communications and a report to technologies of GSM, GPRS and UMTS wireless communications.

In the second chapter a survey is performed on the categories of base station and a description of their equipment and how they work. Also techniques in order to reduce base station's energy are further mentioned.

In chapter three we describe a series of measurements for a period of five days in order to have a correlation of erlangs and power consumption and generally the continuously power consumption of BTS during that period of time.

In the last chapter from the data that we collected from all the other chapters we introduce an application based on a new idea in which base stations are active when there is a growth of telecommunication

traffic otherwise they are disabled. The aim is to achieve greater energy savings.

Περιεχόμενα

Κατάλογος Εικόνων

Κατάλογος Πινάκων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Εισαγωγή στα ασύρματα δίκτυα κινητών επικοινωνιών

1.1 Εισαγωγή

Οι αυξημένες απαιτήσεις για ενέργεια έχουν οδηγήσει τις επιχειρήσεις σε αναζήτηση νέων μορφών ενέργειας αλλά και τεχνικών οι οποίες θα μπορούσαν να επιφέρουν εξοικονόμηση ενέργειας. Ένας από αυτούς τους τομείς είναι και ο χώρος των τηλεπικοινωνιών και ειδικότερα των ασυρμάτων τηλεπικοινωνιών που περικλείουν τις τεχνολογίες του GSM, 3G (UMTS) αλλά και της τεχνολογίας που κάνει δειλά δειλά τα πρώτα της βήματα στην Ελλάδα και αφορά το LTE.

Η κινητή τηλεφωνία ξεκίνησε το 1982 όταν και ξεκίνησαν οι πρώτες θεμελιώδεις αρχές της δημιουργίας του GSM (Global System for Mobile Communications). Αρχικά το δίκτυο αποφασίστηκε να χρησιμοποιήσει την συχνότητα των 900MHz. Η εμπορική χρήση της παραπάνω τεχνολογίας είναι αναμφισβήτητη αφού έχει καταφέρει να κυριαρχήσει σε πάνω από 200 χώρες και έχει προσεγγίσει τους 3 δισεκατομμύρια χρήστες και παρότι διανύει την τέταρτη δεκαετία ζωής αποτελεί βασικό σημείο αναφοράς στις τηλεπικοινωνίες. Παρακάτω παρατίθενται οι διαθέσιμες συχνότητες στις οποίες λειτουργεί το GSM.

System	Band	Uplink (MHz)	Downlink (MHz)	Channel Number
T-GSM 380	380	380.2 - 389.8	390.2 - 399.8	Dynamic
T-GSM 410	410	410.2 - 419.8	420.2 - 429.8	Dynamic
GSM 450	450	450.4 - 457.6	460.4 - 467.6	259 - 293
GSM 480	480	478.8 - 486.0	488.8 - 496.0	306 - 340
GSM 710	710	698.0 - 716.0	728.0 - 746.0	Dynamic
GSM 750	750	747.0 - 762.0	777.0 - 792.0	438 - 511
T-GSM 810	810	806.0 - 821.0	851.0 - 866.0	Dynamic
GSM 850	850	824.0 - 849.0	869.0 - 894.0	128 - 251
P-GSM 900	900	890.0 - 915.0	935.0 - 960.0	1 - 124
E-GSM 900	900	880.0 - 915.0	925.0 - 960.0	975 - 1023, 0-124
R-GSM 900	900	876.0 - 915.0	921.0 - 960.0	955 - 1023, 0-124
T-GSM 900	900	870.4 - 876.0	915.4 - 921.0	Dynamic
DCS 1800	1800	1710.0 - 1785.0	1805.0 - 1880.0	512 - 885
PCS 1900	1900	1850.0 - 1910.0	1930.0 - 1990.0	512 - 810

Πίνακας 1: Συχνότητες

Οι βασικές συχνότητες οι οποίες αποδόθηκαν για χρήση στο ευρύ κοινό στην χώρα μας είναι οι εξής:

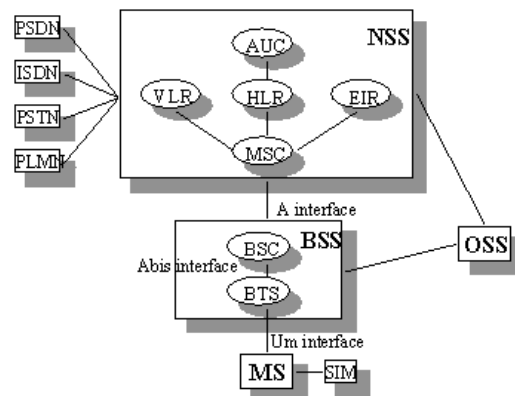
Ζώνη	Uplink	Downlink	Κανάλια συχνότητας*
900 MHz	880-915 MHz	925- 960 MHz	124 + (1 ελεύθερο)
1800 MHz	1710-1785 MHz	1805-1880 MHz	374 (+ 1 ελεύθερο)
1900 MHz	1850-1910 MHz	1930-1990 MHz	299+ (1 ελεύθερο)

Πίνακας 2: Βασικές συχνότητες

*Το κάθε κανάλι συχνότητας έχει εύρος συχνότητας 200 kHz

Οι υπηρεσίες οι οποίες προσφέρει είναι αυτή της διαχείρισης των κλήσεων φωνής εισερχομένων εξερχομένων, τηλεφωνητή αλλά και την υπηρεσία SMS (Short Message Service) αλλά και άλλων δευτερευόντων όπως την προώθηση κλήσεων την φραγή εισερχομένων-εξερχομένων κλήσεων, αναμονή κλήσης, αναγνώριση καλούντος.

Η τεχνολογία του GSM είναι συμβατή και υποστηρίζει την σύνδεση συνδρομητών και με άλλα δίκτυα όπως τα ISDN, PSTN. Η δομή του δικτύου δίνεται στο παρακάτω σχήμα:



Σχήμα 1: Δομή δικτύου

1.2 Αρχιτεκτονική Δομή του δικτύου GSM

Σε αυτή την ενότητα θα αναλύσουμε την δομή του δικτύου του GSM. Στόχος είναι να πραγματοποιηθεί μία περιγραφή των στοιχείων που αποτελούν το δίκτυο

αλλά και τις διεργασίες τις οποίες είναι επιφορτισμένα να πραγματοποιούν ώστε να υπάρχει μια αδειάληπτη και σωστή λειτουργία του δικτύου.

1.2.1 Κινητός σταθμός MS (Mobile Station)

Ως κινητό σταθμό θεωρούμε τον εξοπλισμό τον οποίο φέρει ο κάθε χρήστης και είναι οικείος σε εμάς με τον όρο κινητό τηλέφωνο ή και smart phone. Ο κάθε κινητός σταθμός διαφοροποιείται και υπάρχει μεγάλο εύρος επιλογών τόσο σε δυνατότητες αλλά και σε αξία.. Ο κάθε κινητός σταθμός έχει μία και μοναδική ταυτότητα με το ακρωνύμιο IMEI (International Mobile Equipment Identity) και είναι ένας δεκαπενταψήφιος αριθμός ο οποίος καταγράφεται και αποθηκεύεται στην συσκευή αλλά και στο EIR. Για να είναι λειτουργικός ο κινητός σταθμός στο δίκτυο του GSM είναι απαραίτητη και μία ηλεκτρονική πλακέτα (βάση δεδομένων) την οποία φέρει ο κινητός σταθμός ,είναι αποσπώμενη και ονομάζεται SIM (Subscriber Identity Module). Με την SIM επιτυγχάνεται η αναγνώριση του χρήστη από το δίκτυο μεταφέροντας μία ταυτότητα την IMSI (International Mobile Subscriber Identification). Η ταυτότητα αυτή αντιστοιχεί σε έναν δεκαψήφιο αριθμό. Κατά την χρήση του κινητού σταθμού από το δίκτυο και για θέματα που αφορούν την εμπιστευτικότητα ο κινητός σταθμός λαμβάνει έναν παροδικό αριθμό ο οποίος ονομάζεται TMSI και καταγράφεται στο VLR. Ένα τελευταίο ζήτημα που έπρεπε να επιλυθεί ήταν αυτή που αφορά την αναγνώριση του κινητού σταθμού από το δίκτυο της σταθερής τηλεφωνίας το λεγόμενο PSTN. Η λύση δόθηκε αποδίδοντας έναν μοναδικό αριθμό ο οποίος αποτέλεσε την ταυτότητα και ονομάστηκε MSISDN (Mobile Station ISDN Number).

1.2.2 Το Base Station System (BSS)

Είναι το τμήμα του δικτύου στο οποίο πραγματοποιείται η ραδιοκάλυψη και η διαχείριση των ραδιοπόρων του δικτύου και αποτελείται από 3 βασικούς άξονες:

1.2.3 Τον BTS (Σταθμός Βάσης)

Η κύρια λειτουργία του είναι η παροχή ραδιοκάλυψης στο δίκτυο και είναι ο συνδετικός κρίκος μεταξύ των χρηστών και του δικτύου του GSM. Όπως και

στους κινητούς σταθμούς έτσι και εδώ έχουμε διαφοροποιήσεις σε τέτοιο βαθμό ώστε να ικανοποιούν τις απαιτήσεις του δικτύου. Οι BTS ή Σταθμοί Βάσης όπως αποκαλούνται στην κινητή τηλεφωνία αποτελούνται από δύο κυρίως μέρη: το κεραιοσύστημα και τον οικίσκο στον οποίο είναι χωροταξικά όλος ο τηλεπικοινωνιακός αλλά και βοηθητικός εξοπλισμός για την εύρυθμη λειτουργία του σταθμού βάσης. Παρακάτω θα υπάρξει αναλυτικότερη περιγραφή αφού σε αυτό θα βασιστεί και η διπλωματική εργασία η οποία έχει εκπονηθεί.

Ο βασικός σκοπός λειτουργίας του είναι η ραδιοκάλυψη του δικτύου και των χρηστών. Αυτή επιτυγχάνεται με την χρήση διατάξεων εκπομπής και λήψης σημάτων γνωστά ως Transceivers ή TRXs. Κάθε Σταθμός Βάσης έχει την δυνατότητα να ελέγχει περισσότερες από μία κεραιές και να διατηρεί από 1 έως 16 TRXs. Σε κάθε TRX αντιστοιχεί ουσιαστικά και ένα κανάλι RF το οποίο με διάφορες τεχνικές FDMA, TDMA επιτυγχάνεται η εξυπηρέτηση μέχρι και 8 διαφορετικών χρηστών ταυτόχρονα.

1.2.4 BSC (Base Station Controller)

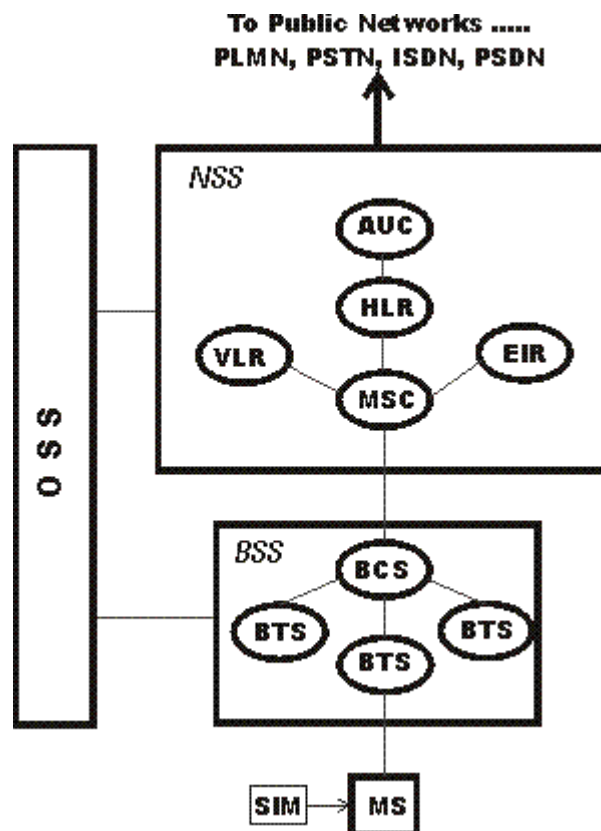
Ο BSC (Base Station Controller) όπως μπορούμε να εκλάβουμε από την ονομασία του είναι επιφορτισμένος με την εποπτεία και τον έλεγχο των σταθμών βάσης. Χωροταξικά εντοπίζεται στα κέντρα μεταγωγής του δικτύου του GSM που ονομάζονται MSC. Ελέγχει τα σήματα, εκχωρεί και απελευθερώνει κανάλια. Τα σήματα που λαμβάνει τα κατευθύνει στο MSC-Mobile Switching Centre. Επίσης ελέγχει τις ραδιοζεύξεις και αποφασίζει ποιος σταθμός βάσης θα εξυπηρετήσει τον χρήστη.

1.2.5 Transcoder (TC)

Ο Transcoder (TRAU) αν και ανήκει στο BSS χωροταξικά εντοπίζεται στο NSS και ειδικότερα στα MSC. Σκοπός του παραπάνω μηχανήματος είναι η μετατροπή του αρχικού σήματος φωνής των 64 kbps του PCM που χρησιμοποιείται από άλλα δίκτυα όπως το PSTN σε κωδικοποιημένο σήμα φωνής των 13 kbps για full rate και enhanced full rate ή 5,6 kbps για half rate μετάδοση που χρησιμοποιείται από το GSM. Επίσης είναι επιφορτισμένο με την αποστολή δεδομένων με ρυθμό

μετάδοσης 3kbps και αφορά στα μηνύματα τα οποία χρησιμοποιούνται από το δίκτυο για σηματοδότηση. Με αυτή την διαδικασία επιτυγχάνουμε εξοικονόμηση φάσματος ώστε να μπορεί να αξιοποιηθεί για άλλους σκοπούς.

1.3 Network Switching Subsystem NSS



Σχήμα 2: NSS

Κύρια ευθύνη του NSS είναι η διαχείριση της επικοινωνίας μεταξύ των σταθμών βάσης και του δικτύου PSTN. Οι κύριες μονάδες που αποτελούν το παραπάνω υποδίκτυο είναι:

1.3.1 Το Mobile Switching Center (MSC)

Το MSC θεωρείται ως το κεντρικό στοιχείο της αρχιτεκτονικής δομής του GSM και ελέγχει όλες τους κινητούς σταθμούς που εντοπίζονται στην περιοχή που

ελέγχει. Τα MSC είναι ο συνδετικός κρίκος μεταξύ του BSS και άλλων δικτύων όπως αυτών της σταθερής τηλεφωνίας του PSTN, ISDN. Το MSC είναι επιφορτισμένο να χειρίζεται τις κλήσεις που εκδηλώνονται ή καταλήγουν στην περιοχή που αυτό καλύπτει. Για το λόγο αυτό είναι συνδεδεμένο με έναν αριθμό σταθμών βάσεων με τους οποίους διατηρεί συνεχή επαφή, ενώ από την άλλη πλευρά συνδέεται με το δίκτυο PSTN/ISDN. Παράλληλα το MSC διαχειρίζεται τις ραδιοεπαφές καθορίζοντας τον τύπο ραδιοκαναλιού που χρησιμοποιείται σε κάθε φάση της κλήσης, συμμετέχει στην εγγραφή της θέσης του συνδρομητή, διασφαλίζοντας τη μεταφορά των στοιχείων των κινητών σταθμών προς τη βάση επισκέψεως με ονομασία VLR. Ο MSC πραγματοποιεί τη διαδικασία μεταπομπής κυψέλης, μεταφέρει τις παραμέτρους πιστοποίησης μεταξύ του σταθμού βάσης και του VLR, συγχρονίζει τους σταθμούς βάσης που είναι υπό την εποπτεία του. Τέλος, ερευνά την οικεία βάση δεδομένων γνωστή ως HLR του καλούμενου ώστε να εξακριβώσει τον αριθμό περιαγωγής του και μεριμνά για την ασφάλεια της ταυτότητας του συνδρομητή καθώς και για την ασφάλεια των πληροφοριών που μεταδίδει.

1.3.2 Gateway Mobile Services Switching Centre (GMSC)

Το GMSC αποτελεί την διεπαφή μεταξύ του GSM δικτύου και του δικτύου της σταθερής τηλεφωνίας PSTN, ISDN και είναι υπεύθυνο για την δρομολόγηση των κλήσεων από το δίκτυο της σταθερής τηλεφωνίας προς τους κινητούς σταθμούς. Κύρια διαφορά μεταξύ MSC και GMSC είναι ότι τα MSC δεν σχετίζονται άμεσα με το HLR.

1.3.3 Home Location Register (HLR)

Το HLR είναι ένας καταχωρητής μιας βάσης δεδομένων με τα στοιχεία των χρηστών του GSM και περιλαμβάνει στοιχεία όπως η θέση κάθε κινητού σταθμού ώστε να δρομολογήσει τις κλήσεις κάθε κινητού σταθμού στους κατάλληλους σταθμούς βάσης. Ο χρήστης με το που θέτει σε λειτουργία το κινητό τηλέφωνο πραγματοποιείται μία εγγραφή στο δίκτυο με αποτέλεσμα το δίκτυο να έχει την δυνατότητα να δρομολογήσει μία εισερχόμενη κλήση επιλέγοντας τον σταθμό βάσης που θα εξυπηρετήσει τον κινητό σταθμό. Στην περίπτωση που το κινητό

τηλέφωνο του χρήστη είναι σε κατάσταση idle το δίκτυο κάνει περιοδικά καταχώρηση της θέσης του χρήστη ώστε να γνωρίζει την θέση του σε περίπτωση που θα δεχτεί κάποια εισερχόμενη κλήση.

1.3.4 Visitors Location Register (VLR)

Το VLR περιέχει επιλεγμένες πληροφορίες από το HLR οι οποίες τις ενεργοποιούν για κάθε μεμονωμένο συνδρομητή. Ο παραπάνω καταχωρητής αποτελεί μια βάση δεδομένων που εμπεριέχει δυναμική πληροφορία για όλους τους συνδρομητές και κατ'επέκταση των κινητών σταθμών (MS) που ανήκουν χωροταξικά σε κάθε MSC περιοχή. Αποτέλεσμα αυτού είναι η αντιστοιχία για κάθε MSC και ένας VLR. Κατά την μετακίνηση του σταθμού βάσης σε μία άλλη περιοχή που ελέγχεται από έναν άλλο MSC, ο VLR του νέου MSC θα ζητήσει δεδομένα από τον HLR. Οι διαφορές των δεδομένων ανάμεσα στον HLR και τον VLR είναι ελαφρώς τροποποιημένες και εμπεριέχει την TMSI ταυτότητα αντί της IMSI αλλά και την πληροφορία για την θέση του κινητού σταθμού στην MSC περιοχή. Μία διαφορά που εντοπίζεται μεταξύ του HLR και του VLR είναι ότι ο VLR παρέχει πληροφορίες από το PLMN στο GMSC ενώ το HLR από το GMSC στο PLMN.

1.3.5 Authentication Centre (AUC)

Το AUC είναι μία προστατευμένη βάση δεδομένων που περιέχει το κλειδί κρυπτογράφησης το οποίο περιλαμβάνεται και στην SIM κάρτα του κινητού σταθμού. Το κλειδί αυτό χρησιμοποιείται για την αυθεντικοποίηση και την κωδικοποίηση του ραδιοδιαύλου ώστε να παρέχεται προστασία από κακόβουλες επιθέσεις που μπορεί να δεχτεί το δίκτυο.

1.3.6 Equipment Identity Register (EIR)

Το EIR ουσιαστικά είναι μία βάση δεδομένων και έχει επιφορτιστεί με την καταχώρηση των IMEI των κινητών σταθμών που θεωρούνται ότι είναι ελαττωματικά ή δεν χρησιμοποιούνται. Κατά την διαδικασία της εγγραφής του κινητού σταθμού στο δίκτυο γίνεται έλεγχος της βάσης δεδομένων από το MSC

που φιλοξενείται ο κάθε χρήστης και σε περίπτωση που έχουμε ταυτοποίηση του IMEI με την βάση των δεδομένων του EIR τότε επέρχεται απαγόρευση χρήσης των υπηρεσιών του GSM του συγκεκριμένου κινητού σταθμού.

1.3.7 SMS Gateway (SMS-G)

Με την χρησιμοποίηση αυτού του όρου μπορούμε να περιγράψουμε δύο SMS Gateway που ορίζονται βάση του προτύπου του GSM. Αυτές οι δύο πύλες διαχειρίζονται μηνύματα σε διαφορετικές κατευθύνσεις. Αυτή του SMS-GMSC (Short Message Service Gateway Mobile Switching Centre) για τα μηνύματα τα οποία αποστέλλονται στους κινητούς σταθμούς και του SMS-IWMSC (Short Message Service Inter-Working Mobile Switching Centre) για τα μηνύματα τα οποία συντάσσονται από τους κινητούς σταθμούς προς το δίκτυο.

1.3.8 Operation and Maintenance Subsystem (OMS)

Το παραπάνω μέρος του δικτύου είναι ο συνδετικός κρίκος του NSS και του BSC. Χρησιμοποιείται για να ελέγχει και να παρακολουθεί γενικότερα όλη την δομή του GSM αλλά και της τηλεπικοινωνιακής κίνησης του BSS. Να σημειωθεί ότι με την αύξηση του αριθμού των σταθμών βάσης που αντιστοιχεί σε αύξηση του αριθμού χρηστών έχουμε μεταφορά λειτουργιών όπως της συντήρησης του τηλεπικοινωνιακού εξοπλισμού, της διαχείρισης και της χρέωσης των συνδρομητών στους σταθμούς βάσης εξοικονομώντας πόρους για το σύστημα.

1.4 Κυψελωτά συστήματα

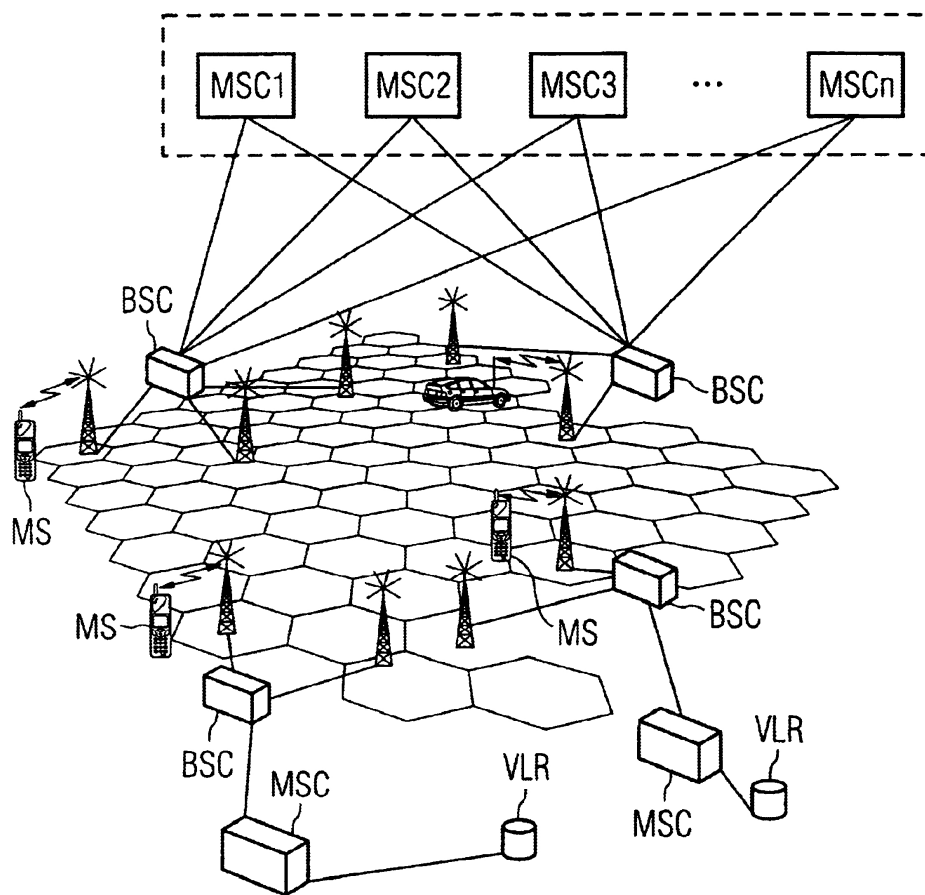
Η απόδοση για την χρήση φάσματος σε μεγάλο αριθμό χρηστών μας οδήγησε στην δημιουργία της έννοιας της κυψέλης η οποία βασίζεται στην σωστή απόδοση και επαναχρησιμοποίηση των ραδιοδιαύλων στην περιοχή που καλύπτει το δίκτυο.

Βάση της θεωρίας και της λογικής του συστήματος κάθε σταθμός βάσης (BTS) εξυπηρετεί έναν αριθμό ραδιοδιαύλων και καλύπτει μια γεωγραφική περιοχή που ονομάζεται κυψέλη (cell). Η δομή του κυψελωτού συστήματος επαφίεται στην λογική της κάλυψης όσο το δυνατόν μεγαλύτερου αριθμού χρηστών. Για να

επιτευχθεί αυτό, το δίκτυο θα πρέπει να διαχωρίσει τους ραδιοδιαύλους με τέτοιο τρόπο ώστε να αποκλείεται το φαινόμενο των παρεμβολών. Αποτέλεσμα αυτού είναι η απόδοση διαφορετικών διαύλων σε γειτονικούς σταθμούς βάσης. Η διαδικασία που ορίζει την απόδοση διαφορετικών διαύλων σε γειτονικούς σταθμούς βάσης ονομάζεται frequency planning και μας οδηγεί σε ένα κυψελωτό δίκτυο. Έχει την δυνατότητα όχι μόνο να αποδίδει διαφορετικούς ραδιοδιαύλους σε γειτονικούς σταθμούς βάσης αλλά και την σωστή επαναχρησιμοποίηση τους με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτυγχάνεται η βέλτιστη χρησιμοποίηση του φάσματος σε σχέση με τον αριθμό χρηστών.

Με τον όρο κυψέλη από γεωμετρικής πλευράς θεωρούμε ένα κανονικό εξάγωνο με εμβαδόν

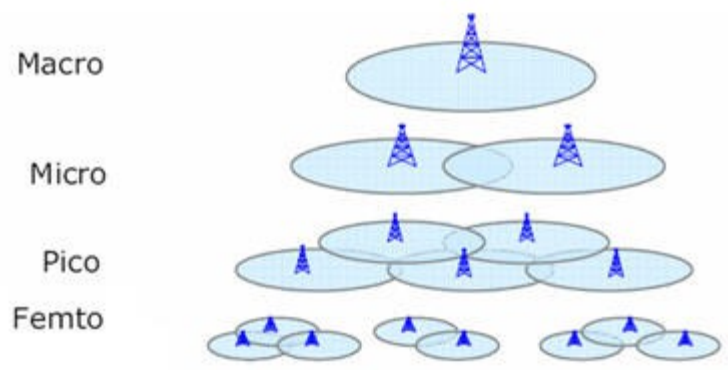
$$E = \frac{3\sqrt{3}}{2} a^2 \quad \text{όπου } a \text{ η πλευρά του κάθε εξαγώνου}$$



Σχήμα 3: Δομή Κυψελωτού συστήματος

1.5 Τύποι κυψελών

Οι κυψέλες ανάλογα με το γεωγραφικό εμβαδόν που καλύπτουν που μπορεί να είναι από μερικές δεκάδες μέτρα ως και μερικές δεκάδες χιλιόμετρα χωρίζονται στις παρακάτω κατηγορίες. Η δομή τους απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα και είναι ιεραρχική.



Σχήμα 4: Τύποι κυψελών

1.5.1 Μακροκυψέλες (Macrocells)

Οι μακροκυψέλες έχουν εμβέλεια μέχρι και 35 χιλιόμετρα και είναι η ανώτατη τιμή που μπορεί να εξυπηρετήσει μία μακροκυψέλη έναν χρήστη του GSM. Βασικό μέλημα είναι η εξυπηρέτηση των χρηστών οι οποίοι μετακινούνται σε μεγάλες αποστάσεις. Το δίκτυο έχει την δυνατότητα να εξυπηρετεί τους χρήστες για μεγάλα χρονικά διαστήματα όσο αυτοί είναι στα όρια της κυψέλης και η τιμή ισχύος που λαμβάνουν είναι πάνω από το κατώτατο όριο ώστε να είναι αποδεκτή η σύνδεση τους από το δίκτυο. Αυτή η τιμή μπορεί να αποδειχθεί βάση των παρακάτω υπολογισμών. Η μέγιστη τιμή προήγησης χρόνου που απαιτεί το δίκτυο ώστε να δίνεται η δυνατότητα συγχρονισμού μεταξύ αυτού αλλά και του χρήστη ορίζεται στα 63 bits και ισοδυναμεί με 233μsec αν αυτή την τιμή την πολλαπλασιάσουμε με την ταχύτητα του φωτός που είναι $3 \cdot 10^8$ m/s προκύπτει μία απόσταση ίση με 70 km. Όμως στο GSM σύστημα έχουμε full rate duplex επικοινωνία οπότε οδηγούμαστε σε μία απόσταση της τάξεως των 35km. Άλλος ένας παράγοντας έχει να κάνει και με την τυχαία ριπή προσπέλασης η οποία σημειώνει την μέγιστη καθυστέρηση μεταξύ του σταθμού βάσης και του κινητού σταθμού ώστε να εμποδιστεί το φαινόμενο επικάλυψης μιας κανονικής ριπής με την τυχαία. Αυτή η καθυστέρηση χρονικά είναι 255μsec με όμοιους υπολογισμούς προκύπτει απόσταση 75,5 km. Αυτός ο τύπος κυψελών χωροταξικά εντοπίζεται σε όρη και αγροτικές περιοχές ή σε αστικές περιοχές σε ψηλά σημεία όπως πύργοι ώστε να υπάρχει επάρκεια στην ορατότητα της περιοχής κάλυψης.

1.5.2 Μικροκυψέλες (microcells)

Οι μικροκυψέλες έχουν εμβέλεια 1 με 2 km και συναντώνται σε ημιαστικές και αστικές περιοχές. Το πλεονέκτημα αυτής της κατηγορίας των κυψελών συγκριτικά με τις μακροκυψέλες είναι ότι απαιτούν μικρότερη ισχύ εκπομπής, οι ραδιοζεύξεις είναι σε πολύ μικρότερη κλίμακα με αποτέλεσμα το σύστημα να έχει την δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης των ραδιοδιαύλων και κατ' επέκταση μεγαλύτερο αριθμό χρηστών. Αυτή η κατηγορία κυψελών συναντάται σε αστικές και ημιαστικές περιοχές σε οροφές κτιρίων και προσφέρουν υπηρεσίες στενής ζώνης. Οι κυψέλες αυτές εξυπηρετούν χρήστες οι οποίοι κινούνται εντός των ορίων τους και έχουν περιορισμένη κινητικότητα.

1.5.3 Πικοκυψέλες (picocells)

Οι πικοκυψέλες καλύπτουν περιοχές ή χώρους στις οποίες συναντάται μεγάλος αριθμός χρηστών ιδιαίτερα σε κλειστούς χώρους (parking αυτοκινήτων ενός εμπορικού κέντρου στον χώρο του ανελκυστήρα αλλά και σε ανοιχτούς χώρους όπως δρόμοι). Η ακτίνα κάλυψης είναι 100 με 200 μέτρα. Όπως είναι αντιληπτό εδώ έχουμε πυκνή επαναχρησιμοποίηση του φάσματος επομένως και μεγαλύτερο αριθμό εξυπηρετούμενων χρηστών. Οι χρήστες που εξυπηρετούνται από αυτό το είδος των κυψελών έχουν πολύ περιορισμένη κινητικότητα.

1.6 Τηλεπικοινωνιακή κίνηση

Ως τηλεπικοινωνιακή κίνηση ορίζουμε έναν καθαρό αριθμό τον οποίο ονομάζουμε Erlang. Βασίζεται στην αρχή ότι ένας χρήστης μεταφέρει κίνηση 1 Erlang και η διάρκεια του δεν είναι καθορισμένη με σαφή τρόπο. Ένα Erlang μπορεί να καταλαμβάνει ένα ή και περισσότερους ραδιοδιαύλους. Στα κυψελωτά συστήματα μεταγωγής κυκλώματος που μελετάμε 1 Erlang αντιπροσωπεύει την συνεχή χρήση ενός καναλιού που μεταφέρει δεδομένα φωνής και υπακούει στον τύπο: $E = \lambda * H$, όπου λ ο μέσος αριθμός κλήσεων ανά μονάδα χρόνου και H η μέση χρονική διάρκεια μιας κλήσης. Πρακτικά χρησιμοποιείται για την περιγραφή της συνολικής κίνησης για μία ώρα.

1.7 UMTS

Η προσπάθεια δημιουργίας ενός ασύρματου δικτύου που θα είχε την δυνατότητα να προσφέρει υπηρεσίες φωνής ή δεδομένων με σταθερό ή μεταβλητό ρυθμό μας οδήγησε το 1990 στο δίκτυο το οποίο πήρε την ονομασία UMTS (Universal Mobile Telecommunications System). Κύρια χαρακτηριστικά στοιχεία του δικτύου αυτού που ονομάστηκε και 3G είναι ο μεταβλητός ρυθμός μετάδοσης δεδομένων από μερικά kbps μέχρι και 2048kbps. Το UMTS είναι ένα δίκτυο που έχει την δυνατότητα υποστήριξης υπηρεσιών με πολύ διαφορετικά χαρακτηριστικά μεταξύ τους και απαιτήσεις και είναι πλήρως εναρμονισμένο με τα δίκτυα προηγούμενων γενιών όπως το GSM και το GPRS και το EDGE GPRS. Για την λειτουργία του νέου αυτού δικτύου δεν απαιτήθηκαν μεγάλες αλλαγές στον σχεδιασμό του δικτύου που ήδη προυπήρχε. Οι τεχνικές διαμόρφωσης που αξιοποιεί το παραπάνω δίκτυο είναι η FDD (Frequency Division Duplexing) και η TDD (Time Division Duplexing). Οι βασικές προτάσεις για την προτυποποίηση του δικτύου είναι δύο: το WCDMA (Wide Code Division Multiple Access) και το multicarrier CDMA. Αν και οι δύο τεχνικές είναι παρόμοιες και βασίζονται στην τεχνολογία της διασποράς φάσματος δεν μπορούν να θεωρηθούν ίδιες, για αυτό τον λόγο έχουμε την δημιουργία δύο οργανισμών τον 3GPP1 και τον 3GPP2,

Ο 3GPP1 αναπτύσει τις προδιαγραφές για τα δίκτυα που είναι βασισμένα στη ραδιοεπαφή WCDMA και θεωρείται ως η συνέχεια των δικτύων του GSM GPRS.

Ο 3GPP2 είναι ο οργανισμός που αναπτύσει τις προδιαγραφές βασισμένες στο cdma2000 και στο δίκτυο κορμού του IS95, σύστημα που αναπτύχθηκε στις ΗΠΑ, την Νότια Κορέα και την Ιαπωνία και είναι η εφάμιλλο του GSM. Το IS-95 βασίζεται στην τεχνική του CDMA και χρησιμοποιεί την διασπορά φάσματος απευθείας ακολουθίας DSSS με ρυθμό 1,2288 Mcps αποτέλεσμα αυτού είναι το CDMA να θεωρείται σύστημα στενής ζώνης.

Για το WCDMA έχουμε δύο επιλογές αυτή της FDD και της TDD διαμόρφωσης. Το εύρος του διαύλου είναι 5MHz και επιτυγχάνεται με απευθείας διασπορά με ακολουθία ρυθμού 3,84 Mcps. Κάθε φέρον όπως και στο GSM χωρίζεται σε χρονοπλαίσια χρονικής διάρκειας 10ms και αυτά με την σειρά τους

διαιρούνται σε 15 χρονοθυρίδες. Η διαφοροποίηση η οποία εντοπίζεται μεταξύ του WCDMA και του CDMA 2000 είναι ότι στο πρώτο δεν είναι απαραίτητος ο συγχρονισμός των σταθμών βάσεων ενώ στην δεύτερη περίπτωση υπάρχει αυστηρός συγχρονισμός.

Το 3G δίκτυο βασίστηκε στις υποδομές του GSM δηλαδή δεν κατασκευάστηκαν νέοι σταθμοί βάσης με αποκλειστικές υπηρεσίες 3G αλλά ενσωματώθηκαν με τους ήδη υπάρχοντες του GSM.

1.7.1 Φάσμα

Στο UMTS ένας σημαντικός παράγοντας είναι αυτός του καθορισμού του φάσματος. Λόγω των υπηρεσιών των οποίων χρησιμοποιεί απαιτεί αυξημένο φάσμα όπως και ταχύτητες μετάδοσης του σήματος. Όπως προαναφέραμε το εύρος του κάθε καναλιού είναι 5MHz. Οι αυξημένες απαιτήσεις από υπηρεσίες οδηγούν το δίκτυο στην εφαρμογή της τεχνικής του Frequency Division Duplexing και οι συνδυασμοί που επιτυγχάνονται είναι οι εξής:

1. 2*5MHz στην οποία μπορεί να υπάρχει μόνο ένα κανάλι για την περιοχή.
2. 2*10MHz τα κανάλια πλέον είναι δύο ένα για την macro και ένα για την micro ή την pico κυψέλη.
3. 2*15MHz που υποστηρίζει τρία κανάλια στην περιοχή τόσο για την macro όσο και για την micro και pico κυψέλη ή και συνδυασμό των παραπάνω .
4. 2*20MHz κατά τις οποίες μας δίνεται η δυνατότητα να έχουμε αυξημένο αριθμό συνδιασμών αλλά και υπηρεσιών.

Όπως αναφέραμε και αρχικά πέραν από την FDD τεχνική διαμόρφωσης έχει επιλεγεί και η δυνατότητα της Time Division Duplexing διαμόρφωσης και αφορά κυρίως χρήστες που είναι περιορισμένης κινητικότητας όπως σε ένα συγκρότημα κτιρίων που στεγάζονται γραφεία και οι χρήστες του δικτύου αιτούνται υπηρεσιών 3G. Σε αυτή την περίπτωση έχουν προβλεπτεί μόνο δύο περιπτώσεις

1. 1*5MHz και δίνονται σε περιπτώσεις επιπρόσθετων λύσεων για ασύμμετρη κίνηση.
2. 1*10MHz όμοια αλλά για κάλυψη μεγαλύτερων αναγκών.

Το εύρος των συχνοτήτων τόσο για την FDD τεχνική όσο και για την TDD τεχνική παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα.

FDD uplink/downlink	1920-1980MHz
FDD uplink/downlink	2110-2170MHz
TDD uplink/downlink	1900-1920MHz
TDD uplink/downlink	2010-2025MHz

Πίνακας 3: Εύρος συχνοτήτων βάση TDD,FDD τεχνικές

Σκοπός της δημιουργίας του UMTS εξ'αρχής ήταν υποστήριξη υπηρεσιών τόσο για χρήστες εντός εσωτερικών χώρων με μικρή ή και ως μηδενική κινητικότητα όσο και για χρήστες που θα έχουν την δυνατότητα να κινηθούν με μεγάλες ταχύτητες όπως για παράδειγμα κατά την μεταφορά τους μέσα σε όχημα στην εθνική οδό. Το βασικό πρόβλημα των σχεδιαστών των δικτύων είναι οι διακυμάνσεις που έχουν να αντιμετωπίσουν λόγω του multipath fading αλλά και οι παρεμβολές από άλλους χρήστες από επαναχρησιμοποιήσεις των καναλιών. Όλα τα παραπάνω οδήγησαν σε νέα μοντέλα διαμόρφωσης. Μία τέτοια περίπτωση είναι και το CDMA (Code Division Multiple Access) όπου χρησιμοποιείται όλο το διατιθέμενο φάσμα για κάθε συνδιάλεξη του φάσματος. Σε αντίθεση με τις τεχνικές διαμόρφωσης TDMA και FDMA όπου το διατιθέμενο εύρος συχνοτήτων διαιρείται σε στενές ζώνες συχνοτήτων και κάθε κανάλι χρησιμοποιείται από μία ή και περισσότερες συνδιαλέξεις, στο CDMA κάθε μετάδοση δεδομένων αντιστοιχεί σε έναν και μοναδικό κωδικό ο οποίος επιτρέπει στην μετάδοση να διακρίνεται από πολλές άλλες που ταυτόχρονα εκπέμπονται στην ίδια περιοχή συχνοτήτων. Όταν ο χρήστης λάβει το σωστό κωδικό το δίκτυο μπορεί να διακρίνει την μετάδοση που τον αφορά και να τον διαχωρίσει από τις υπόλοιπες.

