



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΠΕΙΡΑΙΑΣ 2015

Π.Μ.Σ: ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ & ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΤΙΤΛΟΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ:

**“ΜΕΛΕΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΠΑΡΟΧΩΝ ΚΙΝΗΤΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ ΜΕ
ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ”**

ΛΑΔΑΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: κος ΡΟΥΣΚΑΣ ΑΓΓΕΛΟΣ

ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2015

M.S.C: TECHNOECONOMIC MANAGEMENT & SECURITY OF DIGITAL SYSTEMS

THESIS:

**“OPERATIONAL COST STUDY FOR MOBILE PROVIDERS WITH EMPHASIS ON
ENERGY CONSUMPTION”**

LADAS VASILEIOS

SUPERVISOR: Dr. ROUSKAS ANGELOS

ASSOCIATE PROFESSOR IN DEPARTMENT OF DIGITAL SYSTEMS

DECEMBER 2015

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Τεχνοοικονομική Διοίκηση και Ασφάλεια Ψηφιακών Συστημάτων», του Τμήματος Ψηφιακών Συστημάτων του Πανεπιστημίου Πειραιώς. Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή κ. Άγγελο Ρούσκα για την επίβλεψη αυτής της διπλωματικής εργασίας και για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ σε βάθος με ένα τόσο ενδιαφέρον και επίκαιρο θέμα όπως είναι η μελέτη του λειτουργικού κόστους των παρόχων κινητών επικοινωνιών. Ήταν πάντα διαθέσιμος να μου προσφέρει καθοδήγηση μέσα από τις γνώσεις του και την εμπειρία του σε οποιοδήποτε πρόβλημά μου, όσο ασήμαντο και να ήταν. Χωρίς την καθοδήγησή του δεν θα είχε πραγματοποιηθεί αυτή η εργασία. Τέλος το μεγαλύτερο ευχαριστώ το οφείλω στην μητέρα μου, της οποίας η πίστη στις δυνατότητές μου αποτέλεσε αρωγός σε όλους τους στόχους και τα όνειρα μου. Ήταν και είναι δίπλα μου σε κάθε στιγμή, παρέχοντάς μου ολόψυχη αγάπη και υποστήριξη.

**Η παρούσα διπλωματική εργασία είναι αφιερωμένη στην μνήμη του πατέρα μου,
Ιωάννη.**

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εποχή μας έχει χαρακτηριστεί δικαίως από πολλούς ως η εποχή της πληροφορίας, καθώς καθημερινά η ανθρωπότητα κατακλύζεται από πληθώρα πληροφοριών διάφορων μορφών (Internet, τηλεόραση, τηλεφωνία κ.α.). Είναι γεγονός επίσης, ότι η τάση της ανθρωπότητας για συνεχή πληροφόρηση αυξάνει σε καθημερινή βάση, καθιστώντας έντονη την ανάγκη για περισσότερη χωρητικότητα στα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα. Αυτός είναι και ο βασικότερος λόγος για τις ραγδαίες αλλαγές που συμβαίνουν στη βιομηχανία των τηλεπικοινωνιών, καθώς η ανάγκη αυτή συντελεί στη συνεχή ανάπτυξη νέων τεχνολογιών και στην κατασκευή δικτύων με πολύ υψηλές ταχύτητες μετάδοσης.

Στόχος της εργασίας είναι η παρουσίαση της μελέτης του λειτουργικού κόστους παροχών κινητών επικοινωνιών με έμφαση στην ενεργειακή κατανάλωση. Οι τεχνολογίες στον κλάδο των κινητών τηλεπικοινωνιών έχουν βαθύ αντίκτυπο στην οικονομία και το περιβάλλον. Για την οικονομική ανάπτυξη του κόσμου χρειάζονται τεχνολογίες που μπορούν να προσφέρουν λύσεις σε οικονομικά περιβαλλοντικά και ενεργειακά προβλήματα. Όφελος των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι η προσφορά σταθερών και μακροχρόνιων κερδών στις επιχειρήσεις.

ABSTRACT

Our time has been wisely characterized by many as the information age, as humanity is overwhelmed by a multitude of different forms of surrounding information (Internet, television, telephony, etc.). The tendency of humans to continual information access at any place and any time increases on a daily basis, which pushes telecommunication networks to their capacity limits and operators to proceed to additional investments in their networks. This is the main reason for the rapid changes occurring in the telecommunications industry, as the increasing traffic demand is contributing to the continuous design of new more efficient technologies and the development of networks with very high data transmission capacities.

The aim of the project is the study of operational cost for mobile providers with emphasis on energy consumption. New technologies in the mobile telecommunication industry have significant impact on economy and environment worldwide. Global economic development needs technologies that will be able to provide solutions regarding financial, environmental as well as energy issues. The renewable energy sources offer stable and long-term profits for the business.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	4
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	6
ABSTRACT	7
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	8
ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	11
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΠΡΑΣΙΝΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ	14
1.1 – ΠΡΑΣΙΝΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ	15
1.2 – Ο ΠΡΑΣΙΝΟΣ ΚΟΣΜΟΣ ΤΩΝ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ	17
1.3 – ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ ΤΩΝ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ	18
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ ΚΙΝΗΤΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ	21
2.1 – Η 1 ^η ΓΕΝΙΑ ΚΙΝΗΤΩΝ ΔΙΚΤΩΝ	21
2.2 – Η 2 ^η ΓΕΝΙΑ ΚΙΝΗΤΩΝ ΔΙΚΤΩΝ	22
2.3 – Η 2,5 ΓΕΝΙΑ ΚΙΝΗΤΩΝ ΔΙΚΤΩΝ.....	23
2.4 – Η 3 ^η ΓΕΝΙΑ ΚΙΝΗΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ	24
2.5 – Η 3,5 ΓΕΝΙΑ ΚΙΝΗΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ.....	25
2.6 – Η 4 ^η ΓΕΝΙΑ ΚΙΝΗΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ.....	27
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΔΙΚΤΥΟ ΚΟΡΜΟΥ ΚΙΝΗΤΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ.....	30
3.1 – ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΤΑΓΩΓΗΣ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ (CIRCUIT SWITCHED).....	31
3.2 – ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΤΑΓΩΓΗΣ ΠΑΚΕΤΟΥ (PACKETS SWITCHED)	33
3.3 – ΚΟΙΝΗ ΠΕΡΙΟΧΗ CS ΚΑΙ PS.....	34

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – ΣΥΜΜΕΡΙΣΜΟΣ ΔΙΚΤΥΟΥ (NETWORK SHARING)	36
4.1 – ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ NETWORK SHARING.....	36
4.2 – SITE SHARING.....	36
4.3 – MAST SHARING.....	37
4.4 – RAN SHARING	38
4.5 – ΣΥΜΜΕΡΙΣΜΟΣ ΔΙΚΤΥΟΥ ΚΟΡΜΟΥ (CORE NETWORK SHARING)	39
4.6 – NETWORK ROAMING.....	41
4.7 – ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΓΙΑ ΚΟΙΝΗ ΧΡΗΣΗ ΥΠΟΔΟΜΩΝ	41
4.8 – ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΣΤΟΝ ΣΥΜΜΕΡΙΣΜΟ ΔΙΚΤΥΑΚΩΝ ΥΠΟΔΟΜΩΝ.....	44
4.8.1 – ΤΕΧΝΙΚΟΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΣΤΗΝ ΥΠΟΔΟΜΗ ΤΟΥ SHARING.....	44
4.8.2 – ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ	46
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 – ΑΣΥΡΜΑΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ ΣΕ ΥΠΟΔΟΜΗ ΝΕΦΟΥΣ (CLOUD RAN) .	52
5.1 – ΓΡΗΓΟΡΗ ΑΥΞΗΣΗ CAPEX / OPEX ΤΟΥ RADIO ACCESS NETWORK (RAN)	54
5.2 – ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΙΔΙΟΚΤΗΣΙΑΣ (TOTAL COST OF OWNERSHIP – TCO)	54
5.3 – ΠΛΕΝΟΕΚΤΗΜΑΤΑ CLOUD RAN	58
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 – BACKHAUL.....	59
6.1 – ΜΕΙΩΣΗ OPEX	59
6.1.1 – ΜΕΙΩΣΗ ΤΩΝ ΜΗΝΙΑΙΩΝ ΕΞΟΔΩΝ ΜΙΣΘΩΣΗΣ	60
6.1.1.1 – ΜΕΙΩΣΗ ΜΙΣΘΩΜΑΤΟΣ ΠΥΡΓΟΥ / ΚΕΡΑΙΑΣ	60
6.1.1.2 – ΜΕΙΩΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΜΙΣΘΩΣΗΣ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ	61
6.1.2 – ΜΕΙΩΣΗ ΤΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΜΙΣΘΩΣΗΣ ΤΟΥ ΦΑΣΜΑΤΟΣ	62

6.1.2.1 – ΑΥΞΗΣΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΦΑΣΜΑΤΟΣ ΣΕ ΚΑΝΑΛΙΑ	62
6.1.2.2 – ΧΡΗΣΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ MESH RING	63
6.1.3 – ΜΕΙΩΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ, ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ & ΚΟΣΤΟΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ	63
6.2 – ΜΕΙΩΣΗ CAPEX	63
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 – ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΚΟΣΤΟΥΣ.....	65
7.1 – ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΩΝ ΚΟΣΤΟΥΣ	66
7.2 – NETWORK OPEX.....	67
7.3 – BACKHAUL OWNERSHIP	68
7.4 – NETWORK SHARING	69
7.5 – SUBSCRIBER ACQUISITION & RETENTION COSTS (SAC / SRC).....	70
7.6 – ΑΥΞΗΣΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ ΣΥΜΒΟΛΑΙΟΥ	71
7.7 – ΕΞΟΔΑ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ ΠΕΛΑΤΩΝ.....	73
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 – ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΠΡΟΜΗΘΕΙΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟΥΣ ΠΑΡΟΧΟΥΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ (PROCUREMENT MODEL ANALYSIS).....	74
8.1 – ΕΙΚΟΝΟΓΡΑΦΗΣΗ ΤΟΥ CAPEX ΜΟΝΤΕΛΟΥ	74
8.2 – ΕΙΚΟΝΟΓΡΑΦΗΣΗ ΤΟΥ OPEX ΜΟΝΤΕΛΟΥ	75
8.3 – ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ	77
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	81