1.8 Υπηρεσίες

Η μεγάλη διαφοροποίηση με παλαιότερα δίκτυα που παρατηρείται είναι οι αυξημένες υπηρεσίες που παρέχονται πλέον όπως: on line gaming,βιντεοκλήσεις, διατραπεζικές συναλλαγές, πρόσβαση σε ιστότοπους κοινωνικής δικτύωσης, ιστότοπους διαμοιρασμού αρχείων και πολλές υπηρεσίες που παλαιότερα είχαν αποκλειστικά χρήστες του internet.Πλέον το χάσμα υπηρεσιών μεταξύ χρηστών σταθερής τηλεφωνίας και κινητής εξαλείφεται. Οι ρυθμοί μετάδοσης των δεδομένων έχουν την δυνατότητα να φτάνουν τα 384kbps για CS υπηρεσίες και

τα 2 Mbps για PS υπηρεσίες. Πλέον οι παράμετροι των υπηρεσιών δεν είναι σταθερές και γίνεται δυναμική επαναδιαπραγμάτευση όποτε αυτό απαιτείται. Ας εξετάσουμε μία προς μία τις υπηρεσίες που προσφέρει το UMTS δίκτυο.

Supplementary and value added services είναι υπηρεσίες όπως η προώθηση, η φραγή εισερχομένων, εξερχομένων, η αναμονή κλήσεων και άλλες. Όπως και σε παλαιότερες τεχνολογίες το UMTS υποστηρίζει τεχνολογίες RT και NRT υπηρεσίες. Για τις RT (Real Time) υπηρεσίες χρησιμοποιούνται CS (circuit switch) συνδέσεις ενώ για τις NRT (Non Real Time) υπηρεσίες κυρίως PS (packet switch) υπηρεσίες. Οι CS συνδέσεις παρέχουν εγγυημένη ποιότητα υπηρεσίας αλλά χαρακτηριστικό τους γνώρισμα είναι η δέσμευση πολύ μεγάλου μέρους πόρων λόγω της δημιουργίας σταθερής σύνδεσης με αποτέλεσμα την σαφή μείωση της χωρητικότητας του δικτύου. Υπάρχουν περιπτώσεις κατά τις οποίες δεν εκμεταλλεύεται στο έπακρο όλους τους διαθέσιμους πόρους αυτό μεν δίνει την δυνατότητα στην υπηρεσία να έχει υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης αλλά δεν επιτρέπει στο δίκτυο να διαχειριστεί και άλλη υπηρεσία η οποία να λειτουργεί ταυτόχρονα. Η σπατάλη των πόρων μπορεί να ελαχιστοποιηθεί από τις PS υπηρεσίες στις οποίες έχουμε μεταγωγή πακέτων και δίνεται μια ευελιξία στο δίκτυο της διαχείρισης αυτών που χρησιμοποιούνται. Με αυτόν τον τρόπο όταν η υπηρεσία δεν μεταδίδει πακέτα τότε αυτοί οι πόροι μπορούν να χρησιμοποιηθούν από άλλες υπηρεσίες με τέτοιο τρόπο ώστε να καλυφθούν άλλες ανάγκες. Όλη αυτή η διαδικασία δημιουργεί όμως μία αστάθεια ως προς το QoS των υπηρεσιών. Αναγκαστικά οδηγούμαστε στην δημιουργία μιας πλατφόρμας η οποία να έχει την δυνατότητα να διαχειριστεί με τον καλύτερο τρόπο όλες αυτές τις ετερογενείς υπηρεσίες-τεχνολογίες.

1.9 QoS

Οι λειτουργίες διαχείρισης του QoS επιτρέπουν σε ένα δίκτυο να προσφέρει διαφορετικά QoS και χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες, σε αυτή της Διαχείρισης του Επιπέδου Ελέγχου και σε αυτή της του Επιπέδου διαχείρισης χρήστη.

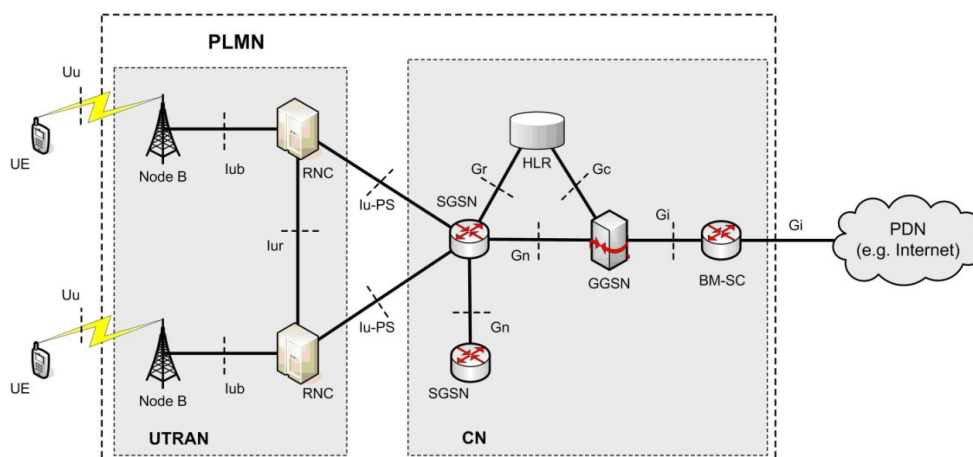
Κατηγοριοποίηση εφαρμογών και υπηρεσιών

Οι υπηρεσίες διαχωρίζονται σε 4 βασικές κατηγορίες

- **Conversational:** Χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτής της υπηρεσίας είναι η βιντεοκλήση και κύριος στόχος της είναι η διασφάλιση του χρονικού συσχετισμού μεταξύ των ροών των δεδομένων και η εγγύηση της χαμηλής καθυστέρησης.
- **Streaming:** Η υπηρεσία προσφέρει ροές δεδομένων πραγματικού χρόνου όπως ήχου και βίντεο. Παράδειγμα η παρακολούθηση μιας ταινίας αποτελείται από πολλές ροές δεδομένων όπως αυτή της εικόνας, του ήχου και των υπότιτλων. Το τελικό προϊόν που θα λαμβάνει ο χρήστης θα πρέπει να είναι συγχρονισμένο για να επιτευχθεί το βέλτιστο αποτέλεσμα. Άρα στόχος είναι η χρονική συσχέτιση μεταξύ των οντοτήτων μιας ροής.
- **Interactive:** Σε αυτές τις εφαρμογές ανήκουν υπηρεσίες που απαιτούν αλληλεπίδραση τόσο του εξυπηρέτη όσο και του χρήστη όπως on line συναλλαγές, πλοήγηση στο διαδίκτυο ή και αναζήτηση σε αυτό. Γνώρισμα αυτών των εφαρμογών είναι ότι πραγματοποιούνται ερωτοαποκρίσεις και στόχος είναι η λήψη της απάντησης σε όσο το συντομότερο χρονικό διάστημα. Συνοψίζοντας οι βασικές απαιτήσεις εδώ είναι η εγγύηση μικρών χρόνων μεταξύ ερωτήσεων και αποκρίσεων και η διασφάλιση της ακεραιότητας των δεδομένων.
- **Background:** Τέλος σε αυτές τις υπηρεσίες περιλαμβάνονται τα sms, mms, το email στις οποίες ο χρόνος της καθυστέρησης δεν είναι κρίνουςας σημασίας αλλά η ακεραιότητα των δεδομένων.

Άλλοι παράμετροι που ενδέχεται να επηρεάσουν το QoS είναι αυτή της καθυστέρησης, το jitter ή διασπορά καθυστέρησης και περιγράφει τους χρόνους της καθυστέρησης των πακέτων κάτι το οποίο είναι ιδιαίτερος αντιληπτό για real time υπηρεσίες όπως αυτή της βιντεοκλήσης. Το πρόβλημα αυτό επιλύεται με την χρήση τεχνικών buffering.

1.10 ΔΟΜΗ UMTS



Σχήμα 5: ΔΟΜΗ UTMN

Το δίκτυο όπως απεικονίζεται διαχωρίζεται σε δύο βασικές λογικές οντότητες σε αυτή του δικτύου κορμού core network (CN) που είναι υπεύθυνο για τις συνδέσεις στο UTMN και το δίκτυο στο οποίο πραγματοποιούνται η ασύρματη επικοινωνία τόσο μεταξύ του δικτύου όσο και μεταξύ χρήστη και δικτύου μέσω της διεπαφής Uu και ονομάζεται UTRAN (UMTN Terrestrial Radio Access Network).

1.10.1 MOBILE SWITCHING CENTER

Το MSC είναι η κυρίως μονάδα του CN και έχει την ικανότητα να εξυπηρετεί GSM αλλά και UTRAN υπηρεσίες. Με τις απαραίτητες αναβαθμίσεις έχει την δυνατότητα να επικοινωνεί μέσω διεπαφών με τα PSTN δίκτυα, με άλλα MSC, τους SGSN και τα προυπάρχοντα HLR, VLR, AuC. Το VLR είναι εγκατεστημένο στο MSC οπότε η διεπαφή του είναι λογική. Πολλοί BSSs έχουν την δυνατότητα να είναι διασυνδεδεμένοι με ένα MSC. Εάν το δίκτυο είναι μεγάλο τότε ο πάροχος μπορεί να έχει περισσότερα από ένα MSC. Το MSC έχει υπό την ευθύνη τους τις εξής λειτουργίες:

- Την αναζήτηση
- Τον συγχρονισμό των εγκατεστημένων κλήσεων από το σύνολο των MSC
- Την δυναμική κατανομή των πόρων
- Την ταξινόμηση των εγγραφών
- Την περαιώση λειτουργιών με άλλα δίκτυα
- Την διαχείριση των μεταπομπών (handover)

- Την συλλογή των δεδομένων ώστε να πραγματοποιηθούν οι χρεώσεις από υπηρεσίες που χρησιμοποιεί ο χρήστης
- Την κρυπτογράφηση
- Την ανταλλαγή σηματοδοσίας μεταξύ διαφορετικών διεπαφών
- Την κατανομή της διαχείριση των συχνοτήτων
- Και τέλος την ευθύνη του ελέγχου

1.10.2 Visitor Location Register

Το VLR έχει σχεδιαστεί κατά αυτό τον τρόπο ώστε να εξυπηρετεί και παραπάνω από ένα MSC. Στο VLR περιέχονται πληροφορίες για την θέση του κάθε χρήστη που εντοπίζεται στην γεωγραφική περιοχή που εποπτεύει. Όπως και στο GSM το VLR διαχειρίζεται δυναμικές πληροφορίες και εκεί έγκειται και η διαφορά με το HLR. Το VLR διαθέτει δεδομένα και μπορεί να εγκαταστήσει πχ μία κλήση χωρίς την βοήθεια του HLR. Το VLR εμπεριέχει σχεδόν τα ίδια δεδομένα με τα HLR. Αναλυτικότερα το VLR διαθέτει τις παρακάτω πληροφορίες:

- Την IMSI (International Mobile Subscriber Identity)
- Την MSISDN (Mobile Station International ISDN Number)
- Την MSRN (Mobile Station Roaming Number)
- Την TMSI (Temporary Mobile Station Identity) εάν παραγματοποιηθεί αίτηση.
- Την LMSI (Local Mobile Station Identity) εάν αυτή χρησιμοποιηθεί.
- Την περιοχή που έχει γίνει εγκατάσταση της κλήσης ο UE.
- Την περιοχή της οποίας έχει γίνει αναφορά της αρχικής και της πρόσφατης τοποθεσίας του UE.

Τέλος ο VLR διαχειρίζεται και άλλες παραμέτρους όπως:

- Οι διαδικασίες αυθεντικοποίησης αλλά και δεδομένα βάση του δικτύου που υποστηρίζει.
- Την κατανομή των νέων αριθμών TMSI
- Τον εντοπισμό της κατάστασης όλων των UE που είναι υπό την εποπτεία του κάθε VLR.
- Την ανάκτηση του TMSI και την τοποθεσία κάθε χρήστη.
- Την διαδικασία της κρυπτογράφησης από το HLR/AuC.

1.10.3 Home Location Register

Το HLR περιέχει τα μόνιμα δεδομένα κάθε χρήστη τα οποία είναι αποθηκευμένα. Μπορεί να είναι εγκατεστημένο ως ενιαία μονάδα με το MSC όπως το MSC/VLR αλλά συνήθως αρχιτεκτονικά το MSC/HLR είναι εγκατεστημένο σε μία μονάδα και το VLR το AuC και το EIR ως άλλη μονάδα. Το HLR περιέχει δύο ειδών πληροφοριών μόνιμες και προσωρινές. Οι μόνιμες πληροφορίες δεν επιδέχονται αλλαγών εκτός εάν ο ο χρήστης αναβαθμίσει το πρόγραμμα του ή το τροποποιήσει οπότε σαν αποτέλεσμα αυτού θα τροποποιηθούν και τα δεδομένα στον HLR.

Τα προσωρινά δεδομένα είναι οι κρυπτογραφημένες πληροφορίες οι οποίες μπορούν να αλλάζουν με μεγάλη συχνότητα όπως από κλήση σε κλήση αλλά και

- Τον LMSI
- Παραμέτρους αυθεντικοποίησης και κρυπτογράφησης
- Τους MSC και VLR αριθμούς. Εάν υποστηρίζονται υπηρεσίες GPRS τότε περιλαμβάνονται και οι αριθμοί των SGSN και GGSN.

Ως μόνιμα δεδομένα στον HLR περιλαμβάνει

- Τον MSISDN
- Την κατηγορία του κινητού σταθμού.
- Τους πιθανούς περιορισμούς περιαγωγής.
- Επιπρόσθετες παραμέτρους πληροφοριών.
- Ο αλγόριθμος αυθεντικοποίησης.
- Το NAM το οποίο αποφασίζει εάν ο χρήστης έχει τη δυνατότητα πρόσβασης σε υπηρεσίες GPRS ή όχι.

Τέλος ο HLR προωθεί της πληροφορίες των χρεώσεων στις αρμόδιες υπηρεσίες.

1.10.4 Equipment Identity Register

Ο EIR αποθηκεύει τα IMEI που χρησιμοποιούνται από το δίκτυο. Επίσης αποθηκεύει τρεις λίστες.

1. Η λευκή λίστα στην οποία εμπεριέχονται τα IMEI τα οποία δεν αντιμετωπίζουν προβλήματα.

2. Η μαύρη λίστα στα οποία εμπεριέχονται τα IMEI των κινητών σταθμών οι οποίοι είναι κλεμμένοι και δηλωμένοι στους παρόχους.
3. Η γκρι λίστα στην οποία περιέχονται IMEI των οποίων οι κινητοί σταθμοί θεωρούνται ελαττωματικοί από λογισμικό.

Κάθε δίκτυο PLMN έχει ένα EIR το οποίο διασυνδέεται με όλα τα HLR.

1.10.5 Authentication Center

Το AuC είναι συνδεδεμένο με το HLR και αποθηκεύει το κλειδί κρυπτογράφησης K_i και την IMSI. Το κλειδί K_i γεννά μία τριπλέτα αυθεντικοποίησης (K_c, RAND, SRES) κατά την διαδικασία της αυθεντικοποίησης. Η παράμετρος K_c χρησιμοποιείται επίσης για την κρυπτογράφηση αλγορίθμων.

1.10.6 Gateway MSC

Το GMSC είναι το MSC το οποίο εντοπίζεται μεταξύ των MSC και των PLMN. Κύρια αποστολή του είναι να οδηγεί τις εισερχόμενες κλήσεις στο κατάλληλο MSC και κατ'επέκταση στο HLR. Εάν ο πάροχος επιτρέπει σε άλλα δίκτυα να έχουν πρόσβαση στο HLR τότε το GMSC δεν είναι απαραίτητο .

1.10.7 Serving GPRS Support Node

Το SGSN είναι το κύριο στοιχείο στα packet switch δίκτυα και περιέχει δύο τύπους πληροφοριών. Ο SGSN διασυνδέει την νέα ραδιοεπαφή του UMTS που ονομάζεται UTRAN και το BSS.

Στον πρώτο τύπο πληροφοριών ο SGSN φέρει πληροφορίες που αφορούν τους συνδρομητές όπως η IMSI, οι προσωρινές ταυτότητες που λαμβάνει ο κάθε χρήστης για την πραγματοποίηση των αιτούμενων υπηρεσιών από τον χρήστη στο δίκτυο και τέλος το PDP address δηλαδή το πρωτόκολλο που χειρίζεται για την μεταφορά των δεδομένων.

Ο δεύτερος τύπος πληροφοριών έχει να κάνει με πληροφορίες που αφορούν την γεωγραφική θέση όπως την κυψέλη στην οποία έχει γίνει η εγγραφή του κινητού σταθμού του χρήστη, τον αριθμό των VLR, την διεύθυνση του κάθε GGSN στην οποία μεταφέρονται PDP δεδομένα.

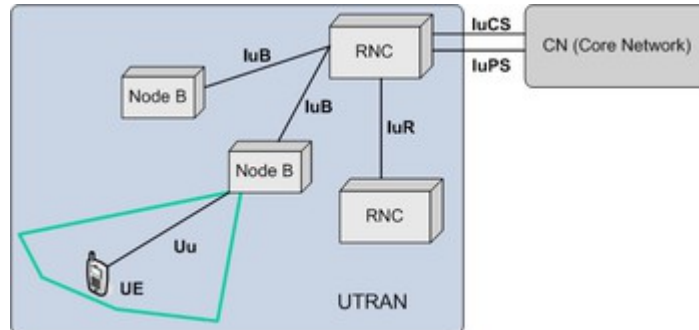
1.10.8 Gateway GPRS Support Node

Ο GGSN αντιστοιχεί με το GMSC στα δίκτυα που υποστηρίζουν την μεταγωγή κυκλώματος. Ενώ ο GMSC δρομολογεί μόνο την εισερχόμενη κίνηση ο GGSN έχει την δυνατότητα να δρομολογήσει και την εξερχόμενη κίνηση. Είναι υπεύθυνος για την διασύνδεση μεταξύ του GPRS δικτύου και των άλλων δικτύων μεταγωγής πακέτων όπως το internet. Ο GGSN μπορεί να χαρακτηριστεί και ως ένας δρομολογητής. Όταν ο GGSN λαμβάνει δεδομένα τα οποία απευθύνονται σε συγκεκριμένους χρήστες ελέγχει εάν αυτοί οι χρήστες είναι σε κατάσταση active (ενεργοί) οπότε τότε μεταφέρει τα δεδομένα μέσω του SGSN στον χρήστη ενώ αν ο χρήστης είναι ανενεργός τότε τα δεδομένα απορρίπτονται. Ο GGSN κόμβος είναι το κυρίως όργανο το οποίο επιτρέπει την κινητικότητα των χρηστών στα GPRS/UMTS δίκτυα. Διατηρεί την απαραίτητη δρομολόγηση ώστε να προωθήσει τα PDUs στον SGSN για την προώθηση των δεδομένων στον χρήστη που εξυπηρετεί εκείνο το χρονικό διάστημα. Ο GGSN μετατρέπει τα GPRS πακέτα τα οποία εισέρχονται από τον SGSN κόμβο σε κατάλληλο τύπο πρωτοκόλλου (PDP) και τα αποστέλει στο αντίστοιχο δίκτυο. Από την άλλη ροή κατεύθυνσης δεδομένων, τα PDP πακέτα δεδομένων μετατρέπονται σε τύπο πακέτων ώστε να είναι αποδεκτά για το GSM δίκτυο. Ο GGSN είναι υπεύθυνος για την ανάθεση της IP address και λειτουργεί σαν δρομολογητής για την διασύνδεση με τον κάθε κινητό σταθμό. Ο GGSN εκτελεί αυθεντικοποιήσεις και λειτουργίες χρεώσεων.

1.11 UMTS Terrestrial Radio Access Network

Το UTRAN είναι ένα νέο δίκτυο πρόσβασης σχεδιασμένο ειδικά για το UMTS. Αποτελείται από πολλά δίκτυα τα οποία ονομάζονται Radio Network Subsystems και οριοθετείται μεταξύ των Iu διεπαφών ως προς το CN (Core Network) και την διεπαφή Uu ως προς τον χρήστη. Το UTRAN αποτελείται από τους Radio Network Controllers (RNC) και τα Node Bs. Η διεπαφή διασύνδεσης δύο RNC ονομάζεται Iur και η διεπαφή μεταξύ του Node B και του RNC Iub. Ο RNC

παρέχει λειτουργίες ελέγχου για περισσότερα από ένα Node B. Τα RNC τοποθετούνται εγκαταστασιακά κυρίως στα κεντρικά κτήρια των providers και ελέγχουν μεγάλο αριθμό Node Bs.



Σχήμα 6: UMTS Terrestrial Radio Access Network

ΤΑ RNC διαχειρίζονται την κατανομή και την απελευθέρωση των ραδιοπόρων για την πραγματοποίηση των συνδέσεων μεταξύ του κινητού σταθμού και του UTRAN. Ο Node B μπορεί να υποστηρίξει διαμορφώσεις FDD, TDD αλλά και συνδυασμό και των δύο μαζί. Τον Node B τον ονομάζουμε και σταθμό βάσης και περιλαμβάνει όλο τον εξοπλισμό για να πραγματοποιηθεί μία ζεύξη μεταξύ χρήστη και του δικτύου (τηλεπικοινωνιακά μηχανήματα κεραιοσυστήματα) και είναι αντίστοιχο του BTS στο GSM. Το RNC είναι ένας λογικός κόμβος αλλά είναι μία αυτόνομη μονάδα η οποία ελέγχει την χρήση και την ακεραιότητα των ραδιοπόρων όπως τα φέροντα σήματα της κρυπτογράφησης των κωδικών, διασποράς των κωδικών. Το RNC επίσης αποκαλείται και SRNC (service RNC). Η κύρια λειτουργία του είναι η περάτωση της σύνδεσης της Iu διεπαφής μέσω του admission control που διασφαλίζει ότι οι σταθμοί βάσης θα καταλάβουν το εύρος των πόρων (φάσμα, SNR) που τους είναι απαραίτητο από το δίκτυο για την ορθή λειτουργία τους. Το RNC καλείται και ως DRNC (Drifting RNC) στην περίπτωση που ένας χρήστης μετακινείται και σαν αποτέλεσμα αυτού αλλάζει κυψέλη που τον εξυπηρετεί ή στην ήδη υπάρχουσα κυψέλη η ζεύξη δεν ανταποκρίνεται στο QoS και πραγματοποιηθεί μεταπομπή (handover).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Ενεργειακά και αποδοτικά δίκτυα

2.1 Γενικά

Το κεφάλαιο αυτό της διπλωματικής εργασίας χωρίζεται σε δύο σκέλη, στο πρώτο σκέλος θα πραγματοποιηθεί μία ανάλυση των δύο βασικών κατηγοριών των σταθμών βάσεων που διαχωρίζονται σε indoor και outdoor αλλά και μία ανάλυση των μηχανημάτων τα οποία στεγάζουν. Στα δίκτυα των τηλεπικοινωνιών και ιδιαίτερα στο GSM και UMTS τα οποία έχουν μελετηθεί επαρκώς ενεργειακά έχουμε λάβει έναν σημαντικό όγκο δεδομένων. Με τη κατάλληλη επεξεργασία και μελέτη των στοιχείων αυτών μπορούμε να αναπτύξουμε νέες τεχνικές με σκοπό να αποκτήσουμε αξιόπιστα αλλά και ενεργειακά αποδοτικότερα δίκτυα. Σε αυτό το κεφάλαιο θα εξεταστούν εφαρμογές οι οποίες δεν βασίζονται σε τεχνικές που αφορούν τόσο θέματα σχεδιαστικά που επηρεάζονται σε ανώτερα επίπεδα αλλά σε τεχνικές που έχουν εφαρμοστεί για να μειωθεί η κατανάλωση της ενέργειας ή ακόμα και η μορφή της ενέργειας που χρησιμοποιείται.

2.2 Κύριες κατηγορίες σταθμών βάσης

Οι σταθμοί βάσης αν και έχουν αναλυθεί σε μεγάλο βαθμό για τις λειτουργίες τους και τις ενέργειες που εκτελούνται σε αυτούς από πολλά συγγράμματα δεν έχουν αναλυθεί σε τέτοιο βαθμό για τα μηχανήματα περιλαμβάνουν αλλά και ο ρόλος κάθε μηχανήματος σε αυτούς.

Οι σταθμοί βάσης χωρίζονται καταρχήν σε δύο βασικές κατηγορίες τους INDOOR και τους OUTDOOR.

2.2.1 Indoor σταθμοί βάσης

Η διαφορά των δύο ειδών έγκειται όπως καταλαβαίνουμε από την ονομασία τους ότι οι indoor σταθμοί στεγάζουν τα μηχανήματα του κλιματισμού αλλά και της επεξεργασίας των σημάτων σε κλειστούς χώρους που μπορεί να είναι δώματα υπόγεια ή και τύπου isobox. Σε δώματα ή υπόγεια συναντώνται οι σταθμοί βάσης οι οποίοι γεωγραφικά συναντώνται σε αστικές και ημιαστικές περιοχές. Οι

σταθμοί τύπου isobox συναντώνται σε αγροτικές περιοχές και έχει να κάνει με θέμα ελαχιστοποίηση του κόστους κατασκευής αλλά και εύκολης μεταφοράς τους . Ένα βασικό μειονέκτημα των σταθμών βάσης που στεγάζονται σε isobox είναι η ανάπτυξη μεγάλων θερμοκρασιών στο εσωτερικό τους ιδιαίτερα τους καλοκαιρινούς μήνες λόγω τις ελάχιστης θερμομονωτικής ικανότητας που παρέχουν σε σύγκριση με σταθμούς βάσης οι οποίοι είναι εγκατεστημένοι εντός μόνιμων κτισμάτων. Αποτέλεσμα αυτού είναι κατανάλωση μεγαλύτερων ποσών ενέργειας για την σωστή λειτουργία τους άρα και αυξημένου κοστολογίου.



Σχήμα 7: shelter bts

Το κύριο πλεονέκτημα των shelter bts είναι ο μικρός χρόνος κατασκευής σε σχέση με τα παροδοσιακά χτίσματα, η μη έγκριση πολεοδομικής άδειας, το μικρό κόστος αλλά και το βασικότερο η κατασκευή τους σε χώρους που επιλέγει ο πάροχος και έπειτα η μεταφορά τους στον επιθυμητό χώρο λειτουργίας. Οι indoor σταθμοί εξυπηρετούν συνήθως μακροκυψέλες και μικροκυψέλες. Οι διαστάσεις των σταθμών βάσης ποικίλουν και μπορεί να είναι από λίγα

τετραγωνικά μέτρα μέχρι και μερικές δεκάδες ανάλογα με το πλήθος των χρηστών που εξυπηρετούν ,αν φέρουν γεννήτριες ή και SDH μηχανήματα.

2.2.2 OUTDOOR σταθμοί βάσης

Οι outdoor σταθμοί βάσεις συνήθως συναντώνται σε αστικές και ημιαστικές περιοχές και σπανιότερα σε αγροτικές και εντοπίζονται συνήθως σε ταράτσες κτιρίων. Καταλαμβάνουν πολύ μικρότερο χώρο σε σχέση με τους indoor σταθμούς και συγκεκριμένα ανάλογα με τον τύπο κατασκευαστή έχουν διαστάσεις οι οποίες καταλαμβάνουν ένα με δύο τετραγωνικά μέτρα και ύψος κοντά στο ένα μέτρο. Λόγω του ότι είναι εκτεθειμένοι σε εξωτερικούς χώρους είναι στεγανοποιημένοι και έχουν την μορφή ντουλάπας. Οι σταθμοί αυτοί εξυπηρετούν κατά κύριο λόγο μικροκυψέλες και σε μερικές περιπτώσεις και μακροκυψέλες συνήθως σε περιπτώσεις co-location. Οι σταθμοί αυτοί λόγω των μικρών διαστάσεων δεν έχουν την δυνατότητα να χρησιμοποιούν τηλεπικοινωνιακά μηχανήματα που να υποστηρίζουν πολύ μεγάλο αριθμό χρηστών αλλά και μηχανημάτων που φέρουν την τεχνολογία SDH.



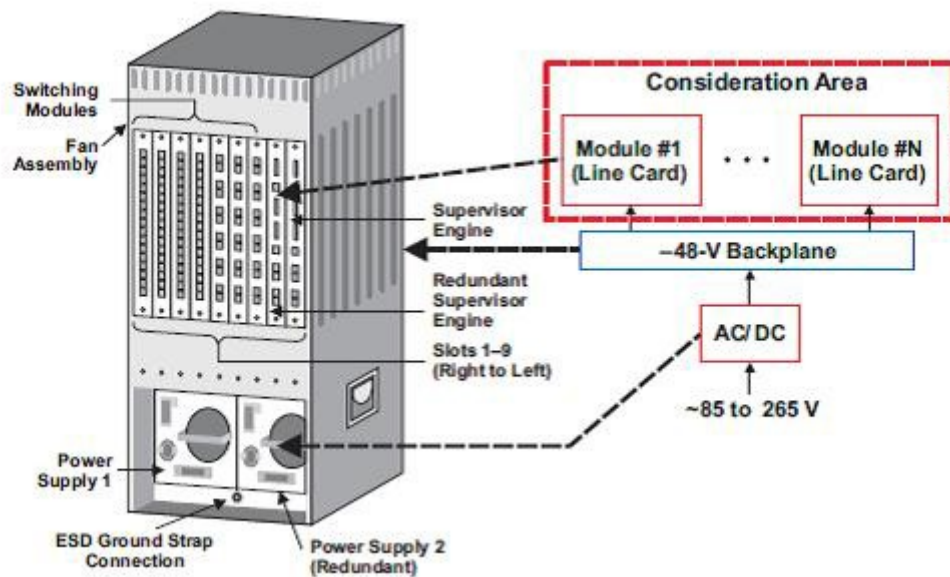
Σχήμα 8: Outdoor σταθμός βάσης

2.3 Δομή των indoor σταθμών βάσης

Κάθε σταθμός βάσης τροφοδοτείται με τριφασικό ρεύμα με 220VAC ονομαστική τιμή ανά φάση. Αυτή μπορεί να προέρχεται είτε από γεννήτρια η οποία προμηθεύεται την ενέργεια από πετρέλαιο και την μετατρέπει σε ηλεκτρική ενέργεια είτε απευθείας από το δίκτυο της εκάστοτε εταιρείας που προμηθεύει την περιοχή με ηλεκτρικό ρεύμα. Το τριφασικό ρεύμα χρησιμεύει για την λειτουργία των μηχανημάτων των κλιματιστικών που μπορεί να είναι μονοφασικά ή και τριφασικά, τον φωτισμό κάποιες πρίζες για την σύνδεση συσκευών που μπορεί να χρειαστούν αλλά και για την παροχή με μεγαλύτερη ισχύ αφού υπερτερεί σε σχέση με το μονοφασικό ρεύμα. Τα μηχανήματα των τηλεπικοινωνιών 2G και 3G τα οποία επεξεργάζονται την σηματοδότηση αλλά και την διαχείριση των χρηστών λειτουργούν με ονομαστική τάση 48VDC με ακτίνα τροφοδοσίας λειτουργίας που κυμαίνεται από 43VDC μέχρι και 56VDC.

2.3.1 Ανορθωτικές Διατάξεις

Οι ανορθωτικές διατάξεις μετατρέπουν το ρεύμα από 220VAC σε 48VDC . Σαν είσοδο δέχονται τριφασικό ρεύμα 220VAC και μέσω ανορθωτών το μετατρέπουν σε 48VDC ονομαστική τιμή. Στις εξόδους των ανορθωτών τοποθετούνται ασφάλειες από τις οποίες τροφοδοτούνται τα 2G, 3G, SRAL, SDH τηλεπικοινωνιακά μηχανήματα. Οι ανορθωτικές διατάξεις τηλεπικοινωνιακών μηχανημάτων τροφοδοτούν συνήθως και δύο συστοιχίες μπαταριών οι οποίες λειτουργούν ως εφεδρικές πηγές τροφοδοσίας σε περίπτωση απώλειας της κύριας πηγής τροφοδοσίας ρεύματος.



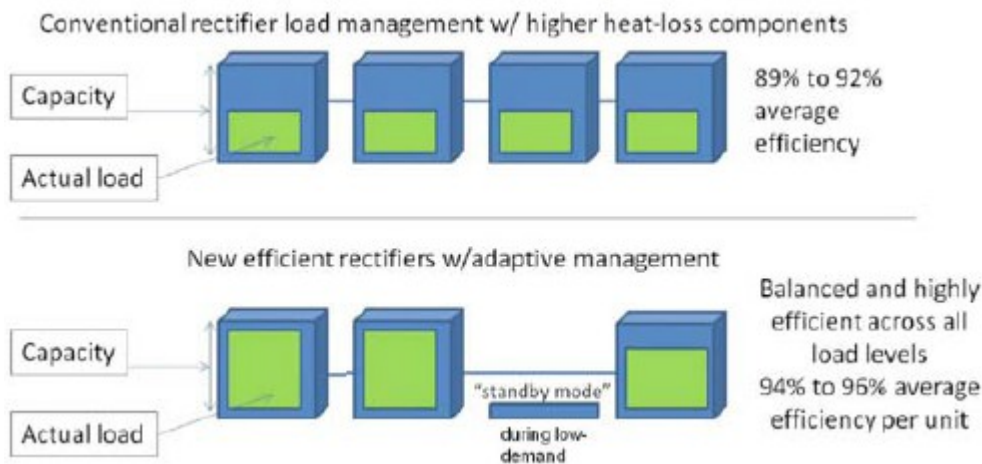
Σχήμα 9: Ανορθωτικό



Σχήμα 10: Ανορθωτικό και συστοιχία μπαταριών

Η κατανάλωση της ενέργειας από το ανορθωτικό σε πολλές περιπτώσεις μπορεί να ξεπεράσει και το 40% της κατανάλωσης του σταθμού βάσης αν μεταφέρει πολλά τηλεπικοινωνιακά μηχανήματα τα οποία φέρουν μεγάλη τηλεπικοινωνιακή κίνηση. Σαν μηχανήματα έχουν ένα μεγάλο μειονέκτημα έχουν μικρή απόδοση ειδικά σε συνθήκες στις οποίες υπάρχει μικρή ζήτηση από ενέργεια από τα τηλεπικοινωνιακά μηχανήματα. Πλέον εφαρμόζονται νέες τεχνολογίες κατασκευής ανορθωτών οι οποίες βασίζονται στην γραμμικότητα των ενισχυτών. Οι ανορθωτές πλέον με την προσθήκη νέων υλικών και της ψηφιακής

ανάλυσης του σήματος έχουν καταφέρει να φτάνουν σε αποδοτικότητα που κυμαίνεται θεωρητικά στο 96% ενώ παλαιότερα ήταν σε πολλές περιπτώσεις η αποδοτικότητα κυμαινόταν κοντά στο 80% (αναλογία ισχύος εναλασσόμενο με συνεχές αφού υπάρχουν απώλειες λόγω θερμότητας) και αποδίδουν 8 με 21% κέρδος ανάλογα τον τύπο του ανορθωτή αλλά και του φορτίου που μεταφέρει.



Σχήμα 11: Σύγκριση απόδοσης ανορθωτικών νέας και παλαιάς τεχνολογίας

Οι ανορθωτές πέραν από την τροφοδοσία των μηχανημάτων που θεωρούνται απαραίτητα για την λειτουργία των Σ.Β. έχουν την δυνατότητα να ενημερώνουν τους παρόχους για την σωστή ή μη λειτουργία τους. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω ανοιχτών και κλειστών επαφών που είναι σε αναμονή. Σε αυτές οι πάροχοι μπορούν να διασυνδέσουν το ανορθωτικό με το DDF alarm box και να λαμβάνουν κάποια alarms τα οποία θεωρούν σημαντικά όπως της τροφοδοσίας με τάση από τριφασικό ρεύμα, αλλά και την περίπτωση που κάποια ανορθωτική διάταξη έχει τεθεί εκτός λειτουργίας. Το μέγεθος τους διαφέρει ανάλογα με τον κατασκευαστή και το μοντέλο. Επίσης υπάρχει και διαφοροποίηση του αριθμού των ανορθωτών που φέρουν και κυμαίνονται από 1 έως 16. Ως προς την ισχύ που έχουν την δυνατότητα να υποστηρίξουν οι πάροχοι έχουν επιλέξει δύο κατηγορίες ανορθωτικών διατάξεων αυτών που φέρουν ισχύ μέχρι 25A και 50A.

2.3.2 Γεννήτριες

Οι γεννήτριες είναι ένα βασικό στοιχείο στους σταθμούς βάσης και εντοπίζονται σε αγροτικές και ορεινές περιοχές. Σε αστικές περιοχές δεν έχουν παρατηρηθεί γεννήτριες λόγω του ότι παράγουν καυσαέρια αλλά και θόρυβο ο οποίος δεν δύναται να μειωθεί. Όπως έχουμε αναφέρει και στην αρχή του κεφαλαίου συνήθως τροφοδοτούν indoor σταθμούς βάσης και αυτοί μπορεί να ανήκουν στις παρακάτω κατηγορίες

1. Σε σταθμούς βάσεις που λειτουργούν ως κόμβοι και μεταφέρουν ραδιοζεύξεις άλλων σταθμών βάσεων και τροφοδοτούν τους σταθμούς βάσης με ισχύ σε περιπτώσεις διακοπής της τροφοδοσίας της ενέργειας από το βασικό πάροχο (δίκτυο ΔΕΗ) ώστε να συνεχίσει ο σταθμός βάσης να λειτουργεί κανονικά μέχρι να επανέλθει κανονικά η τροφοδοσία του ή επιλυθεί η βλάβη.
2. Σε σταθμούς βάσης οι οποίοι είναι υβριδικοί με φωτοβολταϊκά.
3. Σε περιπτώσεις στις οποίες ο πάροχος δεν κρίνει απαραίτητη την διασύνδεση του σταθμού βάσης με τον πάροχο ηλεκτρικής ενέργειας λόγω μεγάλου κόστους για την μεταφορά της γραμμής από το σημείο που υπάρχει το δίκτυο ή λόγω προσωρινής τοποθέτησης του σταθμού βάσης (συνήθως τύπος spider) για την κάλυψη έκτακτων αναγκών. Σε αυτή την περίπτωση η γεννήτρια λειτουργεί 24 ώρες και γίνεται συνεχής ανεφοδιασμός της με καύσιμο.

Οι γεννήτριες που εγκαθίστανται στους σταθμούς βάσης διαφέρουν ως προς την ισχύ τους έτσι αναλόγως τα φορτία που θα πρέπει να καλύψουν γίνεται και η κατάλληλη επιλογή τους. Ως μονάδα αναφοράς της ισχύος που έχουν την δυνατότητα να προσφέρουν σε έναν σταθμό βάσης είναι τα KVA. Σε σταθμούς βάσης που λειτουργούν αποκλειστικά με γεννήτρια και θεωρούνται κομβικοί για το δίκτυο τοποθετείται και δεύτερη γεννήτρια η οποία λειτουργεί εναλλάξ με την πρώτη. Ο έλεγχος λειτουργίας του πραγματοποιείται μέσω ηλεκτρολογικού πίνακα ο οποίος είναι εξοπλισμένος με αυτοματισμούς ώστε να γίνεται ισοκαταμερισμός του χρόνου λειτουργίας αλλά έλεγχος της σωστής λειτουργίας πριν αναλάβει τα φορτία του σταθμού η εκάστοτε γεννήτρια. Το ίδιο ισχύει και

για σταθμούς βάσης που ανήκουν στην πρώτη κατηγορία μέσω ηλεκτρολογικού πίνακα γίνονται οι εναλλαγές λειτουργίας μεταξύ παρόχου και γεννήτριας αφού έχει προηγηθεί έλεγχος από το σύστημα για την σωστή μεταγωγή τροφοδοσίας του σταθμού βάσης.



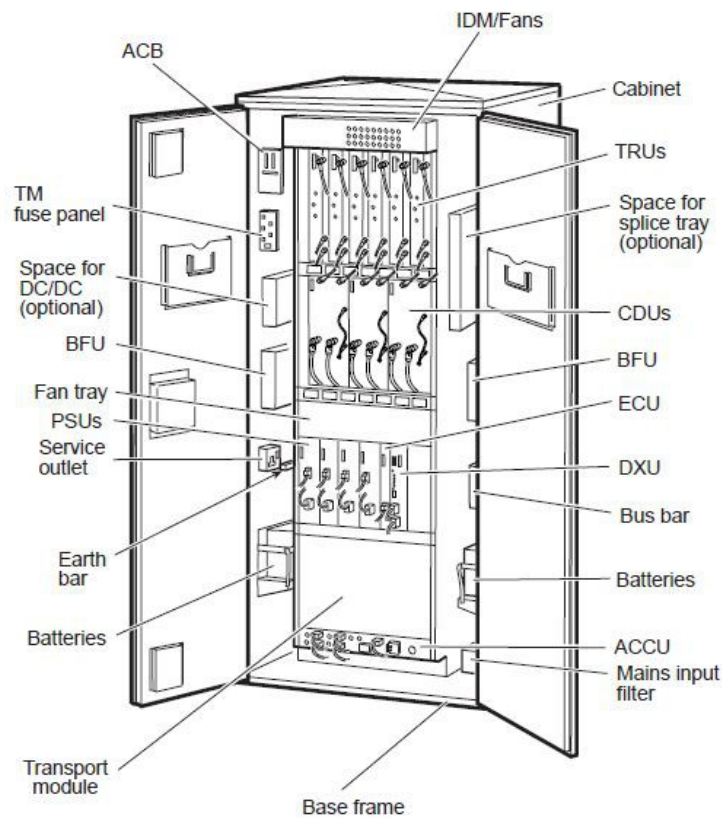
Σχήμα 12: Γεννήτρια σε σταθμό βάσης

2.3.3 RBS

Από ενεργειακής πλευράς το πλέον κοστοβόρο μηχάνημα σε κατανάλωση ενέργειας θεωρείται το RBS και μπορεί να καταλάβει μέχρι και το 65% της καταναλισκόμενης ενέργειας, ενός σταθμού βάσης. Η τροφοδοσία των παραπάνω μηχανημάτων παρέχεται από το ανορθωτικό μηχάνημα και αναλόγως την παλαιότητα του RBS αλλά και του τηλεπικοινωνιακού φορτίου παρουσιάζεται και η αντίστοιχη κατανάλωση του σε ισχύ. Η ακριβής διαφοροποίηση η οποία επιδέχεται ως προς την κατανάλωση και τον αριθμό των χρηστών που εξυπηρετεί θα αναλυθεί στο επόμενο κεφάλαιο. Πέραν όμως της μεγάλης κατανάλωσης ενέργειας, αυτά τα μηχανήματα εκβάλλουν μεγάλα ποσά θερμότητας τα οποία διοχετεύουν στους σταθμούς βάσης. Στην περίπτωση που οι σταθμοί βάσης είναι σε εξωτερικό χώρο, τύπου outdoor η θερμότητα διοχετεύεται στην ατμόσφαιρα

και το μηχάνημα από μόνο του έχει εσωτερικό κλιματισμό και ανάλογα με την θερμοκρασία ψύχεται ή θερμαίνεται..

Στους indoor σταθμούς βάσης η κατάσταση περιπλέκεται αφού η θερμότητα που εκβάλουν τα μηχανήματα διοχετεύονται μέσα σε αυτούς με αποτέλεσμα να αυξάνεται η θερμοκρασία των σταθμών βάσης. Πολλές φορές έχει παρατηρηθεί σε σταθμούς βάσης που έχουν πρόβλημα με τους κλιματισμούς να έχουν αναπτυχθεί θερμοκρασίες οι οποίες να ξεπερνούν και τους 50°C με αποτέλεσμα αυτοί να τίθενται πολλές φορές εκτός λειτουργίας. Ας αναλύσουμε όμως όσο το δυνατόν περιληπτικότερα τον τρόπο λειτουργίας του μηχανήματος αυτού και τον ρόλο που έχει στο μέρος του δικτύου των τηλεπικοινωνιών.



Σχήμα 13: RBS

Καταρχήν στην πλειοψηφία τους είναι μηχανήματα τα οποία λειτουργούν σε θερμοκρασίες από 0°C έως και 45°C. Είναι ο συνδετικός κρίκος του κεραιοσυστήματος και σε αυτό γίνεται η επεξεργασία του σήματος η μετατροπή

του από ηλεκτρομαγνητικό κύμα σε ηλεκτρικό σήμα η κρυπτογράφηση αλλά και η επικοινωνία του δικτύου με τους χρήστες.

Τα μηχανήματα αποτελούνται από την μονάδα ACCU η οποία συνδέει αποσυνδέει και τροφοδοτεί το τηλεπικοινωνιακό μηχάνημα.

Την CDU μονάδα που είναι η interface των T_x σημάτων και του κεραιοσυστήματος και ουσιαστικά είναι ένα φίλτρο από το οποίο διέρχονται τα σήματα αλλά και ένας combiner ο οποίος διαμοιράζει τα εισερχόμενα σήματα σε διαφορετικούς πομπούς.

Η μονάδα CXU η οποία κάνει cross σύνδεση τις CDU και τις dTRUs .

Η μονάδα DCCU η οποία συνδέει αποσυνδέει και διανέμει την DC τροφοδοσία στα PSU και τις κλιματιστικές μονάδες.

Η μονάδα dTRU η οποία περιέχει 2 TRXs κανάλια σηματοδοσίας και έχει την δυνατότητα να λειτουργήσει και ως combiner 2 T_x σημάτων σε ένα.

Την μονάδα DXU η οποία θεωρείται η κυρίως μονάδα ελέγχου του RBS υποστηρίζει την διεπαφή με το BSC και δέχεται και αποστέλει διάφορα alarms τα οποία διαχειρίζεται το τμήμα OMS του κάθε παρόχου. Alarms τα οποία ορίζουν οι πάροχοι κάθε δικτύου και θεωρούν σημαντικά για την ορθή λειτουργία των σταθμών βάσης. Από αυτή την μονάδα συνδέονται καλώδια τύπου utp τα οποία οδηγούνται σε ένα DDF alarm box. Από την μία πλευρά συνδέεται η καλωδίωση του utp με την DXU και από την άλλη πλευρά alarms τα οποία δηλώνει ο εκάστοτε πάροχος. Τέτοια alarm αναφέρονται στην μέγιστη ή ελάχιστη θερμοκρασία στην οποία είναι επιθυμητή η λειτουργία του σταθμού βάσης, η σωστή ή μη λειτουργία του ανορθωτή, ίσως κάποια γεννήτρια ή και γενικότερα η οποιαδήποτε διεπαφή θεωρείται μείζονος σημασίας για την σωστή του λειτουργία του σταθμού βάσης.



Σχήμα 14: Μονάδα σηματοδότησης για το OMS

2.4 Υβριδικοί σταθμοί βάσης

Η μεγάλη πλειονότητα των σταθμών βάσης έχουν ως κύρια πηγή τροφοδοσίας τους εκάστοτε παρόχους της ηλεκτρικής ενέργειας και τροφοδοτούνται με τριφασικό ρεύμα. Ανάλογα με την σημαντικότητα του σταθμού βάσης που έχει να κάνει αν είναι διακομιστής ζεύξεων και για άλλους σταθμούς βάσης τότε εφεδρικά είναι εγκαταστημένη και γεννήτρια. Η γεννήτρια λειτουργεί σαν εφεδρεία σε περίπτωση διακοπής της έντασης του ρεύματος από τους παρόχους. Σε περιπτώσεις στις οποίες δεν είναι εφικτή η παροχή του σταθμού με ρεύμα από τους παρόχους της ηλεκτρικής ενέργειας τότε ο σταθμός βάσης τροφοδοτείται από εικοσιτετράωρες γεννήτριες. Πέραν όμως των παραπάνω περιπτώσεων έχουν παρατηρηθεί και εναλλακτικοί τρόποι τροφοδότησης με ενέργεια από τους σταθμούς βάσης, όπως με φωτοβολταϊκά, με γεννήτριες πετρελαίου οι οποίες τροφοδοτούν τους σταθμούς βάσης αποκλειστικά με συνεχή τάση και συστοιχίες από μπαταρίες. Στο εξωτερικό έχει παρατηρηθεί και η τροφοδοσία των σταθμών βάσης με την χρήση των ανεμογεννητριών. Αυτή η κατηγορία των σταθμών βάσης ονομάζεται ως υβριδική λόγω του ότι ο σταθμός βάσης δεν φέρει αποκλειστική πηγή ενέργειας για την τροφοδοσία του αλλά είναι βασισμένος σε δύο πηγές ενέργειας. Ας εξετάσουμε τις δύο κυριότερες κατηγορίες που συναντάμε στην Ελλάδα τους φωτοβολταϊκούς σταθμούς και αυτούς του τύπου spider.

1.1.1 Φωτοβολταϊκοί υβριδικοί σταθμοί

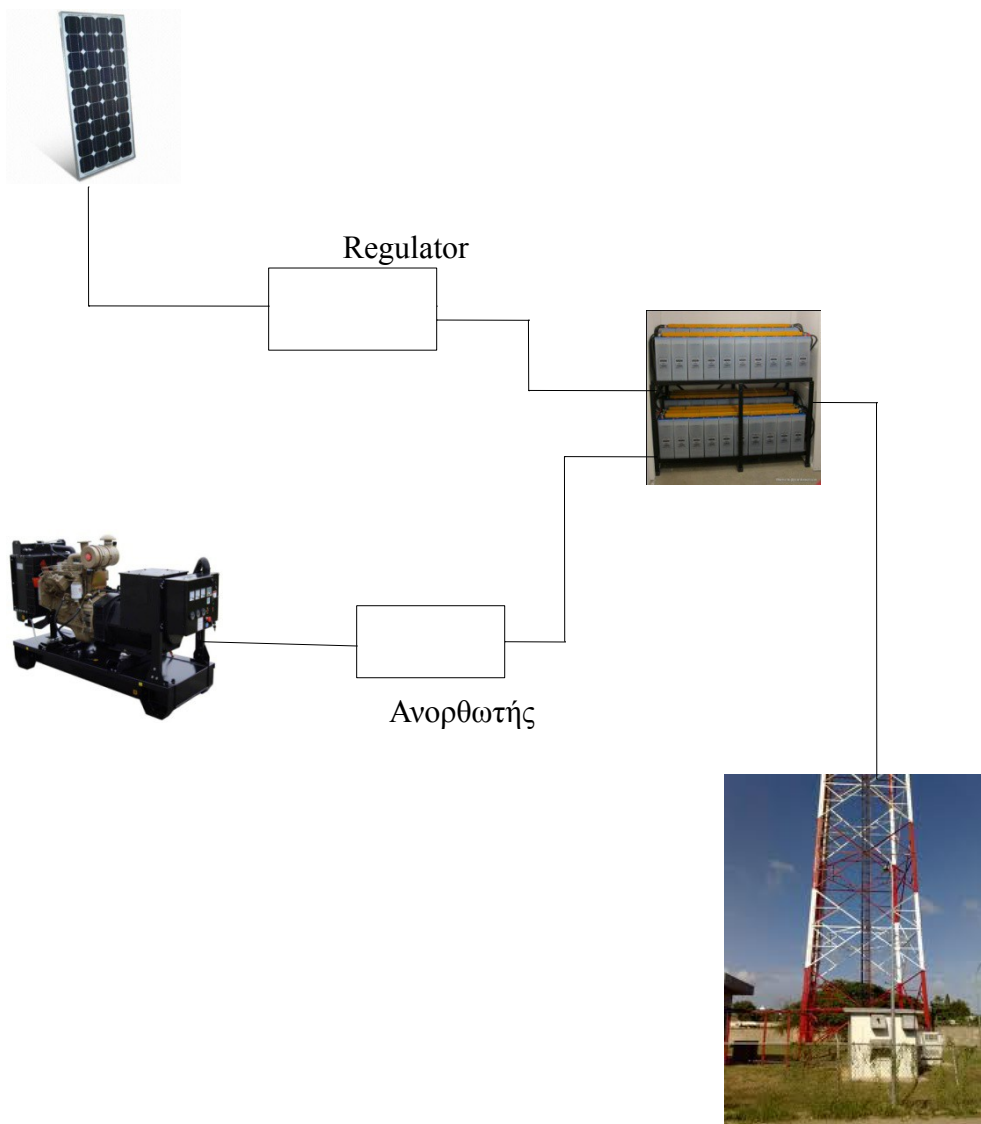
Μία μέθοδος η οποία είχε εφαρμοστεί παλαιότερα με την χρηματοδότηση προγραμμάτων από ευρωπαϊκά προγράμματα στην Ελλάδα ήταν αυτή της εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας από φωτοβολταϊκά πάνελ σε συνδυασμό και με μπαταρίες για την αποθήκευση της ηλιακής ενέργειας.



Σχήμα 15: Φωτοβολταϊκοί υβριδικοί σταθμοί

Στην παραπάνω εικόνα παρατηρούμε έναν σταθμό βάσης ο οποίος τροφοδοτείται με ενέργεια μέσω ηλιακών πάνελ τα οποία αποθηκεύουν την ενέργεια τους σε συστοιχίες μπαταριών και παράλληλα είναι διασυνδεδεμένος με μία Η/Ζ γεννήτρια η οποία λειτουργεί με καύσιμο πετρελαίου. Η λειτουργία του βασίζεται κατά βάση στην ηλιακή ενέργεια η οποία συλλέγεται και φορτίζει τις συστοιχίες των μπαταριών αλλά συγχρόνως τροφοδοτεί και με την απαραίτητη ενέργεια τον σταθμό βάσης για την λειτουργία τόσο των DC καταναλωτών όσο και των AC καταναλωτών. Με την προσθήκη inverter επιτυγχάνεται η μετατροπή του συνεχούς ρεύματος σε εναλλασσόμενο. Όταν οι συνθήκες του περιβάλλοντος δεν

είναι ιδανικές όπως μη ηλιοφάνεια και χαμηλή στάθμη της αποθηκευμένης ενέργειας στις συστοιχίες των μπαταριών τότε έχουμε τροφοδότηση με ηλεκτρικό ρεύμα τόσο του σταθμού όσο και των μπαταριών από την γεννήτρια. Παρακάτω ακολουθεί ένα τυπικό block διάγραμμα διάταξης υβριδικού συστήματος φωτοβολταϊκών με Η/Ζ.



Σχήμα 16: Διάταξη υβριδικού συστήματος φωτοβολταϊκών με Η/Ζ

Μία άλλη περίπτωση είναι και αυτή της λειτουργίας τους με τον πάροχο της ΔΕΗ σε συνδυασμό με τα φωτοβολταϊκά που συνδέονται σε ένα ηλεκτρολογικό πίνακα

ο οποίος διαθέτει μεταγωγικό διακόπτη αυτόματο αλλά και χειροκίνητο.. Στον ηλεκτρολογικό πίνακα διακρίνεται ένας επιτηρητής τάσης που μετράει τις τάσεις τόσο της ΔΕΗ αν τροφοδοτείται από αυτή ή των φωτοβολταϊκών που προέρχεται από ηλιακή ενέργεια. Σε περίπτωση που τα φωτοβολταϊκά πάνελ δεν παρέχουν την απαραίτητη ισχύ που έχει καθοριστεί από τον εκάστοτε σχεδιαστή μηχανικό του σταθμού βάσης τότε ο μεταγωγικός διακόπτης αλλάζει κατάσταση και δίνει τα φορτία του σταθμού στην ΔΕΗ. Με αυτό τον τρόπο η ηλιακή ενέργεια πλέον δεν καταναλώνεται για την τροφοδοσία του σταθμού βάσης τόσο για τις AC καταναλώσεις όσο και τις DC καταναλώσεις παρά μόνο για την αποθήκευση της ενέργειας στις συστοιχίες των μπαταριών έως ότου επανέλθουν στην κατάσταση της πλήρους φόρτισης. Όταν το δίκτυο του ηλεκτρολογικού πίνακα μέσω των αυτοματισμών που διαθέτει αλλά και των οργάνων που μετρούν την ισχύ των συστοιχιών των μπαταριών κρίνει ότι οι αποθήκες του έχουν πληρωθεί στο έπακρο με ενέργεια τότε ακολουθεί την αντίθετη φορά μεταφέρει τα φορτία στα φωτοβολταϊκά και αποδεσμεύει την ΔΕΗ. Αυτή η διαδικασία μπορεί να πραγματοποιηθεί επίσης και όταν παρατηρηθεί διακοπή της τροφοδοσίας της ΔΕΗ από κάποια διακοπή ρεύματος ή και βλάβη.

Οι παραπάνω σταθμοί ονομάστηκαν υβριδικοί αφού είχαν την ικανότητα να λειτουργούν τόσο με ηλιακή ενέργεια όσο και με ρεύμα το οποίο μπορούσαν να το προμηθεύονται μέσω της ΔΕΗ αλλά και γεννητριών. Αν και είχαν υψηλότερο κόστος κατασκευής από τους συμβατικούς σταθμούς βάσης αρχικά δόθηκε η εντύπωση ότι ήταν μια οικονομική λύση. Με την πάροδο του χρόνου οι αριθμοί έδειξαν ότι το κόστος συντήρησης, αντικατάστασης των πάνελς αλλά και των μπαταριών που συνέλλεγαν την ενέργεια και την απέδιδαν ανά τακτά χρονικά για την λειτουργία των σταθμών βάσης ήταν ιδιαίτερα υψηλό. Ο αστάθμητος παράγοντας του καιρού και ιδιαίτερα σε χρονικά διαστήματα τα οποία απουσίαζε η ηλιοφάνεια από την περιοχή έκανε όλο και δυσκολότερη την απόσβεση της επένδυσης. Όλοι οι παραπάνω παράγοντες οδήγησαν γρήγορα στην εγκατάλειψη αυτού του μοντέλου ανάπτυξης του και στην επαναφορά των ήδη υπάρχοντων σταθμών βάσης στην συμβατική τους μορφή. Βασικό μειονέκτημα αυτής της εναλλακτικής τροφοδοσίας ενέργειας είναι ότι έχει την δυνατότητα να

τροφοδοτήσει με ενέργεια σταθμούς με χαμηλή ή μέση ικανότητα κάλυψης χρηστών.

1.1.2 Υβριδικοί σταθμοί τύπου SPIDER

Αυτοί οι σταθμοί βάσης είναι τύπου indoor και μπορεί να θεωρηθούν μια ιδιότυπη κατηγορία σταθμών βάσεως. Το κύριο χαρακτηριστικό τους είναι ότι είναι μεταφερόμενοι και χρησιμοποιούνται συνήθως για την κάλυψη αγροτικών ή ημιαστικών περιοχών με ήπια τηλεπικοινωνιακή κίνηση ή σαν εφεδρικοί για την υποστήριξη του δικτύου σε περιοχές οι οποίες παρουσιάζουν δυσμορφία ως προς τον όγκο της τηλεπικοινωνιακής κίνησης κατά την διάρκεια του ημερολογιακού έτους. Μία τέτοια περίπτωση ισχύει για την περίπτωση της Λευκάδας στην τοποθεσία της παραλίας Πόρτο Κατσίκι στην οποία έχει τοποθετηθεί από έναν από τους τρεις παρόχους ώστε να καλύπτει τις ανάγκες των χρηστών τους καλοκαιρινούς μήνες από την άφιξη των λουόμενων αλλά και των τουριστών. Οι σταθμοί αυτοί χρησιμοποιούνται και σαν προσωρινές λύσεις για την κάλυψη του δικτύου αφού έχουν την δυνατότητα της εύκολης μεταφοράς τους. Οι σταθμοί βάσης κατασκευάζονται σε ειδικούς χώρους μαζικά και είναι τύπου isobox. Μεταφέρονται με φορτηγά και στήνονται με γεραμούς. Οι βάσεις τους είναι τύπου ποδιών αράχνης και για αυτό τον λόγο ονομάζονται έτσι. Η τροφοδοσία της ενέργειας παρέχεται από γεννήτρια όπως και στις παραπάνω περιπτώσεις και εναλλάσσεται με συστοιχίες από μπαταρίες. Η ιδιαιτερότητα αυτών των σταθμών βάσεων είναι ότι δεν είναι αναγκαία η παροχή εναλλασσόμενου ρεύματος στον σταθμό για την λειτουργία του αφού ακόμα και τα κλιματιστικά είναι τύπου DC inverter οικιακού τύπου. Τα εν λόγω κλιματιστικά δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερες μεταβολές κατά την εκκίνηση τους τόσο κατά τη ψύξη όσο και κατά την θέρμανση του χώρου ώστε να δημιουργούν προβλήματα με την τροφοδοσία. Η προσθήκη ενός inverter μικρής ισχύος υφίσταται για τον φωτισμό του σταθμού αλλά και για την χρησιμοποίηση του από τα συνεργεία των τεχνικών τόσο για την χρησιμοποίηση εργαλείων για τυχόν εγκαταστάσεις νέου εξοπλισμού αλλά και επίλυση βλαβών.



Σχήμα 17: Σταθμός τύπου spider

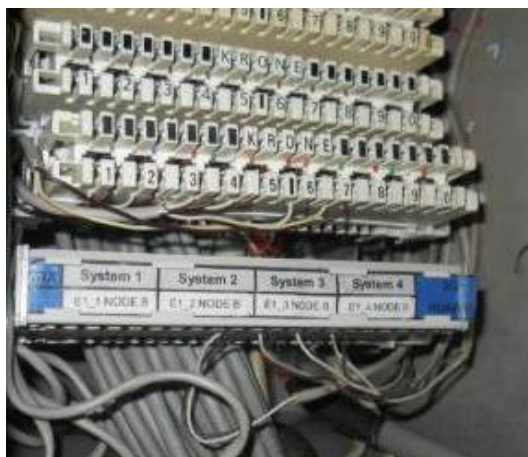
1.2 Τεχνικές ενεργειακής βελτιστοποίησης απόδοσης των Σ.Β.

Οι πάροχοι των τηλεπικοινωνιών έχοντας επιτύχει σε μεγάλο βαθμό τους στόχους τους που αφορούν τόσο την γεωγραφική όσο και την πληθυσμιακή κάλυψη των δικτύων τους. Έχουν πλέον την δυνατότητα να επεξεργαστούν νέες τεχνικές ή και βελτιωτικές ενέργειες. Με αυτές τις ενέργειες έχουν ως στόχο να επιτύχουν καλύτερη διαχείριση των σταθμών βάσεων αλλά και την μείωση των αναγκών για καταναλισκόμενη ενέργεια η οποία συνεπάγεται σε μείωση του κόστους λειτουργίας. Ενέργειες όπως απομακρυσμένος έλεγχος των σταθμών βάσεων με την χρήση τηλεμετριών, αντικατάσταση των κλιματιστικών με νέας τεχνολογίας, την εισαγωγή της μεθόδου του free cooling. Ανανέωση αλλά και αναδιάταξη της χωροθέτησης των τηλεπικοινωνιακών μηχανημάτων. Αντικατάσταση ανορθωτικών διατάξεων με νέας τεχνολογίας και διευρυμένων λειτουργιών. Τέλος παρατηρείται πλέον με μεγαλύτερη συχνότητα από ότι στο παρελθόν η συστέγαση των σταθμών βάσεων δύο και περισσότερων σταθμών βάσης από διαφορετικούς παρόχους μέθοδος γνωστή και ως co-location.

1.2.1 Μονάδες τηλεμετριών

Στον χώρο των τηλεπικοινωνιών την τελευταία πενταετία ο έλεγχος και η διαχείριση των σταθμών βάσεων επιτυγχάνεται μέσω της τεχνολογίας των τηλεμετριών . Εώς τώρα οι πάροχοι είχαν ασαφή εικόνα για τους σταθμούς βάσεις από τους οποίους λάμβαναν κάποια alarms που είχαν να κάνουν για την σωστή ή μη λειτουργία τους. Οι πάροχοι μέσω των DDF boxes λάμβαναν κάποια alarms για την ανώτατη αλλά και την κατώτατη θερμοκρασία των σταθμών την λειτουργία ή μη των κλιματιστικών μονάδων, των ανορθωτικών τα οποία τροφοδοτούν με -48VDC τα τηλεπικοινωνιακά μηχανήματα,την περίπτωση ύπαρξης φωτιάς στον χώρο ή την ενεργοποίηση των γεννητριών και διαφόρων άλλων alarms.

Οι πάροχοι έκαναν και κάνουν περαιτέρω ενέργειες ώστε να έχουν μια σαφέστερη εικόνα για την κατάσταση λειτουργίας των σταθμών βάσεων. Πλέον ο εξοπλισμός του κάθε σταθμού βάσης καταγράφεται αναλυτικά από τις κλιματιστικές του μονάδες μέχρι και τον τηλεπικοινωνιακό εξοπλισμό ώστε να ελαχιστοποιείται το οικονομικό κόστος συντήρησης αλλά και της ελαχιστοποίησης της ενέργειας που απαιτείται για την μετάβαση συνεργείων αποκατάστασης βλαβών. Παράλληλα οι σταθμοί βάσης εξοπλίζονται με εξελιγμένα συστήματα τηλεμετριών που προσδίδουν μία σαφέστερη εικόνα της λειτουργίας σταθμών βάσεων και ειδικότερα ό,τι έχει να κάνει με τα κλιματιστικά συστήματα. Αλλά ας εξετάσουμε αναλυτικότερα την διασύνδεση των συστημάτων τηλεμετριών με τους σταθμούς βάσης. Τα συστήματα αυτά εμφανίζονται στους indoor σταθμούς βάσης Στην Ελλάδα οι πάροχοι έχουν επιλέξει να λαμβάνουν μέχρι και 20 alarm για την επίβλεψη των σταθμών βάσεων μέσω των DDF alarm boxes αλλά συνήθως χρησιμοποιούν 16 και επιβλέπονται από το OMS τμήμα των παρόχων.

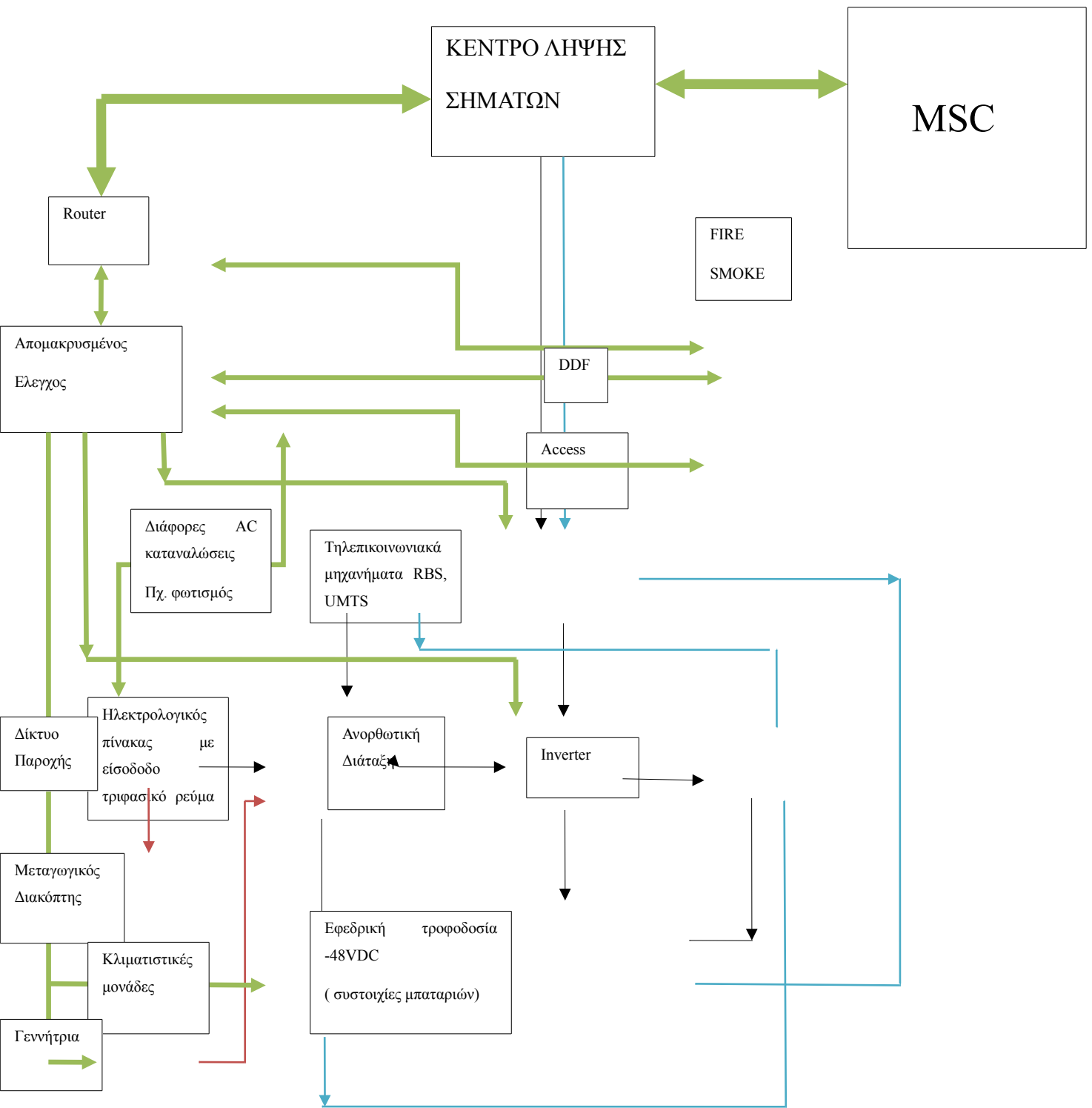


Σχήμα 18: DDF Alarm Box

Τα alarm για κάθε πάροχο έχουν τυποποιηθεί και οι μόνες διαφοροποιήσεις οι οποίες παρατηρούνται έχουν να κάνουν με τις διαφοροποιήσεις κάθε κατηγορίας σταθμών βάσης αν αυτοί είναι υβριδικοί, με γεννήτριες, με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, συμβατικοί, ή ακόμα και τύπου spider. Παλαιότερα τα DDF alarm boxes διασυνδέονταν μόνο με ένα master RBS. Το μειονέκτημα αυτής της μεθόδου ήταν ότι υπήρχε επίβλεψη του σταθμού βάσης από τον πάροχο εφόσον και αν ήταν σε λειτουργία το συγκεκριμένο RBS. Σε περίπτωση βλάβης ή διακοπής του ρεύματος από το συγκεκριμένο RBS ή απώλειας της ραδιοζεύξης με το συγκεκριμένο MSC που τον εξυπηρετούσε ο πάροχος δεν είχε εικόνα για τα ενεργοποιημένα alarm. Πλέον και αυτή η αδυναμία του συστήματος έχει επιλυθεί με την προσθήκη των μηχανημάτων τηλεμετριών. Πλέον τα alarm από το DDF είναι συνδεδεμένα με τα συστήματα τηλεμετριών πλην τριών alarm που συνδέονται πλέον με τα ανορθωτικά μηχανήματα. Τα μηχανήματα των τηλεμετριών είναι συνδεδεμένα με modems που φέρουν sim κάρτες από τον εκάστοτε πάροχο που εξυπηρετούν. Με αυτόν τον τρόπο η σηματοδότηση των alarm δεν εξαρτάται αποκλειστικά από τον συγκεκριμένο σταθμό βάσης αλλά και από γειτονικούς σταθμούς του ίδιου δικτύου. Σε περίπτωση διακοπής του ρεύματος πέραν από την τροφοδοσία του σταθμού βάσης, οι τηλεμετρίες τροφοδοτούνται από τις μπαταρίες που διαθέτουν και με αυτό τον τρόπο επιμηκύνεται ο χρόνος που μεταδίδει δεδομένα για την κατάσταση του σταθμού βάσης για κάποιες ώρες. Τα συστήματα των τηλεμετριών διασυνδέουν με επαφές ό,τι θεωρούν οι πάροχοι ότι είναι σημαντικά για αυτούς όπως σύστημα

πυρόσβεσης σύστημα access το οποίο πλέον ταυτοποιεί ποιος εισέρχεται στον σταθμό βάσης αλλά και τις μονάδες του κλιματισμού όπως των fans, compressors, heaters και των συστημάτων των free cooling. Τέλος τα συστήματα αυτά με την βοήθεια νέου τύπου ηλεκτρολογικών πινάκων οι οποίοι είναι εξοπλισμένοι με PLC δίνουν την δυνατότητα στα κέντρα λήψης σημάτων να παρεμβαίνουν στους ασφαλειοδιακόπτες των ηλεκτρολογικών πινάκων και με την βοήθεια βοηθητικών επαφών να διακόπτουν ή και να ενεργοποιούν τα κλιματιστικά, τους ανορθωτές, τα free cooling αλλά και να επιτρέπεται μέσω του συστήματος η απομακρυσμένη λειτουργία τους. Πλέον εντοπίζεται το πρόβλημα και τα κέντρα λήψης σημάτων έχουν την δυνατότητα επιδιόρθωσης κάποιων προβλημάτων χωρίς την φυσική παρουσία τεχνικού προσωπικού. Πλέον οι πάροχοι έχουν την δυνατότητα εντοπισμού της βλάβης με ακρίβεια.

Για να γίνει πιο κατανοητό θα παραθέσουμε ένα παράδειγμα. Παλαιότερα μπορεί να παρουσιαζόταν ένα alarm high temp. Το αίτιο αυτού του alarm δεν ήταν ευδιάκριτο. Αιτίες αυτού; Μία ή και οι δύο κλιματιστικές μονάδες να παρουσίαζαν βλάβη. Η βλάβη αυτή μπορεί να προερχόταν από καμμένη μονάδα του ανεμιστήρα ή ακόμα και από την μονάδα του κομπρέσορα που ψύχει ή ακόμα και από την μη παροχή ηλεκτρικής ενέργειας από την πτώση των ασφαλειών που τροφοδοτούνταν. Αποτέλεσμα όλων αυτών; Περισσότερες από μία επισκέψεις τεχνικών για την διερεύνηση αλλά και την αποκατάσταση της βλάβης, αυξημένο κοστολόγιο αλλά και περισσότερη κατανάλωση ενέργειας για την επίλυση της. Πλέον οι βλάβες λύνονται σε μικρότερο χρονικό διάστημα ή και άμεσα. Ένα άλλο αξιοσημείωτο στοιχείο είναι ότι πλέον οι πάροχοι έχουν την δυνατότητα παρακολούθησης των σταθμών βάσης σε πραγματικό χρόνο.



Σχήμα 19:Τυπικό block διάγραμμα τροφοδοσίας ενός σταθμού βάσης

1.2.2 Ενοποίηση υπηρεσιών

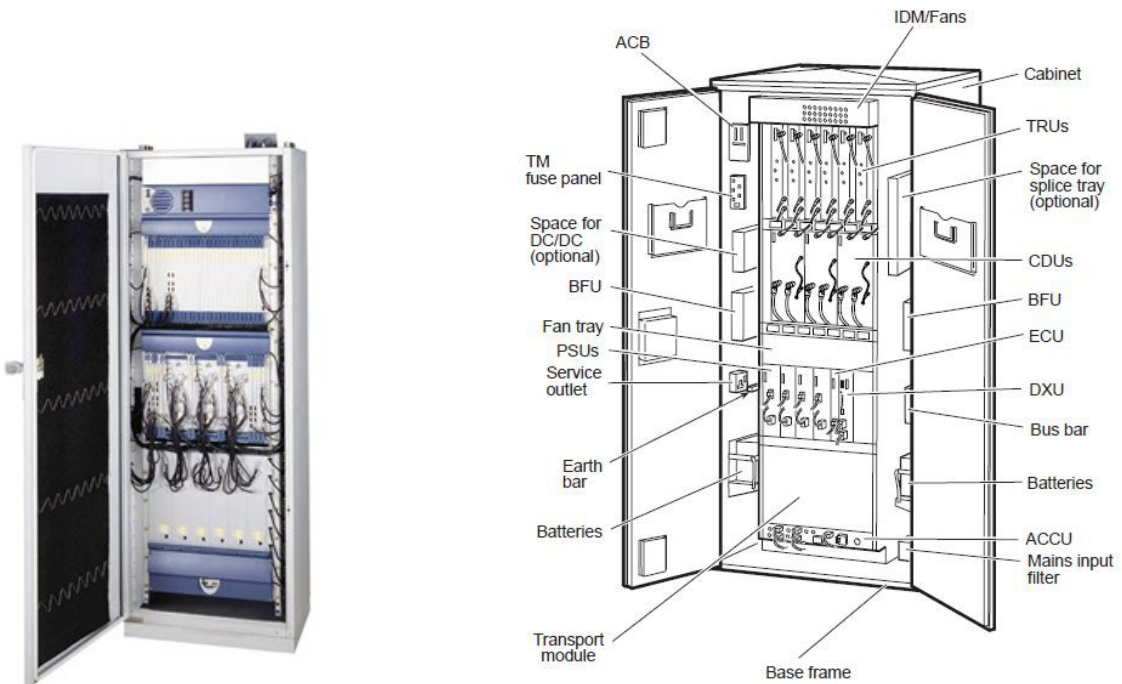
Όπως είναι γνωστό το τηλεπικοινωνιακό μηχανήμα με το οποίο επιτυγχάνεται η επικοινωνία μεταξύ χρηστών και δικτύου και έχει επικρατήσει να ονομάζεται ως RBS αποτελείται από τρία κυρίως μέρη:

1. την μονάδα που ορίζει σε ποια συχνότητα θα πραγματοποιηθεί η ραδιοζεύξη πχ 900,1800 ή 2100MHz,
2. την μονάδα η οποία μετατρέπει το ηλεκτρικό ρεύμα σε ραδιοσυχνότητα
3. Και τέλος το τροφοδοτικό.

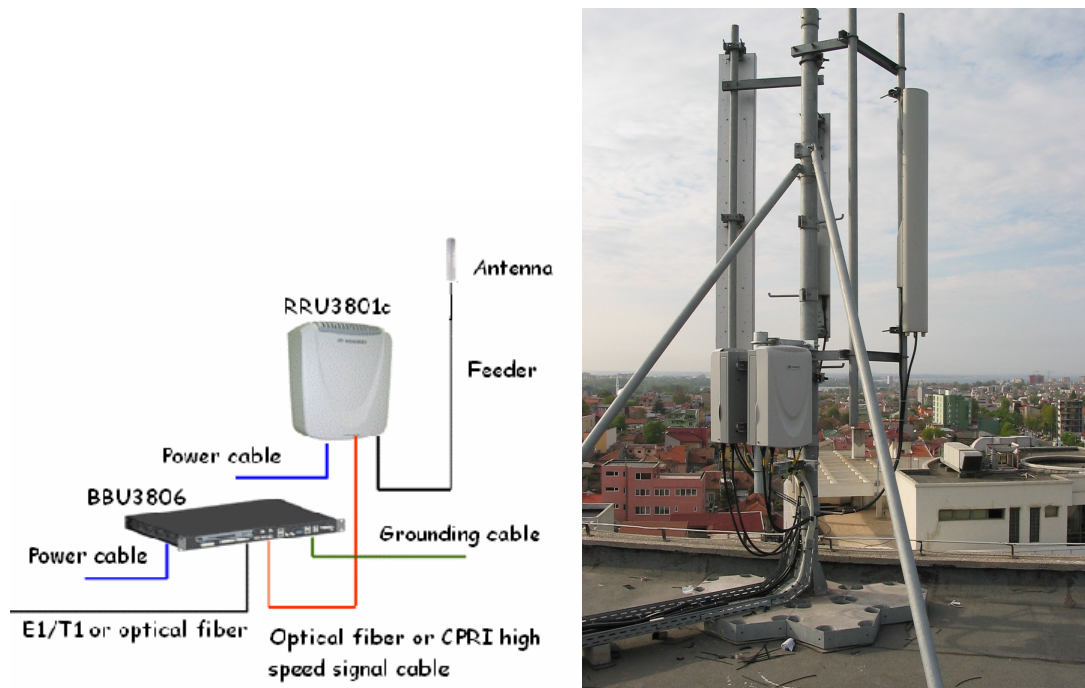
Η μονάδα που μετατρέπει την σηματοδότηση σε ραδιοσυχνότητα καταναλώνει και το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας και φτάνει σε ποσοστό που κυμαίνεται περισσότερο από το 80%. Ο ενισχυτής ισχύος είναι ο μεγαλύτερος ενεργειακός καταναλωτής, αντιπροσωπεύοντας περίπου το 50% της κατανάλωσης ενέργειας του κεραιοσυστήματος. Ως εκ τούτου, η βελτίωση όσον αφορά την αποτελεσματικότητα του είναι ένας από τους βασικούς παράγοντες που πρέπει να εξεταστούν για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του σταθμού βάσης. Εταιρίες οι οποίες συσχετίζονται με την κατασκευή τηλεπικοινωνιακού εξοπλισμού βασίζονται πλέον σε ενισχυτές τύπου Multi-carrier Power Amplifier (MCPA) σε συνδυασμό με άλλες ήπιες τεχνικές οι οποίες εξοικονομούν πόρους του συστήματος. Σε έρευνες αλλά και εφαρμογές που έχουν πραγματοποιηθεί παρατηρείται ότι σε σύγκριση με την παραδοσιακή παλαιότερη μέθοδο της συμπαγούς multi-band RRUs, έχουν σημειωθεί μεγάλες βελτιώσεις σε δείκτες απόδοσης. Για παράδειγμα ο αριθμός των εξαρτημάτων τα οποία είναι αναγκαία για την υλοποίηση τους είναι μειωμένος κατά 40%, το ποσοστό σφάλματος κατά 60%, και η κατανάλωση ενέργειας μειωμένη κατά 20%. Σημαντική πρόοδος έχει επιτευχθεί και στον όγκο και το βάρος η μείωση της οποίας κυμαίνεται κατά 30%.