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 3.1 – Το δίκτυο κορμού	30
Εικόνα 4.1 – Site Sharing	37
Εικόνα 4.2 – Mast Sharing	38
Εικόνα 4.3 – RAN Sharing	39
Εικόνα 5.1 – Συνιστώσες κατανάλωσης ισχύος	52
Εικόνα 5.2 – Capex / Opex graphs.....	55
Εικόνα 5.3 – Φορτίο κίνησης σταθμών βάσης κατά τις εργάσιμες ώρες.....	57
Εικόνα 6.1 – Cost of Ownership Sensitivity to Leasing Requirements.....	61
Εικόνα 7.1 – Λειτουργικό κόστος για τις επιχειρήσεις	65
Εικόνα 7.2 – Τμήματα για εξοικονόμηση κόστους	66
Εικόνα 7.3 – Τακτικές και στρατηγικά μέτρα	67
Εικόνα 7.4 – Βελτίωση EBITDA	68
Εικόνα 7.5 – Βελτίωση EBITDA μέσω Network Sharing	70
Εικόνα 7.6 – Βελτίωση EBITDA από SAC/SRC.....	71
Εικόνα 7.7 – Αξία(ευρώ) πελάτη κατά τη διάρκεια συμβολαίου	72
Εικόνα 8.1 – Σύγκριση χρόνο με χρόνο διαφόρων μοντέλων 2kW	76
Εικόνα 8.2 – Telecom tower grid.....	80

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η στροφή της κοινωνίας την τελευταία δεκαετία σε λύσεις φιλικές προς το περιβάλλον, εξαιτίας των έντονων συζητήσεων σχετικά με την κλιματική αλλαγή, είναι εμφανής σε παγκόσμιο επίπεδο. Γίνεται ιδιαίτερος λόγος για τις πράσινες τεχνολογίες, που σημαίνει ότι κάθε νέα τεχνολογία αξιολογείται με βάση το αποτύπωμά της σε άνθρακα.

Στο πρώτο κεφάλαιο της διπλωματικής εργασίας γίνεται μια αναφορά στην πράσινη ανάπτυξη και πιο συγκεκριμένα στις πράσινες τεχνολογίες πληροφορικής. Όλες οι σύγχρονες επιχειρήσεις δε θα πρέπει να επηρεάζουν αρνητικά το περιβάλλον ώστε οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας να μπορούν να προσφέρουν σταθερά και μακροχρόνια κέρδη στις επιχειρήσεις.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται μια πλήρης αναφορά των ασύρματων δικτύων πρόσβασης κινητών επικοινωνιών και πως από την πρώτη γενιά φτάσαμε στο σήμερα, την τέταρτη γενιά.

Στο επόμενο τρίτο κεφάλαιο, παρουσιάζεται το δίκτυο κορμού των κινητών επικοινωνιών. Οι οντότητες του δικτύου κορμού χωρίζονται σε δύο κατηγορίες ανάλογα με το είδος της κίνησης που εξυπηρετούν και διακρίνονται στα εξής τμήματα: το τμήμα μεταγωγής κυκλώματος και το τμήμα μεταγωγής πακέτου.

Κύριο θέμα του τέταρτου κεφαλαίου είναι ο συμμερισμός του δικτύου. Παρουσιάζονται αναλυτικά όλες οι κατηγορίες του network sharing καθώς και οι τεχνικές και περιβαλλοντικές παράμετροι στον συμμερισμό των δικτυακών υποδομών.

Στο πέμπτο κεφάλαιο της διπλωματικής εργασίας αναλύεται το ασύρματο δίκτυο πρόσβασης σε υποδομή νέφους και πως αυτό μπορεί να βοηθήσει το περιβάλλον και να αυξήσει το capex / opex του radio access network.

Στο επόμενο έκτο κεφάλαιο, γίνεται αναφορά στην οπισθοζεύξη (backhaul) των δικτύων και πως ποιες λύσεις θα βοηθήσουν στην μείωση κατανάλωσης της ενέργειας στο συγκεκριμένο κομμάτι του δικτύου.

Στο έβδομο και προτελευταίο κεφάλαιο της εργασίας αναφέρονται κάποιες στρατηγικές κόστους οι οποίες θα βοηθήσουν την ανάπτυξη των πράσινων επιχειρήσεων.

Τέλος, στο όγδοο κεφάλαιο παρουσιάζεται η ανάλυση του μοντέλου προμήθειας (procurement model analysis) όπου γίνεται μια σύγκριση του opex μοντέλου σε αντίθεση με το capex μοντέλο αφού πρώτα εξηγηθούν αναλυτικά αυτά τα δύο μοντέλα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΠΡΑΣΙΝΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ

Ο σύγχρονος άνθρωπος οφείλει να αντιμετωπίσει την κλιματική αλλαγή όχι μόνο για να παραδώσει καλύτερες συνθήκες διαβίωσης στην επόμενη γενιά, αλλά και γιατί η αδυναμία αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής θα επιφέρει ένα σημαντικό κόστος στην παγκόσμια οικονομική ανάπτυξη. Σε αυτή την κρίσιμη στιγμή οι πολιτικές ηγεσίες είναι απαραίτητο να δουν την πρόκληση της πράσινης ανάπτυξης και της επιχειρηματικότητας όχι κερδοσκοπικά αλλά ως την μοναδική λύση εξόδου από την οικονομική και περιβαλλοντική κρίση, η οποία ταλανίζει ολόκληρη την ανθρωπότητα. Η νέα οικονομική φιλοσοφία και λειτουργία που κρίνεται απαραίτητη, αποσαφηνίζεται από τα εξής χαρακτηριστικά^[1]:

- Το ρυθμιστικό έλεγχο και την αποτελεσματική εποπτεία των αγορών.
- Τη μείωση των χωρικών και περιφερειακών ανισοτήτων σε υποδομές και πρόνοια.
- Την ισορροπία ανάμεσα στην ανάπτυξη και το περιβάλλον.
- Την αλλαγή των ενεργειακών προτεραιοτήτων.

Η πράσινη επιχειρηματικότητα σημαίνει επενδύσεις σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και επιδιώκει μέσα από αυτήν την δράση:

- Το μηδενισμό του περιβαλλοντικού και κοινωνικού κόστους.
- Την αύξηση της απασχόλησης.

Οι μεγάλοι επιχειρηματικοί κολοσσοί τόσο στην Ευρώπη όσο και στην Ελλάδα δεν αποτελούν την οικονομική και παραγωγική δομή. Το μεγαλύτερο ποσοστό της δομής το καταλαμβάνουν οι μικρομεσαίες επιχειρήσεις. Συνεπώς οι μικρές επιχειρήσεις σήμερα

χαρακτηρίζονται ως μήτρα επιχειρηματικότητας^[2]. Παρακάτω φαίνονται αναλυτικά τα πλεονεκτήματα των εναλλακτικών πηγών πράσινης ενέργειας:

- Δεν εξαντλούνται σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα.
- Βοηθούν την ενεργειακή αυτάρκεια μικρών και αναπτυσσόμενων χωρών.
- Είναι φιλικές προς το περιβάλλον, έχοντας μηδενικά κατάλοιπα και απόβλητα.
- Είναι ευέλικτες εφαρμογές που μπορούν να παράγουν ενέργεια ανάλογη με τις ανάγκες του τοπικού πληθυσμού.
- Ο εξοπλισμός κατασκευής τους είναι απλός και με μεγάλη διάρκεια χρόνου ζωής.
- Επιδοτούνται από τις περισσότερες κυβερνήσεις.

1.1 – ΠΡΑΣΙΝΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Οι τεχνολογίες πληροφορικής και επικοινωνιών (ΤΠΕ) έχουν σημαντικό αντίκτυπο στην οικονομία και το περιβάλλον. Η βελτίωση της απόδοσης στον τομέα των ΤΠΕ οδηγεί σε αυξημένη κατανάλωση των προϊόντων και υπηρεσιών ΤΠΕ, η οποία έχει πολλές περιβαλλοντικές επιπτώσεις σε διάφορα επίπεδα. Διακρίνονται δύο επίπεδα των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τις ΤΠΕ:

- Το πρώτο επίπεδο σχετίζεται με τον κύκλο ζωής των υλικών ΤΠΕ.
- Το δεύτερο επίπεδο σχετίζεται με τον τρόπο που οι εφαρμογές ΤΠΕ χρησιμοποιούνται.

Τεράστιες επενδύσεις γίνονται προς όφελος του κλάδου με μεγάλες προσδοκίες για την οικονομική ανάπτυξη και βελτίωση του περιβάλλοντος. Η άμεση εύρεση των

συνεπειών και αιτιών θα έδινε τη δυνατότητα στους ιθύνοντες να καταφέρουν βέλτιστη μελλοντική ανάπτυξη, η οποία θα εξασφάλιζε την ισορροπία μεταξύ της οικονομικής ανάπτυξης και της προστασίας του περιβάλλοντος. Σε όλο τον κόσμο, η πληροφορική διαδραματίζει ολοένα και σημαντικότερο ρόλο τόσο στις επιχειρήσεις όσο και στην ιδιωτική ζωή των ατόμων. Σαν αποτέλεσμα αυτού οι ΤΠΕ καταναλώνουν όλο και μεγαλύτερες ποσότητες ενέργειας και ως εκ τούτου είναι πηγή των σημαντικών εκπομπών CO₂.

Με τον όρο πράσινες ΤΠΕ αναφερόμαστε σε αυτές που εξοικονομούν ενέργεια κατά την διάρκεια των επιχειρηματικών δραστηριοτήτων. Αποτελούνται από υλικό, λογισμικό και υπηρεσίες. Δυστυχώς δεν μπορούν ακόμα να αγοραστούν ή να παραγγελθούν άμεσα^[3].