Πλέον οι κατασκευαστές τηλεπικοινωνιακού εξοπλισμού προσπαθούν να εφαρμόσουν νέες μεθόδους της δομής των τηλεπικοινωνιακών μηχανημάτων μία από αυτές είναι και η μέθοδος single RAN η οποία είναι συμβατή και με μελλοντικές επεκτάσεις των δικτύων στους σταθμούς βάσης στο πλαίσιο μιας ενιαίας πλατφόρμας, καθώς και ενιαίου NMS δικτύου. Ως εκ τούτου, η τεχνική

του single RAN επιτρέπει σε ένα GSM / UMTS δίκτυο να εξελιχθεί μελλοντικά ομαλά. Με αυτόν τον τρόπο οι πάροχοι αποφεύγουν την κατασκευή πολλαπλών δικτύων ασύρματης πρόσβασης. Πλέον πολλοί σταθμοί βάσης λόγω της αλματώδους ανάπτυξης της τεχνολογίας αλλά και της αυξημένης ζήτησης νέων υπηρεσιών από του χρήστες έχουν κορεστεί χωροταξικά. Αποτέλεσμα αυτού είναι οι πάροχοι να αναζητούν νέους χώρους ώστε να στεγάσουν τα νέα μηχανήματα. Αυτό συνεπάγεται σε δαπάνη χρημάτων για την ενοικίαση νέων χώρων, τον εξοπλισμό των νέων σταθμών με όλα τα προαναφερθέντα μηχανήματα που είναι απαραίτητα για την λειτουργία τους και ισοδυναμεί με αύξηση του κόστους τόσο εγκατάστασης όσο και συντήρησης. Κατά το παρελθόν οι ενισχυτές ισχύος και οι RF converters εγκαθιστούνταν ως ενιαίες μονάδες στους σταθμούς βάσης είτε αυτοί ήταν outdoor σταθμοί είτε indoor. Οι πάροχοι επιλέγουν να εγκαθιστούν τις μονάδες RRU (οι οποίες μετατρέπουν το ηλεκτρομαγνητικό σήμα σε ηλεκτρικό ώστε να επεξεργαστεί από το RBS κατά την downlink μετάδοση και το αντίστροφο κατά την uplink) στα κεραιοσυστήματα ώστε να καταργούν τους κυματοδηγούς και να μεταφέρουν πλέον στις μονάδες τα δεδομένα μέσω οπτικών ινών και όχι μέσω των κυματοδηγών.



Σχήμα 20: RBS Μηχανήματα



Σχήμα 21: Νέου τύπου RBS

Πέρα όμως από τον νέο τρόπο μεταφοράς δεδομένων που θεωρείται ταχύτερος και βελτιώνει την ταχύτητα της μεταφοράς δεδομένων έχουμε και μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας. Έχει υπολογιστεί ότι η παραγωγή του 1/3 της θερμότητας στους σταθμούς βάσης παράγεται από τους power amplifiers και τους RF converters. Συνέπεια της παραπάνω ενέργειας είναι η εμφάνιση κέρδους που μεταφράζεται σε μικρότερη χρονική διάρκεια των κλιματιστικών μονάδων αφού πλέον η αποβολή θερμότητας διαχέεται στο περιβάλλοντα χώρο και όχι εντός του σταθμού. Με αυτή την διαδικασία επιτυγχάνεται με ευκολότερο τρόπο η διατήρηση της θερμοκρασίας στα επιτρεπτά όρια που θέλουμε ιδιαίτερα τους καλοκαιρινούς μήνες που αναπτύσσονται μεγάλες θερμοκρασίες. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα μικρότερη κατανάλωση ενέργειας από τα κλιματιστικά αλλά και λιγότερες φθορές σε αυτά λόγω των λιγότερων ωρών χρήσης των κομπρεσσέρ από τα κλιματιστικά αλλά και των ανεμιστήρων τους.

1.2.3 Κλιματισμός

Όσον αφορά τις κλιματιστικές μονάδες οι πάροχοι έχουν αρχίσει να επανεξετάζουν την χρήση αυτών. Σε μετρήσεις που έχουν πραγματοποιηθεί έχει υπολογιστεί ότι η κατανάλωση της ενέργειας σε ποσοστό 17% της συνολικής κατανάλωσης σε έναν σταθμό βάσης. Στους σταθμούς βάσης λειτουργούν τουλάχιστον δύο κλιματιστικές μονάδες και υπάρχουν και περιπτώσεις στις οποίες συναντάμε και τρεις κλιματιστικές μονάδες. Οι κλιματιστικές μονάδες ελέγχονται μέσω ηλεκτρολογικών πινάκων οι οποίοι καθορίζουν τον χρόνο λειτουργίας τους. Προφανής στόχος των κλιματιστικών μονάδων στους σταθμούς βάσης είναι να ψύχουν ή να θερμαίνουν τον χώρο εναλλάξ. Και σε αυτό τον τομέα έχουν γίνει κάποιες τροποποιήσεις στην φιλοσοφία λειτουργίας τους. Καταρχήν οι πάροχοι έχουν δείξει ενδιαφέρον στην εκμετάλλευση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος σε περίπτωση που εξυπηρετεί την θερμοκρασία λειτουργίας των indoor σταθμών βάσης. Τα κλιματιστικά είναι προγραμματισμένα να ψύχουν τους σταθμούς βάσης όταν αρχικά υπερβαίνουν τους 24°C το καθένα εναλλάξ και πάνω από τους 26°C ενεργοποιούνται και οι δύο κλιματιστικές μονάδες. Στην θέρμανση των σταθμών βάσης κατά τους χειμερινούς μήνες οι κλιματιστικές ενεργοποιούνται στους 14°C εναλλάξ και κάτω από τους 12°C και οι δύο κλιματιστικές μονάδες. Πλέον οι πάροχοι αναθεωρούν ακόμα και αυτές τις θερμοκρασίες για να εκκινήσουν τα κλιματιστικά να θερμαίνουν τους σταθμούς βάσεις και σετάρουν τα κλιματιστικά σε ακόμα και χαμηλότερες θερμοκρασίες όπως τους 10°C όσον αφορά την θέρμανση και σε υψηλότερα επίπεδα που φτάνουν τους 26°C και για τις δύο κλιματιστικές μονάδες για την ψύξη. Με αυτή τους την απόφαση επιτυγχάνουν ακόμα μικρότερες καταναλώσεις ισχύος ενέργειας οι οποίες είναι ιδιαίτερα εμφανείς σε σταθμούς βάσης οι οποίες γεωγραφικά τοποθετούνται σε ορεινά μέρη. Οι σταθμοί βάσης της κατηγορίας των shelter συνήθως ανήκουν σε αγροτικές και ημιαστικές περιοχές και είναι της κατηγορίας των μακροκυψελών. Στόχος τους είναι να καταλαμβάνουν κάλυψη σε μεγάλο ποσοστό γεωγραφικών περιοχών τόσο για τους χρήστες όσο και τις ζεύξεις των δικτύων. Όντας σε μεγάλα υψόμετρα οι θερμοκρασίες κατά τους χειμερινούς μήνες είναι ιδιαίτερα χαμηλές. Αποτέλεσμα

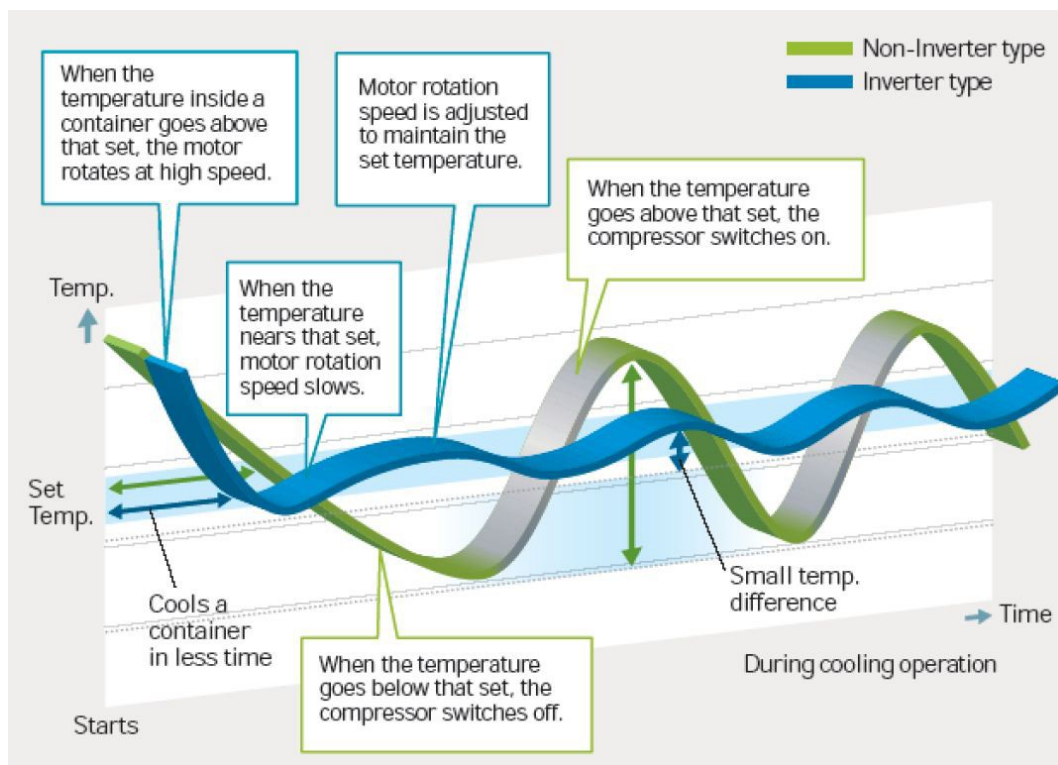
όλων αυτών είναι η συχνότερη χρήση των κλιματιστικών για την θέρμανση του χώρου. Όμως ακόμα και τους καλοκαιρινούς μήνες σε αυτούς τους σταθμούς σημειώνονται μεγάλες θερμοκρασίες παρόλου που βρίσκονται σε μεγάλο υψόμετρο σε σχέση με σταθμούς βάσης που εντοπίζονται στις πόλεις. Ο λόγος είναι ο εξής: Στις αγροτικές και ορεινές περιοχές δεν υπάρχουν υποδομές ώστε να φιλοξενήσουν έναν σταθμό βάσης όπως σε μία πόλη στην οποία μπορεί να βρεθεί ένας χώρος ο οποίος να είναι χτισμένος με την συμβατική τεχνολογία του σκυροδέματος και τούβλων. Σε σταθμούς βάσεις που εντοπίζονται στις πόλεις πολλές φορές παρατηρείται πολύ καλή θερμομόνωση λόγω της κατασκευής του αλλά και του χώρου που στεγάζουν τον σταθμό βάσης που ενδέχεται να είναι ένα ισόγειο ή και πολλές φορές και υπόγεια τα οποία τόσο το καλοκαίρι όσο και τον χειμώνα έχουν την ιδιότητα να διατηρούν θερμοκρασίες οι οποίες συμβάλλουν στην λιγότερη κατανάλωση ισχύος τόσο για την ψύξη όσο και για την θέρμανσή τους.

Ένας άλλος παράγοντας που επιτείνει το πρόβλημα αυτό είναι και η μη τήρηση του αρχικού σχεδιασμού της ύπαρξης τηλεπικοινωνιακών μηχανημάτων. Αρχικά οι σταθμοί αυτοί είχαν κατασκευαστεί για μικρότερη τηλεπικοινωνιακή κίνηση. Με την πάροδο του χρόνου οι όλο και αυξανόμενες ανάγκες για μεγαλύτερη τηλεπικοινωνιακή κίνηση δημιούργησαν υπερφόρτωση των σταθμών αυτών με μηχανήματα άρα και μεγαλύτερης έκκλησης θερμότητας στους σταθμούς αυτούς. Ενώ αρχικά είχαν προβλεπτεί να φιλοξενούν μηχανήματα GSM έγιναν προσθήκες μηχανημάτων UMTS και προσφάτως και της νέας τεχνολογία του LTE με αποτέλεσμα την ενεργειακή επιβάρυνση αυτών για την διατήρηση της ομαλής λειτουργίας του κάτω από ιδανικές συνθήκες. Να σημειωθεί ότι σε έναν σημαντικό αριθμό των σταθμών βάσεων στεγάζουν ζεύξεις από μηχανήματα τεχνολογίας SDH τα οποία είναι ογκώδη και εκλείουν μεγάλες ποσότητες θερμότητας.

1.2.4 Κλιματιστικά τεχνολογίας inverter

Πέραν όμως των παραπάνω τεχνικών εξοικονόμησης της ενέργειας ως προς την ψύξη και την θέρμανση των σταθμών βάσης γίνεται και με συμβατικότερους

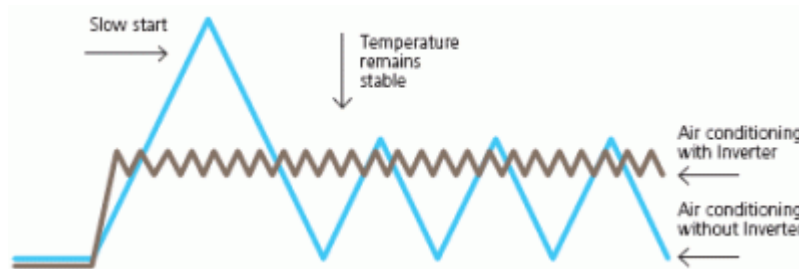
μεθόδους όπως η αντικατάσταση των κλιματιστικών με κλιματιστικά τεχνολογίας inverter. Οι κλιματιστικές μονάδες που χρησιμοποιούνται στους σταθμούς βάσεις είναι της τάξης ψύξης αλλά και θέρμανσης κοντά στα 25000 BTU αυτό έχει ως αποτέλεσμα πολύ μεγάλες καταναλώσεις ενέργειας. Να επισημανθεί ότι τα κλιματιστικά συμβατικής τεχνολογίας λειτουργούν με πλήρη φορτίο. Ας δούμε αναλυτικότερα την τεχνολογία αλλά και τον τρόπο λειτουργίας των κλιματιστικών τεχνολογίας inverter. Τα παραπάνω κλιματιστικά διαθέτουν συμπιεστή μεταβλητής απόδοσης και κατ'επέκταση μεταβλητών δυνατοτήτων στροφών των συμπιεστών. Με αυτό τον τρόπο αυτορυθμίζουν την παρεχόμενη ισχύ τους. Η τεχνολογία αυτή είναι ενσωματωμένη στην εξωτερική μονάδα. Μία μονάδα inverter έχει την ικανότητα να αυξάνει βαθμιαία την δυναμικότητα της με βάση την δυναμικότητα που απαιτείται για ψύξη και για θέρμανση του χώρου.



Σχήμα 22: κλιματιστικά τύπου inverter μεταβολής της θερμοκρασίας

Τα πλεονεκτήματα που εντοπίζουμε είναι η οικονομία του ηλεκτρικού ρεύματος που ανάλογα με τις συνθήκες λειτουργίας κυμαίνονται από 25 έως και 50% σε σχέση με ένα συμβατικό κλιματιστικό ίδιας ισχύος. Η απόδοση του θεωρείται επαρκής αφού επιτυγχάνει την επιθυμητή θερμοκρασία στο 25% του χρόνου που

απαιτείται από ένα συμβατικό κλιματιστικό. Ένα επιπλέον πλεονέκτημα είναι και αυτό της σταθερής θερμοκρασίας η οποία επιτυγχάνεται με την αυτορυθμιζόμενη ισχύ. Η μέγιστη απόκλιση είναι της τάξεως των 0,2°C σε σχέση με τους 2°C των συμβατικών.



Σχήμα 23: κλιματιστικά τύπου inverter μεταβολής της θερμοκρασίας

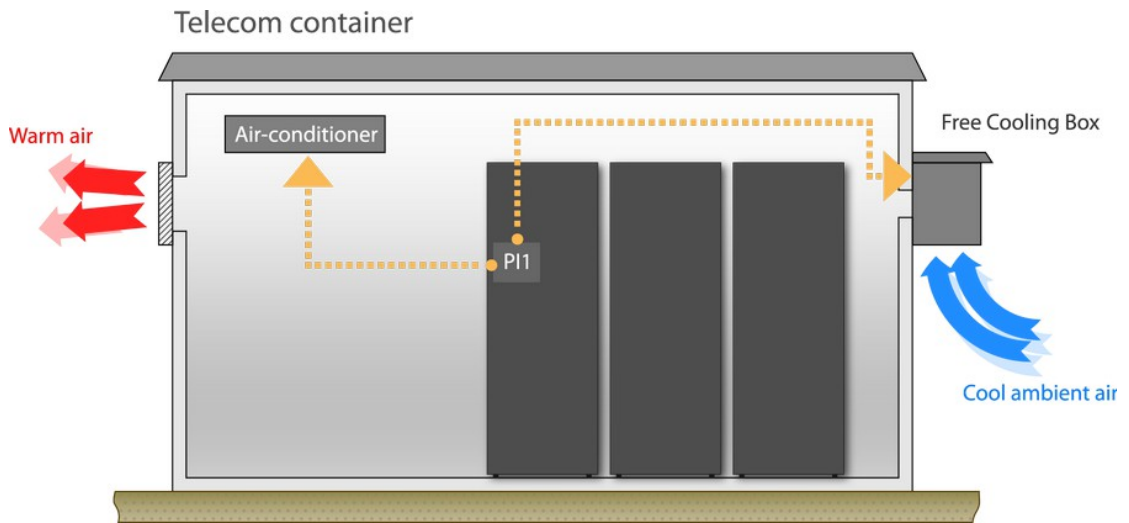
έχουν να κάνουν με την άμεση μείωση κατανάλωσης της ενέργειας την λεγόμενη operational.

1.2.5 Μέθοδος free cooling

Μία μέθοδος η οποία αποφέρει ιδιαίτερη εξοικονόμηση ενέργειας είναι και αυτή της εισαγωγής κλαπέτων τα οποία είναι συνδεδεμένα με αεραγωγούς με το εξωτερικό περιβάλλον των σταθμών βάσης. Μέσω των κλαπέτων γίνεται εισαγωγή αέρα από το περιβάλλον ώστε να ψύχουν με φυσικό και ελάχιστο κοστοβόρο τρόπο. Η τεχνική αυτή είναι γνωστή ως free cooling. Η διαδικασία αυτή εκτός από την άμεση εξοικονόμηση ενέργειας δίνει μεγαλύτερη διάρκεια ζωής στους κομπρέσορες των κλιματιστικών εφόσον αυτοί δεν λειτουργούν για μεγάλα χρονικά διαστήματα.



Σχήμα 24: Είσοδος αέρα περιβάλλοντος στον BTS



Σχήμα 25: Μέθοδος free cooling

2.5 Co-location

Μία άλλη τεχνική που εφαρμόζουν οι τηλεπικοινωνιακοί πάροχοι για την εξοικονόμηση πόρων είναι και αυτή της συστέγασης των τηλεπικοινωνιακών τους μηχανημάτων. Με αυτή την ενέργεια επιτυγχάνουν κατάργηση ενός μεγάλου αριθμού σταθμών βάσεων ιδιαίτερα σε απομακρυσμένες αλλά και νησιωτικές περιοχές. Ανάλογα με την περίπτωση έρχονται σε συνενόηση οι πάροχοι δύο εταιριών να χρησιμοποιήσουν έναν σταθμό βάσης (τον οικίσκο) και να συνεργαστούν. Πώς επιτυγχάνεται αυτό; Επιλέγουν έναν ποιος πάροχος θα φιλοξενήσει τον άλλον χρησιμοποιώντας τις υποδομές του άλλου πλην των τηλεπικοινωνιακών μηχανημάτων βεβαίως και του κεραιοσυστήματος. Με αυτό τον τρόπο από ενεργειακής πλευράς ο ένας πάροχος πλέον δεν καταναλώνει ενέργεια για την διατήρηση της θερμοκρασίας σε ανεκτά επίπεδα γιατί εκμεταλλεύεται τις υποδομές του άλλου. Επίσης δεν χρειάζεται να κατασκευάσει σταθμό βάσης εξ ολοκλήρου το οποίο συνεπάγεται μεγάλο κόστος για την αγορά μηχανημάτων που υποστηρίζουν τα τηλεπικοινωνιακά μηχανήματα.



Σχήμα 26: Co-location

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Ενεργειακή Διερεύνηση ενός Σ.Β.

3.1 Εισαγωγή

Το ολοένα αυξανόμενο ενδιαφέρον σε νέες και αξιόπιστες υπηρεσίες στην κινητή τηλεφωνία έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του αριθμού των σταθμών βάσης παγκοσμίως. Όλες οι μελέτες που έχουν προηγηθεί έως τώρα ή τουλάχιστον η συντριπτική τους πλειονότητα που αναφέρονται για τους σταθμούς βάσης έχουν ως δεδομένη την αδιάλειπτη χρήση τους ώστε να εγγυώνται την ποιότητα των υπηρεσιών σε οποιαδήποτε χρονική διάρκεια και οποιοδήποτε γεωγραφικό χώρο. Αποτέλεσμα αυτής της πολιτικής που εφαρμόστηκε την τελευταία δεκαετία ήταν η αύξηση της κατανάλωσης της ενέργειας σε επίπεδα τέτοια ώστε να υπολογίζεται στο ήμισι της συνολικής κατανάλωσης των κυψελωτών δικτύων. Σε αυτό το σημείο πλέον είναι ιδιαίτερα σημαντικό να δοθεί έμφαση στην μελέτη αλλά και την μείωση της ενέργειας λειτουργίας τους. Για να μπορέσουμε να διερευνήσουμε την κατανάλωση της ενέργειας στους σταθμούς βάσης θα πρέπει να καταγράψουμε αρχικά όλα αυτά τα στοιχεία τα οποία συμβάλλουν στην κατανάλωση ενέργειας αυτών. Οι δύο κυριότερες κατηγορίες που θα μπορούσαμε να κατατάξουμε τα στοιχεία που περιλαμβάνονται στους σταθμούς βάσεις είναι οι εξής: Σε αυτή του εξοπλισμού που φέρει τις ραδιοκαλύψεις (κεραιοσυστήματα) όπως τα RBS και τους ραδιοδιαύλους και αυτή που φέρει όλο τον υποστηρικτικό εξοπλισμό ώστε να μπορεί ο σταθμός βάσης να είναι σε λειτουργία σε όσο το δυνατόν ιδανικές συνθήκες. Αυτά τα στοιχεία είναι οι κλιματιστικές μονάδες οι ανορθωτές οι back up μπαταρίες και τα μηχανήματα τα οποία κάνουν αναλογική και ψηφιακή επεξεργασία των σημάτων.

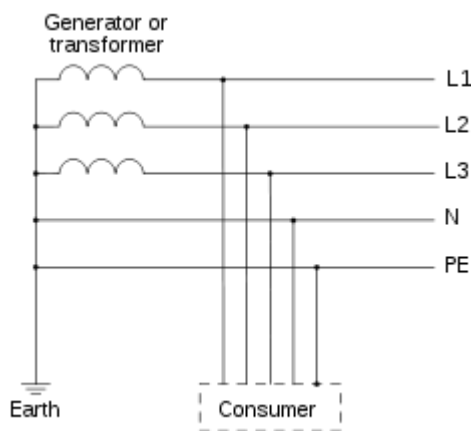
3.2 Καταγραφή Εξοπλισμού Σταθμού Βάσης

Ας εξετάσουμε όλα τα παραπάνω στοιχεία μέσω της ανάλυσης και της περιγραφής ενός σταθμού βάσης. Θεωρούμε ότι ο σταθμός βάσης έχει τον παρακάτω εξοπλισμό όπως απεικονίζεται στον παρακάτω πίνακα:

Χαρακτηριστικά BTS	GSM 900	GSM 1800	UMTS
Έτος κατασκευής	2004	2010	2011
Συχνότητες	900MHz	1800MHz	2100MHz
Αριθμός racks	3	1	1
Αριθμός πομπών σε κάθε rack	7-sector 1 7-sector 2 4-sector 3	12	3
Αριθμός sector που καλύπτονται από κάθε rack	1	3	3
Αριθμός πομπών για κάθε sector	7/4/4	4/4/4	1/1/1
Αριθμός κεραιών σε κάθε sector	2	1	1
Αριθμός combiners σε κάθε rack	3	3	Intergrated σε RF module
Αριθμός κυματοδηγών σε κάθε κεραία	2	2	2
Έξοδος παροχής ενέργειας σε κάθε sector	50W	25W	25W
Διάμετρος κυματοδηγών	7/8"	7/8"	7/8"
Μέση κατανάλωση ενέργειας ΣΒ		7,8KW	

Πίνακας 4: Εξοπλισμός Σταθμού Βάσης

Ο Σταθμός Βάσης έχει σαν είσοδο τριφασική παροχή χαμηλής τάσης (400/230V) με γείωση αστέρα βάση της ισχύουσας νομοθεσίας η οποία ασφαρίζεται από τριπολικό ασφαλειοδιακόπτη 63 A και ρελέ διαφυγής στα 500mA.



Σχήμα 27: Τροφοδοσία

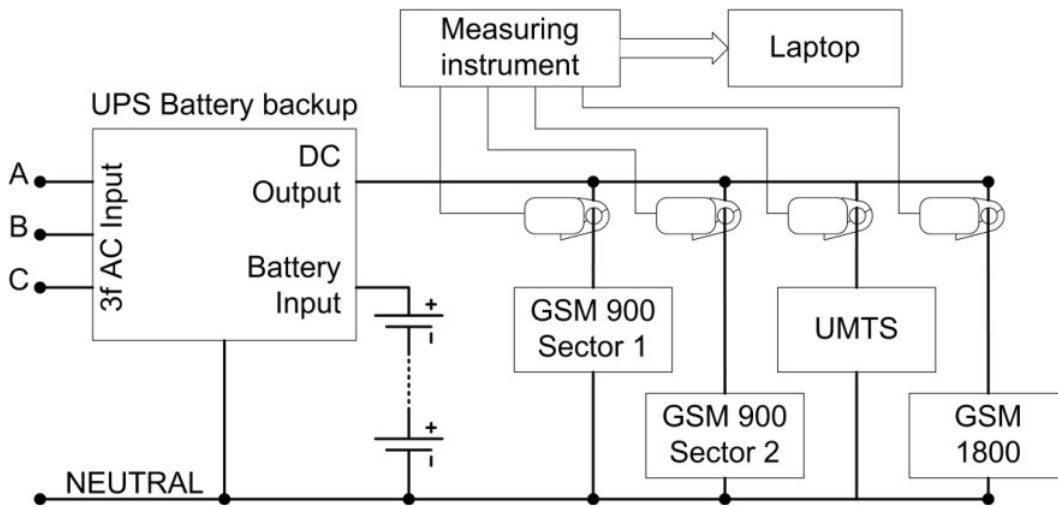
Για την ορθή λειτουργία των τηλεπικοινωνιακών μηχανημάτων του σταθμού βάσης δέχεται παροχή συνεχούς τάσης DC μέσω ανορθωτή που μετατρέπει το τριφασικό εναλλασσόμενο ρεύμα σε συνεχές το οποίο ασφαρίζεται με τριπολικό ασφαλειοδιακόπτη 40A με ακτίνα τάσης ρεύματος από 43V έως 56VDC. Σαν δικλείδα ασφαλείας σε περίπτωση διακοπής του σταθμού από την ΔΕΗ ο σταθμός βάσης είναι εφοδιασμένος με μία συστοιχία μπαταριών η οποία αποτελείται από 24 μπαταρίες με ονομαστική τιμή 2V στα 1200mA ώστε να καλύψει το κενό τροφοδοσίας του σταθμού μέχρι να αποκατασταθεί η παροχή ηλεκτρικού ρεύματος. Η καλωδίωση η οποία διασυνδέει τις μπαταρίες με το ανορθωτικό είναι διαμέτρου 25mm και σφαλίζεται από 50A ασφαλειοδιακόπτη. Η διασύνδεση των μπαταριών πραγματοποιείται με χάλκινες λάμες πάχους 5mm οι οποίες συνδέουν τους πόλους των μπαταριών και δημιουργούν κλειστό κύκλωμα που σε πλήρη φόρτιση της συστοιχίας των μπαταριών έχουμε ονομαστική τιμή 53,8VDC.

Στην έρευνα ελήφθησαν στοιχεία για τις 2 καμπίνες GSM 900 που μετέφεραν τηλεπικοινωνιακή κίνηση στους sectors 1 και 2 ενώ ο sector 3 δεν μετρήθηκε λόγω μικρής τηλεπικοινωνιακής κίνησης που θεωρήθηκε αμελητέα. Για την μέτρηση της DC κατανάλωσης η συχνότητα με την οποία λήφθηκαν τα δεδομένα ήταν της τάξης των 5 kHz. Τα δείγματα δέχτηκαν περαιτέρω επεξεργασία μέσω ενός LPF της τάξης του 1kHz και στην συνέχεια ελήφθησαν δεδομένα με συχνότητα 10Hz. Κατά τις μετρήσεις που ελήφθησαν δεδομένα για τις καταναλώσεις ενέργειας για τα GSM 900 sectors 1,2 GSM 1800 και UMTS θεωρήθηκε ότι η τάση στο DC ρεύμα είναι σταθερή και ίση με 53,6VDC.

3.3 Διάταξη για την μέτρηση της DC κατανάλωσης

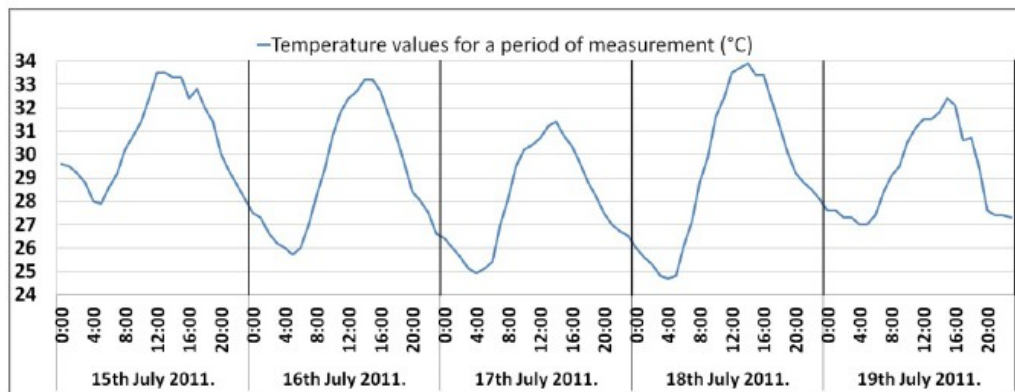
Για τις μετρήσεις της κατανάλωσης του DC ρεύματος από τα τηλεπικοινωνιακά μηχανήματα χρησιμοποιήθηκαν οι παρακάτω διατάξεις: ένας ηλεκτρονικός υπολογιστής με εξειδικευμένο software. Χρησιμοποιήθηκε ένας πολυκάναλο όργανο μέτρησης το οποίο έχει την ικανότητα στην είσοδο του να δέχεται δεδομένα και να επεξεργάζεται μέχρι και τέσσερα σήματα ταυτόχρονα. Επίσης χρησιμοποιήθηκαν όργανα μέτρησης της έντασης του ρεύματος (αμπεροτσιμπίδες). Τα δεδομένα τα οποία λαμβάνονται από τις αμπεροτσιμπίδες μεταφέρονται στον ηλεκτρονικό υπολογιστή μέσω usb θύρας. Παρακάτω

παρατίθεται το block διάγραμμα με το οποίο πραγματοποιούνται οι διατάξεις σύνδεσης και εξαγωγής των δεδομένων.



Σχήμα 28: Block Διάγραμμα συνδέσεων

Οι μετρήσεις διήρκησαν μια περίοδο πέντε ημερών ξεκινώντας από τις 15 Ιουλίου στις 12:00μμ και έληξαν στις 19 Ιουλίου στις 10:00 το πρωί. Σημαντικό στοιχείο για την κατανόηση της έρευνας είναι και η καταγραφή της θερμοκρασίας κατά την διάρκεια που πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις.



Σχήμα 29: Θερμοκρασίες

Από το γράφημα παρατηρούμε ότι κατά την διάρκεια των 5 ημερών που πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις η ελάχιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος ήταν 25°C και καταγράφηκε στις 18 Ιουλίου στις 4πμ και η μέγιστη θερμοκρασία ήταν την ίδια μέρα στους 34°C. Ο μέσος όρος της θερμοκρασίας κυμαίνεται στους 29,56°C.

3.4 Μετρήσεις DC κατανάλωσης

Οι διαφοροποιήσεις οι οποίες εντοπίζονται κατά τις καταναλώσεις των GSM 900 και GSM 1800 καθώς και του UMTS για μία χρονική στιγμή όπου παρατηρείται και ένα βύθισμα θεωρείται φυσιολογικό και δεν επηρεάζει ιδιαίτερα τα αποτελέσματα των καταναλώσεων ενέργειας που θέλουμε να μελετήσουμε. Επίσης είναι λογικό να υπάρχουν κάποιες αυξομειώσεις αφού το δίκτυο δίνει περισσότερη ή λιγότερη ισχύ ανάλογα με την αυξημένη ή μειωμένη ζήτηση από τους χρήστες.

3.4.1 Στατιστικά στοιχεία

Παρακάτω θα παρατεθεί ένας πίνακας που θα δίνει αναλυτικά στοιχεία των καταναλώσεων των μηχανημάτων και έχουν προέλθει από την ανάλυση των στοιχείων των προηγούμενων πινάκων. Συγκεκριμένα παρατίθενται τα στοιχεία όπως η ελάχιστη και η μέγιστη ημερήσια κατανάλωση κάθε μηχανήματος αλλά και η ποσόστωση κατανάλωσης.

Χρονική περίοδος	Κατανάλωση ισχύος	GSM 900 Sector 1	GSM 900 Sector 2	GSM 1800	UMTS
Παρασκευ ή 15 Ιουλίου	Ελάχιστη ημερήσια κατανάλωση kW	0,5567	0,5321	1,3751	0,5536
	Μέγιστη ημερήσια κατανάλωση kW	1,0125	0,9395	1,9115	0,6619
	Μέση ημερήσια κατανάλωση kW	0,7064	0,6867	1,5820	0,5743
	M.O. Ελάχιστης ημερήσιας κατανάλωσης kW %	21,19	22,51	13,08	3,60
	M.O. Μέγιστης ημερήσιας κατανάλωσης kW %	30,24	26,91	17,24	13,23
	Συνολική κατανάλωση ενέργειας kWh	8,3760	8,1286	18,8147	6,8747

Πίνακας 5: Στατιστικά στοιχεία DC κατανάλωσης

Χρονική	Κατανάλωση ισχύος	GSM 900	GSM	GSM	UMTS
---------	-------------------	---------	-----	-----	------

περίοδος		Sector 1	900 Sector 2	1800	
Σάββατο 16 Ιουλίου	Ελάχιστη ημερήσια κατανάλωση kW	0,5545	0,5188	1,3450	0,5289
	Μέγιστη ημερήσια κατανάλωση kW	0,8435	0,7822	1,7175	0,6581
	Μέση ημερήσια κατανάλωση kW	0,6282	0,6049	1,4569	0,5589
	Μ.Ο. Ελάχιστης ημερήσιας κατανάλωσης kW %	11,74	14,24	7,68	5,37
	Μ.Ο. Μέγιστης ημερήσιας κατανάλωσης kW %	25,52	22,67	15,17	15,07
	Συνολική κατανάλωση ενέργειας kWh	15,0385	14,4913	34,9149	13,4191

Πίνακας 6: Στατιστικά στοιχεία DC κατανάλωσης

Χρονική περίοδος	Κατανάλωση ισχύος	GSM 900 Sector 1	GSM 900 Sector 2	GSM 1800	UMTS
Κυριακή 17 Ιουλίου	Ελάχιστη ημερήσια κατανάλωση kW	0,5509	0,5202	1,3415	0,5422
	Μέγιστη ημερήσια κατανάλωση kW	0,7560	0,7449	1,6819	0,6626
	Μέση ημερήσια κατανάλωση kW	0,6282	0,6049	1,4569	0,5589
	Μ.Ο. Ελάχιστης ημερήσιας κατανάλωσης kW %	12,30	14,00	7,93	2,99
	Μ.Ο. Μέγιστης ημερήσιας κατανάλωσης kW %	16,90	18,79	13,38	15,64
	Συνολική κατανάλωση ενέργειας kWh	14,6812	14,2074	34,4789	13,3499

Πίνακας 7: Στατιστικά στοιχεία DC κατανάλωσης

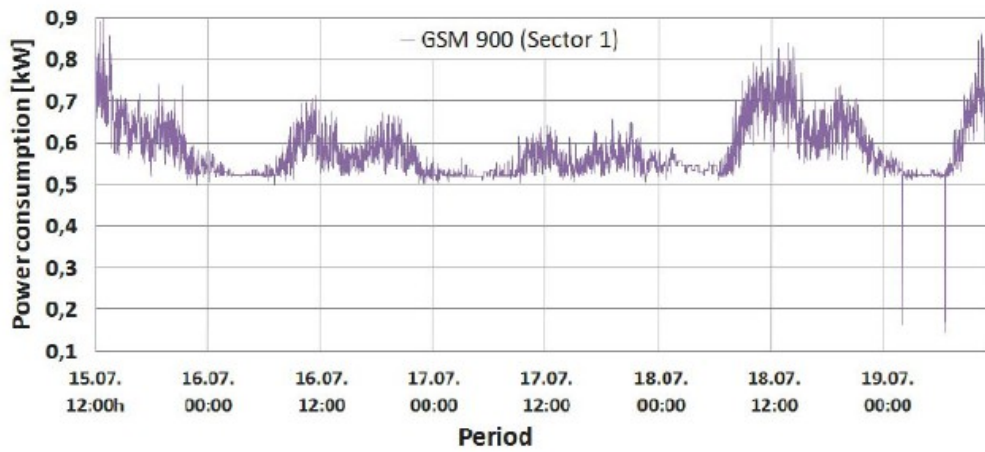
Χρονική περίοδος	Κατανάλωση ισχύος	GSM 900 Sector 1	GSM 900 Sector 2	GSM 1800	UMTS
Δευτέρα 18 Ιουλίου	Ελάχιστη ημερήσια κατανάλωση kW	0,5607	0,5176	1,3452	0,5419

υ						
	Μέγιστη ημερήσια κατανάλωση kW	Μέγιστη κατανάλωση kW	0,9892	0,9139	1,9739	0,6994
	Μέση κατανάλωση kW	ημερήσια κατανάλωση kW	0,6883	0,6518	1,5453	0,5613
	Μ.Ο. ημερήσιας κατανάλωσης kW %	Ελάχιστης κατανάλωσης kW %	18,54	20,59	12,95	3,46
	Μ.Ο. ημερήσιας κατανάλωσης kW %	Μέγιστης κατανάλωσης kW %	30,42	28,68	21,71	19,74
	Συνολική ενέργειας kWh	κατανάλωση	16,4551	15,5838	36,9737	13,4769

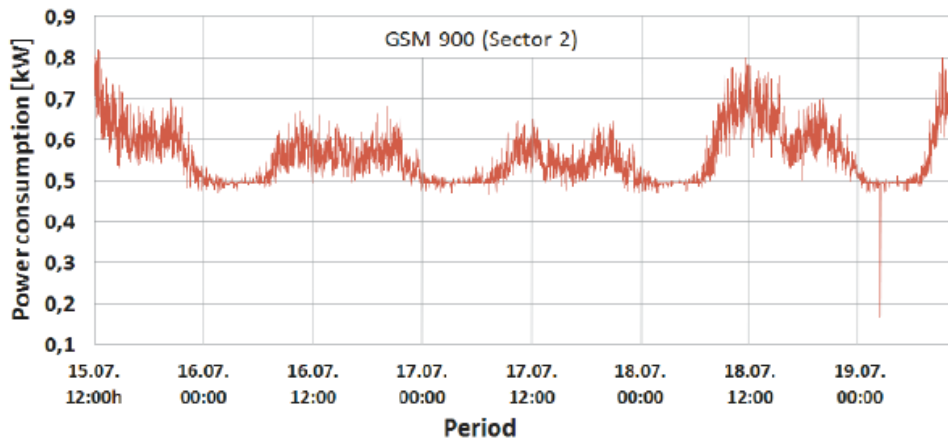
Πίνακας 8: Στατιστικά στοιχεία DC κατανάλωσης

Χρονική περίοδος	Κατανάλωση ισχύος	GSM 900 Sector 1	GSM 900 Sector 2	GSM 1800	UMTS
Τρίτη 19 Ιουλίου υ	Ελάχιστη ημερήσια κατανάλωση kW	0,5643	0,5512	1,3450	0,5289
	Μέγιστη ημερήσια κατανάλωση kW	0,8653	0,8834	1,7175	0,6581
	Μέση ημερήσια κατανάλωση kW	0,6090	0,5766	1,4569	0,5589
	Μ.Ο. ημερήσιας κατανάλωσης kW %	7,33	4,41	7,68	5,37
	Μ.Ο. ημερήσιας κατανάλωσης kW %	29,62	34,72	15,17	15,07
	Συνολική ενέργειας kWh	52,9513	57,7786	140,5733	61,2436

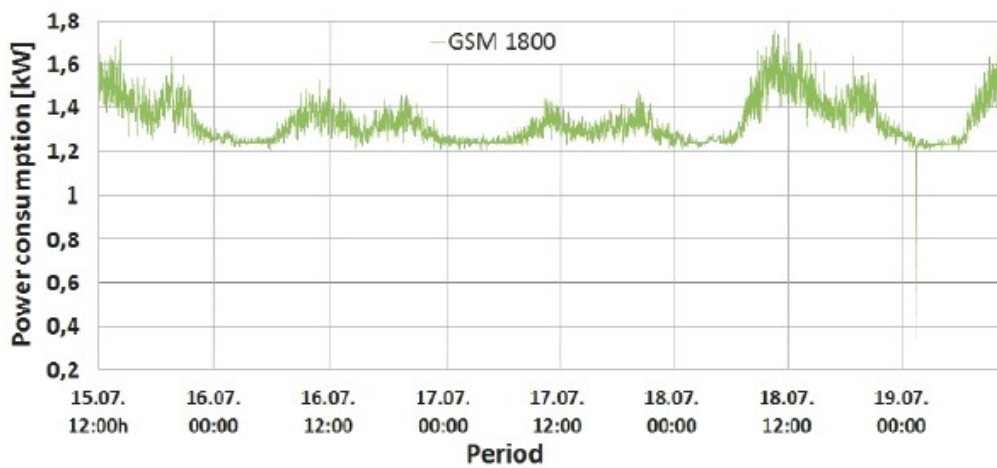
Πίνακας 9: Στατιστικά στοιχεία DC κατανάλωσης



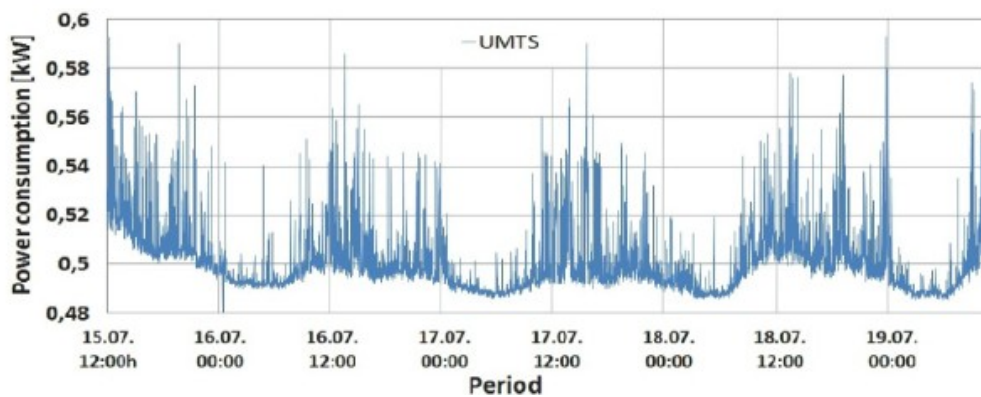
Σχήμα 30: Κατανάλωση GSM 900 sector 1



Σχήμα 31: Κατανάλωση GSM 900 sector 2



Σχήμα 32: Κατανάλωση GSM 1800 sector



Σχήμα 33: Κατανάλωση GSM 900 sector 1

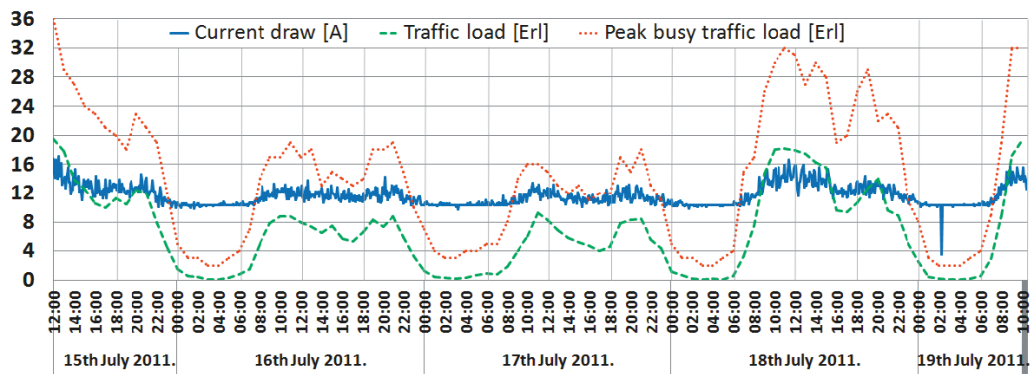
Από τα παραπάνω γραφήματα των καταναλώσεων παρατηρούμε ότι η μεγαλύτερη κατανάλωση ισχύος προέρχεται από το GSM 1800 η οποία φτάνει και στο διπλάσιο της κατανάλωσης σε σχέση με τις άλλες τεχνολογίες. Ο λόγος για αυτή την διαφοροποίηση έχει να κάνει ότι εξυπηρετεί 12 TRX σηματοδοσίες. Να σημειωθεί ότι κάθε TRX τροφοδοτείται από ξεχωριστό amplifier. Ο κάθε ενισχυτής (amplifier) είναι και η κύρια πηγή κατανάλωσης ενέργειας στα τηλεπικοινωνιακά μηχανήματα αλλά και στην συνολική κατανάλωση ισχύος στον σταθμό βάσης. Το GSM 1800 έχει τον πρωταρχικό λόγο εξυπηρέτησης των χρηστών στις υπηρεσίες της φωνής και sms και μόνο όταν βρεθεί σε κατάσταση κατά την οποία έχει καλύψει όλα τα φορτία του ή έχει ασθενές σήμα κάτω από το threshold χρησιμοποιείται και το GSM 900 για την εξυπηρέτηση των χρηστών. Από τα γραφήματα μπορούμε να διακρίνουμε ότι οι sectors1 και 2 του GSM 900 έχουν παρόμοια συμπεριφορά κατά την ενεργειακή κατανάλωση. Τέλος η μικρότερη κατανάλωση παρατηρείται από το UMTS και είναι και λογικό αφού έχει μόνο ένα ζευγάρι TRX. Επίσης ένας λόγος που θα πρέπει να λάβουμε υπόψιν για την χαμηλότερη ενεργειακή κατανάλωση του UMTS είναι και αυτός του ότι είναι νέας τεχνολογίας μηχανήματα και το hardware κομμάτι του έχει σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να έχει μικρότερη κατανάλωση από τους προκατόχους του. Από τις μετρήσεις που έχουν ληφθεί παρατηρούμε ότι οι χαμηλότερες διαφοροποιήσεις στις ημερήσιες καταναλώσεις ισχύος έχουν ληφθεί από το UMTS μηχανήματα. Οι μεγαλύτερες διαφοροποιήσεις παρατηρούνται στο μηχανήματα GSM 900 και κυμαίνονται από 34% έως 43%. Τα μηχανήματα του GSM 900 και του GSM 1800 είναι κατασκευασμένα το ίδιο χρονικό διάστημα και

με παρόμοιες τεχνολογίες και ενώ υπάρχει αυξημένος αριθμός TRX για τον τηλεπικοινωνιακό εξοπλισμό του GSM 1800 παρατηρείται πολύ μικρότερη διαφοροποίηση στην κατανάλωση ημερήσιας ενέργειας και κυμαίνονται από 22% έως 32%. Αυτό είναι αποτέλεσμα βελτιώσεων που έχει υποστεί από τους κατασκευαστές ο τηλεπικοινωνιακός εξοπλισμός του GSM 1800 στο hardware κομμάτι.

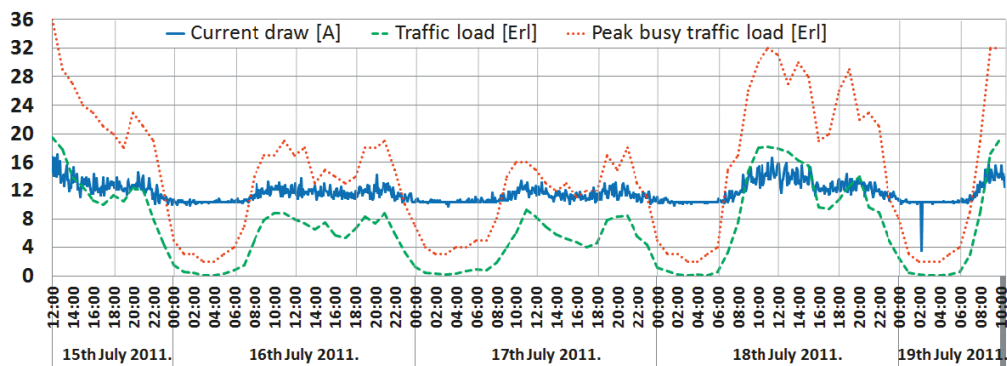
Μία σημαντική λεπτομέρεια η οποία θα μπορούσε να μας οδηγήσει σε λανθασμένα συμπεράσματα για την μηνιαία κατανάλωση ενέργειας του σταθμού βάσης είναι η διαφοροποίηση που παρατηρείται μεταξύ των εργάσιμων ημερών και αυτών του Σαββατοκύριακου κατά το οποίο υπάρχει μειωμένη ζήτηση χρηστών. Από τα γραφήματα και για τα τρία τηλεπικοινωνιακά μηχανήματα (GSM 900, 1800, UMTS) παρατηρούμε ότι την μέγιστη κατανάλωση καταγράφεται μεταξύ των ωρών 10:00 το πρωί με 14:00 το μεσημέρι, ώρες κατά τις οποίες ο ενεργός πληθυσμός στην πλειονότητα του εργάζεται και υπάρχει ανάγκη επικοινωνίας τόσο για επαγγελματικούς λόγους όσο και για προσωπικούς. Από τις 14:00 με 19:00 παρουσιάζεται μία κάμψη στην κατανάλωση ισχύος από τα τηλεπικοινωνιακά μηχανήματα αφού υπάρχει μειωμένη χρήση επικοινωνίας μεταξύ των χρηστών η οποία αυτή μεταβάλλεται σε ανοδική για το χρονικό διάστημα μεταξύ 19:00 και 22:00. Τέλος κοινό χαρακτηριστικό όλων των διαγραμμάτων είναι ότι η χαμηλότερη κατανάλωση ισχύος επιτυγχάνεται μεταξύ 02:00 και 07:00 το πρωί ώρες κατά τις οποίες ένα πολύ μεγάλο μέρος του πληθυσμού δεν δραστηριοποιείται.

3.5 Συσχέτιση κατανάλωσης ισχύος με erlangs

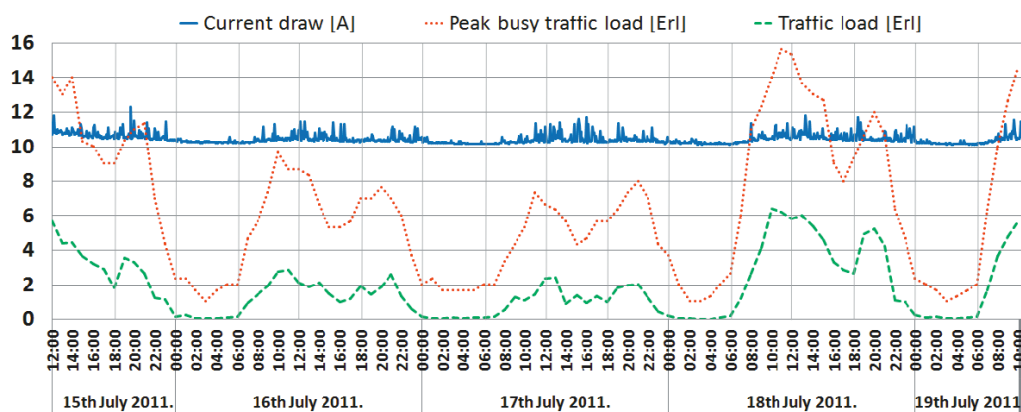
Στα παρακάτω γραφήματα που ακολουθούν θα αποδείξουμε την άμεση συσχέτιση της αύξησης της κατανάλωσης ισχύος με αυτή της αύξησης των χρηστών βρίσκονται σε επικοινωνία χρησιμοποιώντας τις προσφερόμενες υπηρεσίες του παραπάνω σταθμού βάσης που ελέγχεται όπως και αντιστρόφως.



Σχήμα 34: Σύγκριση μεταξύ κατανάλωση Amperes σε DC και Erlangs για το GSM sector1



Σχήμα 35: Σύγκριση μεταξύ κατανάλωση Amperes σε DC και Erlangs για το GSM sector 2

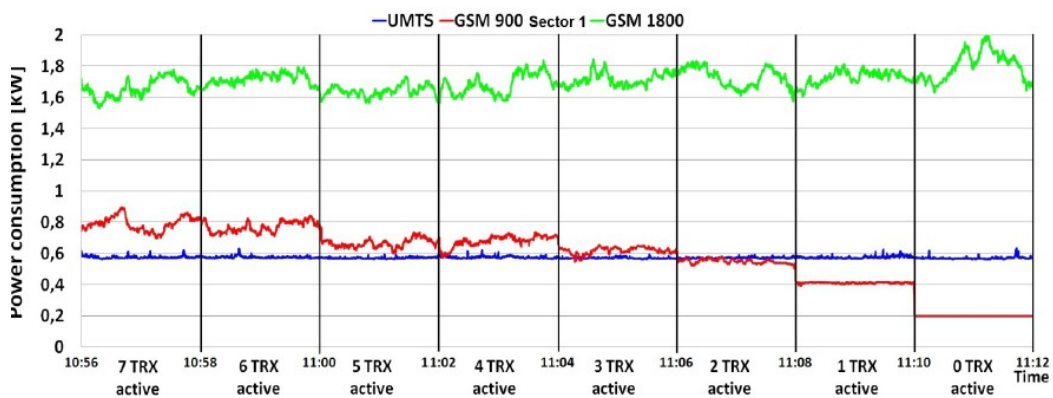


Σχήμα 36: Σύγκριση μεταξύ κατανάλωση Amperes σε DC και Erlangs για το UMTS

Από τα γραφήματα όντως παρατηρούμε την συσχέτιση μεταξύ των χρηστών και της κατανάλωσης ενέργειας αλλά και την αντίστοιχη αυξομείωση ιδιαίτερος για την τεχνολογία του GSM. Για την τεχνολογία του UMTS η συσχέτιση αν και υπάρχει δεν είναι τόσο εναρμονισμένη λόγω δύο παραγόντων. Του μικρού

αριθμού των χρηστών αυτής της τεχνολογίας. Θα πρέπει να επενθυμίσουμε ότι ο συγκεκριμένος σταθμός βάσης που ελέγχεται έχει μόνο ένα TRX κανάλι ανά τομέα (sector). Ο δεύτερος και εξίσου σημαντικός παράγοντας έχει να κάνει με την τεχνολογία κατασκευής του μηχανήματος η οποία είναι νεότερης τεχνολογίας και λιγότερο ενεργειακά επιρρεπής στις μεταβολές της τηλεπικοινωνιακής κίνησης.

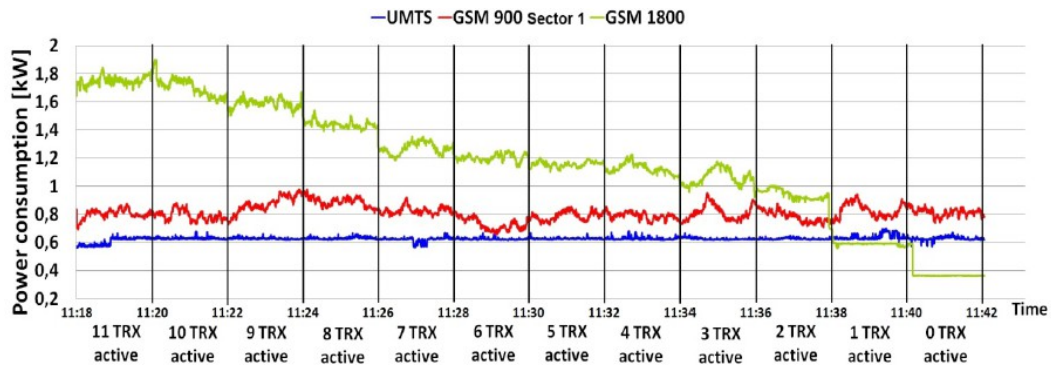
Ένας σημαντικός παράγοντας ο οποίος θα πρέπει να εξεταστεί είναι η σχέση των TRX καναλιών με την κατανάλωση ισχύος. Τα κανάλια μεταφοράς σηματοδοσίας TRX είναι σε μεγάλο βαθμό ενεργοβόρα και επηρεάζουν αντίστοιχα την συνολική κατανάλωση ενέργειας του σταθμού βάσης. Για να καταστεί δυνατή η κατανόηση συσχέτισης κατανάλωσης ενέργειας και TRX πραγματοποιήθηκε η εξής διαδικασία: Πραγματοποιήθηκαν συνεχείς λήψεις μετρήσεων των καταναλώσεων και της αντιστοιχίας των TRX καναλιών. Μετά από ένα χρονικό διάστημα και κατά τις ώρες αιχμής ξεκίνησε η διαδικασία απενεργοποίησης των TRX καναλιών ένα προς ένα με συχνότητα ανά δύο λεπτά για το GSM 900, 1800.



Σχήμα 37: ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΙΣΧΥΟΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΠΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ TRX ΤΟΥ GSM 900

Στο παραπάνω γράφημα παρατηρούμε την ενεργειακή διαφοροποίηση που επιτυγχάνεται απενεργοποιώντας ένα προς ένα τα TRX από το GSM 900 του sector 1. Όπως ήταν αναμενόμενο κατά την διακοπή των TRX καναλιών προκύπτει μείωση της τάξης των 50 με 60 Watt της κατανάλωσης ισχύος του GSM 900. Η απώλεια ραδιοδιαύλων επικοινωνίας από την μάντα των 900MHz πρέπει να πληρωθεί όμως από τον σταθμό βάσης οπότε οι χρήστες εξυπηρετούνται από την μάντα των 1800MHz. Η διαδικασία αυτή ενώ μειώνει

την κατανάλωση ισχύος του GSM 900 παράλληλα προκαλεί μία αύξηση της κατανάλωσης ισχύος του GSM 1800 το οποίο έχει τους πόρους για να καλύψει την αυξανόμενη κίνηση φορτίων σε αυτό αφού μπορεί να καταναείμει την επιπλέον ζήτηση και ως προς τους 3 sectors που διαθέτει ενεργούς. Από όλη την παραπάνω αναδιάταξη παρατηρούμε ότι το UMTS παραμένει ανεπηρέαστο ενεργειακά αφού δεν είναι αναγκαίο να δεχτεί να εξυπηρετήσει υπηρεσίες φωνής.



Σχήμα 38: ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΙΣΧΥΟΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΠΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ TRX ΤΟΥ GSM 900

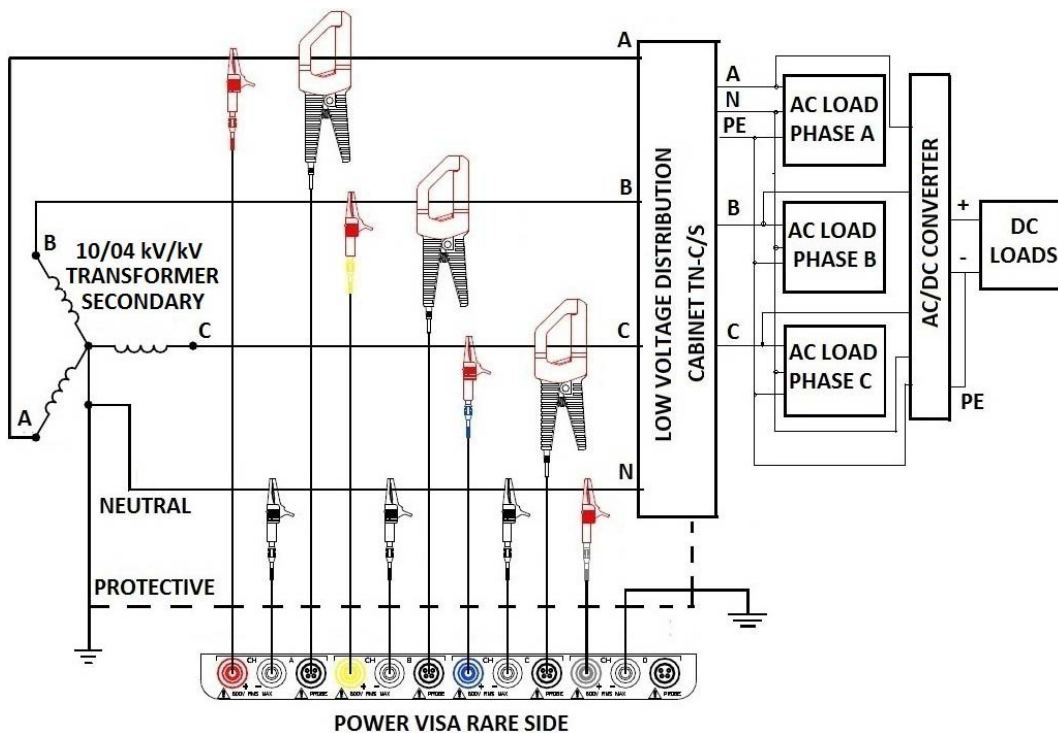
Κατά την απενεργοποίηση των TRX της μάντας του GSM 1800 παρατηρείται μία μείωση της τάξης των 100 Watt κατά μέσο όρο για την απενεργοποίηση ενός TRX κάθε φορά. Η διαφοροποίηση σε αυτό το διάγραμμα έγκειται στο ότι παρά την μείωση της ισχύος αλλά και των χρηστών στο GSM 1800 δεν παρατηρείται αντίστοιχη αύξηση της ισχύος του sector 1 του GSM 900 αφενός γιατί έχουν πληρωθεί όλα τα διαθέσιμα του κανάλια με αποτέλεσμα την επιπλέον μετακίνηση των χρηστών να την καλύπτουν τα υπόλοιπα sectors. Επίσης μία διαφοροποίηση της κατανάλωσης ενέργειας του UMTS παρατηρείται να κινείται ανοδικά όταν το GSM 1800 παραμένει σε λειτουργία με μόλις 2 TRX και αργότερα με 1 TRX αλλά και πάλι η διαφοροποίηση είναι πολύ μικρής κλίμακας και δεν ξεπερνά τα 50 με 60 Watt. Πλέον και το UMTS δέχεται υπηρεσίες φωνής.

Στον σταθμό βάσης δεν κατέσται δυνατόν να απενεργοποιηθούν τα TRX του UMTS. Αν συνέβαινε αυτό υπήρχε πολύ μεγάλη πιθανότητα απώλειας υπηρεσιών από το δίκτυο λόγω του ότι το UMTS στο συγκεκριμένο σταθμό βάσης η υπηρεσία αυτή παρέχονταν μόνο από 3 TRX, έναν για κάθε τομέα.

Αν αποφασιζόταν να απενεργοποιηθούν όλα τα TRX λόγω του ότι το δίκτυο ακολουθεί το μοντέλο της λεγόμενης ομπρέλας οι χρήστες θα εξυπηρετούνταν από άλλους σταθμούς βάσης αλλά και πάλι θα υπήρχε μία σημαντική κατανάλωση ενέργειας λόγω του ότι θα ήταν σε λειτουργία όλα τα μηχανήματα τα οποία υποστηρίζουν τον σταθμό βάσης όπως οι ανορθωτικές διατάξεις ο κλιματισμός και λοιπά μηχανήματα.

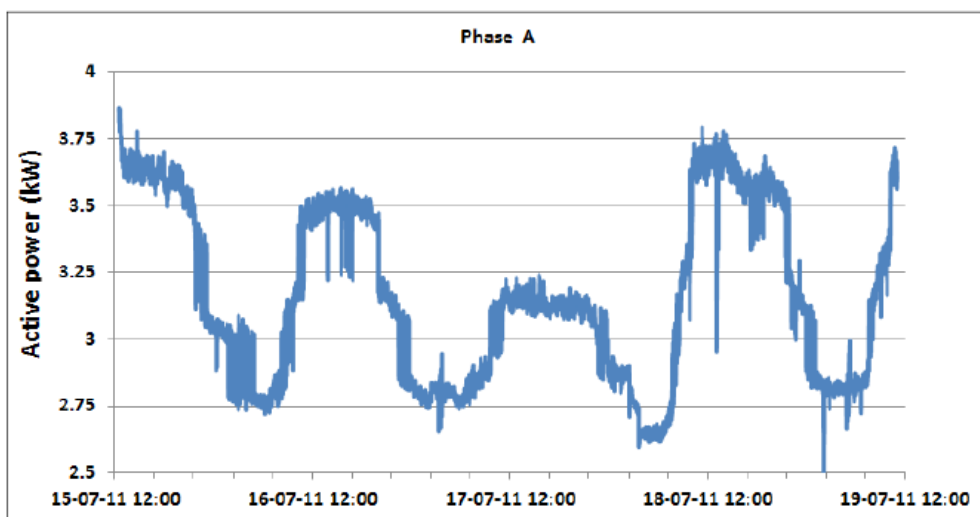
3.6 Μέτρηση κατανάλωσης AC ισχύος

Για την μέτρηση κατανάλωσης της εναλλασσόμενης AC ενέργειας (κυρίως οι κλιματιστικές μονάδες και οι διατάξεις φορτίζουν τις μπαταρίες) χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω στοιχεία: ένας φορητός ηλεκτρονικός υπολογιστής εξοπλισμένος με κατάλληλο software έναν παλμογράφο με 8 ανεξάρτητα κανάλια τρεις αμπεροτσιμπίδες για να λαμβάνονται δεδομένα για την κατανάλωση των Amperes σε κάθε μία από τις τρεις φάσεις, έναν TNC ελεγκτή τερματικού κόμβου ώστε να επιτύχουμε διαμόρφωση του σήματος και ένα τροφοδοτικό. Αλλά ας αναλύσουμε λίγο την λειτουργία του TNC.Επειδή η διάταξη μας δέχεται ταυτόχρονα πολλά πακέτα δεδομένων ο TNC περιέχει ένα μόντεμ έναν επεξεργαστή και το σχετικό κύκλωμα που απαιτείται για την μετατροπή των δεδομένων μεταξύ του H/Y και του πρωτοκόλλου που χρησιμοποιείται. Σκόπος αυτής της διάταξης είναι να συγκροτεί δεδομένα από πακέτα που λαμβάνονται από τον H/Y,να εφαρμόζει ελέγχους και να εντοπίζει τυχόν λάθη σε κάθε πακέτο που λαμβάνει και στην συνέχεια να το διαμορφώνει σε ηχητικές συχνότητες. Το ηχητικό σήμα που λαμβάνεται μετατρέπεται από τον δέκτη σε ροή δεδομένων και στέλνεται στον H/Y.

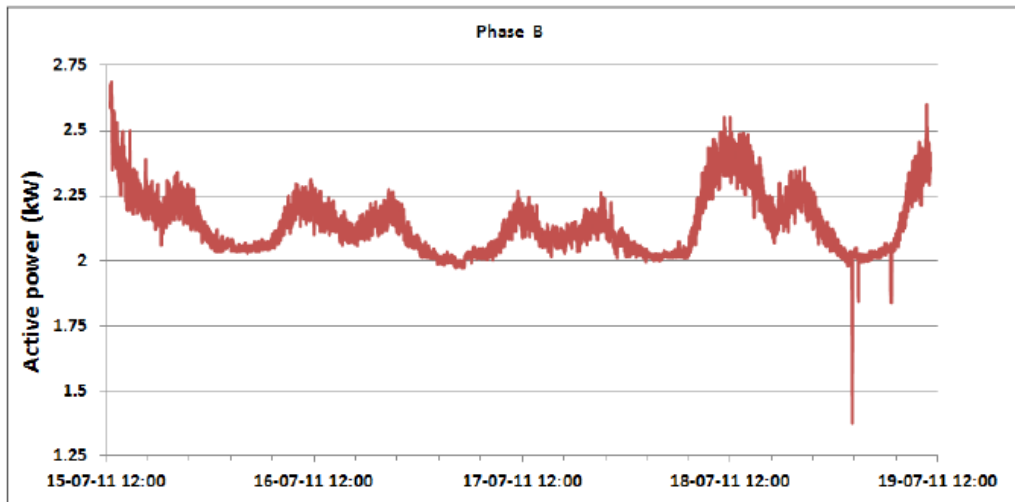


Σχήμα 39: Block διάγραμμα διάταξης μέτρησης AC ισχύος

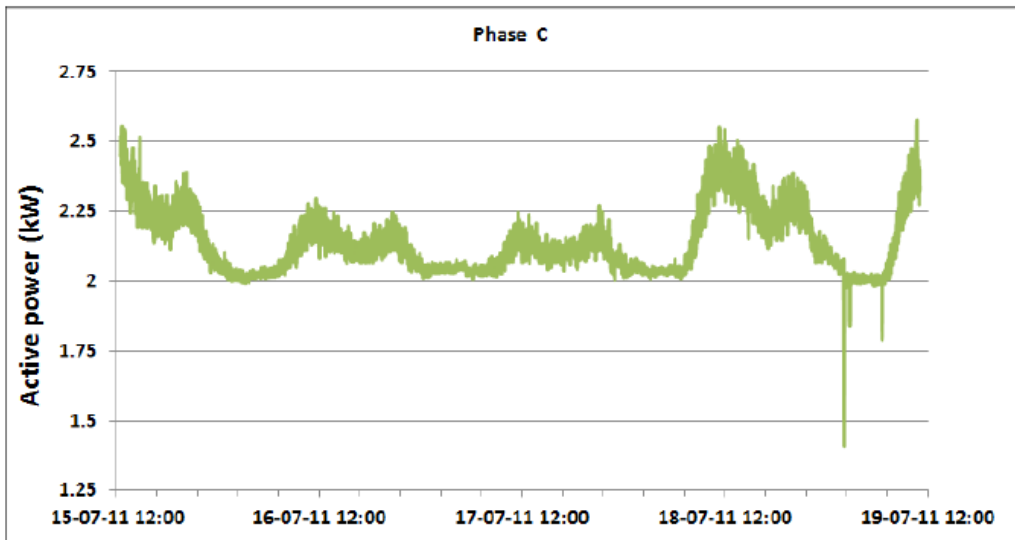
Παρακάτω παρατίθενται τα διαγράμματα κατανάλωσης ισχύος για την κάθε φάση ξεχωριστά.



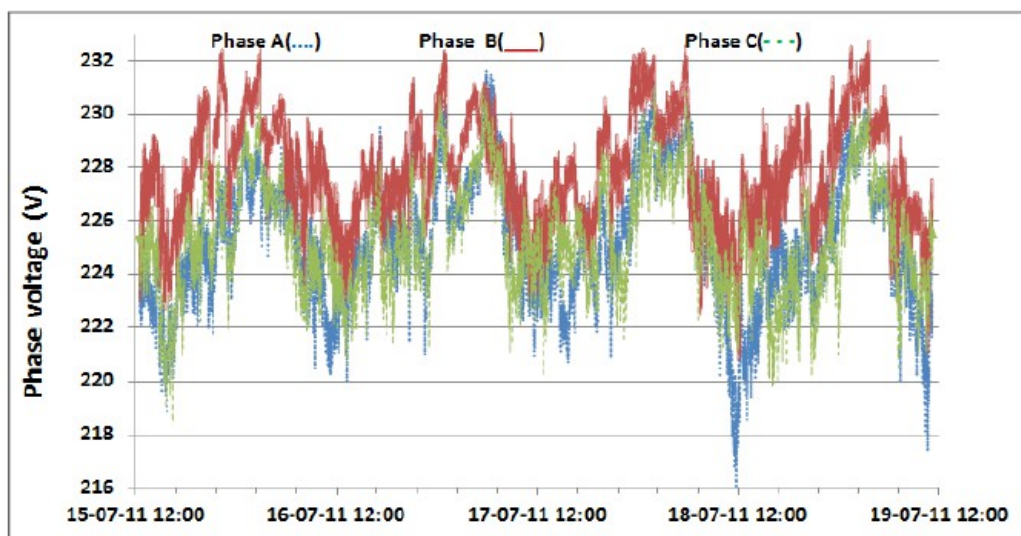
Σχήμα 40: ΕΝΕΡΓΟΣ ΤΙΜΗ ΦΑΣΗΣ Α



Σχήμα 41: ΕΝΕΡΓΟΣ ΤΙΜΗ ΦΑΣΗΣ Β



Σχήμα 42: ΕΝΕΡΓΟΣ ΤΙΜΗ ΦΑΣΗΣ C



Σχήμα 43: ΕΝΕΡΓΟΣ ΤΙΜΗ ΦΑΣΗΣ A, B, C

Από το τελευταίο γράφημα παρατηρούμε αμελητέες διαφορές στην τάση του ρεύματος ενώ διαφοροποιήσεις παρατηρούνται στην κατανάλωση της ισχύος της φάσης A οι οποίες προκύπτουν από την σύνδεση του κλιματισμού σε αυτή την φάση. Ο κλιματισμός όταν ενεργοποιείται ο κομπρέσορας μας δίνει μία αύξηση της ισχύος κατά 1 kW.

3.7 Στατιστικά στοιχεία AC κατανάλωσης

Χρονική περίοδος	Κατανάλωση ισχύος	ΦΑΣΗ A	ΦΑΣΗ B	ΦΑΣΗ C
Παρασκευ ή 15 Ιουλίου	Ελάχιστη ημερήσια κατανάλωση kW	3,02	2,06	2,03
	Μέγιστη ημερήσια κατανάλωση kW	3,87	2,69	2,55
	Μέση ημερήσια κατανάλωση kW	3,53	2,24	2,24
	M.O. Ελάχιστης ημερήσιας κατανάλωσης kW %	14,35	8,04	9,39
	M.O. Μέγιστης ημερήσιας κατανάλωσης kW %	8,73	26,91	17,24
	Συνολική κατανάλωση ενέργειας kWh		91,54	

Πίνακας 10: Στατιστικά στοιχεία AC κατανάλωσης

Χρονική περίοδος	Κατανάλωση ισχύος	ΦΑΣΗ Α	ΦΑΣΗ Β	ΦΑΣΗ C
Σάββατο 16Ιουλίου	Ελάχιστη ημερήσια κατανάλωση kW	2,73	2,03	1,99
	Μέγιστη ημερήσια κατανάλωση kW	3,57	2,31	2,29
	Μέση ημερήσια κατανάλωση kW	3,16	2,12	2,10
	Μ.Ο. Ελάχιστης ημερήσιας κατανάλωσης kW %	13,91	4,44	5,04
	Μ.Ο. Μέγιστης ημερήσιας κατανάλωσης kW %	11,44	8,10	8,42
	Συνολική κατανάλωση ενέργειας kWh		175,07	

Πίνακας 11: Στατιστικά στοιχεία AC κατανάλωσης

Χρονική περίοδος	Κατανάλωση ισχύος	ΦΑΣΗ Α	ΦΑΣΗ Β	ΦΑΣΗ C
Κυριακή 17Ιουλίου	Ελάχιστη ημερήσια κατανάλωση kW	2,66	1,97	1,99
	Μέγιστη ημερήσια κατανάλωση kW	3,24	2,27	2,27
	Μέση ημερήσια κατανάλωση kW	2,99	2,08	2,09
	Μ.Ο. Ελάχιστης ημερήσιας κατανάλωσης kW %	11,07	5,06	3,98
	Μ.Ο. Μέγιστης ημερήσιας κατανάλωσης kW %	7,86	8,39	8,11
	Συνολική κατανάλωση ενέργειας kWh		169,18	

Πίνακας 12: Στατιστικά στοιχεία AC κατανάλωσης

Χρονική περίοδος	Κατανάλωση ισχύος	ΦΑΣΗ Α	ΦΑΣΗ Β	ΦΑΣΗ C
Δευτέρα 18Ιουλίου	Ελάχιστη ημερήσια κατανάλωση kW	2,60	2,00	2,01
	Μέγιστη ημερήσια κατανάλωση kW	3,79	2,55	2,55
	Μέση ημερήσια κατανάλωση kW	3,23	2,18	2,19
	Μ.Ο. Ελάχιστης ημερήσιας κατανάλωσης kW %	19,72	8,52	8,51
	Μ.Ο. Μέγιστης ημερήσιας κατανάλωσης kW %	14,80	14,36	13,93
	Συνολική κατανάλωση ενέργειας kWh		180,38	

Πίνακας 13: Στατιστικά στοιχεία AC κατανάλωσης

Χρονική περίοδος	Κατανάλωση ισχύος	ΦΑΣΗ Α	ΦΑΣΗ Β	ΦΑΣΗ C
Τρίτη 19 Ιουλίου	Ελάχιστη ημερήσια κατανάλωση kW	2,48	1,38	1,41
	Μέγιστη ημερήσια κατανάλωση kW	3,87	2,69	2,58
	Μέση ημερήσια κατανάλωση kW	2,99	2,11	2,10
	Μ.Ο. Ελάχιστης ημερήσιας κατανάλωσης kW %	17,22	34,83	32,77
	Μ.Ο. Μέγιστης ημερήσιας κατανάλωσης kW %	19,46	18,75	18,41
	Συνολική κατανάλωση ενέργειας kWh		79,88	

Πίνακας 14: Στατιστικά στοιχεία AC κατανάλωσης

Συνολική περίοδος	Κατανάλωση ισχύος	ΦΑΣΗ Α	ΦΑΣΗ Β	ΦΑΣΗ C
	Ελάχιστη ημερήσια κατανάλωση kW	2,48	1,38	1,41
	Μέγιστη ημερήσια κατανάλωση kW	3,87	2,69	2,58
	Μέση ημερήσια κατανάλωση kW	3,16	2,14	2,14
	Μ.Ο. Ελάχιστης ημερήσιας κατανάλωσης kW %	21,52	35,51	34,11
	Μ.Ο. Μέγιστης ημερήσιας κατανάλωσης kW %	18,35	20,45	17,05
	Συνολική κατανάλωση ενέργειας kWh		604,51	

Πίνακας 15: Στατιστικά στοιχεία AC συνολικής κατανάλωσης

Αναλύοντας τα στοιχεία που έχουν ληφθεί από τις συνεχείς μετρήσεις η μέση ημερήσια κατανάλωση για τις φάσεις Α,Β,С είναι της τάξεως των 3,16kW, 2,14 kW και 2,14kW αντίστοιχα. Η κατανάλωση ενέργειας του εναλλασσόμενου ρεύματος τις καθημερινές μέρες δεν είναι έντονα διαφοροποιημένο σε σχέση με την κατανάλωση που προκύπτει τις ημέρες του Σαββατοκύριακου. Παρατηρείται όμως μία μικρή αύξηση της κατανάλωσης της ισχύος τις καθημερινές σε σχέση με το Σαββατοκύριακο. Όπως έχει ειπωθεί και παραπάνω που αναφερθήκαμε στην κατανάλωση του DC ρεύματος το Σαββατοκύριακο παρατηρείται μειωμένη κατανάλωση ισχύος,αποτέλεσμα της ελαχιστοποίησης των τηλεφωνημάτων του πληθυσμού που εργάζεται για επαγγελματικούς λόγους. Η μέγιστη κατανάλωση παραδείγματος χάριν της κατανάλωσης παρατηρείται την ημέρα της Δευτέρας

στις 11:20 και κυμαίνεται στα 3,79 kW για την φάση A 2,18kW για την φάση B και 3,19kW για την φάση C. Την ίδια ημέρα η ελάχιστη κατανάλωση σημειώθηκε

	Συνολική κατανάλωση kWh	Κόστος σε €
Δευτέρα-Παρασκευή	3968,36	
Σάββατο	700,16	
Κυριακή	679,08	
Τετράμηνο	21390,4	2989,23
Έτος	64171,20	8967,69

στις 02:17 τα ξημερώματα και οι τιμές που λήφθηκαν είναι οι παρακάτω: 2,60 kW για την φάση A 2,00kW για την φάση B και 2,00kW για την φάση C. Οι ελάχιστες και οι μέγιστες καταναλώσεις που καταγράφονται τόσο για το DC ρεύμα όσο και για το AC φαίνεται από τις μετρήσεις που λαμβάνονται να καταγράφονται τα ίδια χρονικά διαστήματα αλλά και οι εναλλαγές αυτών σε αυξομειώσεις συνεχίζουν να παρουσιάζουν μια συσχέτιση με τη αύξηση ή μείωση της τηλεπικοινωνιακής κίνησης.