Είναι ευρέως αποδεκτό ότι οι ΤΠΕ μπορούν να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στην επίλυση του περιβαλλοντικού προβλήματος. Οι ΤΠΕ δεν είναι πράσινες επειδή οι ίδιες καταναλώνουν ενέργεια και πρώτες ύλες. Μπορούν όμως να αξιοποιηθούν για να κάνουν επιχειρηματικές διαδικασίες με καλύτερη ενεργειακή απόδοση. Η χρήση των εφαρμογών των ΤΠΕ για τις δραστηριότητες και τις πρακτικές και τα προϊόντα που τείνουν προς αποϋλοποίησή μπορεί να προσφέρει εξοικονόμηση ενέργειας μέσω της αυξημένης ενεργειακής απόδοσης και τη μείωση της κατανάλωσης άλλων πόρων (π.χ. χαρτί, υλικό CD). Μερικά χαρακτηριστικά παραδείγματα μπορεί να είναι η ηλεκτρονική διακυβέρνηση (όπως η ηλεκτρονική υγεία και οι υπηρεσίες για e-φορολογία), audio / video conferencing, τηλεργασία και άλλες υπηρεσίες όπως eTicketing, eBanking, eBooks κ.α. Είναι ευρέως αποδεκτό ότι οι ΤΠΕ μπορούν να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στην επίλυση του περιβαλλοντικού προβλήματος. Κατά την πρώτη περίοδο εισαγωγής τους στη σύγχρονη οικονομική αλλά και κοινωνική ζωή, κοινή διαπίστωση ήταν πως αποτελούσαν μια καθαρή και φιλική προς το περιβάλλον τεχνολογία συγκρίνοντας την

κυρίως με την παραδοσιακή βιομηχανία. Το παράδειγμα ήταν σχεδόν αφοπλιστικό όταν συγκρίνονταν τα γραφεία μιας εταιρίας με υπολογιστές και το εργοστάσιο μιας παραδοσιακής βιομηχανίας. Με την πάροδο όμως του χρόνου αποδείχθηκε ότι η διαπίστωση αυτή ήταν λάθος και παραπλανητική^[4].

1.2 – Ο ΠΡΑΣΙΝΟΣ ΚΟΣΜΟΣ ΤΩΝ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ

Τα τελευταία χρόνια έχουν δημιουργηθεί πολλά περιβαλλοντικά προβλήματα με αποτέλεσμα ο κόσμος να είσαι δύσπιστος μιας και η οικονομική δύναμη και η πολιτική επιρροή των επιχειρήσεων αυξάνεται συνεχώς με υψηλούς ρυθμούς. Σήμερα, πολλές επιχειρήσεις συμμετέχουν σε διεθνείς συνέδρια που αφορούν το κλίμα και το περιβάλλον. Οι περισσότερες από αυτές προσπαθούν να γίνουν μέρος της λύσης ψάχνοντας την ανάπτυξη των κερδών τους μέσα από επενδύσεις σε έρευνα και ανάπτυξη πράσινων τεχνολογιών. Μερικές μεγάλες επιχειρήσεις που ξεχωρίζουν σε παγκόσμιο επίπεδο είναι:

- Η General Electric, η οποία θεωρείται ηγέτης της πράσινης ανάπτυξης και επιχειρηματικότητας της οποίας το επενδυτικό πρόγραμμα αφορά την ηλιακή ενέργεια.
- Η Siemens πειραματίζεται και επενδύει σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας καθώς επανασχεδιάζει παραγωγικές διαδικασίες μειώνοντας τη μόλυνση του περιβάλλοντος.

Τα πράγματα όμως δεν ήταν ίδια για όλες τις επιχειρήσεις. Μερικές από αυτές αγνοούσαν τις πιέσεις από το φάσμα της κοινωνίας και της οικονομίας με αποτέλεσμα να συνεχίζουν κανονικά τις δραστηριότητες τους έστω και αν αυτές επηρέαζαν αρνητικά το περιβάλλον. Άλλες πάλι ακολούθησαν διστακτικά την πράσινη ανάπτυξη

υιοθετώντας κυρίως περιβαλλοντικά προγράμματα με στόχο την προάσπιση της φήμης τους. Η συμβολή των επιχειρήσεων που δραστηριοποιούνται στην Ελλάδα ανοίγει δρόμους σε μια νέα αγορά ενέργειας όπου κυριεύει η ανάπτυξη της τεχνολογίας και η καινοτομία. Η επιχειρηματικότητα στον κλάδο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας απαιτεί συνεργασία με ερευνητικούς φορείς και εκπαιδευτικά ιδρύματα με στόχο την ανάπτυξη όλο και πιο εξελιγμένων τεχνολογικών μεθόδων για την παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας. Οι επιχειρήσεις στον κλάδο των ανανεώσιμων πηγών συμβάλλουν θετικά:

- Στην βελτίωση της βιομηχανίας.
- Στην αύξηση των επενδύσεων στον τομέα της έρευνας.
- Στην δημιουργία μιας ισχυρής θέσης της χώρας σε καίριους ερευνητικούς τομείς.
- Στην δημιουργία ισχυρών δημόσιων ερευνητικών βάσεων.
- Στην ανάπτυξη επιχειρηματικού πνεύματος μέσω της έρευνας και τεχνολογίας.

Στην χώρας μας λίγες είναι οι επιχειρήσεις που ασχολούνται με την ανανεώσιμη ενέργεια. Οι κυρίαρχοι στον κλάδο αυτό έχουν επικεντρωθεί στην ανάπτυξη αιολικών εγκαταστάσεων. Η αγορά των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας θα μπορούσε να έχει γρήγορους ρυθμούς ανάπτυξης αν υπήρχε διάθεση των ελληνικών επιχειρήσεων να επενδύσουν σε αυτήν. Για αυτό το λόγο, η πολιτεία θα πρέπει να δημιουργήσει τις συνθήκες για να αναπτυχθεί μια υγιής και δυναμική αγορά ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και παροχής ενεργειακών υπηρεσιών. Το κράτος οφείλει να δημιουργήσει τις προϋποθέσεις για να ανθίσουν οι νέες τεχνολογίες και να επιτευχθούν οι εθνικοί και διεθνείς στόχοι της χώρας.

1.3 – ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ ΤΩΝ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ

Για την οικονομική ανάπτυξη του κόσμου χρειάζονται τεχνολογίες που μπορούν να προσφέρουν λύσεις σε οικονομικά περιβαλλοντικά και ενεργειακά προβλήματα. Τα οφέλη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι πολλαπλά:

- Προσφέρουν σταθερά και μακροχρόνια κέρδη στις επιχειρήσεις.
- Παρέχουν και υψηλές ευκαιρίες για απασχόληση.

Μέχρι και το 2020 η Ευρωπαϊκή Ένωση θέλει να αυξήσει τη χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας έως 20% λόγω των κινήτρων που προσφέρουν οι σύγχρονες τεχνολογίες. Αποτέλεσμα αυτής της ενέργειας φυσικά θα είναι η μείωση στα αέρια του θερμοκηπίου και η περιβαλλοντική καταστροφή. Στην χώρα μας όμως υπάρχει μια μεγάλη καθυστέρηση στην ανάπτυξη τέτοιων νέων τεχνολογιών. Θα πρέπει να γίνουν σημαντικές αλλαγές σε νομικό, κοινωνικό, θεσμικό και οικονομικό επίπεδο ώστε να γίνει σωστή προώθηση αυτών των τεχνολογιών.

- Όσον αφορά το νομικό πλαίσιο θα πρέπει να σταθεροποιηθούν οι νόμοι χωρίς να μεταβάλλονται συνεχώς. Οι καταναλωτές θα πρέπει να έχουν τη δυνατότητα να επιλέξουν από πού θα αγοράσουν την ηλεκτρική ενέργεια, με άλλα λόγια δηλαδή να σταματήσει το μονοπώλιο της ΔΕΗ.
- Από την άλλη πλευρά, στο κοινωνικό επίπεδο, ο πολίτης θα πρέπει να γνωρίζει τις νέες τεχνολογίες και τις εφαρμογές που έχουν ώστε να τις αξιοποιήσει κατάλληλα. Όλα αυτή η γνώση βέβαια θα πρέπει να δοθεί και μέσα από το εκπαιδευτικό σύστημα.
- Σε θεσμικό επίπεδο καλό θα ήταν να δημιουργηθεί μια ισχυρή τοπική αυτοδιοίκηση η οποία θα έχει πλήρη ενημέρωση πάνω σε θέματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

- Τέλος, σε οικονομικό επίπεδο, θα πρέπει να δοθούν χαμηλά επιτόκια δανεισμού σε όσους θέλουν να χρησιμοποιήσουν νέες τεχνολογίες φιλικές προς το περιβάλλον καθώς και να δοθούν υψηλά πρόστιμα σε εκείνες που το επιβαρύνουν.

Δίχως τη γνώση της τεχνολογίας οι άνθρωποι δε μπορούν να λύσουν τα προβλήματα που απασχολούν ολόκληρη την ανθρωπότητα. Είναι βέβαιο πως οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι η μόνη ελπίδα για να ξεπεράσουμε τις μεγάλες κρίσεις του περιβάλλοντος.

[1] Akoush, S., Sohan, R., Rice, A., Moore, A. and Hopper A., (2011) Free lunch: exploiting renewable energy for computing, Proceedings of the 13th USENIX conference on Hot topics in operating systems, Napa, California.

[2] Banos, R.,Manzano - Agugliaro, F.,Montoya, F.G.,Gil, C.,Alcayde, A. and Gomez, J. (2011) Optimization methods applied to renewable and sustainable energy: A review, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 15(4), pp. 1753 - 1766.

[3] Goiri, I., Le, K., Nguyen, T. D., Guitart, J., Torres, J. and Bianchini, R. (2012) GreenHadoop: leveraging green energy in data - processing frameworks. In Proceedings of EuroSys, pp. 57 - 70.

[4] Bolla, R., Bruschi, R., Carrega, A., Davoli, Franco (2011A) Green network technologies and the art of trading - off, Computer Communications Workshops, pp. 301 – 306.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ ΚΙΝΗΤΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

Στο κεφάλαιο αυτό μας εισάγει στα συστήματα κινητής τηλεφωνίας και ειδικότερα στα κινητά δίκτυα επικοινωνιών της επόμενης γενιάς. Προηγείται μια ιστορική αναδρομή και παρουσιάζονται τα κυριότερα χαρακτηριστικά των συστημάτων κινητής τηλεφωνίας, τα οποία επέλεξαν οι προηγούμενες γενιές. Χρονικά έως και τα κινητά δίκτυα επικοινωνιών 2.5g. Έπειτα ακολουθεί μια εκτενέστερη περιγραφή των κινητών δικτύων επικοινωνιών τρίτης γενιάς και των βασικών προτύπων της. Στη συνέχεια αναφέρονται περιληπτικά τα κινητά δίκτυα επικοινωνιών της επόμενης γενιάς ενώ ταυτόχρονα επισημαίνονται οι ανάγκες που οδήγησαν στην επερχόμενη γενιά.

2.1 – Η 1^η ΓΕΝΙΑ ΚΙΝΗΤΩΝ ΔΙΚΤΩΝ

Η πρώτη γενιά συστημάτων κυψελωτής κινητής τηλεφωνίας εμφανίστηκε τη δεκαετία του 1980. Αρκετά πιο πριν είχαν εμφανιστεί συστήματα κινητών τηλεπικοινωνιών με βασικό χαρακτηριστικό την κυψελωτή τους δομή. Τα δίκτυα αυτά είχαν περιορισμένες δυνατότητες σε σχέση με τα κυψελωτά. Παράλληλα, σημαντικό μειονέκτημα θεωρήθηκε η υποστήριξη της κινητικότητας των χρηστών. Στα κυψελωτά δίκτυα, η περιοχή κάλυψης διαιρείται σε μικρές κυψέλες. Με αυτόν τον τρόπο οι ίδιες οι συχνότητες μπορούν να χρησιμοποιούνται πολλές φορές στο ίδιο δίκτυο χωρίς να δημιουργούνται έντονα τα φαινόμενα παρεμβολής. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση των δυνατοτήτων του δικτύου^[5].

Η πρώτη γενιά χρησιμοποιούσε τεχνικές αναλογικής μετάδοσης για την κίνηση η οποία ήταν αποκλειστικά φωνή. Δεν υπήρξε κάποιο πρότυπο που να επικράτησε, αντίθετα υπήρξαν αρκετά πρότυπα όπως το Nordic Mobile Telephone (NMT), το Total Access

Communication System (TACS) και το Advanced Mobile Phone Service (AMPS). Αξίζει να σημειωθεί ότι υπάρχουν πολλά δίκτυα πρώτης γενιάς που εξακολουθούν να βρίσκονται σε λειτουργία. Βέβαια, στις χώρες όπου υπάρχει προχωρημένη υποδομή στις τηλεπικοινωνίες, τα συστήματα αυτά έχουν εγκαταλειφθεί καθώς θεωρείται ότι σπαταλούν πολύτιμο φάσμα συχνοτήτων το οποίο τα σύγχρονα ψηφιακά κινητά δίκτυα επικοινωνιών εκμεταλλεύονται πιο αποδοτικά^[6].

2.2 – Η 2^η ΓΕΝΙΑ ΚΙΝΗΤΩΝ ΔΙΚΤΩΝ

Η δεύτερη γενιά, σε αντίθεση με την πρώτη γενιά κινητών επικοινωνιών, χρησιμοποιεί ψηφιακή μετάδοση της κίνησης. Ο διαχωρισμός αναλογικού – ψηφιακού είναι η κύρια διαφοροποίηση τους. Είτε με διαίρεση χρόνου είτε με διαίρεση κώδικα, ένα κανάλι συχνοτήτων μπορεί να διαιρεθεί και να χρησιμοποιηθεί από διαφορετικούς χρήστες. Για την περαιτέρω αύξηση των δυνατοτήτων ενός δικτύου, χρησιμοποιούνται οι τρεις παρακάτω ιεραρχικές δομές κυψελών:

- Macro cells: κυψέλες μεγάλης έκτασης.
- Microcells: κυψέλες μικρής έκτασης.
- Pico cells: κυψέλες περιορισμένης έκτασης κυρίως σε αστικά κέντρα.

Υπάρχουν τέσσερα κύρια πρότυπα για τα κινητά δεύτερης γενιάς:

- Global system for mobile communications (GSM).
- Digital AMPS (D-AMPS).
- Code Division Multiple Access (CDMA).
- Personal Digital Cellular (PDC).

Το GSM είναι το πιο διαδεδομένο και επιτυχημένο σύστημα δεύτερης γενιάς. Χρησιμοποιεί ζώνη των 900 MHz. Υπάρχουν όμως και αρκετά παράγωγα τα οποία χρησιμοποιούν τις ζώνες των 1800 ή 1900 MHz. Οι ζώνες αυτές εξυπηρετούν πολύ μεγάλο αριθμό χρηστών κυρίως σε πυκνοκατοικημένες περιοχές. Η περιοχή κάλυψης όμως μειώνεται σε σχέση με τα συστήματα που λειτουργούν στη ζώνη των 900 MHz.^[7]

2.3 – Η 2,5 ΓΕΝΙΑ ΚΙΝΗΤΩΝ ΔΙΚΤΩΝ

Με τον όρο αυτόν αναφερόμαστε στο ευρύτερο σύνολο των αναβαθμίσεων που έγιναν πάνω στα κινητά δίκτυα δεύτερης γενιάς. Πολλές από αυτές τις αναβαθμίσεις παρέχουν σχεδόν τις ίδιες δυνατότητες με αυτές των κινητών δικτύων τρίτης γενιάς. Παρόλο που η διαχωριστική γραμμή μεταξύ των κινητών δικτύων δεύτερης γενιάς και αυτών της γενιάς 2,5 είναι λεπτή, υπάρχουν ορισμένες τεχνολογίες οι οποίες χαρακτηρίζουν τη γενιά 2,5. Αυτές οι τεχνολογίες είναι οι^[8]:

- High-Speed Circuit-Switched Data (HSCSD).
- General Packet Radio Services (GPRS).
- Enhanced Data Rates for Global Evolution (EDGE).

Το μεγαλύτερο πρόβλημα που παρουσίασαν οι αρχικές μορφές του GSM ήταν οι χαμηλοί ρυθμοί μετάδοσης στον αέρα που περιορίζονταν στα 9,6 Kbps. Αργότερα, τέθηκαν οι προδιαγραφές για τα 14,4 Kbps παρόλο που δε χρησιμοποιήθηκαν ευρέως.

Η λύση που προτάθηκε ήταν η τεχνολογία HSCSD. Μέσω αυτής της τεχνολογίας ένας χρήστης μπορεί να χρησιμοποιεί περισσότερες από μία χρονοθυρίδες για μία σύνδεση μεταφοράς δεδομένων. Ο ρυθμός μετάδοσης για αυτόν το χρήστη είναι το γινόμενο των χρονοθυρίδων επί το ρυθμό μετάδοσης για μία χρονοθυρίδα. Απλή και φθηνή είναι

η υλοποίηση της συγκεκριμένης τεχνολογίας. Το βασικότερο μειονέκτημα ήταν η χρήση μεταγωγής κυκλώματος. Αυτός ο τρόπος μεταγωγής είχε ως αποτέλεσμα τη σπατάλη πόρων του δικτύου αφού οι χρονοθυρίδες δεσμεύονταν ακόμα και όταν η χωρητικότητά τους δεν χρησιμοποιούνταν.

Η επόμενη λύση που προτάθηκε ήταν η τεχνολογία GPRS. Με αυτήν την τεχνολογία μπορούν να επιτευχθούν ρυθμοί μετάδοσης των 115 Kbps ή και ακόμα μεγαλύτεροι. Η τεχνολογία GPRS χρησιμοποιεί τεχνολογία μεταγωγής πακέτου. Επομένως, δεσμεύει τους πόρους του δικτύου μόνο όταν υπάρχει ανάγκη για αποστολή / λήψη δεδομένων. Η υλοποίηση του GPRS είναι αρκετά πιο ακριβή από αυτή του HSCSD, ενώ το HSCSD συμπεριφέρεται με μεγαλύτερη συνέπεια σε εφαρμογές πραγματικού χρόνου^[9].

2.4 – Η 3^η ΓΕΝΙΑ ΚΙΝΗΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ

Η δεκαετία του 1990 χαρακτηρίστηκε από την γρήγορη εξέλιξη των κινητών τηλεπικοινωνιών. Το 1991 λειτούργησε το πρώτο εμπορικό δίκτυο GSM στη Φινλανδία. Την ίδια χρονιά, το ίδρυμα ETSI ξεκινούσε την προτυποποίηση της επόμενης γενιάς δικτύων κινητών τηλεπικοινωνιών. Το σύστημα που προέκυψε από αυτή την προτυποποίηση ονομάστηκε Universal Mobile Telecommunication System (UMTS). Η ανάπτυξη των κινητών δικτύων τρίτης γενιάς δεν έγινε μόνο στο ETSI. Υπήρξαν πολλοί οργανισμοί και ερευνητικά ιδρύματα με τον ίδιο σκοπό^[10].

Η παροχή των κινητών υπηρεσιών οπουδήποτε και κάθε στιγμή είναι ο βασικός στόχος της ανάπτυξης των κινητών δικτύων τρίτης γενιάς. Ένας χρήστης δικτύων κινητής τηλεφωνίας τρίτης γενιάς μπορεί να μετακινείται οπουδήποτε και να εξυπηρετείται ακόμα και σε περιοχές όπου δεν υπάρχει κάλυψη από συστήματα τρίτης γενιάς αλλά υπάρχουν άλλου είδους ασύρματα δίκτυα.

Επιπρόσθετα, οι παρεχόμενες υπηρεσίες επεκτείνονται σε υπηρεσίες διαδικτύου και σε υπηρεσίες πολυμέσων με υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης (προβλέπονται ρυθμοί που ξεκινούν από τα 144 Kbps και φτάνουν ακόμα και σε ρυθμούς της τάξης των 2 Mbps). Αναφέροντας τον όρο υπηρεσίες πολυμέσων εννοούμε υπηρεσίες κατά τις οποίες υπάρχει συνδυασμός εικόνας, ήχου και κειμένου σε ένα διαρκώς μεταβαλλόμενο ψηφιακό περιβάλλον. Τα επικρατέστερα συστήματα τρίτης γενιάς είναι:

- Το UMTS (Ευρώπη).
- Το CDMA2000.

2.5 – Η 3,5 ΓΕΝΙΑ ΚΙΝΗΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ

Τα δίκτυα αυτά εκτός από την τεχνολογία WCDMA έχουν ενσωματώσει και την τεχνολογία High Speed Packet Access (HSPA). Η HSPA αποτελεί μία σχετικά νέα τεχνολογία η οποία σχεδιάστηκε προκειμένου να αυξήσει τη χωρητικότητα της κατερχόμενης και της ανερχόμενης ασύρματης ζεύξης για τα κινητά δίκτυα τρίτης γενιάς. Το γεγονός αυτό θεωρήθηκε απαραίτητο καθώς οι μέγιστοι ρυθμοί μετάδοσης για τα κινητά δίκτυα τρίτης γενιάς αποδείχθηκαν χαμηλοί για πολυμεσικές εφαρμογές. Ιδιαίτερα στην περίπτωση που θα υπήρχαν πολλοί χρήστες πολυμεσικών εφαρμογών στην ίδια κυψέλη, αυτό θα σήμαινε ραγδαία πτώση της απόδοσης του δικτύου στη συγκεκριμένη κυψέλη^[11].