Για την καλύτερη κατανόηση της κατανάλωσης ισχύος AC ρεύματος του σταθμού βάσης θα εξετάσουμε την κατανάλωση κάθε εξοπλισμού χωριστά. Βάση των μετρήσεων των οποίων έχουμε λάβει καταλήγουμε στο παρακάτω γράφημα.

Σχήμα 44: Καταναλώσεις

3.8 Κοστολόγιο λειτουργίας σταθμού βάσης

Από τα στοιχεία που έχουμε συλλέξει δίνεται η δυνατότητα στο να προβούμε σε μία εκτίμηση της κατανάλωσης της ενέργειας σε καθημερινή τετραμηνιαία αλλά και ετήσια βάση.

Ο πίνακας στην στήλη που αναφέρεται το κοστολόγιο δεν είναι συμπληρωμένο λεπτομερώς λόγω της διαφοροποίησης που έγκειται στην κλιμακωτή χρέωση από τον πάροχο. Έχει επιλεγεί ως αναφορά το τετράμηνο λόγω του ότι ανά 4 μήνες ο

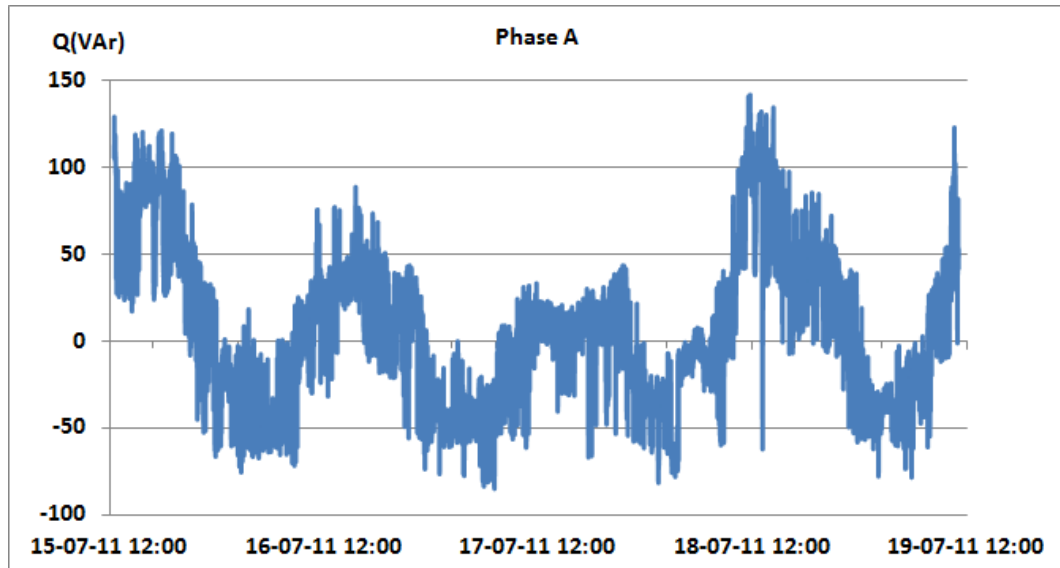
πάροχος μηδενίζει την μέτρηση των kWh και επομένως επανάληψη της κλιμακούμενης χρέωσης έως τις 2000 kWh. Το κοστολόγιο αναφέρεται μόνο ως προς την κατανάλωση ενέργειας χωρίς να υπολογίζονται χρεώσεις όπως πάγια και δημοτικά τέλη τα οποία αυξάνουν κατά πολύ το κόστος. Κατά τις μετρήσεις διαχωρίσαμε τις καθημερινές μέρες όπως επίσης και το Σάββατο με την Κυριακή λόγω του ότι από τις μετρήσεις που ελήφθησαν και σε προηγούμενα κεφάλαια παρατηρήθηκαν διαφοροποιήσεις οι οποίες αν δεν ληφθούν υπόψιν στο διάστημα του ενός χρόνου μπορεί να οδηγήσει σε απόκλιση των εκτιμήσεων από τις πραγματικές καταναλώσεις. Ως αντιπροσωπευτική ημέρα από τις καθημερινές λήφθηκε η Δευτέρα, οι καθημερινές ημέρες υπολογίστηκαν σε 22 ημέρες και τα Σαββατοκύριακα ως 4 δηλαδή σύνολο 8 ημέρες. Ο κάθε μήνας θεωρήθηκε ότι αποτελείται από 30 ημέρες έκαστος. Ένας σημαντικός παράγοντας που δεν έχει ληφθεί είναι οι διαφοροποιήσεις και τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα κάθε μήνα αν αυτός είναι χειμερινός ή καλοκαιρινός που θα επηρεάσει τον χρόνο χρήσης του κλιματισμού αλλά και το είδος της λειτουργίας του αν θα θερμάνει ή θα ψύξει τον χώρο του σταθμού βάσης. Αποτέλεσμα αυτού είναι η διαφοροποίηση της κατανάλωσης ισχύος. Ένας άλλος παράγοντας είναι και οι ιδιαιτερότητες που παρουσιάζονται κάποιων ημερών αυτών όπως τοπικές γιορτές, αθλητικές, θρησκευτικές, πολιτικές εκδηλώσεις ημέρες που παρατηρείται συνωστισμός κόσμου οπότε και κατ'επέκταση αύξηση της τηλεπικοινωνιακής κίνησης άρα και της DC κατανάλωσης ισχύος.

Να σημειωθεί ότι το χρονικό διάστημα στο οποίο λήφθησαν δεδομένα είναι σχετικά πολύ μικρό ώστε να παρατεθούν εκτιμήσεις για μεγάλο χρονικό διάστημα για τους λόγους που μόλις προαναφέραμε. Για ακριβέστερα συμπεράσματα θα έπρεπε να ληφθούν μετρήσεις με κάποια τυχαιότητα καθόλη την διάρκεια ενός ημερολογιακού έτους.

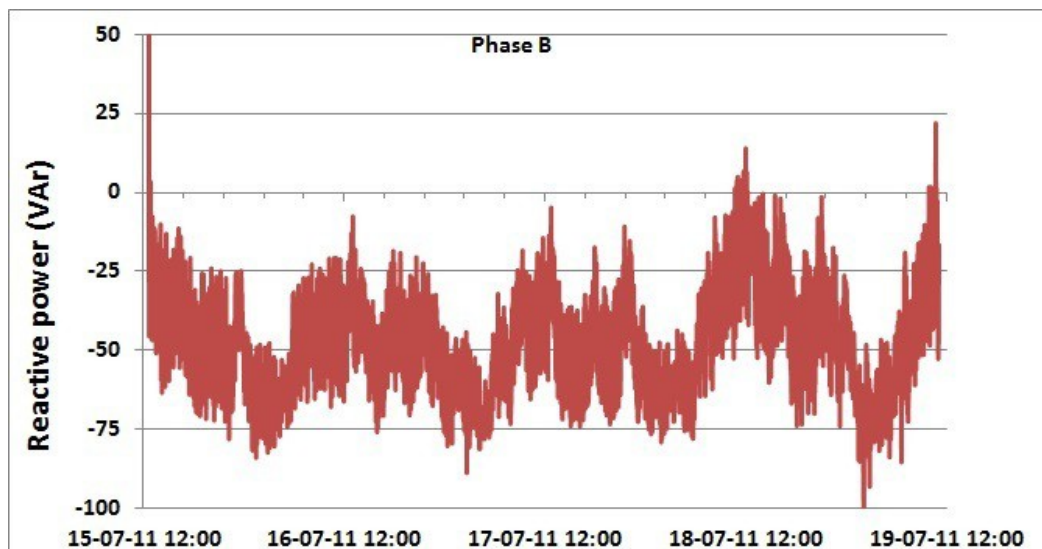
3.9 Αεργός κατανάλωση ισχύος ενός Σταθμού Βάσης

Με τον όρο αεργό κατανάλωση ισχύος εννοούμε το τμήμα της ροής ενέργειας που αποθηκεύεται προσωρινά υπό την μορφή μαγνητικών ή ηλεκτρικών πεδίων, λόγω επαγωγικών και χωρητικών στοιχείων του δικτύου, και στη συνέχεια επιστρέφει στην πηγή. Σε κυκλώματα εναλλασσόμενου ρεύματος, η ενέργεια

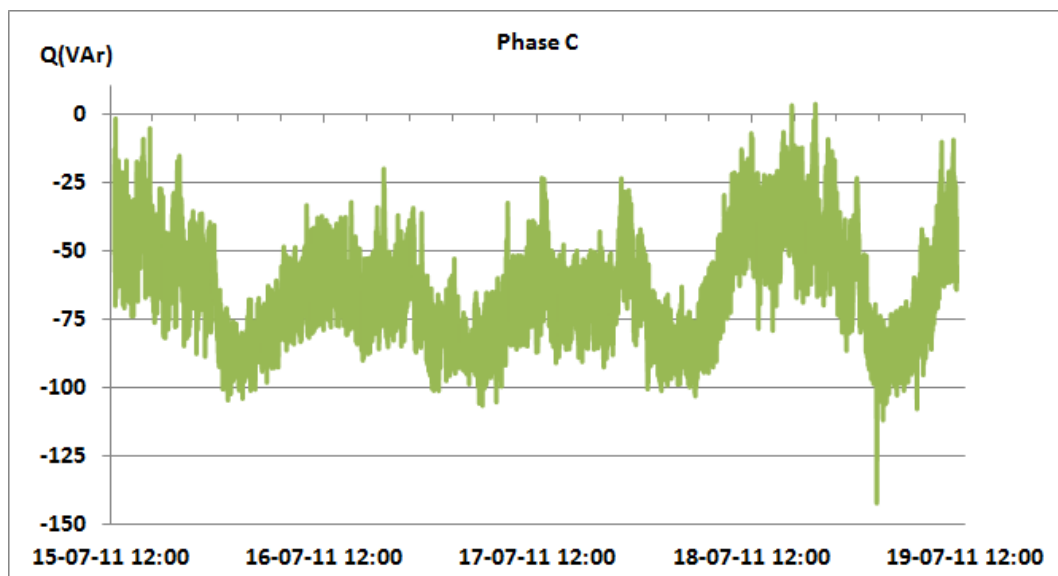
αποθηκεύεται προσωρινά σε επαγωγικά και χωρητικά στοιχεία, τα οποία μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την περιοδική αντιστροφή της κατεύθυνσης της ροής ενέργειας. Αυτό το φαινόμενο εμφανίζεται και από τα μηχανήματα και στον σταθμό βάσης.



Σχήμα 45: Αεργός ισχύς της φάσης A 15-19 Ιουλίου.



Σχήμα 46: Αεργός ισχύς της φάσης B 15-19 Ιουλίου.



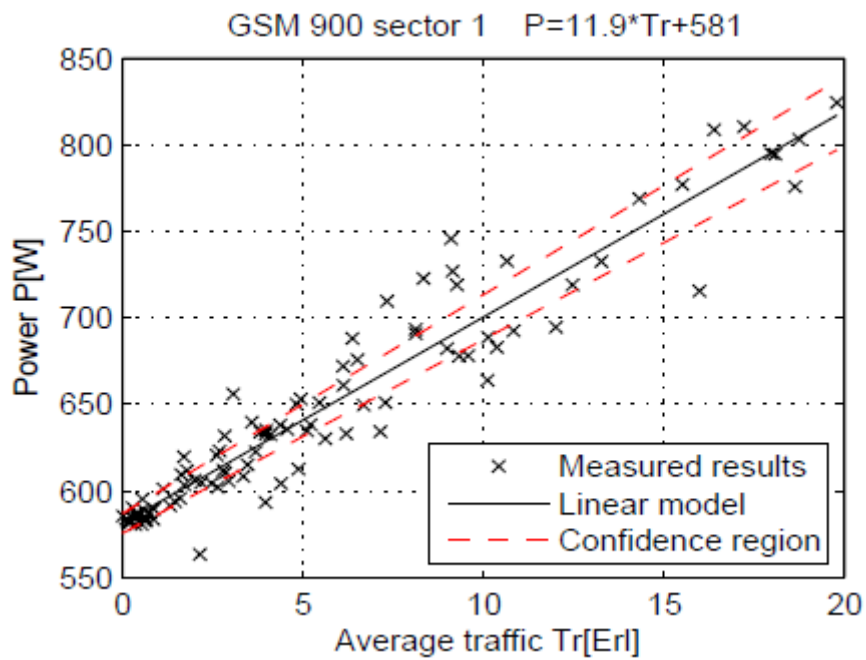
Σχήμα 47: Αεργός ισχύς της φάσης C 15-19 Ιουλίου.

Περίοδος	Κατανάλωση ανά φάση	Φάση A	Φάση B	Φάση C
Παρασκευή 15 Ιουλίου	Ελάχιστη ημερήσια αεργός ισχύς VAr	-66,60	-78,10	-88,50
	Μέγιστη ημερήσια αεργός ισχύς VAr	129,37	327,80	-3,00
Σάββατο 16 Ιουλίου	Ελάχιστη ημερήσια αεργός ισχύς VAr	-75,40	-84,00	-104,60
	Μέγιστη ημερήσια αεργός ισχύς VAr	88,78	-8,10	-20,20
Κυριακή 17 Ιουλίου	Ελάχιστη ημερήσια αεργός ισχύς VAr	-84,10	-88,40	-106,60
	Μέγιστη ημερήσια αεργός ισχύς VAr	43,58	-5,10	-23,40
Δευτέρα 18 Ιουλίου	Ελάχιστη ημερήσια αεργός ισχύς VAr	-81,70	-79,00	-102,50
	Μέγιστη ημερήσια αεργός ισχύς VAr	142,05	13,98	3,49
Τρίτη 19 Ιουλίου	Ελάχιστη ημερήσια αεργός ισχύς VAr	-77,70	-130,60	-141,80
	Μέγιστη ημερήσια αεργός ισχύς VAr	123,21	21,799	-9,50
Συνολική περίοδος	Ελάχιστη ημερήσια αεργός ισχύς VAr	142,05	327,80	0,00
	Μέγιστη ημερήσια αεργός ισχύς VAr	-84,10	-130,60	-14,80

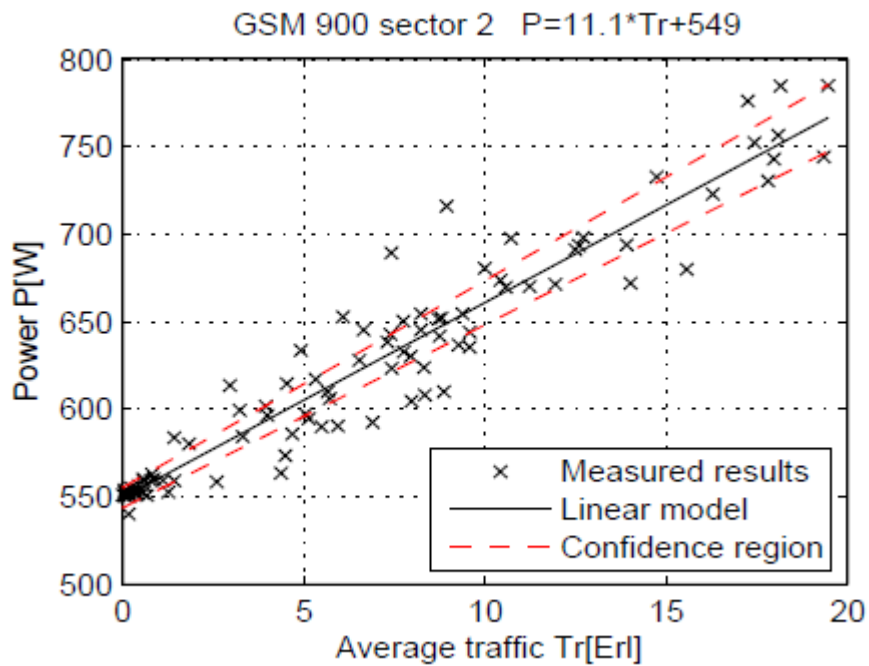
Εδώ θα πρέπει να επισημανθεί ότι στην φάση A εκτός από την διασύνδεση των υπολοίπων τηλεπικοινωνιακών μηχανημάτων είναι συνδεδεμένος και ο κλιματισμός ο οποίος επηρεάζει την αεργό ισχύ της φάσης. Να σημειωθεί ότι με αρνητικό πρόσημο είναι η ισχύς που προκύπτει από χωρητικά φορτία ενώ με θετικό αυτά που προκύπτουν από επαγωγικά φορτία. Από τον παραπάνω πίνακα συμπεραίνουμε ότι οι διαφοροποιήσεις που προκύπτουν είναι μικρότερες σε σχέση με τις διαφοροποιήσεις που διακρίνουμε στην ενεργό κατανάλωση ισχύος που έχουμε συναντήσει σε παραπάνω πίνακες. Αυτό το αποτέλεσμα μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η αεργός ισχύς είναι αρκετά σταθερή και δεν εξαρτάται από τις διακυμάνσεις της κίνησης.

3.10 Επεξεργασία δεδομένων για την ενέργεια ισχύος

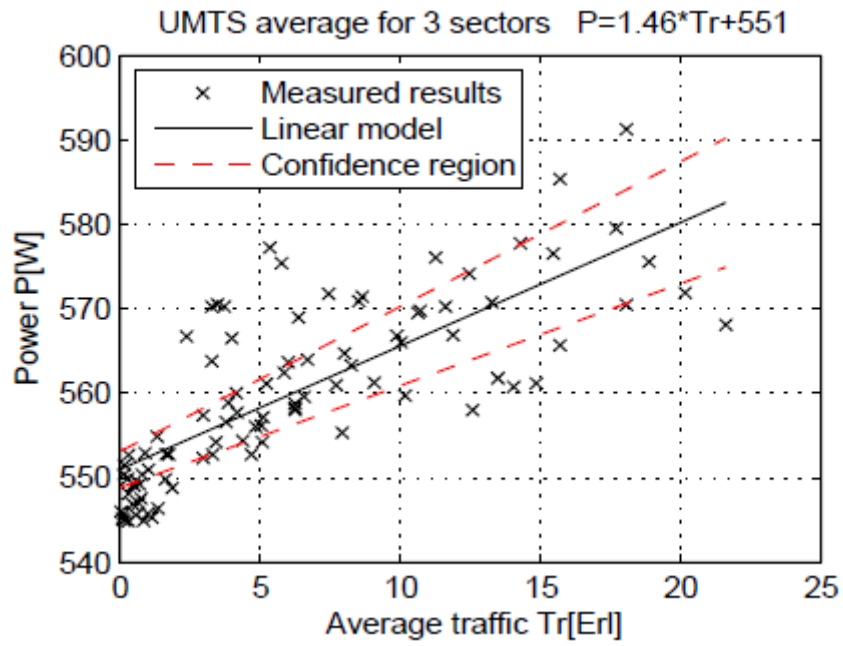
Με την επεξεργασία των δεδομένων που αφορούν την στιγμιαία ισχύ κατανάλωσης που λαμβάνεται από το κάθε rack για να μετατραπεί σε dc κατανάλωση ώστε να επέλθει η ικανοποίηση των αιτημάτων των χρηστών για υπηρεσίες αλλά και τον αριθμό των χρηστών που εξυπηρετούνταν από το δίκτυο έχουμε την δυνατότητα να το αποτυπώσουμε γραφικά. Από τα στοιχεία της ισχύος που έχουμε συλλέξει αλλά και των erlangs προκύπτουν δεδομένα. Με την εισαγωγή των δεδομένων αυτών στο MATLAB αποτυπώνονται οι παρακάτω γραφικές παραστάσεις. Οι γραφικές παραστάσεις απεικονίζουν την ενεργειακή συμπεριφορά των συγκεκριμένων τηλεπικοινωνιακών μηχανημάτων τόσο κατά την διάρκεια μίας συγκεκριμένης μέρας αλλά και συνολικά.



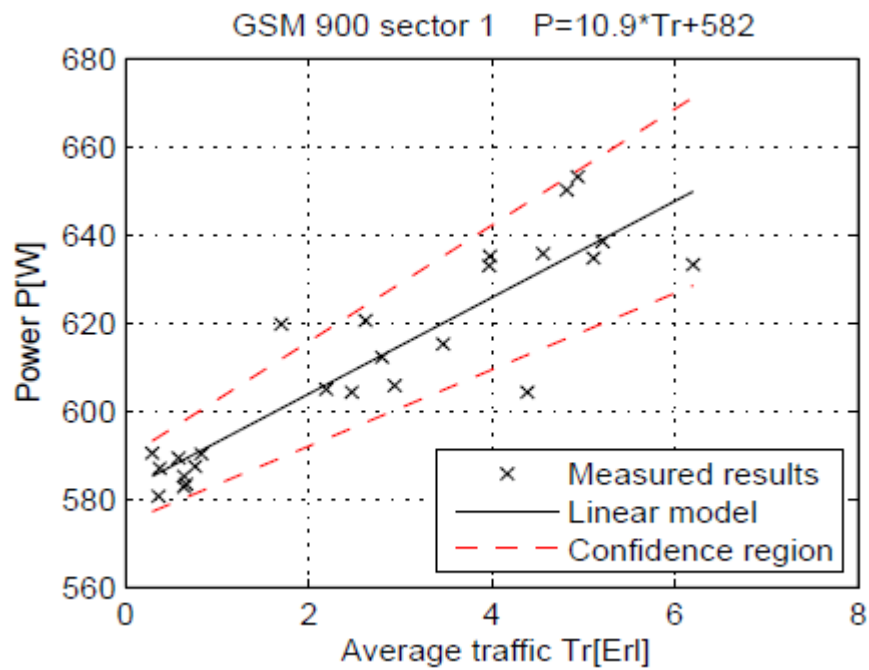
Σχήμα 48: Κατανάλωση ισχύος για το GSM 900 sector 1 (Συνολική περίοδος)



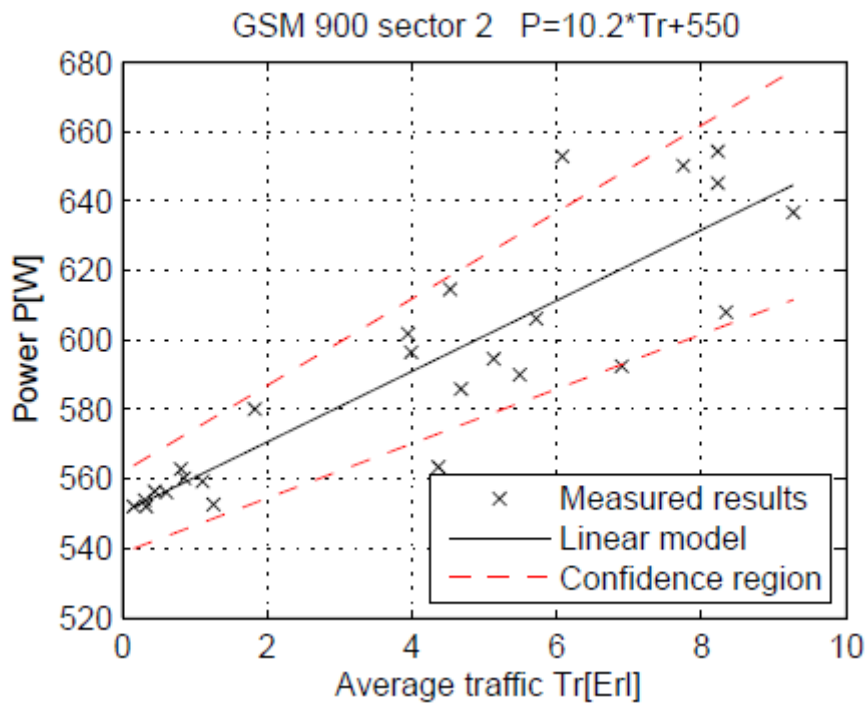
Σχήμα 49: κατανάλωση ισχύος για το GSM 900 sector 2 (Συνολική περίοδος)



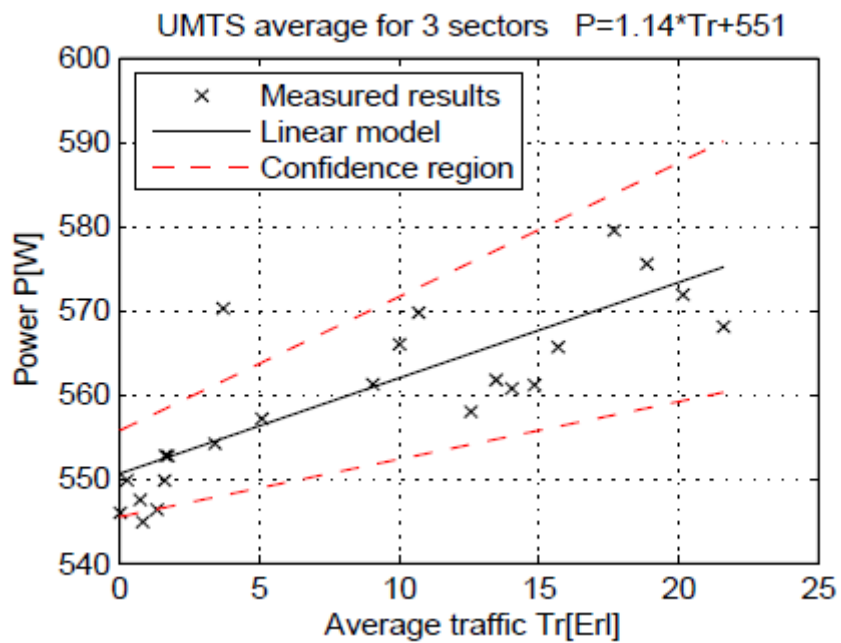
Σχήμα 50: κατανάλωση ισχύος για το UMTS (Συνολική περίοδος)



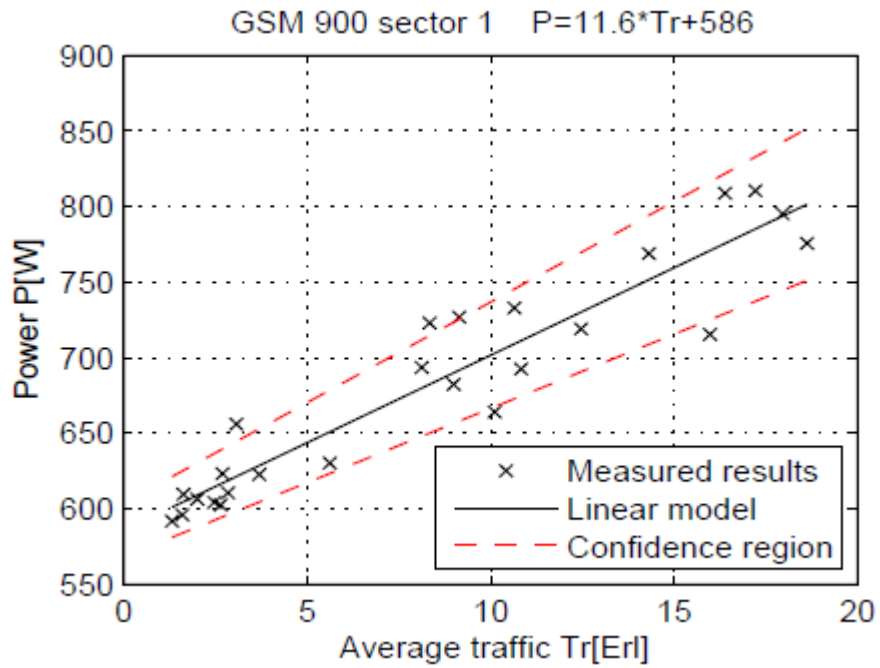
Σχήμα 51: κατανάλωση ισχύος για το GSM 900 sector 1 (Κυριακή 17/07)



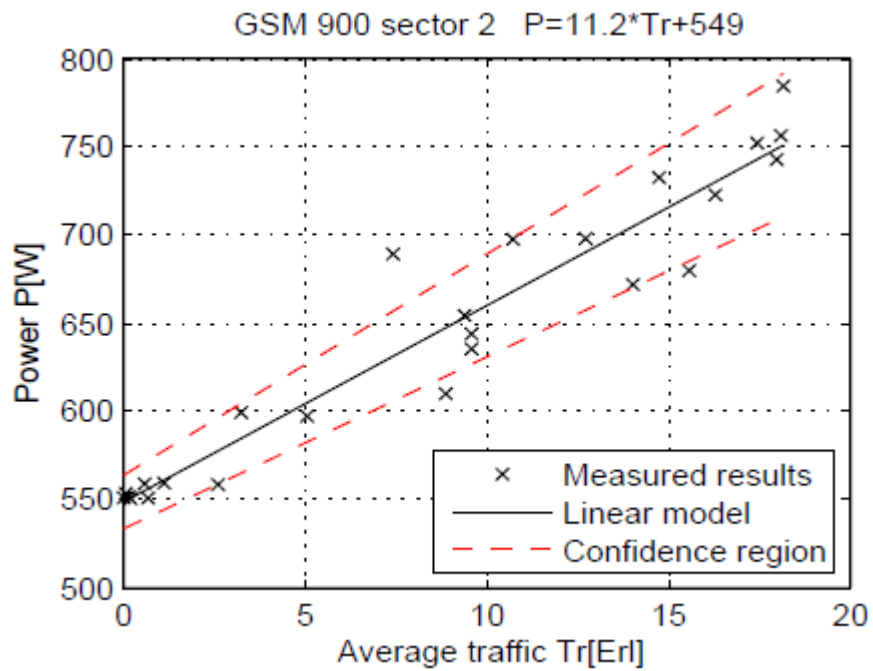
Σχήμα 52: κατανάλωση ισχύος για το GSM 900 sector 2 (Κυριακή 17/07)



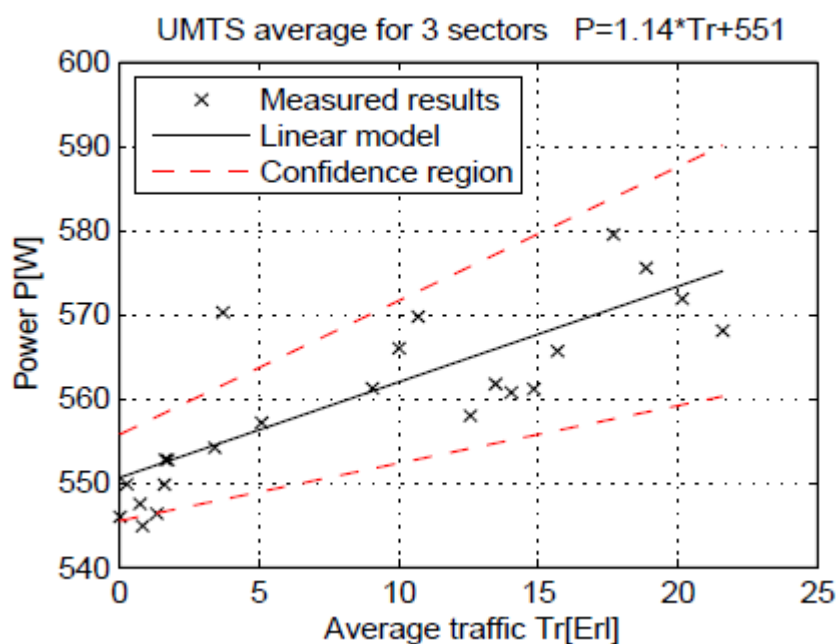
Σχήμα 53: κατανάλωση ισχύος για το UMTS για τους 3 sectors (Κυριακή 17/07)



Σχήμα 54: κατανάλωση ισχύος για το GSM 900 sector 1 (Δευτέρα 17/07)



Σχήμα 55: κατανάλωση ισχύος για το GSM 900 sector 2 (Δευτέρα 17/07)



Σχήμα 56: κατανάλωση ισχύος για το UMTS (Δευτέρα 17/07)

Γενικό χαρακτηριστικό γνώρισμα όλων των παραπάνω γραφημάτων είναι ότι όλα τα τηλεπικοινωνιακά μηχανήματα όταν δεν φέρουν φορτία ,δηλαδή χρήστες η κατανάλωση ενέργειας κυμαίνεται από 550 μέχρι 580 Watt.

Η κατανάλωση του τηλεπικοινωνιακού μηχανήματος της μπάντας των 900MHz είναι γύρω στα 550Watt για τον sector 1 και τα 580Watt για τον sector 2. Από τα γραφήματα παρατηρούμε μεσοσταθμικά την κατανάλωση που χρειάζεται το μηχάνημα για να υποστηρίξει κάθε Erlang τηλεπικοινωνιακής κίνησης και κυμαίνεται στα 11-12Watt μεσοσταθμικά.

Όμοια η ενέργεια που καταναλώνεται για το UMTS είναι κοντά στα 550 Watt χωρίς τηλεπικοινωνιακή κίνηση αλλά η διαφορά σε σχέση με το GSM 900 παρατηρείται στην ενέργεια που καταναλώνει το τηλεπικοινωνιακό μηχάνημα για να ικανοποιήσει την τηλεπικοινωνιακή κίνηση του ενός Erlang. Είναι κατά πολύ μικρότερη και είναι της τάξεως του 1,14Watt/Erlang. Η διαφορά αυτή οφείλεται ότι το UMTS είναι κατά πολύ νεότερης τεχνολογίας από το GSM 900 αλλά και της διαφοράς των υπηρεσιών που προσφέρουν. Το δίκτυο του UMTS δίνει την δυνατότητα της πλήρους εκμετάλλευσης ενός ραδιοδιαύλου (δυναμική) σε σχέση

με την τεχνολογία του GSM που βασίζεται στην μεταγωγή κυκλώματος και δεσμεύει πόρους.

Να σημειωθεί ότι τα Watt που αντιστοιχούν σε κάθε Erlang είναι οι καταναλώσεις σε ισχύ από τα τηλεπικοινωνιακά μηχανήματα P_i και όχι αυτά που δέχεται ο κινητός σταθμός. Ο κινητός σταθμός δέχεται ισχύ της τάξης των mWatt.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Μέθοδος ελαχιστοποίησης ενέργειας σε Σ.Β.

4.1 Εισαγωγή

Από προηγούμενα κεφάλαια και ιδιαίτερα στο κεφάλαιο 3 από τις μετρήσεις που έχουμε ληφθεί από το σταθμό βάσης παρατηρήσαμε ότι οι μεγάλες καταναλώσεις στον σταθμό βάσης προέρχονται από την διασύνδεση των μηχανημάτων τηλεπικοινωνιακών (power amplifiers) και μηχανημάτων που έχουν να κάνουν με την υποστήριξη του σταθμού βάσης για την σωστή τους λειτουργία. Μηχανήματα όπως οι κλιματιστικές μονάδες που υποστηρίζουν τον χώρο τόσο με την ψύξη όσο και με την θέρμανση ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν, ώστε τα μηχανήματα να δουλεύουν απρόσκοπτα κάτω από όσο το δυνατόν ιδανικές συνθήκες. Τις ανορθωτικές μονάδες που καταναλώνουν ενέργεια τόσο για να μετατρέψουν την εναλασσόμενη παροχή του ρεύματος σε συνεχή για την λειτουργία των τηλεπικοινωνιακών μηχανημάτων όσο και των συστοιχιών των μπαταριών ως εφεδρική τροφοδοσία του σταθμού βάσης. Η κατανάλωση ενέργειας σε σχέση με την απαιτούμενη ενέργεια για την μεταφορά των τηλεπικοινωνιακών φορτίων είναι δυσανάλογα μεγάλη.

1.3 Διάταξη και περιγραφή του δικτύου της εφαρμογής

Σκοπός αυτής της εφαρμογής είναι η εξοικονόμηση ενέργειας βάση μιας ιδέας η οποία βασίζεται στην ενεργοποίηση σταθμών βάσεων με την αύξηση της τηλεπικοινωνιακής κίνησης. Θεωρούμε μία γεωγραφική περιοχή η οποία καλύπτει 2Km σε πλάτος και 2Km σε μήκος. Οι σταθμοί αυτοί είναι τοποθετημένοι σε προκαθορισμένες θέσεις και απέχουν μεταξύ τους 400 μέτρα. Ανήκουν στην κατηγορία των μικροκυψελών και είναι πανομοιότυποι. Με τον όρο πανομοιότυποι θεωρούμε ότι είναι εξοπλισμένοι με ίδιας τεχνολογίας αλλά και έτος κατασκευής τηλεπικοινωνιακά μηχανήματα, κλιματιστικές μονάδες και ανορθωτές. Οι σταθμοί βάσης τροφοδοτούνται μέσω του βασικού παρόχου ενέργειας και θεωρείται συμβατικός δηλαδή δεν χρησιμοποιεί άλλη παρεχόμενη πηγή ενέργειας όπως φωτοβολταϊκά, γεννήτριες πλην της ηλεκτρικής.

Στο εσωτερικό του περιλαμβάνει έναν ηλεκτρολογικό πίνακα βιομηχανικού τύπου ο οποίος δέχεται τριφασικό ρεύμα 400V και έχει γενική τριπολική ασφάλεια 63A. Συνδέεται μέσω της ΔΕΗ με τριφασικό μετασχηματιστή και καλώδιο παροχικό 5X16mm. Ο ηλεκτρολογικός πίνακας τροφοδοτεί τις AC συσκευές όπως τα φώτα δύο κλιματιστικές μονάδες και παρέχει πρίζες στον σταθμό βάσης για σύνδεση συσκευών. Ο ηλεκτρολογικός πίνακας δίνει παροχή από 40A τριπολικό ασφαλειοδιακόπτη μέσω καλωδίου 5X10mm στο ανορθωτικό. Το ανορθωτικό μετατρέπει το εναλλασσόμενο ρεύμα σε συνεχές ώστε να τροφοδοτήσει τα τηλεπικοινωνιακά μηχανήματα αλλά και την φόρτιση συστοιχειών μπαταριών οι οποίες δίνουν κύκλωμα ονομαστικής τιμής 48VDC. Οι μπαταρίες χρησιμεύουν ως εφεδρική τροφοδοσία του σταθμού βάσης για τα τηλεπικοινωνιακά μηχανήματα αλλά και την λειτουργία των ανεμιστήρων των κλιματιστικών μονάδων. Συνήθως δεν διασυνδέουν σε αυτές τις περιπτώσεις τους κομπρέσορες των κλιματιστικών που παράγουν ψύξη αλλά και τις αντιστάσεις αυτών που παράγουν θέρμανση γιατί είναι ενεργοβόρες και μειώνουν τάχιστα την ισχύ των μπαταριών. Μειώνοντας την ισχύ των μπαταριών οι οποίες τροφοδοτούν με τάση γύρω στα -54 VDC εμμέσως μειώνεται και ο χρόνος της ισχύος του κυκλώματος που θα κυμανθεί στα -46VDC και μπορούν να λειτουργήσουν τα τηλεπικοινωνιακά μηχανήματα. Ένας άλλος λόγος αφορά και τον inverter. Οι inverter που χρησιμοποιούνται από τους παρόχους είναι περιορισμένης ισχύος στην έξοδο τους με αποτέλεσμα να μην μπορούν να ανταποκριθούν στα φορτία που απαιτούνται για την λειτουργία των συγκεκριμένων μηχανημάτων. Οι κλιματιστικές μονάδες λειτουργούν με τριφασικό AC ρεύμα για αυτό τον λόγο από το ανορθωτικό υπάρχει μια παροχή καλωδίων η οποία ασφαρίζεται με ασφαλειοδιακόπτη στα 40A και τροφοδοτεί έναν inverter αυτός με την σειρά του δίνει στην έξοδο 220VAC και τροφοδοτεί τους ανεμιστήρες των κλιματιστικών μονάδων σε περίπτωση διακοπής της τροφοδοσίας του ρεύματος από τον εκάστοτε πάροχο. Στο παρακάτω block διάγραμμα που ακολουθεί απεικονίζεται η διασύνδεση με την τροφοδοσία ενός σταθμού βάσης με τον απαραίτητο εξοπλισμό για την λειτουργία του. Με την μαύρη χρώματος σηματοδοσία απεικονίζεται η τροφοδοσία από τον εκάστοτε πάροχο ΔΕΗ ή γεννήτρια και με

την μπλε σηματοδοσία απεικονίζεται η τροφοδοσία του σταθμού βάσης σε περίπτωση διακοπής της παροχής ρεύματος μέσω των συστοιχιών των μπαταριών οι οποίες μπορεί να είναι μία ή και περισσότερες. Ο αριθμός των συστοιχιών των μπαταριών καθορίζεται από τον μηχανικό του κάθε σταθμού βάσης και τον ορίζει ανάλογα με τον αριθμό των μηχανημάτων που υποστηρίζει ο κάθε σταθμός βάσης αλλά και τον χρόνο που κρίνει απαραίτητο ότι θέλει να λειτουργήσει μέχρι να αποκατασταθεί η βλάβη. Σε περιπτώσεις που οι σταθμοί βάσης είναι κρίσιμης σημασίας και μέσω αυτών διέρχονται και τηλεπικοινωνιακά φορτία που συνδέουν και άλλους σταθμούς βάσης τοποθετούνται και γεννήτριες. Οι γεννήτριες αυτές σαν πρώτη ύλη για την παραγωγή ενέργειας χρησιμοποιούν το πετρέλαιο κίνησης.