Το HSPA αναφέρεται σε βελτιώσεις που πραγματοποιήθηκαν τόσο στην κατερχόμενη ασύρματη ζεύξη, μέσω του High Speed Downlink Packet Access (HSDPA) όσο και στην ανερχόμενη ζεύξη, μέσω του High Speed Uplink Packet Access (HSUPA). Αξίζει να αναφερθεί ότι τόσο το HSDPA όσο και το HSUPA μπορούν να υλοποιηθούν στο ίδιο

εύρος ζώνης με το UMTS (των 5 MHz), γεγονός που επιτρέπει την παράλληλη λειτουργία τόσο του HSPA όσο και του κλασσικού UMTS.

Βασική ιδέα του HSPA είναι η προσθήκη ενός νέου τύπου ευρυζωνικού καναλιού το οποίο είναι βελτιστοποιημένο για πολύ υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης. Πρόκειται για το κανάλι High Speed – Downlink Shared Channel (HS – DSCH). Στο κανάλι αυτό έχουν ενσωματωθεί διάφορες τεχνικές που αποσκοπούν στη βελτιστοποίηση των δυνατοτήτων του όσον αφορά ρυθμό μετάδοσης^[12]. Πλεονεκτήματα της τεχνολογίας HSPA:

- Αυξημένες ταχύτητες για τους τελικούς χρήστες.
- Αυξημένη διαδραστικότητα των υπηρεσιών.
- Παροχή υψηλής χωρητικότητας του δικτύου προς όφελος κυρίως των παροχών.

Η μείωση των καθυστερήσεων μετάδοσης παράλληλα με τις αυξημένες πλέον ταχύτητες μετάδοσης στο ασύρματο μέσο δίνουν τη δυνατότητα παροχής μίας μεγάλης γκάμας πολυμεσικών εφαρμογών. Οι κινητοί χρήστες έχουν πλέον την ικανότητα να απολαμβάνουν υπηρεσίες που μέχρι τώρα παρέχονταν μόνο σε χρήστες με ενσύρματη ευρυζωνική σύνδεση. Τέτοιες υπηρεσίες είναι οι παρακάτω:

- Γρήγορη ευρυζωνική σύνδεση στο διαδίκτυο.
- VOIP.
- Multi player παιχνίδια.
- Mobile TV.
- Ενισχυμένη μετάδοση video / MP3 streaming.
- Βίντεο-κλήσεις.
- Video conferencing για κινητούς χρήστες.

2.6 – Η 4η ΓΕΝΙΑ ΚΙΝΗΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ

Η επόμενη γενιά μετά την 3G είναι η 4G, η οποία είναι σε εξέλιξη. Χρησιμοποιείται για να υποστηρίξει σε ποιότητα και αξία τις απαιτήσεις των εφαρμογών της τέταρτης γενιάς που αναμένονται, όπως mobile TV και υπηρεσίες φωνής και δεδομένων οπουδήποτε και σε οποιαδήποτε στιγμή. Στόχος της γενιάς αυτής είναι η ανάπτυξη συστημάτων πλήρως βασισμένων στην τεχνολογία IP.

Η εμφάνιση νέων τεχνολογιών στα συστήματα κινητών επικοινωνιών, καθώς και η συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση οδήγησε στα συστήματα κινητών επικοινωνιών τέταρτης γενιάς (4G). Τα συστήματα 4G αυξάνουν την ικανότητα εξυπηρέτησης πολλαπλών υπηρεσιών ενσωματώνοντας όλες τις ασύρματες τεχνολογίες που υπάρχουν (π.χ. το GSM, το GPRS, ο IMT-2000, το wifi, το Bluetooth) σε μία «all-IP» πλατφόρμα. Η μετάβαση στο «all-IP» γίνεται προκειμένου να υπάρχει μία κοινή πλατφόρμα για όλες τις τεχνολογίες που έχουν αναπτυχθεί μέχρι τώρα με αποτέλεσμα ο χρήστης να έχει την ελευθερία και την ευελιξία να επιλέξει οποιαδήποτε υπηρεσία επιθυμεί με λογική ποιότητα υπηρεσίας και σε προσιτή τιμή, οποτεδήποτε και οπουδήποτε. Οι υπηρεσίες 4G ξεκίνησαν το 2010, αλλά έγιναν ευρέως διαδεδομένες το 2014-2015. Σύμφωνα με τον οργανισμό ITU, τα IMT-Advanced 4G πρότυπα εγκαινιάζουν μια νέα εποχή κινητών ευρυζωνικών επικοινωνιών, με ταχύτερη πρόσβαση σε δεδομένα και ενισχυμένες δυνατότητες περιαγωγής.

Αυτός είναι μάλιστα ο στόχος γιατί σύμφωνα με το ITU: «Τα ευρυζωνικά δίκτυα έχουν καταστεί ζωτικής σημασίας εθνικές υποδομές – όπως ακριβώς και τα δίκτυα μεταφοράς, ενέργειας και ύδρευσης – αλλά και με επιπτώσεις που μπορεί να είναι ακόμα πιο ισχυρές και πέρα από κάθε φιλοδοξία. Αυτές οι βασικές βελτιώσεις στον τομέα των ασύρματων ευρυζωνικών συνδέσεων μπορεί να οδηγήσουν σε κοινωνική

και οικονομική ανάπτυξη, καθώς και στην επιτάχυνση της προόδου προς την επίτευξη των Αναπτυξιακών Στόχων του Ο.Η.Ε για τη Χιλιετία».

Οι τρέχουσες συμφωνίες σχετικά με τις απαιτήσεις όσον αφορά το IMT – Advanced είναι:

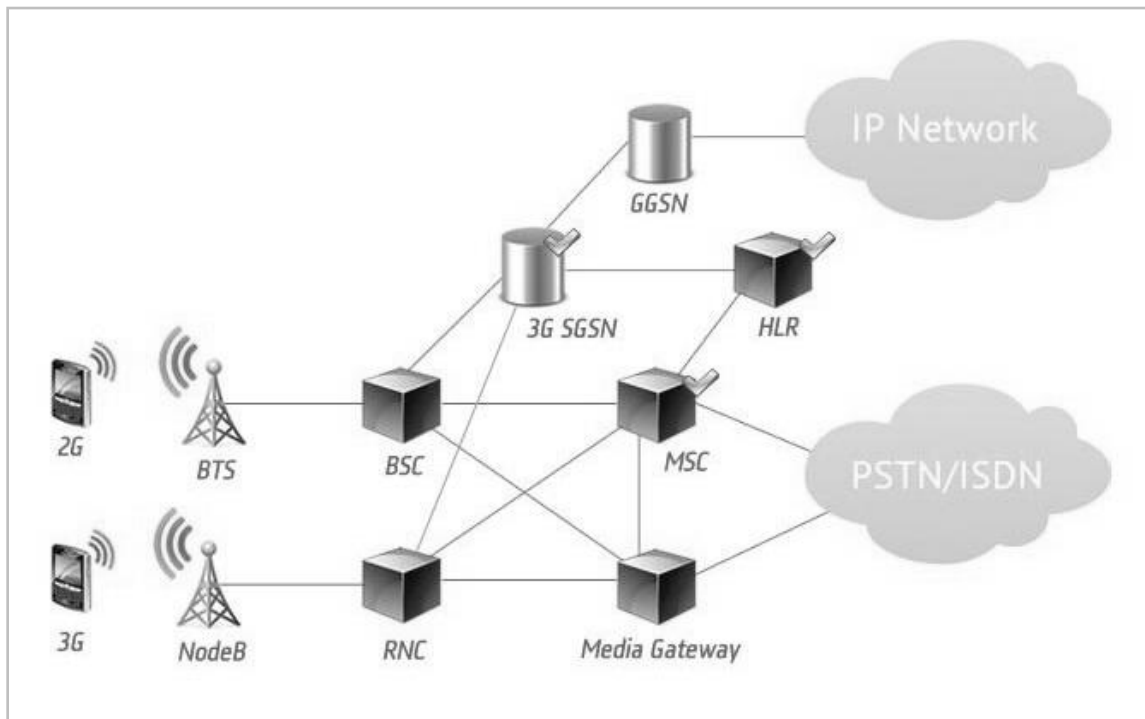
1. Μέγιστος ρυθμός δεδομένων της τάξεως του 1 Gbps για το downlink και 500 Mbps για το uplink.
2. Όσον αφορά την καθυστέρηση, ο χρόνος μετάβασης από κατάσταση αδράνειας σε κατάσταση σύνδεσης θα πρέπει να είναι μικρότερος από 100 ms.
3. Η μέγιστη φασματική απόδοση για το downlink θα πρέπει να είναι έως και 15 bps/Hz και για το uplink 6.75 bps/Hz, χρησιμοποιώντας ένα σύστημα μετάδοσης 4x4 (4 κεραίες στον πομπό και 4 στον δέκτη) ή μικρότερο στο downlink και 2x4 ή μικρότερο στο uplink.
4. Η μέση φασματική απόδοση των χρηστών στο downlink πρέπει να είναι 2.2 bps/Hz/κελί με τρόπο μετάδοσης MIMO 4x2, ενώ στο uplink ο στόχος για τη μέση φασματική απόδοση είναι 1.4 bps/Hz/κελί με MIMO 2x4.
5. Στο σενάριο με 10 χρήστες, φασματική απόδοση για τους χρήστες στα όρια των κελιών θα είναι 0.06 bps/Hz στο downlink με τρόπο μετάδοσης MIMO 4x2. Στο uplink, η αντίστοιχη φασματική απόδοση πρέπει να είναι 0.03 με MIMO 2x4.
6. Υποστήριξη κινητικότητας έως 350 km/h.
7. Το σύστημα IMT – Advanced θα υποστηρίξει κλιμακωτό εύρος ζώνης και συνάθροιση φάσματος με εύρος ζώνης μετάδοσης μεγαλύτερο από 40MHz για το downlink και το uplink.
8. Συμβατότητα και διαλειτουργικότητα με τα προηγούμενα συστήματα κινητής τηλεφωνίας.

Με την ολοκλήρωση των προδιαγραφών της όγδοης έκδοσης, ο οργανισμός 3GPP προγραμματίσει εργασίες ώστε το LTE-A να καλύψει τις απαιτήσεις του IMT – Advanced για τα δίκτυα τέταρτης γενιάς. Παράλληλα, το WiMAX Forum και ο οργανισμός IEEE εξελίσσουν το WiMAX μέσω του IEEE 802.16m ή WiMAX-m προκειμένου να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις του 4G^[13].