Ο σταθμός βάσης ο οποίος έχει θεωρηθεί ως πρότυπος και έχει βασιστεί η εφαρμογή έχει τον παρακάτω εξοπλισμό. Είναι εφοδιασμένος με δύο κλιματιστικές μονάδες 24000 BTU η κάθε μία. Τα κλιματιστικά είναι προγραμματισμένα να ψύχουν τους σταθμούς βάσης όταν αρχικά υπερβαίνουν τους 24°C το καθένα εναλλάξ και πάνω από τους 26°C ενεργοποιούνται και οι δύο κλιματιστικές μονάδες μέσω ενός κοντρόλερ. Στην θέρμανση των σταθμών βάσης κατά τους χειμερινούς μήνες οι κλιματιστικές ενεργοποιούνται στους 14°C εναλλάξ και κάτω από τους 12°C και οι δύο κλιματιστικές μονάδες. Στις ενδιάμεσες θερμοκρασίες οι κλιματιστικές μονάδες λειτουργούν με τους ανεμιστήρες εναλλάξ. Αλλά ας εξετάσουμε αναλυτικά τις καταναλώσεις των κλιματιστικών μονάδων. Οι μετρήσεις έχουν πραγματοποιηθεί με την χρήση ειδικού οργάνου (αμπεροτσιμπίδα) για κάθε φάση χωριστά της κάθε κλιματιστικής μονάδας και στο αποτέλεσμα των τιμών έχει συνυπολογιστεί και ο power factor . Οι κλιματιστικές μονάδες έχουν τις εξής καταναλώσεις:

Κλιματιστικές Μονάδες	Ψύξη (kW)	Θέρμανση (kW)	FAN (kW)
Κλιματιστική Μονάδα#1	2,84	5,24	0,2
Κλιματιστική Μονάδα#2	2,54	5,54	0,2
Κλιματιστικές Μονάδες #1,2	4,94	10,3	0,4

Πίνακας 17:κατανάλωση κλιματιστικών μονάδων

Ο σταθμός βάσης περιλαμβάνει δύο συστοιχίες μπαταριών κλειστού κυκλώματος ονομαστικής τιμής -48VDC.

Ένα τηλεπικοινωνιακό μηχάνημα τύπου SRAL με το οποίο επιτυγχάνεται η διασύνδεση του δικτύου με τον συγκεκριμένο σταθμό και μεταφέρει την ζεύξη και την επικοινωνία συγκεκριμένα τόσο με το MSC και το BSC στο οποίο ανήκει ο συγκεκριμένος σταθμός βάσης.

Το τηλεπικοινωνιακό RBS το οποίο διασυνδέει το δίκτυο με τους παρόχους και περιλαμβάνει 10 TRX's.

Ένας ανορθωτής ο οποίος τροφοδοτεί τα τηλεπικοινωνιακά μηχανήματα με την απαραίτητη ισχύ ώστε να καταστούν λειτουργικά με την βοήθεια των PSU RECTIFIERS.

Για την εφαρμογή μας θα θεωρήσουμε ότι μεσοσταθμικά οι κλιματιστικές μονάδες καταναλώνουν ισχύ στα 2,3kW. Ο σταθμός βάσης είναι εξοπλισμένος με δύο συστοιχίες μπαταριών οι οποίες έχουν κατανάλωση όταν είναι σε αναμονή 0,15 kW. Η ζεύξη του σταθμού με το δίκτυο επιτυγχάνεται μέσω μηχανήματος SRAL του οποίου η κατανάλωση είναι 500 Watt μεσοσταθμικά. Το τηλεπικοινωνιακό μηχάνημα που εξυπηρετεί τους χρήστες έχει κατανάλωση λειτουργίας 550 Watt χωρίς τον υπολογισμό ενέργειας που καταναλώνει ο κάθε χρήστης φωνής. Από τα δεδομένα που έχουμε λάβει από το κεφάλαιο 3 και με μοντελοποίηση θεωρούμε ότι καταναλώνει 2,5 Watt για κάθε χρήστη. Οπότε θεωρούμε ότι υπακούει στην εξίσωση $550+2,5*Tr$ (2,5 Watt από τον καταναλωτή σε AC) όπου Tr ο κάθε χρήστης. Συνολικά η ενέργεια που καταναλώνεται στον σταθμό βάσης είναι 3550 Watt. Βάση των παραπάνω δεδομένων κατανάλωσης έχει βασιστεί και ο υπολογισμός της συνολικής ενέργειας κατανάλωσης του σταθμού βάσης

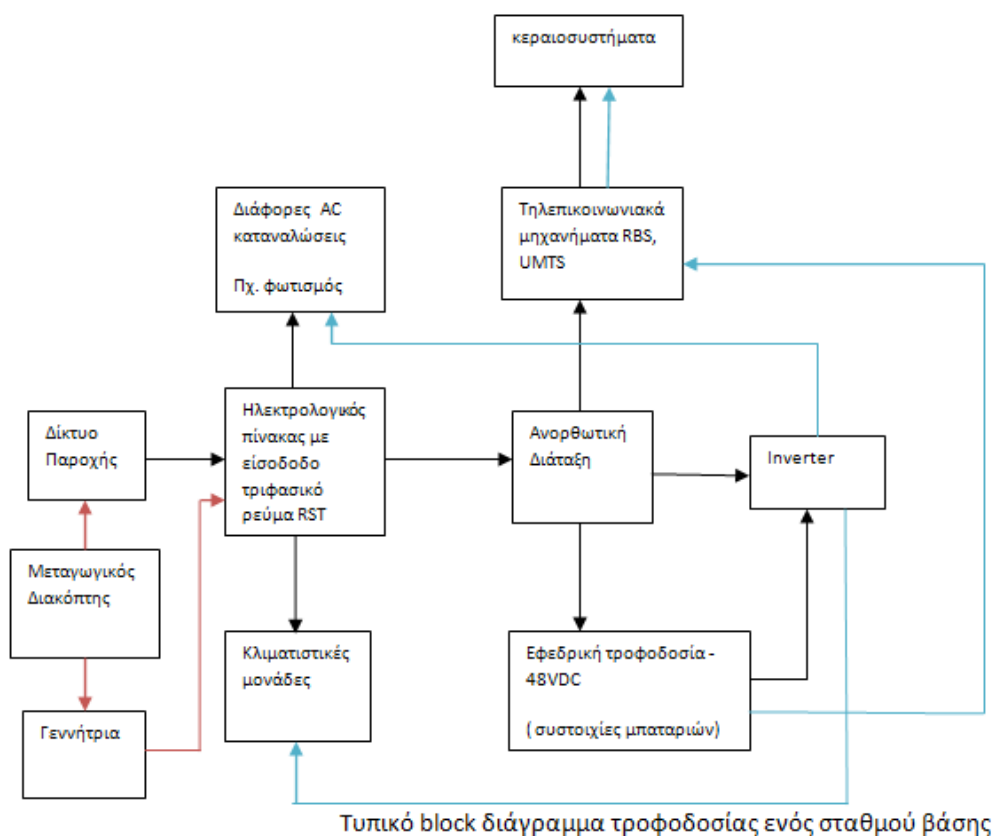
Κατά την υλοποίηση του προγράμματος θεωρούμε μεσοσταθμικά ότι έχουμε τις παρακάτω καταναλώσεις που εμφανίζονται στον πίνακα.

Κλιματιστικές μονάδες	2.3kW
Battery rack	0.2kW

SRAL	0.5kW
RBS	0.55kW +2.5Watt*UE

Πίνακας 18:κατανάλωση ισχύος του Σ.Β.

Στον παραπάνω πίνακα έχουν συνυπολογιστεί και οι απώλειες οι οποίες προέρχονται από την αεργό ισχύ των μηχανημάτων.



Σχήμα 57:Τυπικό block διάγραμμα σταθμού βάσης

1.4 Ανάλυση κώδικα MATLAB εφαρμογής

Η εφαρμογή της εργασίας υλοποιήθηκε με την χρήση του προγράμματος του MATLAB.

Σαν σημείο αναφοράς έχει θεωρηθεί ένα σημείο το οποίο θεωρείται και η αρχή των αξόνων χ, ψ με συντεταγμένες $X_0, \Psi_0 (0,0)$.

Οι συντεταγμένες για τον για τον πρώτο σταθμό βάσης ΣΒ1 είναι $X_1, \Psi_1 (400,400)$ μοιώς για τον ΣΒ2 $X_2, \Psi_2 (800,400)$,τον ΣΒ3 $X_3, \Psi_3 (1200,400)$, τον ΣΒ4 $X_4, \Psi_4 (1600,400)$ κοκ με τελευταίο τον ΣΒ16 $X_{16}, \Psi_{16} (1600,1600)$.

Θεωρούμε ότι ο κάθε σταθμός βάσης μπορεί να εξυπηρετήσει έως 100 χρήστες μέχρι να καλύψει όλα του τα κανάλια ραδιοεπικοινωνίας του με τους χρήστες ώστε να λειτουργεί απρόσκοπτα χωρίς παρεμβολές.

Η εκπομπή ισχύος του είναι στα 20 Watt και τα κέρδη G_t, G_r θεωρούνται ίσα με την μονάδα και εκπέμπει στην συχνότητα των 900MHz. Έχουμε ορίσει μία ελάχιστη ευαισθησία στα -120dB κατά την οποία είναι η ελάχιστη τιμή στην οποία μπορεί να θεωρηθεί μία κλήση εφικτή(thres hold).

Από την πλευρά των χρηστών για την διευκόλυνση της εφαρμογής μας θεωρούμε ότι όταν πραγματοποιούν ή δέχονται κλήσεις είναι στατικοί και η σηματοδοσία τους με τους σταθμούς βάσης δεν επιδέχονται σκεδάσεις ή hand over αλλά ο μόνος παράγοντας ο οποίος έχει υπολογιστεί είναι το free space loss.

$$\begin{aligned} L_B[\text{dB}] &= 10 \log_{10} \left(\frac{4 \pi d}{\lambda} \right)^2 \\ &= 20 \log_{10} \left(\frac{4 \pi d}{\lambda} \right) \\ &= 20 \log_{10} \left(\frac{4 \pi f d}{3 \times 10^8} \right) \end{aligned}$$

$$P_r(d) = \frac{P_t G_t G_r \lambda^2}{(4\pi)^2 d^2 L}$$

Όπου P_t : η εκπεμπόμενη ισχύς

$P_r(d)$: η λαμβανόμενη ισχύς

G_t : το κέρδος από την εκπομπή της κεραίας

G_r : το κέρδος από την λήψη της κεραίας

d: η απόσταση μεταξύ του πομπού και του δέκτη

L: free space loss (dB)

Ο κάθε χρήστης γεννάται στον χώρο τυχαία μέσω μιας γεννήτριας αριθμών η οποία σαν ελάχιστη τιμή έχει θεωρήσει τους 50 χρήστες και σαν μέγιστη τους 800.

Ο αρχικός σχεδιασμός είναι ο παρακάτω, το δίκτυο αρχικά λειτουργεί με τέσσερις σταθμούς βάσης αν και ο κάθε σταθμός βάσης έχει θεωρηθεί ότι μπορεί να υποστηρίξει μέχρι 100 χρήστες έχει τοποθετηθεί ένας περιορισμός σε κάθε σταθμό να θεωρείται ως ανώτατο όριο εξυπηρέτησης των χρηστών τους 50. Σε περίπτωση που παρουσιάζεται μεγαλύτερος αριθμός χρηστών τότε ενεργοποιούνται νέοι σταθμοί βάσης και τους εξυπηρετούν με βάση το free space loss και την κοντινότερη απόσταση μεταξύ χρήστη και σταθμού βάσης

Κατά την γέννηση μίας κλήσης ή υπηρεσίας γίνεται μία αναζήτηση σε όλους τους ενεργούς σταθμούς και ταυτόχρονα υπολογίζεται η απόσταση από τον κάθε σταθμό βάσης. Ταυτόχρονα αφού υπολογιστεί η απόσταση υπολογίζεται το free space loss άρα και ο υπολογισμός της λαμβανόμενης ισχύος. Αν πληρεί όλες τις παραπάνω προϋποθέσεις και ο σταθμός βάσης δεν είναι πλήρης τότε επιτυγχάνεται η σύνδεση του χρήστη με αυτόν. Εάν ο σταθμός βάσης είναι πλήρης και δεν μπορεί να επιτευχθεί η σύνδεση τότε γίνεται ενεργοποίηση και άλλου ή άλλων σταθμών βάσης μέχρι του ορίου που έχουμε θέσει αυτού των 16 σταθμών βάσεων και γίνεται η επανάληψη όλων των παραπάνω βημάτων ώστε να συνδεθεί με το δίκτυο ο χρήστης. Αφού έχουν επιτευχθεί όλες οι αιτούμενες συνδέσεις τότε γίνεται και ο υπολογισμός της κατανάλωσης ισχύος, η καταγραφή των σταθμών βάσεων που είναι σε λειτουργία, ο αριθμός των χρηστών αλλά και ο μέσος όρος συνδεδεμένων χρηστών ανά σταθμό βάσης.

Ας εξετάσουμε αναλυτικά τις εντολές του προγράμματος

clear all

close all Με την εισαγωγή των εντολών αυτών οριοθετούμε τους άξονες x, y

areaX = 2000; στους οποίους θα τοποθετήσουμε χωροταξιακά τους σταθμούς βάσης.

areaY = 2000;

M = 16; Θέτουμε τον αριθμό των διαθέσιμων σταθμών βάσης.

M_active = 4; Θέτουμε τον αρχικό αριθμό των σταθμών βάσης.

capacity = 80; Τον αριθμό των χρηστών που έχει την δυνατότητα να εξυπηρετήσει ο κάθε

σταθμός βάσης θεωρώντας ότι όλοι οι σταθμοί βάσης είναι πανομοιότυποι.

Pt = 10*log10(25); Την ισχύ εκπομπής του σταθμού βάσης που είναι 45Watt.

f = 900*10⁶; Η συχνότητα λειτουργίας του κάθε σταθμού που είναι στα 900MHz.

Gt = 1; } Κέρδη κεραιών
Gr = 1; }

Prmin = -120; Η ευαισθησία σε dB η οποία έχει οριστεί στα 120dB ώστε να είναι αποδεκτή η σύνδεση του σταθμού με τον χρήστη.

Energy_per_BTS_fixed = 3550 Η ισχύς που καταναλώνει κάθε σταθμός βάσης όταν είναι σε λειτουργία, ανεξάρτητα από τους χρήστες που είναι συνδεδεμένοι και κυμαίνεται στα 3550 Watt. Σε αυτά περιλαμβάνονται οι καταναλώσεις από τα κλιματιστικά τους ανορθωτές τα τηλεπικοινωνιακά μηχανήματα και οποιαδήποτε

μηχάνημα λειτουργεί τόσο με συνεχές ρεύμα όσο και με εναλασσόμενο.

Energy_per_BTS_for_each_user = 2.5; Η επιπλέον ισχύς που καταναλώνει κάθε σταθμός βάσης για κάθε χρήστη που συνδέεται μαζί του και έχει οριστεί στα

```
BTS = [400 400; 400 1600;1600 400;1600 1600; 400 800; 400 1200; 800 400; 800 800; 800 120; 800 1600; 1200 400; 1200 800; 1200 1200; 1200 1600; 1600 800; 1600 1200];
```

Με την παραπάνω εντολή ορίζεται το πλέγμα με τους 16 σταθμούς βάσης και η ακριβής χωροθέτηση τους σύμφωνα με την αναφορά μου σε παραπάνω παράγραφο.

Οι παρακάτω εντολές είναι αρχικοποιήσεις εντολών που χρησιμοποιούμε στη συνέχεια

```
BTS_connected = zeros(1,M);
```

```
Energy(1) = Energy_per_BTS_fixed*M_active;
```

N = 100+randint(1,1,700); Με την εντολή αυτή δημιουργούμε μία γεννήτρια η οποία παράγει έναν τυχαίο αριθμός χρηστών, από 100 ως 700 γιατί θεωρούμε ότι το δίκτυο θα δέχεται τουλάχιστον 100 χρήστες ακόμα και σε ώρες μη αιχμής.

Παρακάτω ορίζονται παράμετροι όπως η τυχαιότητα της γέννησης της θέσης μέσα στον χώρο που έχουμε ορίσει των χρηστών .

```
mindist = 10000*ones(1,N);
```

```
connected = zeros(1,N);
```

```
Energy = zeros(1,N);
```

```
N_vector = 1:1:N;
```

userX = areaX*rand(1,N);

userY = areaY*rand(1,N);

Αφού ορίσαμε τις μεταβλητές της εφαρμογής μας πλέον μπορούμε να προχωρήσουμε στα σενάρια υλοποίησης της εφαρμογής μας ξεκινώντας εφαρμόζοντας τα δύο σενάρια της εφαρμογής μας.

for i = 1:N

for j = 1:M_active Για κάθε χρήστη που γεννάται, γίνεται αναζήτηση σε όλους τους ενεργούς σταθμούς βάσης

dist(i,j) = distance([userX(i), userY(i)],[BTS(j,1),BTS(j,2)]) Υπολογισμός απόστασης από κάθε σταθμό βάσης.

Ο υπολογισμός για την απόσταση δύο σημείων που ανήκουν στο Καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων μπορεί να βρεθεί χρησιμοποιώντας τον τύπο της απόστασης. Η απόσταση μεταξύ των σημείων (x_1, y_1) και (x_2, y_2) δίνεται από:

$$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}.$$

dist(i,j) = distance([userX(i), userY(i)],[BTS(j,1),BTS(j,2)]); Υπολογισμός απόστασης από κάθε σταθμό βάσης.

FSL(i,j) = freespaceloss(f,dist(i,j)); Υπολογισμός Free space loss

Pr(i,j) = Pt - FSL(i,j) + Gt + Gr; Υπολογισμός λαμβανόμενης ισχύος βασιζόμενος στον τύπο του σχήματος που έχει δωθεί στην αρχή του κεφαλαίου.

if dist(i,j) < mindist(i) Με αυτή την εντολή πραγματοποιείται έλεγχος αν η απόσταση μεταξύ του χρήστη και του σταθμού βάσης είναι η μικρότερη από όλους τους σταθμούς βάσης

if BTS_connected(j)<capacity && Pr(i,j) > Prmin Με την εντολή αυτή πραγματοποιείται έλεγχος αν ο σταθμός είναι πλήρης, και αν η λαμβανόμενη ισχύς είναι πάνω από το κατώφλι.

$mindist(i) = dist(i,j)$; Αφού ο χρήστης πληρεί όλες τις παραπάνω συνθήκες τότε μπορεί να πραγματοποιηθεί η σύνδεση με τον συγκεκριμένο σταθμό βάσης.

$BTSi(i) = j$; Διατηρούμε τον αριθμό του σταθμού βάσης με τον οποίο έγινε η σύνδεση.

$connected(i)=1$; Τέλος σημειώνουμε τον χρήστη ως συνδεδεμένο.

Στην περίπτωση όμως που δεν πληρούνται οι συνθήκες ώστε να επιτευχθεί η σύνδεση τότε

συνεχίζουμε την αναζήτηση νέου σταθμού μέσω της ενεργοποίησης νέου σταθμού βάσης.

if $connected(i) == 0$ Αν ο χρήστης δεν συνδέθηκε με την παραπάνω διαδικασία, ενεργοποιούμε έναν ακόμα σταθμό βάσης.

while $connected(i) == 0$ Με αυτή την εντολή συνεχίζει να ψάχνει έως ότου συνδεθεί.

if $M_active < 16$ Εδώ το πρόγραμμα μας επενθυμίζει ότι ο αριθμός των σταθμών βάσης που μπορούν να ενεργοποιηθούν πρέπει να είναι πάντα κάτω από τον αριθμό 16 που έχουμε ορίσει για αυτή την περιοχή.

$M_active = M_active + 1$; Εδώ έχουμε την ενεργοποίηση και άλλου σταθμού βάσης.

$dist(i, M_active) = distance([userX(i), userY(i)], [BTS(M_active,1), BTS(M_active,2)])$;

Στην παραπάνω εντολή γίνεται ο υπολογισμός της απόστασης μεταξύ των χρηστών και των

νέων ενεργοποιημένων σταθμών.

$FSL(i, M_active) = freespaceloss(f, dist(i, M_active))$; Εδώ έχουμε τον υπολογισμό του free space loss.

$Pr(i, M_active) = Pt - FSL(i, M_active) + Gt + Gr$; και ακολουθεί ο υπολογισμός της λαμβανόμενης ισχύος.

if $Pr(i,j) > Prmin \ \&\& \ BTS_connected(M_active) < capacity$

Στην εντολή αυτή ακολουθεί ο έλεγχος των συνθηκών ελάχιστης ισχύος και χωρητικότητας.

$BTSi(i) = M_active$;

$connected(i)=1$; Σε αυτές τις δύο εντολές αφού έχουν πραγματοποιηθεί οι παραπάνω έλεγχοι και ικανοποιούν τις συνθήκες τότε πραγματοποιείται η σύνδεση.

$BTS_connected(BTSi(i)) = BTS_connected(BTSi(i)) + 1$;

Με αυτή την εντολή προσθέτουμε έναν ακόμα χρήστη στον σταθμό βάσης που επελέγη από την παραπάνω διαδικασία.

```
Energy(i) = Energy_per_BTS_fixed*M_active+sum(BTS_connected)*Energy_per_BTS_for_each_user;
```

Υπολογισμός καταναλισκόμενης ισχύος

Activation(i) = M_active; πλήθος απαιτούμενων σταθμών για αυτό το βήμα

Connections(i) = sum(BTS_connected)/M_active; μέσος όρος συνδεδεμένων χρηστών ανά σταθμό βάσης.

Οι παρακάτω εντολές είναι για την δημιουργία των γραφικών παραστάσεων και αναφέρονται στα στοιχεία τα οποία μας ενδιαφέρουν να μελετήσουμε και έχουν να κάνουν με την καταναλισκόμενη ισχύ, τον μέσο όρο χρηστών ανά σταθμό βάσης.

```
plot(N_vector,Activation);
title('Ενεργοποίηση Σταθμών Βάσης, Σενάριο 1');
xlabel('Αριθμός χρηστών');
ylabel('Ενεργοποιημένοι BTS');
grid on
figure;
plot(N_vector,Energy);
title('Καταναλισκόμενη ισχύς, Σενάριο 1');
xlabel('Αριθμός χρηστών');
ylabel('Καταναλισκόμενη ισχύς');
grid on
figure;
plot(N_vector,Connections);
title('Μέσος όρος χρηστών ανά σταθμό βάσης, Σενάριο 1,');
xlabel('Αριθμός χρηστών');
ylabel('Μέσος όρος χρηστών ανά σταθμό βάσης');
grid on
```

Από αυτή την εντολή και κάτω ξεκινά το σενάριο 2 στο οποίο όλοι οι σταθμοί βάσης είναι ενεργοποιημένοι και οι 16 στα ίδια ακριβώς σημεία με το σενάριο 1 και δεν υπάρχουν διαφοροποιήσεις. Ισχύει και εδώ ότι η ίδια γεννήτρια η οποία γεννά κάθε φορά έναν τυχαίο αριθμό χρηστών (τον ίδιο σ κάθε περίπτωση με το

σενάριο 1) στον χώρο που έχουμε ορίσει. Αμέσως η εφαρμογή υπολογίζει για κάθε χρήστη την απόσταση του κάθε χρήστη από τους 16 ενεργοποιημένους σταθμούς βάσης εντοπίζει την απόσταση από τον κοντινότερο σταθμό βάσης και αφού την εντοπίζει υπολογίζει το free space loss, την λαμβανόμενη ισχύ από τον εξυπηρετούμενο σταθμό. Τέλος εξετάζει αν ικανοποιείται η συνθήκη του threshold που είναι ορισμένο στα -120dB και αν ικανοποιεί όλες τις παραπάνω συνθήκες τότε πραγματοποιεί την σύνδεση.

```
BTS_connected2 = zeros(1,M_active);
```

```
connected = zeros(1,N);
```

```
mindist = 10000*ones(1,N);
```

```
for i=1:N
```

```
    for j = 1:M_active
```

```
        dist(i,j) = distance([userX(i), userY(i)], [BTS(j,1), BTS(j,2)]);
```

Με αυτή την εντολή πραγματοποιείται έλεγχος αν η απόσταση μεταξύ του χρήστη και του σταθμού βάσης είναι η μικρότερη από όλους τους σταθμούς βάσης

```
        FSL(i,j) = freespaceloss(f, dist(i,j));
```

Υπολογισμός Free space loss

```
        Pr(i,j) = Pt - FSL(i,j) + Gt + Gr; ;
```

Υπολογισμός λαμβανόμενης ισχύος

```
        if dist(i,j) < mindist(i)
```

Με αυτή την εντολή πραγματοποιείται έλεγχος αν η απόσταση μεταξύ του χρήστη και του σταθμού βάσης είναι η μικρότερη από όλους τους σταθμούς βάσης

```
        if BTS_connected2(j) < capacity && Pr(i,j) > Prmin
```

Με την εντολή αυτή πραγματοποιείται έλεγχος αν ο σταθμός είναι πλήρης, και αν η λαμβανόμενη ισχύς είναι πάνω από το κατώφλι.

```
            mindist(i) = dist(i,j);
```

); Αφού ο χρήστης πληρεί όλες τις παραπάνω συνθήκες τότε μπορεί να πραγματοποιηθεί η σύνδεση με τον συγκεκριμένο σταθμό βάσης.

```
            BTSi(i) = j;
```

```
            connected(i)=1;
```

Σε αυτές τις δύο εντολές αφού έχουν πραγματοποιηθεί οι παραπάνω έλεγχοι και ικανοποιούν τις συνθήκες τότε πραγματοποιείται η σύνδεση.

```
            BTS_connected2(BTSi(i))=BTS_connected2(BTSi(i))+1;
```

Υπολογισμός καταναλισκόμενης ισχύος.

$Activation(i) = M_active; \%πλήθος απαιτούμενων σταθμών για αυτό το βήμα$
 $Energy2(i) = Energy_per_BTS_fixed * M_active + sum(BTS_connected2) * Energy_per_BTS_for_each_user;$
 $Connections2(i) = sum(BTS_connected2) / M_active;$ μέσος όρος συνδεδεμένων χρηστών ανά σταθμό βάσης.

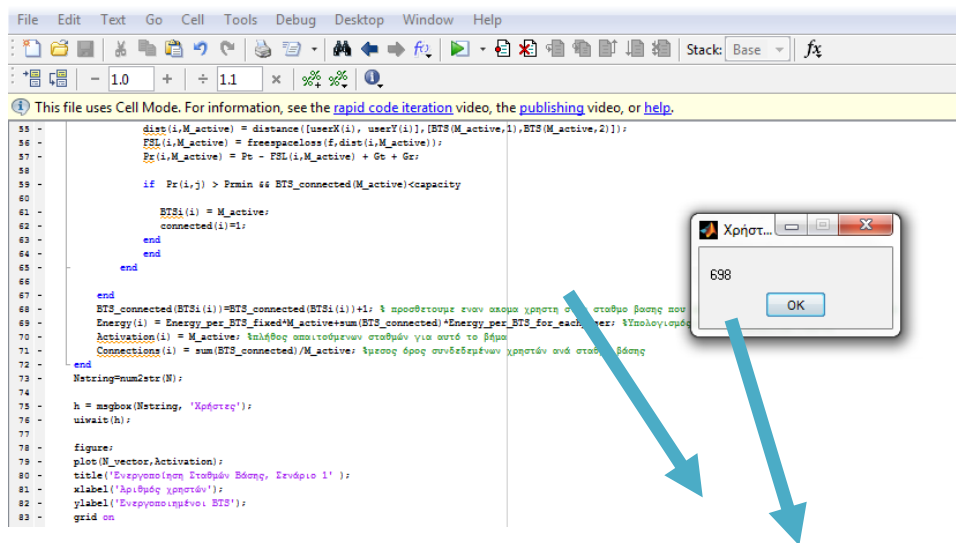
Οι παρακάτω εντολές είναι για την δημιουργία των γραφικών παραστάσεων και αναφέρονται στα στοιχεία τα οποία μας ενδιαφέρουν να μελετήσουμε και έχουν να κάνουν με την καταναλισκόμενη ισχύ, τον μέσο όρο χρηστών ανά σταθμό βάσης έχουν δοθεί για να σχεδιαστούν οι γραφικές παραστάσεις και αναφέρονται στην καταναλισκόμενη ισχύς που αφορά το σενάριο 1 & 2, το κέρδος ισχύος σε σχέση με το 2ο σενάριο

```

figure;
plot(N_vector,Energy,'r',N_vector,Energy2,'b');
title('Καταναλισκόμενη ισχύς, Σενάριο 1 & 2');
xlabel('Αριθμός χρηστών');
ylabel('Καταναλισκόμενη ισχύς');
legend('Σενάριο 1', 'Σενάριο 2');
grid on
EnergySavings = 100*(Energy2 - Energy)./Energy;
figure;
plot(N_vector,EnergySavings);
title('Κέρδος ισχύος σε σχέση με το 2ο σενάριο');
xlabel('Αριθμός χρηστών');
ylabel('Κέρδος ισχύος %');
grid on
figure;
plot(N_vector,Connections2);
title('Μέσος όρος χρηστών ανά σταθμό βάσης, Σενάριο 2');
xlabel('Αριθμός χρηστών');
ylabel('Μέσος όρος χρηστών ανά σταθμό βάσης');
grid on
  
```

Αφού έχουμε φορτώσει τα τρία αρχεία μας στον editor του matlab με τις ονομασίες karaxalios.m, freespaceloss και distance.m ανοίγουμε το αρχείο του karachalios.m και πατάμε το εικονίδιο το οποίο τρέχει την εφαρμογή μας.

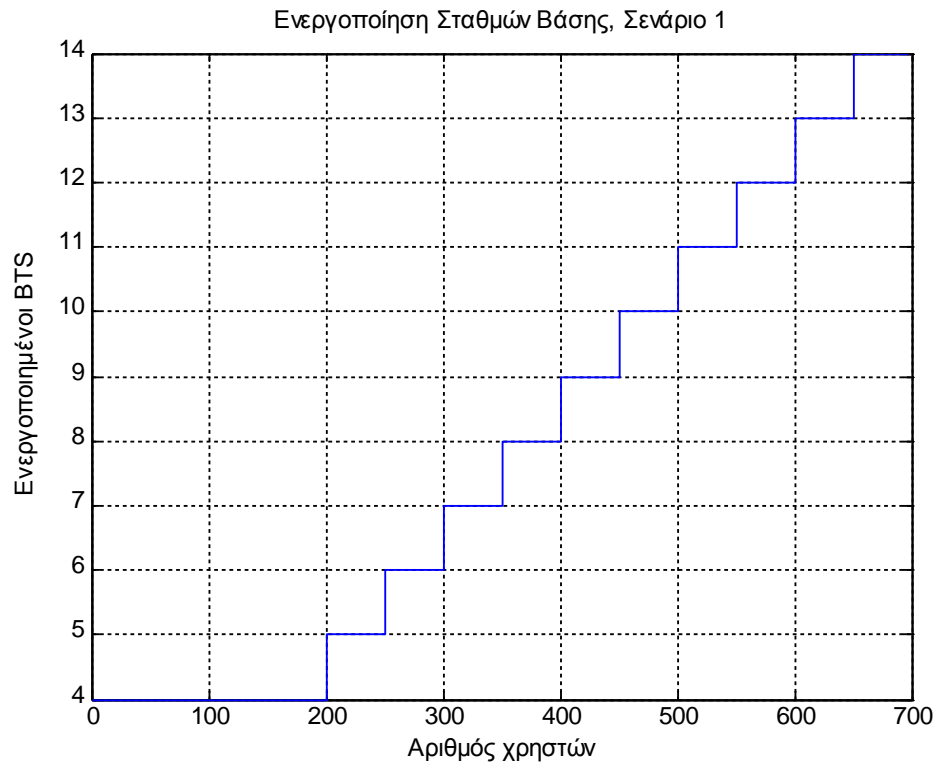
Αμέσως μας εμφανίζει ένα παράθυρο το οποίο αναφέρει τον αριθμό των χρηστών που εξυπηρετεί το δίκτυο.



Σχήμα 58: Απεικόνιση εφαρμογής

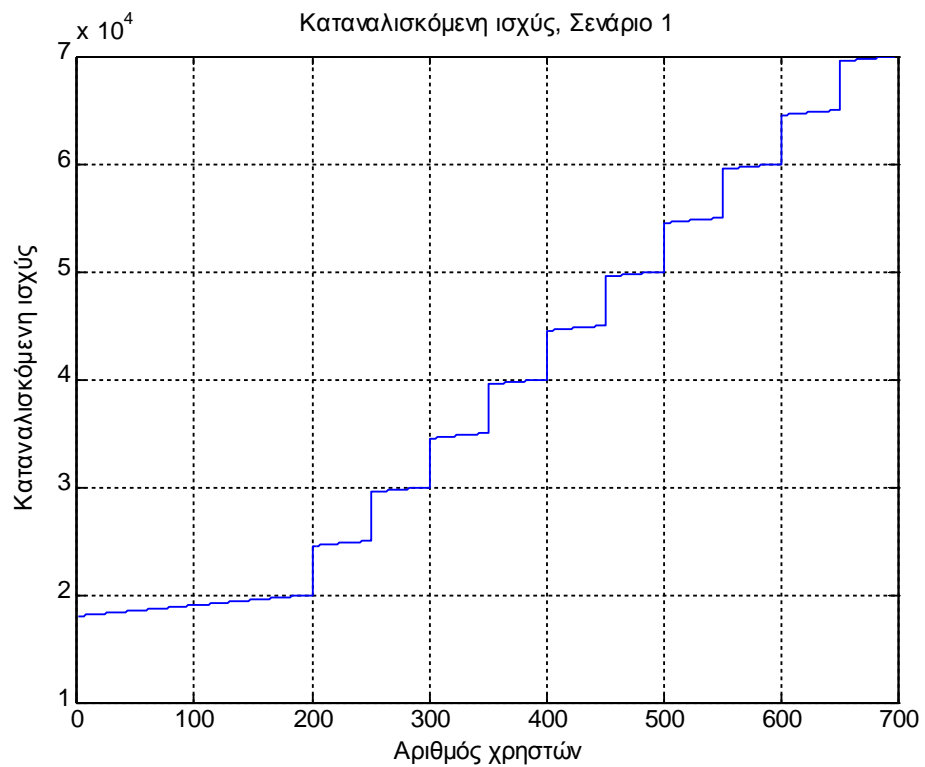
Στην συγκεκριμένη περίπτωση ο αριθμός των χρηστών είναι 698 χρήστες. Πατώντας το εικονίδιο OK μας εμφανίζει έξι γραφικές παραστάσεις τις οποίες θα εξετάσουμε μία προς μία και αφορούν επιγραμματικά:

1. Με τίτλο ενεργοποίηση σταθμών βάσεων και παρουσιάζει στον άξονα Ψ τους απαιτούμενους ενεργοποιημένους σταθμούς βάσης για την εξυπηρέτηση των χρηστών και στον άξονα X τον αριθμό των χρηστών που εξυπηρετούνται από τους συγκεκριμένους ενεργοποιημένους σταθμούς βάσης.



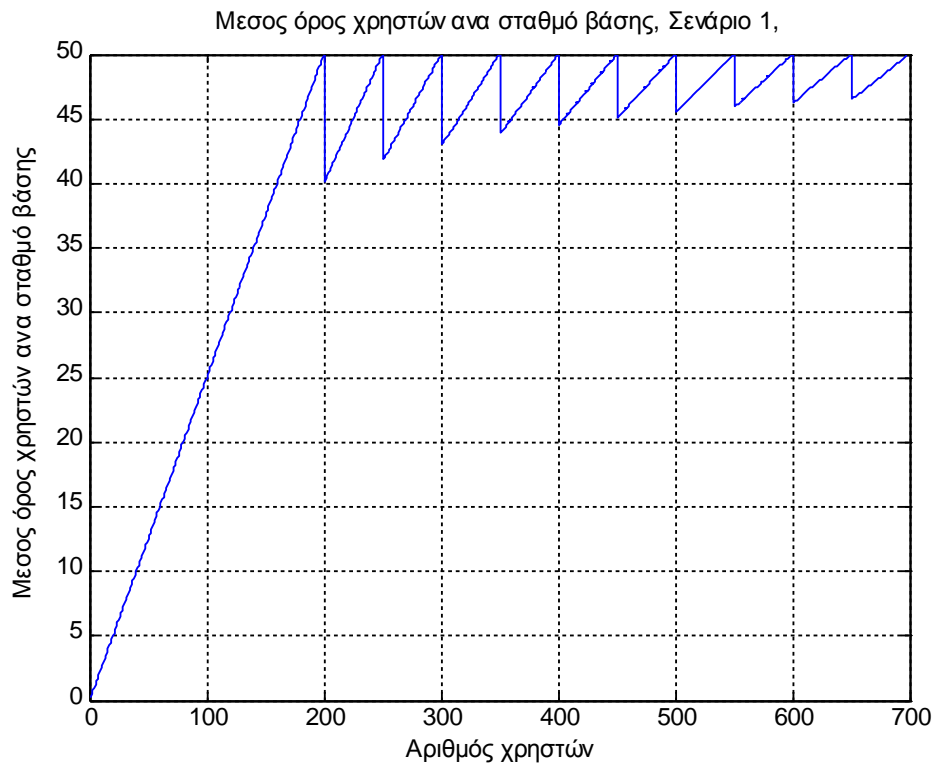
Σχήμα 59: Ενεργοποίηση σταθμών με βάση την τηλεπικοινωνιακή κίνηση

2. Με τίτλο Καταναλισκόμενη ισχύς και παρουσιάζει στον άξονα Ψ την απαιτούμενη κατανάλωση ισχύος των ενεργοποιημένων σταθμών βάσης για την εξυπηρέτηση των χρηστών και στον άξονα X τον αριθμό των χρηστών που εξυπηρετούνται από τους συγκεκριμένους ενεργοποιημένους σταθμούς βάσης.



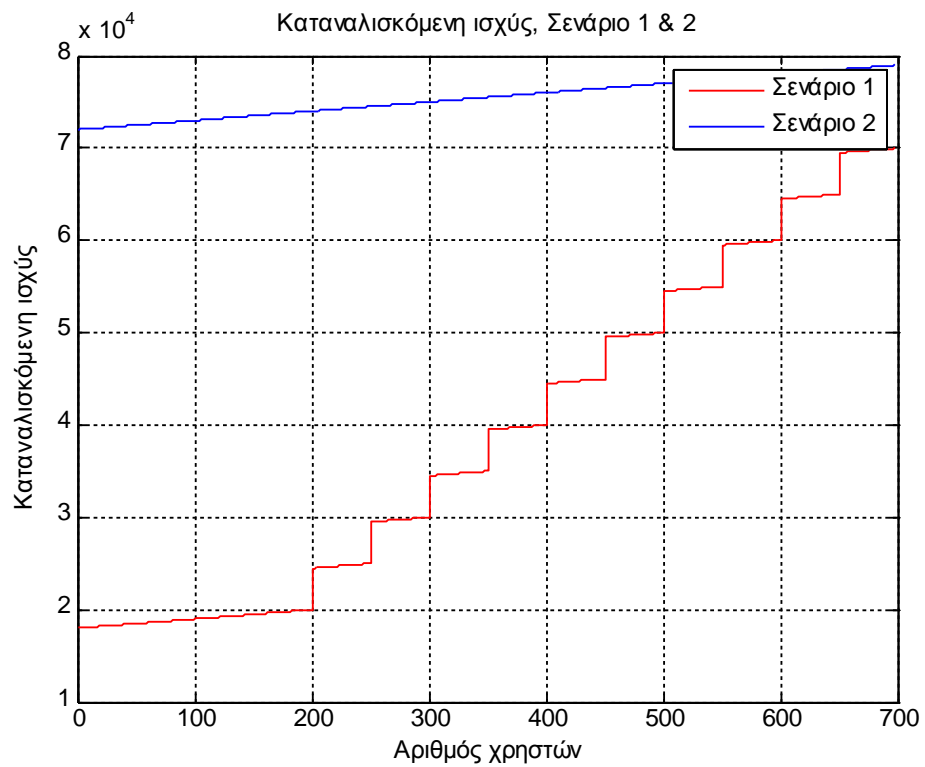
Σχήμα 60:Καταναλισκόμενη ισχύς

3. Με τίτλο Μέσος όρος χρηστών ανά σταθμό βάσης και παρουσιάζει στον άξονα Ψ τον μέσο όρο χρηστών ανά σταθμό βάσης και στον άξονα Χ τον αριθμό των χρηστών που εξυπηρετούνται από τους συγκεκριμένους ενεργοποιημένους σταθμούς βάσης.