-
- [5] Korhonen, J. (2003). Introduction to 3G Mobile Communications. 2nd edition, Artech House.
- [6] Holma, H., & Toskala, A. (2007). WCDMA for UMTS: HSPA Evolution and LTE. 4th edition, John Wiley & Sons.
- [7] Βαρβαρίγος, Ε., & Μπερμπερίδης, Κ. (2004). Κινητά Δίκτυα Επικοινωνιών, Πανεπιστημιακές Παραδόσεις. Πανεπιστήμιο Πατρών.
- [8] 3GPP TS 25.308. (2009). High Speed Downlink Packet Access (HSDPA); Overall description; Stage 2. Version 9.0.0.
- [9] Cai, J., & Goodman, D. (1997). General Packet Radio Service in GSM. IEEE Communications Magazine, pp. 122-131.
- [10] Holma, H., & Toskala, A. (2007). WCDMA for UMTS: HSPA Evolution and LTE. 4th edition, John Wiley & Sons.
- [11] Holma, H., & Toskala, A. (2006). HSDPA/HSUPA for UMTS: High Speed Radio Access for Mobile Communications. John Wiley & Sons.
- [12] 3GPP TR 25.858. (2002). Physical layer aspects of UTRA High Speed Downlink Packet Access. Version 5.0.0.
- [13] Pereira, V., & Sousa, T. (2004). Evolution of Mobile Communications: from 1G to 4G. Department of Informatics Engineering of the University of Coimbra, Portugal.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΔΙΚΤΥΟ ΚΟΡΜΟΥ ΚΙΝΗΤΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

Το δίκτυο κορμού (Core Network – CN) είναι το δίκτυο κορμού του συστήματος UMTS. Είναι συνδεδεμένο και με άλλα δίκτυα, όπως τηλεφωνικά δίκτυα – Public Telephone Switched Network (PSTN), δίκτυα δεδομένων – Public Data Networks (PDNs) όπως το Internet καθώς και με άλλα κινητά δίκτυα. Κύριες αρμοδιότητες του δικτύου κορμού είναι η δρομολόγηση, η ταυτοποίηση, ο εντοπισμός χρηστών και άλλες πολλές^[14]. Οι οντότητες του δικτύου κορμού χωρίζονται σε δύο κατηγορίες ανάλογα με το είδος της κίνησης που εξυπηρετούν και διακρίνονται στα εξής τμήματα:



Εικόνα 3.1 – Το δίκτυο κορμού

Τμήμα Μεταγωγή κυκλώματος (Circuit Switched – CS).

Το τμήμα Μεταγωγής Κυκλώματος περιλαμβάνει τις οντότητες που υποστηρίζουν υπηρεσίες προσανατολισμένες σε σύνδεση (connection oriented) ή αλλιώς υπηρεσίες

που χρησιμοποιούν μεταγωγή κυκλώματος ως τύπο σύνδεσης) που σημαίνει ότι οι πόροι του δικτύου δεσμεύονται κατά την εκκίνηση της σύνδεσης και της υπηρεσίας και απελευθερώνονται με το πέρας αυτής. Τέτοιες οντότητες είναι οι κόμβοι MSC, GMSC και VLR.

Τμήμα Μεταγωγής Πακέτου (Packet Switched – PS).

Το τμήμα Μεταγωγής Πακέτου περιλαμβάνει τις οντότητες που υποστηρίζουν υπηρεσίες που χρησιμοποιούν μεταγωγή πακέτου ως τύπο σύνδεσης, που δεν είναι δηλαδή προσανατολισμένες σε σύνδεση. Αυτό σημαίνει ότι ανεξάρτητα πακέτα ή αλλιώς ομάδες bits μεταφέρουν τμηματικά τις πληροφορίες και τα δεδομένα του χρήστη. Κάθε πακέτο μπορεί να δρομολογηθεί ανεξάρτητα από το άλλο και να χρησιμοποιήσει διαφορετικούς πόρους του συστήματος, ανάλογα με την κίνηση σε κάθε κόμβο κοκ. Τέτοιοι κόμβοι είναι οι GGSN και SGSN, ή γενικότερα οντότητες που υποστηρίζουν το GPRS.

Υπάρχουν βέβαια και κάποιες οντότητες κοινές, ανεξαρτήτως τμήματος, όπως είναι οι κόμβοι HSS (Home Subscriber Server), HLR (Home Location Register) και AuC (Authentication Center).

3.1 – ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΤΑΓΩΓΗΣ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ (CIRCUIT SWITCHED)

Mobile - services Switching Centre (MSC)

Είναι η οντότητα που αποτελεί το πιο σημαντικό σημείο για την συνεργασία και την επικοινωνία του σταθερού μέρους του δικτύου με το ασύρματο. Κύριος ρόλος της είναι να εκτελεί όλες τις απαραίτητες διεργασίες για το χειρισμό των υπηρεσιών μεταγωγής

κυκλώματος από και προς το κινητό τερματικό. Για να παρέχει κάλυψη σε μια εκτεταμένη γεωγραφική περιοχή, απαιτείται ένας σημαντικός αριθμός BSS και ή RNS κόμβων με τον οποίο αλληλεπιδρά κάθε MSC. Το σύνολο των τελευταίων που καλύπτει μια εκτεταμένη γεωγραφική περιοχή που καλείται «pool-area» αλληλεπιδρά με κάθε κόμβο του αντίστοιχου RAN (Radio Access Network) ξεχωριστά ούτως ώστε κάποιο κινητό τερματικό που κινείται εντός της περιοχής αυτής να μη χρειάζεται να αλλάξει τον κόμβο μέσω του οποίου συνδέεται με το Δίκτυο Κορμού (CN) δηλαδή να εξυπηρετείται συνεχώς από το ίδιο MSC εντός της «pool-area». Το MSC εκτελεί όλες τις απαιτούμενες ενέργειες μεταγωγής και σηματοδοσίας για κάθε κινητό που εξυπηρετεί, εντός του «pool-area», για το οποίο είναι υπεύθυνο να δεσμεύει όλους τους απαραίτητους πόρους, ανάλογα με την εγγραφή και τα δικαιώματα αυτού. Οι λειτουργίες του MSC ανατίθενται σε δύο υπό-οντότητες, τον MSC server ο οποίος εκτελεί όλες τις διαδικασίες σηματοδοσίας και τον CS-MGW ο οποίος χειρίζεται όλη την κίνηση δεδομένων για τις υπηρεσίες που λαμβάνει ο χρήστης.

Gateway MSC (GMSC)

Το στοιχείο αυτό του Circuit Switched Core Network, είναι υπεύθυνο για τη διενέργεια λειτουργιών, προκειμένου να πραγματοποιηθεί προς το αντίστοιχο δίκτυο μετάβασης η μεταγωγή των κλήσεων, καθώς και για την αποκατάσταση στο αντίστοιχο μονοπάτι, των απαραίτητων κυκλωμάτων.

Visitor Location Register (VLR)

Πρόκειται για μία βάση δεδομένων, η οποία περιλαμβάνει όλες τις πληροφορίες που αφορούν τους χρήστες, που βρίσκονται και κινούνται εντός της περιοχής του κέντρου μεταγωγής MSC κάποια συγκεκριμένη χρονική στιγμή, όπως π.χ. πληροφορίες για τη

θέση τους. Όταν κάποιο κινητό εισέρχεται μέσω περιαγωγής σε κάποια περιοχή που ελέγχεται από διαφορετικό MSC από το αρχικό ή σε κάποια ξένα «root-area», τότε ελέγχεται από την οντότητα VLR. Εκεί εκκινείται μια διαδικασία «εγγραφής» στη νέα περιοχή. Το MSC που είναι υπεύθυνο για το σημείο εισόδου του κινητού τερματικού στην περιοχή, επικοινωνεί με το VLR και του μεταφέρει την ταυτότητα του κινητού μαζί με το σημείο εισόδου του κινητού. Εάν το κινητό δεν είναι εγγεγραμμένο ήδη στον VLR, αυτός ανταλλάσσει πληροφορίες με τον HLR που διατηρεί τα στοιχεία του συγκεκριμένου κινητού, ώστε να ενημερωθεί για τις απαραίτητες παραμέτρους ώστε να εξυπηρετήσει το «νέο» χρήστη^[15].

3.2 – ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΤΑΓΩΓΗΣ ΠΑΚΕΤΟΥ (PACKETS SWITCHED)

Serving GPRS Support Node (SGSN)

Η οντότητα αυτή (μαζί με την GGSN που περιγράφεται παρακάτω) αποτελεί το κομβικό σημείο όπου επικοινωνούν και αλληλεπιδρούν το σταθερό δίκτυο με τα ασύρματα για υπηρεσίες μεταγωγής πακέτου. Δύο είδη πληροφορίας είναι απαραίτητα και αποθηκεύονται προκειμένου να γίνουν οι σωστοί χειρισμοί για τη μεταφορά των πακέτων από την πηγή στον προορισμό: πληροφορίες που σχετίζονται με την εγγραφή του χρήστη και πληροφορίες σχετικές με την τοποθεσία του (όπως είναι η κυψέλη που τον εξυπηρετεί, ο πιθανός VLR κ.α.).

Gateway GPRS Support Node (GGSN)

Ο κόμβος αυτός, περιλαμβάνει πληροφορίες μεταγωγής των χρηστών και εφάπτεται με

εξωτερικά δίκτυα πακέτων, όπως το Internet. Επίσης, για την μετάδοση πακέτων δεδομένων από τους διαφορετικούς χρήστες, χρησιμοποιούνται IP σήραγγες (IP tunnels) μεταξύ των κόμβων GGSN και SGSN.