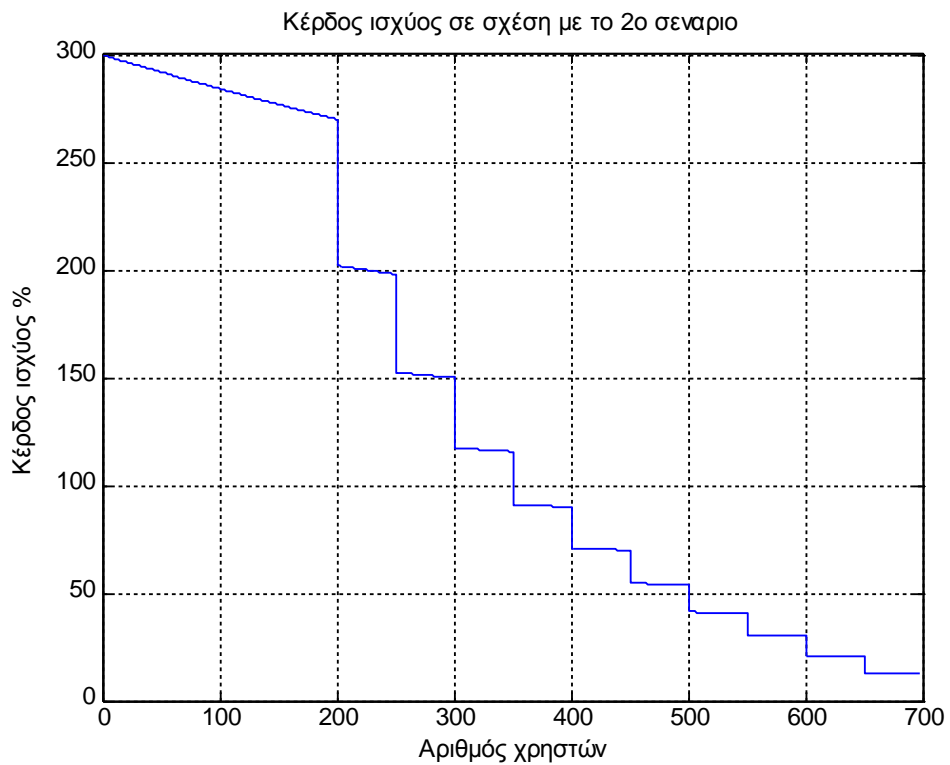
Σχήμα 61: Μέσος όρος χρηστών ανά σταθμό βάσης

4. Με τίτλο την καταναλισκόμενη ισχύ των σεναρίων 1&2 και παρουσιάζει στον άξονα Ψ την καταναλισκόμενη ισχύ και στον άξονα Χ τον αριθμό των χρηστών που εξυπηρετούνται από τους συγκεκριμένους ενεργοποιημένους σταθμούς βάσης. Σε αυτή την γραφική παράσταση πραγματοποιείται σύγκριση των σεναρίων 1 & 2.



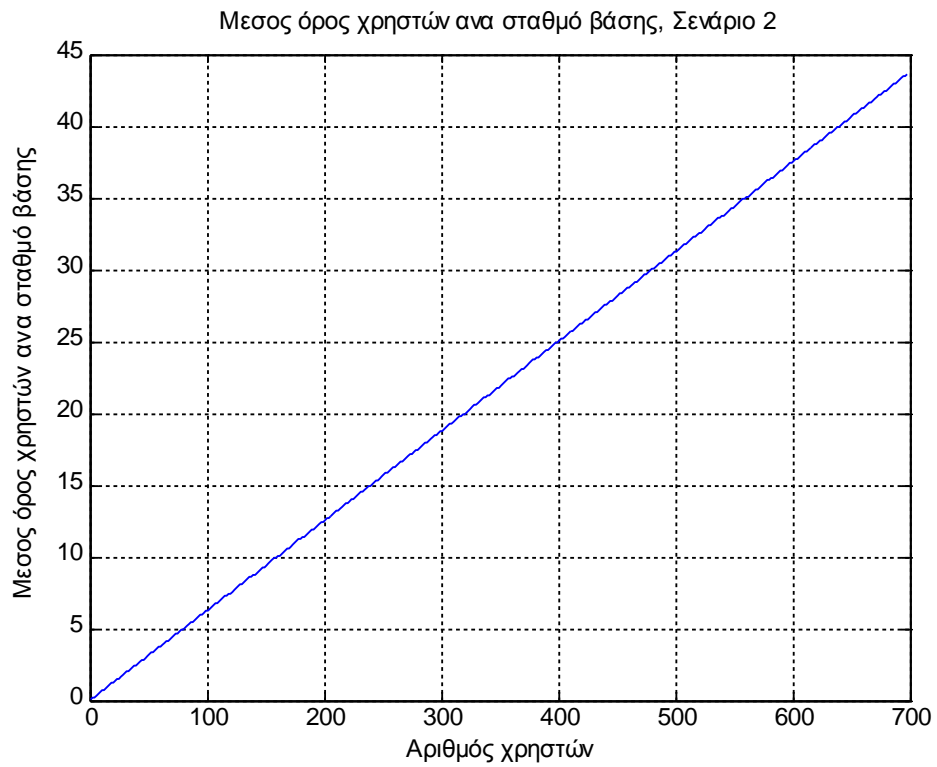
Σχήμα 62: Σύγκριση της κατανάλωση ισχύος για τα δύο σενάρια

5. Με τίτλο κέρδος ισχύος σε σχέση με το σενάριο 2 και παρουσιάζει στον άξονα Ψ το κέρδος της ισχύος % και στον άξονα Χ τον αριθμό των χρηστών που εξυπηρετούνται από τους συγκεκριμένους ενεργοποιημένους σταθμούς βάσης.



Σχήμα 63: Κέρδος κατανάλωσης ισχύος

6. Με τίτλο Μέσος όρος χρηστών ανά σταθμό βάσης, Σενάριο 2 και παρουσιάζει στον άξονα Ψ τον μέσο όρο χρηστών ανά σταθμό βάσης και στον άξονα Χ τον αριθμό των χρηστών που εξυπηρετούνται από τους συγκεκριμένους ενεργοποιημένους σταθμούς βάσης.



1.5 Επεξεργασία δεδομένων

Την εφαρμογή την οποία την παραθέσαμε παραπάνω την υλοποίηση της την εκτελέσαμε με μεγάλη επαναληψιμότητα και συλλέξαμε τα παρακάτω στοιχεία.

Αριθμός χρηστών	Κατανάλωση σε Watt βάση του σεναρίου 2	Κατανάλωση σε Watt βάση του σεναρίου 1	Ενεργοποιημένοι ΣΒ βάση του σεναρίου 1	Κέρδος %
127	56927	14517.5	4	292.12
198	57295	14695	4	289.89
217	57342.5	18292.5	5	213.47
260	57450	21950	6	161.73
318	57595	25645	7	124.58
395	57785.5	29387.5	8	96.63
436	57890	33040	9	75.21
481	58002.5	36702.5	10	58.03
541	58152.5	40402.5	11	43.93
572	58230	44030	12	32.25
610	58325	47675	13	22.33
671	58477.5	51377.5	14	13.81
719	58597.5	55047.5	15	6,44
798	58795	58795	16	0

Πίνακας 19: Κατανάλωση ενέργειας και κέρδη

Από τα στοιχεία τα οποία συλλέξαμε παρατηρούμε ότι όταν η τηλεπικοινωνιακή κίνηση κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα έχουμε μεγάλο κέρδος στην εξοικονόμηση ενέργειας. Κατά την ενεργοποίηση όλο και περισσότερων σταθμών βάσης για την κάλυψη της τηλεπικοινωνιακής κίνησης το ποσοστό αυτό ελαττώνεται και τελικά όταν είναι ενεργοποιημένοι όλοι οι σταθμοί βάσης πρακτικά μηδενίζεται. Ένας άλλος ενδιαφέρον πίνακας είναι και η διαφορά της κατανάλωσης της ενέργειας σε Watt όσον αφορά τα δύο σενάρια και και το οικονομικό όφελος.

Αριθμός χρηστών	Κατανάλωση σε Watt βάση του σεναρίου 2	Κατανάλωση σε Watt βάση του σεναρίου 1	Διαφορά σε Watt	Κέρδος σε ευρώ ανά ώρα
127	56927	14517.5	42409,5	6,53
198	57295	14695	42600	6,56
217	57342.5	18292.5	39050,2	6,02
260	57450	21950	35500	5,47
318	57595	25645	31950	4,92
395	57785.5	29387.5	28398	4,37

436	57890	33040	24850	3,83
481	58002.5	36702.5	21300	3,28
541	58152.5	40402.5	17750	2,73
572	58230	44030	14200	2,18
610	58325	47675	10700	1,65
671	58477.5	51377.5	7100	1,09
719	58597.5	55047.5	3550	0,53
798	58795	58795	0	0

Πίνακας 20: οικονομικό όφελος

Στον πίνακα παρατηρούμε τις διαφορές της κατανάλωσης μεταξύ των δύο σεναρίων. Ο υπολογισμός του κέρδους σε ευρώ βασίστηκε στον πίνακα τιμών που ισχύει από τον κυριότερο πάροχο της χώρας μας. Δεν είναι γνωστό αν υπάρχει κάποια ειδική τιμολόγηση.

Λόγω της μεγάλης κατανάλωσης λαμβάνεται υπόψιν μόνο η ανώτερη κλίμακα τιμής αφού σε βάθος τετραμήνου κατανάλωσης η έκπτωση που παρέχεται από τις χαμηλές κλίμακες καλύπτεται άμεσα.

Κλιμάκιο Κατανάλωσης KWh	Χρέωση €
1. 0-800	0,07441 €/kWh
2. 801-1600	0,09483 €/kWh
3. 1601-2000	0,11639 €/kWh
4. 2001-	0,15421 €/kWh

Πίνακας 21: Κοστολόγιο λειτουργίας σταθμού βάσης

Οι τιμές που έχουμε λάβει είναι ενδεικτικές για εκείνη την χρονική στιγμή που το δίκτυο είχε τους συγκεκριμένους χρήστες. Η εφαρμογή αυτή για να θεωρηθεί πιο ασφαλής μπορεί να εφαρμοστεί σε χρονικές στιγμές που παρατηρείται κάμψη της τηλεπικοινωνιακής κίνησης και όχι ιδιαίτερη ευμεταβλητότητα της όπως τις βραδυνές ώρες από τις 12 τα μεσάνυχτα μέχρι τις πρώτες πρωινές ώρες πχ, τις 06:00 το πρωί

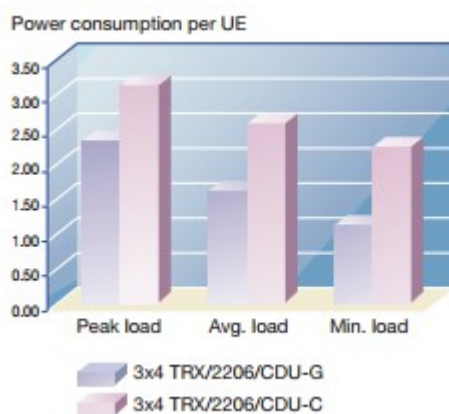
4.2 Ενέργειες ελαχιστοποίησης της καταναλισκόμενης ενέργειας

Οι καταναλώσεις που λάβαμε υπόψιν μέχρι τώρα βασίστηκαν σε μηχανήματα τα οποία ήταν συμβατικής τεχνολογίας όπως τα κλιματιστικά ή και παλαιότερης. Αν στον ίδιο σταθμό που μελετήσαμε προηγουμένως επέλθουν κάποιες βασικές αλλαγές όπως η αλλαγή των κλιματιστικών μονάδων βασισμένες στην τεχνολογία inverter οι οποίες μπορούν να μειώσουν την κατανάλωση της ενέργειας που κυμαίνονται σε ποσοστά από 25 έως και 50%. Με την προσθήκη του συστήματος free cooling που έχει αναλυθεί στο κεφάλαιο 2 υπάρχει περαιτέρω μείωση της κατανάλωσης ενέργειας σε ποσοστό του 10 με 12% μεσοσταθμικά με το ποσοστό

αυτό να αυξάνεται τους μήνες της άνοιξης και χειμώνα και του φθινοπώρου και να μειώνεται δραστικά τους καλοκαιρινούς μήνες.

Μία αλλαγή η οποία προτίνεται και έχει αρχίσει να εφαρμόζεται στους σταθμούς βάσης είναι και η αλλαγή σεταρίσματος της εκκίνησης των κλιματιστικών τόσο στην ψύξη όσο και στην θέρμανση. Από τους 14°C και κάτω που εκκινεί το ένα κλιματιστικό για να θερμάνει τον χώρο και στους 10°C για την εκκίνηση του δεύτερου πλέον υπάρχει εντολή ενεργοποίησης και των δύο κλιματιστικών στους 10°C. Αυτή η ενέργεια προσδίδει μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας. Το ίδιο συμβαίνει και κατά την ψύξη του σταθμού βάσης που από τους 24 και 26°C στους 26°C και 28°C αντίστοιχα.

Ένας βασικός παράγοντας μείωσης της ενέργειας που δαπανάται είναι και με την αντικατάσταση των RBS που εξυπηρετούν τους χρήστες για δύο λόγους. Τα νέα τηλεπικοινωνιακά μηχανήματα πέραν της μειωμένης ενέργειας που απαιτούν για την εξυπηρέτηση του χρήστη όπως χαρακτηριστικό παράδειγμα φέρει νεότερο μοντέλο η παρακάτω εικόνα. Παρατηρούμε ότι η μέση κατανάλωση ανά χρήστη που είναι στα 2,5 Watt για συγκεκριμένο μοντέλο νεότερο το μειώνει στα 2 Watt ποσοστό κοντά στο 20%.



Σχήμα 65: κατανάλωση ισχύος AC RBS

Νεότερα μοντέλα έχουν την δυνατότητα εγκατάστασης των μονάδων των RRU εκτός οικίσκου. Με την εγκατάστασή τους στο κεραιοσύστημα πέραν της καλύτερης απόδοσης στην μεταφορά δεδομένων λόγω ότι πλέον καταργούνται οι μεγάλες αποστάσεις στους κυματοδηγούς και αντικαθίστανται με οπτική ίνα συμβάλουν στην μείωση της θερμοκρασίας στους σταθμούς βάσης. Τα RBS επηρεάζουν την θερμότητα των οικίσκων κατά ένα πολύ μεγάλο ποσοστό αφού σύμφωνα με μελέτες η θερμότητα που αποβάλλουν είναι της τάξεως του 30% της συνολικής αποβολής της θερμότητας σε έναν σταθμό βάσης. Με ένα βασικό στοιχείο αποβολής της θερμότητας εκτός οικίσκου το οποίο είναι υπεύθυνο για την αποβολή μεγάλου μέρους της θερμότητας αναλόγως και του αριθμού των

RRU μπορεί να κυμανθεί από το 32 έως και το 65% της συνολικής θερμότητας του μηχανήματος. Άρα γίνεται περαιτέρω αποκλιμάκωση της χρήσης των κλιματιστικών ιδιαίτερα τους θερμούς μήνες του έτους.

Με την αντικατάσταση των ανορθωτικών διατάξεων με νέας τεχνολογίας η αποδοτικότητα του κατά την μετατροπή του εναλλασσομένου σε συνεχές από το 89% φτάνει στα επίπεδα του 94 με 96%.

Συνοψίζοντας με όλες αυτές τις αλλαγές παραθέτουμε έναν νέο πίνακα με τις νέες καταναλώσεις του σταθμού βάσης αλλά και με τις παλαιές.

Κλιματιστικές μονάδες *	2.3kW	1,2Kw
Battery rack	0.2kW	0.19kW
SRAL	0.5kW	0.475kW
RBS	0.55kW +2.5Watt*UE	0.5kW +2Watt*UE
Συνολική κατανάλωση	3,55kW +2.5Watt*UE	2.365kW +2Watt*UE

Πίνακας 22:Νέες καταναλώσεις στον αναβαθμισμένο Σ.Β.

*Στα κλιματιστικά έχουν υπολογιστεί μεσοσταθμικά και τα στοιχεία από τις αλλαγές που επηρεάζουν την κλιματική αλλαγή του σταθμού βάσης.

Αλλάζοντας τις παραμέτρους της εφαρμογής σε ότι έχει να κάνει με την ενέργεια και τρέχοντας την με τα νέα δεδομένα και για τους ίδιους χρήστες λαμβάνουμε τα παρακάτω αποτελέσματα.

Αριθμός χρηστών	Κατανάλωση σε Watt βάση του σεναρίου 2	Κατανάλωση σε Watt βάση του σεναρίου 1 (αναβαθμισμένο υ)	Ενεργοποιημένοι ΣΒ βάση του σεναρίου 1	Κέρδος %	Κέρδος σε ευρώ Ανά ώρα
127	56927	9714	4	486,03	7,28
198	57295	9856	4	481,32	7,31
217	57342.5	12259	5	367,75	6,95
260	57450	14710	6	290,55	6,59
318	57595	17191	7	235,02	6,23
395	57785.5	19710	8	193,17	5,87
436	57890	22161	9	161,22	5,50
481	58002.5	24612	10	135,66	5,14
541	58152.5	27103	11	114,56	4,78
572	58230	29524	12	97,22	4,42

610	58325	31965	13	82,46	4,06
671	58477.5	34454	14	69,72	3,70
719	58597.5	36913	15	51,64	3,34
798	58795	39436	16	49,08	2,98

Πίνακας 23: Κέρδη σύμφωνα με τις νέες καταναλώσεις στον αναβαθμισμένο Σ.Β.

Με τις παραπάνω αλλαγές στον σταθμό βάσης παρατηρήθηκε μία μείωση της κατανάλωσης της ενέργειας κοντά στο 33,39% μεσοσταθμικά αυτό συνεπάγεται και αντίστοιχη μείωση στο κόστος λειτουργίας του συγκεκριμένου δικτύου.

Αριθμός χρηστών	Κατανάλωση σε Watt βάση του σεναρίου 2 (αρχικού)	Κατανάλωση σε Watt βάση του σεναρίου 1 (αναβαθμισμένο υ)	Διαφορά σε Watt	Κέρδος σε ευρώ ανά ώρα
127	56927	9714	47213	6,53
198	57295	9856	47439	6,56
217	57342.5	12259	45083,5	6,02
260	57450	14710	42740	5,47
318	57595	17191	40404	4,92
395	57785.5	19710	38075,5	4,37
436	57890	22161	35729	3,83
481	58002.5	24612	33840,5	3,28
541	58152.5	27103	31049,5	2,73
572	58230	29524	28706	2,18
610	58325	31965	26360	1,65
671	58477.5	34454	24023,5	1,09
719	58597.5	36913	21684,5	0,53
798	58795	39436	19359	0

Πίνακας 24: Συγκρίσεις καταναλώσεων

Ένα άλλο βασικό στοιχείο που είναι άξιο μελέτης είναι και η σύγκριση καταναλώσεων του αρχικού με το αναβαθμισμένο δίκτυο.

Αριθμός χρηστών	Κατανάλωση σε Watt βάση του σεναρίου 2 (αρχικού)	Κατανάλωση σε Watt βάση του σεναρίου 2 (αναβαθμισμένο υ)
127	56927	38994
198	57295	39136
217	57342.5	39174
260	57450	39260

318	57595	39376
395	57785.5	39530
436	57890	39612
481	58002.5	39702
541	58152.5	39822
572	58230	39884
610	58325	39960
671	58477.5	40082
719	58597.5	40178
798	58795	40336

Πίνακας 25: Σύγκριση καταναλώσεων αρχικού Σ.Β. και αναβαθμισμένου

Από τους πίνακες είναι αντιληπτό ότι από τις αναβαθμίσεις που έχουν επέλθει στους σταθμούς βάσεις προκύπτει μεγάλη μείωση στην κατανάλωση ενέργειας τόσο όταν λειτουργούν όλοι οι σταθμοί βάσης αλλά και στο σενάριο στο οποίο οι σταθμοί βάσης ενεργοποιούνται αναλόγως με την τηλεπικοινωνιακή κίνηση. Βεβαίως οι διαφορές στην κατανάλωση ανάμεσα στο σενάριο 2 του μη αναβαθμισμένου δικτύου σε σχέση με το δίκτυο που έχει αναβαθμιστεί και λειτουργεί ανάλογα με την τηλεπικοινωνιακή κίνηση που δέχεται είναι ιδιαίτερος έντονος και αποκομούν μεγάλα κέρδη στους παρόχους της τάξης του 39,39%.

Αν θεωρήσουμε ότι οι ώρες στις οποίες μπορεί να τεθεί σε λειτουργία η εφαρμογή αυτή είναι αυτές της μη αιχμής. Οι απότομες μεταβολές της τηλεπικοινωνιακής κίνησης μπορεί να επιφέρουν αστάθεια στο δίκτυο. Για να ανακατασταθεί η ισχύς των σταθμών βάσης ώστε να ενεργοποιηθούν υπάρχει η δυνατότητα να καταστεί άμεσα ωστόσο το μειονέκτημα των τηλεπικοινωνιών είναι ότι χρειάζεται ένα μικρό χρονικό διάστημα για να μπορεί να είναι λειτουργίσιμος και να προσφέρει τις υπηρεσίες που θα του ζητηθούν από τους χρήστες. Ο χρόνος αυτός είναι της τάξεως των πέντε λεπτών περίπου μέχρι να σταλθεί η κατάλληλη σηματοδότηση ελέγχου. Πρακτικά όμως σε αυτό το χρονικό διάστημα ο σταθμός βάσης δεν έχει την δυνατότητα να προσφέρει υπηρεσίες. Για να αποφύγουμε αυτή την πιθανότητα της απότομης αύξησης της τηλεπικοινωνιακής κίνησης θα ήταν καλό να επιλέξουμε ώρες στις οποίες η τηλεπικοινωνιακή κίνηση είναι ήπια. Από το κεφάλαιο 3 έχει προκύψει ότι το χρονικό διάστημα μεταξύ 12 τα μεσάνυχτα μέχρι τις 6 το πρωί λόγω ανάπαυσης του ενεργού πληθυσμού η ανάγκη για επικοινωνία μειώνεται. Πέραν της μείωσης της τηλεπικοινωνιακής κίνησης παρατηρείται και μικρή μεταβλητότητα ως προς την αυξομείωση της. Αυτό το χρονικό διάστημα θεωρείται ως το ιδανικό για την εφαρμογή αφού μειώνει το κίνδυνο κατάρρευσης του δικτύου.

Αν αυτή την χρονική διάρκεια που θα εφαρμοστεί αυτό το μοντέλο λειτουργίας υποθέσουμε ότι το δίκτυο θα έχει ένα συγκεκριμένο μέσο όρο χρηστών χωρίς ιδιαίτερες μεταβολές αυτού του αριθμού τότε έχουμε την δυνατότητα να εκτιμήσουμε κάποια οφέλη που μπορούμε να αποκομίσουμε σε ορίζοντα συγκεκριμένης χρονικής διάρκειας.

Ενεργο ί Σ.Β.	Κέρδη καταναλώσεω ν σε kWh /μήνα	Κέρδος σε ευρώ	Κέρδη καταναλώσεω ν σε kWh /χρόνο	Κέρδος σε ευρώ
4	7668	1182,48	92016	14189,78
5	7029	1083,94	84348	13007,30
6	6390	985,4	76680	11824,82
7	5751	835,1	69012	10021,23
8	5115	726,84	61344	8722,09
9	4473	689,78	53676	8277,37
10	3834	591,24	46008	7094,89
11	3195	463,94	38340	5567,35
12	2556	394,16	30672	4729,92
13	1917	295,62	23004	3547,44
14	1278	197,08	15336	2364,96
15	639	98,54	7668	1182,48
16	0	0	0	0

Πίνακας 26: Οικονομικά οφέλη αρχικού Σ.Β.

Τα κέρδη για τον σταθμό βάσης στον οποίο έχουν επέλθει αναβαθμίσεις ώστε να έχει μικρότερη κατανάλωση λειτουργίας είναι όπως διαμορφώνονται παρακάτω.

Ενεργο ί Σ.Β.	Κέρδη καταναλώσεω ν σε kWh /μήνα	Κέρδος σε ευρώ	Κέρδη καταναλώσεω ν σε kWh /χρόνο	Κέρδος σε ευρώ
4	5104,82	787,21	61257,6	9446,57
5	4682,7	8722,11	56192,4	8665,32
6	4257	656,47	51084	7877,66
7	3831,3	556,34	45975,6	6676,11
8	3405,6	525,17	40867,2	6302,13
9	2979,9	459,53	35758,8	5514,36
10	2554,2	393,88	30650,4	4726,59
11	2118,5	326,69	25542	3920,32
12	1702,8	262,58	20433,6	3151,06
13	1277,1	196,94	15325,2	2363,29
14	851,4	131,29	10216,8	1575,53
15	425,7	65,64	5108,4	787,86
16	0	0	0	0

Πίνακας 27: Οικονομικά οφέλη αναβαθμισμένου Σ.Β.

Στους παραπάνω πίνακες δεν έχει υπολογιστεί η κατανάλωση που έχουμε από τους χρήστες αφού μας αφορά το κέρδος.

Τέλος ένας ενδιαφέρον πίνακας που θα αναφέρει το οικονομικό όφελος είναι και αυτό που μεταξύ του αρχικού συμβατικού δικτύου και ΣΒ και του αναβαθμισμένου δικτύου με το οποίο λειτουργεί με την εφαρμογή μας.

Ενεργοί Σ.Β.	Κέρδη καταναλώσεων σε kWh/μήνα αναβαθμισμένου δικτύου σε σχέση με το αρχικό	Κέρδος σε ευρώ	Κέρδη καταναλώσεων σε kWh /χρόνο	Κέρδος σε ευρώ
4	24064,82 +0,0005*UE	1313,49+x	102211,2+0,0005*UE	15762,02+x
5	23642,7+0,0005*UE	9248,39+x	97146+0,0005*UE	14980,77+x
6	23217+0,0005*UE	1182,75+x	92037,6+0,0005*UE	14193,11+x
7	22791,3+0,0005*UE	1082,62+x	86929,2+0,0005*UE	12991,56+x
8	22365,6+0,0005*UE	1051,45+x	81820,8+0,0005*UE	12617,58+x
9	21939,9+0,0005*UE	985,81+x	76712,4+0,0005*UE	11829,81+x
10	21514,2+0,0005*UE	920,16+x	71604+0,0005*UE	11042,04+x
11	21078,5+0,0005*UE	852,97+x	66495,6+0,0005*UE	10235,77+x
12	20662,8+0,0005*UE	788,86+x	61387,2+0,0005*UE	9466,51+x
13	20237,1+0,0005*UE	723,22+x	56278,8+0,0005*UE	8678,74+x
14	19811,4+0,0005*UE	657,57+x	51170,4+0,0005*UE	7890,98+x
15	19385,7+0,0005*UE	591,92+x	46062+0,0005*UE	7103,31+x
16	0	0	0	0

Πίνακας 28: Οικονομικό όφελος αρχικού συμβατικού δικτύου και του αναβαθμισμένου δικτύου

Όπου $X=0,0005*UE*0.15421$ είναι το επιπλέον κόστος για κάθε χρήστη αφού σε αυτή την σύγκριση είναι σκόπιμο να χρησιμοποιηθεί και η διαφοροποίηση από την κατανάλωση του νέου RBS σε σχέση με το παλαιό.

Από αυτόν τον πίνακα παρατηρούμε ακόμα μεγαλύτερα κέρδη που μπορούν να αποφέρουν στους παρόχους ο συνδυασμός αναβάθμισης του δικτύου και η εφαρμογή.

4.3 Υλοποίηση

Η υλοποίηση της παραπάνω εφαρμογής μπορεί να επιτευχθεί πρακτικά μέσω της προσθήκης βοηθητικής επαφής στον κεντρικό τριπολικό ασφαλειοδιακόπτη του σταθμού βάσης. Με την βοήθεια των μηχανημάτων των τηλεμετριών οι οποίοι είναι εξοπλισμένοι οι σταθμοί βάσης οι πάροχοι έχουν την δυνατότητα να ενεργοποιούν ή να απενεργοποιούν την παροχή των σταθμών βάσης. Σε περίπτωση χαμηλής τηλεπικοινωνιακής κίνησης ιδιαίτερα σε ώρες πχ. Από τις 12:00πμ μέχρι τις 06:00πμ που τα δίκτυα δεν έχουν μεγάλη τηλεπικοινωνιακή κίνηση μπορούν αρχικά να χαμηλώνουν την στάθμη του σήματος στους σταθμούς βάσης ώστε να επιτυγχάνεται η μεταπομπή των χρηστών σε άλλους γειτονικούς σταθμούς βάσης. Από την στιγμή που δεν διαπιστώνεται από το τμήμα OMS του παρόχου τηλεπικοινωνιακή κίνηση να γίνεται διακοπή των σταθμών βάσης. Όταν το δίκτυο δέχεται αυξημένη τηλεπικοινωνιακή κίνηση τότε μπορεί να ξεκινά η διαδικασία ενεργοποίησης των σταθμών βάσης βάσει του σεναρίου που έχει αναπτυχθεί. Για την επικοινωνία των σταθμών βάσης με το δίκτυο υπάρχει η δυνατότητα επικοινωνίας με το δίκτυο χάρη στις μπαταρίες οι οποίες λειτουργούν ως back up. Οι συστοιχίες των μπαταριών στους σταθμούς βάσης έχουν την ικανότητα αποθήκευσης ενέργειας ως 1500Ah. Αν θεωρήσουμε ότι αναφερόμαστε σε έναν τερματικό σταθμό και η ραδιοζεύξη μεταξύ δικτύου και MSC καταναλώνει 2 με 3A έχει κατανάλωση κοντά στα 600Watt οπότε για μεγάλο χρονικό διάστημα μπορεί να τροφοδοτηθεί από τις μπαταρίες. Αυτή η τεχνική έχει πλεονέκτημα σε σχέση με την μέθοδο του sleeping mode που εφαρμόζουν οι πάροχοι. Με αυτή την μέθοδο οι πάροχοι είναι αναγκασμένοι να διατηρούν σε λειτουργία όλο τον βοηθητικό εξοπλισμό όπως τα κλιματιστικά τα ανορθωτικά μηχανήματα τα οποία καταναλώνουν ένα μεγάλο μέρος της ενέργειας.

Συμπεράσματα

Πλέον σε πολλές χώρες οι κινητές επικοινωνίες είναι σε ώριμο στάδιο αφού μετά από μία εικοσαετία που ο κύριος σκοπός ήταν η κάλυψη τόσο γεωγραφικά όσο και πληθυσμιακά των δικτύων. Με την πάροδο του χρόνου πραγματοποιήθηκαν πολλές τροποποιήσεις στους σταθμούς βάσης αλλά και στο υπόλοιπο κομμάτι του δικτύου αφού είχαμε εισαγωγή νέων τεχνολογιών όπως το GPRS, UMTS και προσφάτως το LTE. Πολλές από αυτές τις προσθήκες επιβάρυναν τους σταθμούς βάσης ενεργειακά και πολλά θέματα που ανέκυψαν έγινε μία προσπάθεια να επιλυθούν με όχι και τόσο καινοτόμες λύσεις. Παραδείγματος χάριν στο θέμα του κλιματισμού των σταθμών βάσης σε παλαιούς σταθμούς έχουν επέλθει πολύ μικρές αλλαγές. Οι ανορθωτικές διατάξεις που τροφοδοτούν όλα τα DC μηχανήματα πολλές φορές είναι τεχνολογίας περασμένης δεκαετίας. Ίδια εικόνα συναντούμε και με τα RBS. Πλέον από την στιγμή που το δίκτυο ουσιαστικά έχει στηθεί και έχουν εφαρμοστεί πολλές τεχνικές που αφορούσαν θέματα καλύτερων προσφερόμενων υπηρεσιών ως προς τους χρήστες δίνεται η δυνατότητα ποιοτικότερης αναβάθμισης του δικτύου με διαδικασίες οι οποίες θα βελτιώσουν το δίκτυο και θα είναι αισθητές στους παρόχους. Ιδιαίτερο μέλημα πλέον των παρόχων είναι η μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας. Για να επιτευχθεί η μείωση υπάρχουν πολλοί τρόποι άλλοι μπορεί να θεωρηθούν μεγάλου κόστους και άλλοι ιδιαίτερα χαμηλού κόστους. Σε βάθος χρόνου όμως επιτυγχάνεται απόσβεση.

Με την προσθήκη μηχανημάτων νέας τεχνολογίας έχουμε την δυνατότητα να αποκομίσουμε πολλά οφέλη όπως:

1. Μείωση του χώρου που καταλαμβάνουν .
2. Αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας.
3. Μεγαλύτερο εύρος δυνατοτήτων από τα μηχανήματα.
4. Μείωση της εκπομπής θερμότητας σε αυτούς αλλά και λιγότερη ενέργεια για την διατήρηση τους στα επιθυμητά επίπεδα.
5. Καλύτερος έλεγχος από τα αρμόδια τμήματα που είναι επιφορτισμένα με τον έλεγχο της σωστής λειτουργίας τους.
6. Ταχύτερη επέμβαση για την επίλυση των βλαβών.

Αναλυτικότερα ας δώσουμε κάποια στοιχεία για την μείωση της ενέργειας

- Με την προσθήκη ανορθωτικών διατάξεων νέας τεχνολογίας με τους γραμμικούς ενισχυτές που επιτυγχάνεται καλύτερη απόδοση από 89% έχουν την δυνατότητα να φτάσουν σε ποσοστά που κυμαίνονται στο 94-96% .
- Με κλιματιστικές μονάδες τεχνολογίας inverter ενεργειακής κλάσης A+ οι οποίες έχουν την δυνατότητα εξοικονόμησης ενέργειας σε ποσοστά από 25 έως 50%.
- Με την εισαγωγή στους σταθμούς βάσης που είναι εφικτό το σύστημα του free cooling δίνεται η δυνατότητα περαιτέρω ελάττωσης της κατανάλωσης ενέργειας αλλά και φθοράς των κλιματιστικών από τον μικρότερο χρόνο λειτουργίας τους.
- Επίσης με την αντικατάσταση των τηλεπικοινωνιακών μηχανημάτων με νέας γενιάς με διευρυμένες δυνατότητες αλλά και την τοποθέτηση των μονάδων γνωστών ως RRU που μετατρέπουν το ηλεκτρικό σήμα σε ραδιοκύμα και αντίστροφα στο κεραιοσύστημα και όχι στον οικίσκο. Με την παραπάνω αντικατάσταση στον σταθμό βάσης θα μειωθούν οι εκπομπές θερμότητας οι οποίες επιβαρύνουν με την έκκληση της θερμότητας που φτάνει σε ποσοστά έως και το 30% της επιπλέον θερμότητας.
- Τέλος ένας εξίσου σημαντικός παράγοντας είναι και η κατάλληλη χωροθέτηση του οικίσκου ώστε να είναι προστατευμένος από τις καιρικές συνθήκες τόσο από το κρύο λιγότερη ανάγκη για θέρμανση του χώρου αλλά ιδιαιτέρως από την θερμότητα ειδικά για τους indoor σταθμούς βάσης.
- Με την εισαγωγή νέων μεθόδων ελέγχου όπως των τηλεμετριών που αφορούν όχι μόνο τα τηλεπικοινωνιακά μηχανήματα αλλά και όλα τα υποστηρικτικά επιτυγχάνεται σαφέστερη εικόνα κάθε σταθμού βάσης,δίνεται η δυνατότητα σε εξειδικευμένο προσωπικό να επιλύσει βλάβες ή ζητήματα τα οποία μπορεί να ανακύψουν χωρίς την φυσική του παρουσία.

Με την προσθήκη της εφαρμογή μας σε ένα τηλεπικοινωνιακό δίκτυο τόσο επιλεκτικά όσο και σε ευρύτερη κλίμακα παρατηρήσαμε ότι έχουμε σημαντική μείωση του κόστους λειτουργίας η οποία κυμαίνεται από σχεδόν 300% και ανάλογα με την τηλεπικοινωνιακή κίνηση υποχωρεί. Δίνεται η δυνατότητα εφαρμογής σε χρονικά διαστήματα τα οποία εμείς επιθυμούμε, το κόστος υλοποίησης της είναι μικρό λόγω του ότι δεν χρειάζεται να γίνει ιδιαίτερη τροποποίηση του δικτύου. Πλεονεκτεί έναντι τεχνικών όπως αυτής του sleeping mode γιατί όταν ο σταθμός βάσης δεν λειτουργεί ουσιαστικά εκμηδενίζει την ενέργεια λειτουργίας αφού τίθεται ουσιαστικά ανενεργή. Με αυτή την διαδικασία πέραν της μείωσης του κόστους λειτουργίας του δίνεται η δυνατότητα

μακροβιότερης χρήσης των μηχανημάτων. Πλέον οι ώρες λειτουργίας μειώνονται άρα μειώνεται και η συχνότητα βλάβης. Ο σταθμός βάσης είναι σε κατάσταση operative όταν το δίκτυο πραγματικά τον χρειάζεται. Τέλος σε συνδυασμό με την αναβάθμιση του δικτύου με νέας τεχνολογίας μηχανήματα όπως διαπιστώσαμε στους πίνακες η εξοικονόμηση της ενέργειας ουσιαστικά κυμάνθηκε στο 39,39% επιπλέον.

Η παραπάνω υλοποίηση όμως έχει ένα σημαντικό μειονέκτημα ότι για να τεθεί σε λειτουργία ένας σταθμός βάσης χρειάζεται ένα χρονικό διάστημα και αφορά τα τηλεπικοινωνιακά μηχανήματα τα οποία χρειάζονται ένα μικρό χρονικό διάστημα για να είναι σε κατάσταση operative. Αυτός ο χρόνος αν και μικρός δύο με τρία λεπτά είναι κρίσιμος για την ευστάθεια του συστήματος. Για αυτό τον λόγο χρειάζεται σωστή μελέτη από τους σχεδιαστές του δικτύου και αφορά την σωστή ανάλυση του κάθε σταθμού ώστε να βρεθεί το ιδανικό χρονικό διάστημα το οποίο το σύνολο των σταθμών βάσης θα τεθούν στις υπηρεσίες της παραπάνω εφαρμογής.

Βιβλιογραφικές Αναφορές

http://el.wikipedia.org/wiki/Global_System_for_Mobile_Communications

<http://www.radio-electronics.com/info/rf-technology-design/pm-phase-modulation/what-is-gmsk-gaussian-minimum-shift-keying-tutorial.php>

<http://users.teilar.gr/~klimn/mobile/Lec3.pdf>

http://ifestos.teilar.gr/index.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=73

http://www2.informatik.hu-berlin.de/~goeller/isdn/GSM-Traces.html#Traces_captured

<http://www.intechopen.com/books/trends-in-telecommunications-technologies/telecommunication-power-system-energy-saving-renewable-sources-and-environmental-monitoring>

http://en.wikipedia.org/wiki/Frequency-division_multiple_access

<http://searchmobilecomputing.techtarget.com/definition/FDMA>

http://www.radio-electronics.com/info/cellulartelecomms/gsm_technical/gsm_introduction.php

Article Measurements and Modelling of Base Station Consumption Under Real Traffic Loads Josip LOrincz, Tonko Garma and Goran Petrovic

http://www.radio-electronics.com/info/cellulartelecomms/umts/umts_wcdma_tutorial.php

<http://wlkc.gdqy.edu.cn/jpkc/portal/blob?key=10116489&menuNavKey=10116237>

High-Efficiency, Wideband Three- Phase Rectifiers and Adaptive Rectifier Management for Telecom Central Office and Large Data Center Applications