3.3 – ΚΟΙΝΗ ΠΕΡΙΟΧΗ CS ΚΑΙ PS

Όπως παρατηρούμε από την παραπάνω εικόνα (εικόνα 3.1) του δικτύου κορμού, οι δύο περιοχές μεταγωγής πακέτου PS και μεταγωγής κυκλώματος, περιλαμβάνουν κάποιες κοινές δομικές οντότητες, τον καταχωρητή Θέσης Συνδρομητών (Home Location Register-HLR), το Κέντρο Αυθεντικοποίησης (Authentication Center-AuC) και τον Καταχωρητή Ταυτότητας Εξοπλισμού (Equipment Identity Register-ERI), η λειτουργία των οποίων είναι η εξής:

Home Subscriber Server (HSS)

Είναι η κύρια βάση δεδομένων ενός συγκεκριμένου χρήστη στο δίκτυο. Η οντότητα αυτή διατηρεί όλα τα χαρακτηριστικά που σχετίζονται με την εγγραφή του στο δίκτυο και τις υπηρεσίες που αυτό προσφέρει, υποστηρίζει δε με αυτό τον τρόπο όλες τις υπόλοιπες οντότητες που εξυπηρετούν τελικά το χρήστη. Κάθε δίκτυο μπορεί να διαθέτει από ένα έως περισσότερους HSSs ανάλογα του πλήθους των συνδρομητών που έχει εγγεγραμμένους, της χωρητικότητας του εξοπλισμού και της οργάνωσης που έχει υλοποιηθεί. Για παράδειγμα, ένας HSS υποστηρίζει ένα κέντρο ελέγχου κλήσεων ομιλίας προκειμένου να παρέχει πληροφορίες για τη «δρομολόγηση» της κλήσης, να πιστοποιήσει την ταυτότητα και τα δικαιώματα του χρήστη. Τέλος, προσφέρονται μηχανισμοί ασφαλείας για να προστατεύεται ο λογαριασμός του χρήστη και τα δεδομένα.

Authentication Center (AuC)

Οντότητα που διατηρεί συμπληρωματική ως προς τον HSS πληροφορία ή κάποιο υποσύνολο αυτών. Το AuC συνεργάζεται με τον HLR διατηρώντας ένα κλειδί ταυτοποίησης και ελέγχου της αυθεντικότητας του κάθε χρήστη. Το κλειδί αυτό χρησιμοποιείται για την κρυπτογράφηση και δημιουργία ασφαλών δεδομένων που αφορούν το χρήστη. Η συγκεκριμένη οντότητα επικοινωνεί μόνο με τον άμεσα σχετιζόμενο ως προς αυτή HLR καθώς αυτός αιτείται τα στοιχεία που χρειάζεται για την ταυτοποίηση και την κρυπτογράφηση των δεδομένων του χρήστη και έπειτα μπορεί να τα αξιοποιήσει ο ίδιος είτε να τα προωθήσει σε άλλες οντότητες που τα έχουν ζητήσει.

[14] Jordi Pérez - Romero, Oriol Sallent, Ramon Agusti, Miguel Angel Díaz - Guerra (2005). radio resource management strategies in UMTS. John Wiley & Sons.

[15] Xi Li (2011). Radio Access Network Dimensioning for 3G UMTS. Vieweg +Teubner.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – ΣΥΜΜΕΡΙΣΜΟΣ ΔΙΚΤΥΟΥ (NETWORK SHARING)

Ο συμμερισμός του δικτύου είναι μια πολύ σύνθετη διαδικασία. Υπάρχει μια ποικιλία από επιλογές που μπορούν να ληφθούν υπόψη κατά την αξιολόγηση της βιωσιμότητας του συμμερισμού της υποδομής. Αυτές οι επιλογές κυμαίνονται από την κατανομή των πύργων και άλλων υποδομών για να μοιράζονται ένα ολόκληρο δίκτυο κινητής τηλεφωνίας^[16].

4.1 – ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ NETWORK SHARING

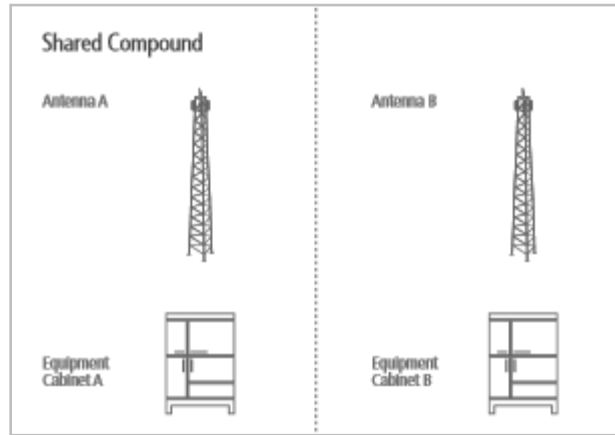
1. Site sharing
2. Mast sharing
3. Ran sharing
4. Network sharing
5. Core network sharing

Υπάρχει και το passive sharing το οποίο ορίζεται συνήθως ως ο συμμερισμός του χώρου ή των φυσικών υποδομών το οποίο δεν απαιτεί ενεργές λειτουργικές συνεργασίες μεταξύ των παρόχων του δικτύου. Το site και mast sharing είναι μορφές παθητικού συμμερισμού. Οι υπόλοιπες κατηγορίες που αναφέρθηκαν παραπάνω θεωρούνται μορφές ενεργού συμμερισμού καθώς απαιτούν παρόχους που μοιράζονται στοιχεία του ενεργού δικτύου, όπως radio access nodes και transmission.

4.2 – SITE SHARING

Το site sharing αφορά συστέγαση των χώρων και είναι ο ευκολότερος και πιο συνηθισμένος τύπος από τις παραπάνω κατηγορίες συμμερισμού. Οι πάροχοι

μοιράζονται τον ίδιο χώρο (κτίριο, σημείο) αλλά εγκαθιστούν ξεχωριστά κεραίες, ντουλάπες και το backhaul.



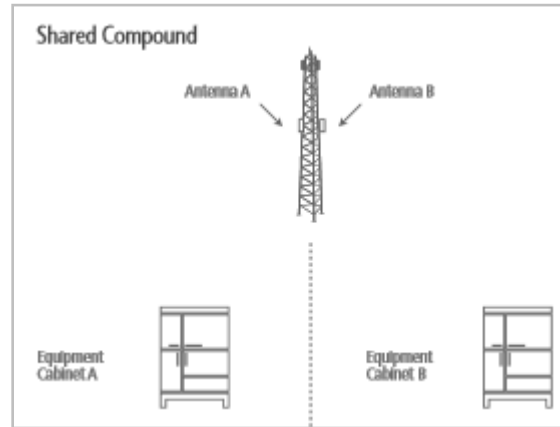
Εικόνα 4.1 – Site Sharing

Στην παραπάνω εικόνα (εικόνα 4.1), η γραμμή γύρω από τον εξοπλισμό και την κεραία μας δείχνει ότι οι πάροχοι μπορούν είτε να τους ανήκει ο χώρος/σημείο είτε να τον μισθώσουν. Στο πλαίσιο αυτό, κάθε φορέας εγκαθιστά τη δική του υποδομή χωριστά από τους άλλους φορείς. Ωστόσο, μπορεί ένας πάροχος να αποφασίσει να μοιραστεί κάποιον εξοπλισμό υποστήριξης, όπως τα στέγαστρα ή τον κλιματισμό. Αυτή η μορφή συμμερισμού βρίσκεται συνήθως σε αστικές περιοχές όπου υπάρχει έλλειψη διαθέσιμου χώρου / σημείων.

4.3 – MAST SHARING

Σε αυτή την μορφή συμμερισμού βλέπουμε ότι οι πάροχοι μοιράζονται την κεραία αλλά όχι τον εξοπλισμό. Κάθε φορέας εγκαθιστά την δική του κεραία σε έναν κοινό στύλο ή άλλη υποδομή. Ο ιστός πρέπει να ενισχυθεί και να γίνει πιο ψηλός ώστε να υποστηρίξει αρκετές ομάδες από κεραίες. Όσον αφορά το site sharing, οι πάροχοι μπορούν να μοιραστούν τον εξοπλισμό υποστήριξης.

Υπάρχουν εναλλακτικές επιλογές που είναι διαθέσιμες για τους παρόχους όταν θέλουν να χρησιμοποιήσουν το mast sharing.



Εικόνα 4.2 – Mast Sharing

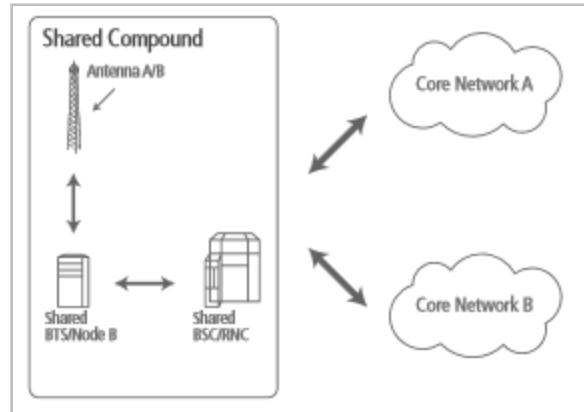
4.4 – RAN SHARING

Το ran sharing είναι η πιο ολοκληρωμένη μορφή του access network sharing. Πρόκειται για την κοινή χρήση όλου του εξοπλισμού του δικτύου πρόσβασης, συμπεριλαμβανομένης της κεραίας, του mast και του backhaul εξοπλισμού. Κάθε ένα από τα ran access network ενσωματώνεται σε ένα ενιαίο δίκτυο το οποίο στη συνέχεια χωρίζεται σε ξεχωριστά δίκτυα.

Η παρακάτω εικόνα (εικόνα 4.3) δείχνει πως θα μπορούσε το ran sharing να λειτουργήσει ανάμεσα σε δύο συνεργαζόμενα δίκτυα. Σε αυτό το σενάριο και οι δύο πάροχοι μοιράζονται όλα τα στοιχεία για την πρόσβαση στο δίκτυο στο σημείο σύνδεσης με το δίκτυο κορμού. Στο δίκτυο πρόσβασης περιλαμβάνονται τα εξής:

- Mast
- Radio equipment

- Backhaul equipment
- Site compounds



Εικόνα 4.3 – RAN Sharing

Οι πάροχοι ίσως αντιμετωπίζουν προκλήσεις στην εφαρμογή ενός shared ran network το οποίο έχει σχηματιστεί από ένα ήδη υπάρχον δίκτυο μιας και η αρχιτεκτονική σχεδιασμού ενός δικτύου έχει εξελιχθεί σημαντικά. Για παράδειγμα μπορεί να υπάρχουν ασυμβατότητες μεταξύ του εξοπλισμού που έχει αγοραστεί από διαφορετικούς προμηθευτές.

4.5 – ΣΥΜΜΕΡΙΣΜΟΣ ΔΙΚΤΥΟΥ ΚΟΡΜΟΥ (CORE NETWORK SHARING)

Σε ένα βασικό επίπεδο, το δίκτυο κορμού αποτελείται από τα εξής:

- Core transmission ring
- Switching centre (μαζί με το HLR)
- Value Added Systems (VAS)
- Billing platform

Το δίκτυο κορμού μπορεί να μοιράζεται σε ένα από τα δύο βασικά επίπεδα:

- Δακτύλιος μετάδοσης (Transmission ring).
- Λογικές οντότητες δικτύου κορμού (Core network logical entities).

Δακτύλιος μετάδοσης:

Όταν ένας πάροχος διαθέτει πλεονάζουσα διαμεταγωγική ικανότητα στο δίκτυο κορμού, μπορεί να την μοιραστεί και με άλλους φορείς. Η κατάσταση αυτή μπορεί να είναι ιδιαίτερα ελκυστική για τους νέο-εισερχόμενους παρόχους που δε διαθέτουν χρόνο και πόρους για να δημιουργήσουν το δικό τους ring. Ως εκ τούτου, μπορούν να αγοράσουν χώρο από άλλους παρόχους. Τέτοιοι πάροχοι δικτύου είναι για παράδειγμα στο Ηνωμένο Βασίλειο, British telecom και Cable and Wireless, οι οποίοι εφαρμόζουν την δική τους αρχιτεκτονική. Ωστόσο αν και οι δύο εταιρίες χρησιμοποιούν την ίδια κοινή μετάδοση, οι υπηρεσίες τους θα γίνουν πιο ευθυγραμμισμένες καθώς θα έχουν την ίδια υποδομή. Κάθε υπηρεσία, λειτουργία ή διαδικασία που υλοποιεί ένας πάροχος μπορεί να αναπαραχθεί από τον άλλον καθώς έχουν την ίδια κοινή υποδομή.

Core Network Logical Entities:

Αντιπροσωπεύει μια πολύ βαθύτερη μορφή διαμοιρασμού των υποδομών και αναφέρεται στην πρόσβαση που έχει ένας πάροχος σε ορισμένα ή όλα τα τμήματα του κεντρικού δικτύου. Ένα απλό παράδειγμα είναι το μοίρασμα της λειτουργίας του EIR (equipment identify register) η οποία από μόνη της είναι μια πολύ ακριβής διαδικασία αλλά αν ενοποιηθεί με άλλους φορείς θα γίνει πιο ελκυστική.

Τα οφέλη του core network sharing δεν είναι τόσο σαφή όσο του access network

sharing. Είναι κατανοητό ότι μπορεί να υπάρχει κάποια μείωση του κόστους λειτουργίας και συντήρησης, αλλά η κλίμακα και η πρακτικότητα αυτών παραμένει αβέβαιη^[17].

4.6 – NETWORK ROAMING

Η περιαγωγή δικτύου μπορεί να θεωρηθεί ως μια μορφή κοινής χρήσης υποδομών αν και η κίνηση από έναν χρήστη στην πραγματικότητα δρομολογείται και διεξάγεται στο δίκτυο κάποιου άλλου φορέα εκμετάλλευσης. Όμως δεν υπάρχουν απαιτήσεις στα στοιχεία του κάθε κοινού δικτύου για αυτό το είδος sharing. Εφόσον υπάρχει μια συμφωνία για περιαγωγή μεταξύ δύο παρόχους, η περιαγωγή μπορεί να πραγματοποιηθεί. Για αυτό το λόγο, οι πάροχοι δε μπορούν να ταξινομήσουν την περιαγωγή ως μια μορφής sharing καθώς δεν υπάρχει κάποια κοινή υποδομή^[18].

Η περιαγωγή μπορεί να χωριστεί σε τρεις (3) κατηγορίες:

- National roaming.
- International roaming.
- Inter-system roaming.

4.7 – ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΓΙΑ ΚΟΙΝΗ ΧΡΗΣΗ ΥΠΟΔΟΜΩΝ

Τα εμπορικά κίνητρα των υποδομών του sharing και οι τύποι των υποδομών του sharing μπορεί να διαφέρουν από χώρα σε χώρα ανάλογα με το επίπεδο αγοράς. Στα πρώτα στάδια ανάπτυξης του δικτύου, η κοινή χρήση υποδομών σχετίζεται πιο συχνά με την περιαγωγή και το site sharing τα οποία χρησιμοποιούνται για να διευκολύνουν

την γρήγορη ανάπτυξη ενός δικτύου με χαμηλό κόστος. Καθώς τα δίκτυα αναπτύσσονται και η εστίαση τους μετατοπίζεται από την ανάπτυξη στις καινοτόμες υπηρεσίες που προσφέρουν, οι πάροχοι επιδιώκουν να βελτιστοποιήσουν συνεχώς τα κέρδη και τα έσοδα τους.

Παθητικός Συμμερισμός

Site (co-location)

- Μειωμένος χρόνος απόκτησης χώρους για νέο εισερχόμενους στο κλάδο των τηλεπικοινωνιών.
- Αυξημένη πιθανότητα απόκτησης του σχεδιασμού.
- Μείωση opex.
- Επέκταση σε μη κερδοφόρες περιοχές με μείωση των κεφαλαιουχικών δαπανών και των λειτουργικών εξόδων.

Mast sharing

- Μείωση capex.
- Μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.
- Μείωση αγοράς έκτασης και κατασκευή χρόνου ολοκλήρωσης.

Access

RAN

- Μειωμένος αριθμός sites και masts για την ίδια κάλυψη.
- Μείωση opex και capex.
- Μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Core Network

Fiber ring

- Οικονομία capex και opex όπου εξοικονομείται χωρητικότητα.

Core network elements

- Μειωμένος κόστος συντήρησης και λειτουργίας.

VAS Systems

- Αυξημένη χωρητικότητα.
- Ενισχυμένη ικανότητα.
- Μειωμένος κόστος συντήρησης και λειτουργίας.

Roaming

National

- Μείωση των επενδύσεων υποδομής.
- Αύξηση κάλυψης δικτύου.

International

- Αύξηση κάλυψης δικτύου.

Inter-system

- Διευκόλυνση εισαγωγής νέων τεχνολογιών.
- Διαλειτουργικότητα μεταξύ παρόχου σε ξεχωριστά δίκτυα 3g και 2g.
- Μείωση στις επενδύσεις υποδομών σε τεχνολογίες.

4.8 – ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΣΤΟΝ ΣΥΜΜΕΡΙΣΜΟ ΔΙΚΤΥΑΚΩΝ ΥΠΟΔΟΜΩΝ

Υπάρχει ένας αριθμός από τεχνικές εκτιμήσεις και περιβαλλοντικά οφέλη που συνηγορούν στην κοινή χρήση των υποδομών στα δίκτυα.

4.8.1 – ΤΕΧΝΙΚΟΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΣΤΗΝ ΥΠΟΔΟΜΗ ΤΟΥ SHARING

Παθητική χρήση του διαμερισμού

Η απόφαση για παθητική κοινή χρήση υποδομών εξαρτάται από πολλούς τεχνικούς, πρακτικούς, και υλικοτεχνικούς παράγοντες. Κάθε πιθανός αντίκτυπος πρέπει να αξιολογηθεί και κατανοηθεί πλήρως πριν την έναρξη κοινής χρήσης για να εξασφαλιστεί ότι δεν θα υπάρξουν αρνητικές συνέπειες στην λειτουργία του δικτύου. Οι πάροχοι πρέπει να εξετάσουν στοιχεία όπως το ύψος και την κλίση της κεραίας πριν εκτελέσουν την συμφωνία για το συμμερισμό.

Θέσεις και ιστός

Παρόλο που οι νέες κεραίες μπορεί να κατασκευαστούν λαμβάνοντας υπόψη την χωρητικότητα που χρειάζονται, οι υπάρχουσες κεραίες δεν έχουν σχεδιαστεί για να καλύψουν το πρόσθετο φορτίο το οποίο πρόκειται να εξυπηρετήσουν.

Μια κεραία μπορεί να εξυπηρετήσει επιπλέον φορτίο, ωστόσο, υπάρχει πιθανότητα φυσικά να μην υπάρξει αρκετά ελεύθερος χώρος ώστε να περιλάβει πρόσθετο εξοπλισμό.

Αν η περιοχή προσφέρεται για βελτιστοποίηση της συμμεριζόμενης δικτυακής υποδομής, τότε δύναται να επανασχεδιαστεί. Αυτό θα ισχύει περισσότερο για κεραιές που είναι τοποθετημένες σε αστικές περιοχές στο κέντρο της πόλης, όπου τα έσοδα που δημιουργεί η περιοχή δικαιολογούν την επένδυση που απαιτείται. Υπάρχει επίσης η εξέταση του κατά πόσον μια εναλλακτική τοποθεσία μπορεί να βρεθεί και πως αυτό θα έχει αντίκτυπο στις επιδόσεις του δικτύου.

Δυστυχώς, οι αστικές τοποθεσίες επιβάλλουν αυστηρότερες απαιτήσεις όσον αφορά τον αριθμό των κεραιών που μπορούν να τοποθετηθούν λόγω της αισθητικής επίπτωσης. Οι πάροχοι μπορούν να επιλέξουν συνδυασμό εξοπλισμού που τους οδηγεί σε χαμηλότερες επιδόσεις του δικτύου αλλά και περιορισμό ως προς την τροποποίηση και την βελτίωση. Καθώς η τεχνολογία έχει εξελιχθεί, οι πάροχοι χρησιμοποιούν τις λεγόμενες μεταμφιέσεις (disguised sites), οι οποίες προσομοιώνουν αντικείμενα όπως φανάρια και δέντρα.

Αυτά παρέχουν στον πάροχο ένα μηχανισμό ο οποίος μπορεί να προσφέρει επιπλέον δυνατότητες σχεδιασμού ελαχιστοποιώντας τις όποιες ανησυχίες. Οι τοπικές αρχές έχουν την τάση να ευνοούν αυτές τις κατασκευές και να εγκρίνουν τέτοιες εφαρμογές. Αυτοί οι τύποι των sites έχουν περιορισμένη δυνατότητα για sharing, καθώς είναι κατασκευασμένοι όσον το δυνατό σε μικρότερο μέγεθος.

RAN sharing

Το RAN sharing μπορεί να έχει δυσμενή επίδραση στην ποιότητα υπηρεσίας λόγω των επιπτώσεων στην ισχύ του σήματος, αν και αυτό δεν ισχύει στο 3G RAN sharing. Για παράδειγμα, στην Ινδία οι πάροχοι θεωρούν ότι η κοινή χρήση των κεραιών θα μπορούσε να δημιουργήσει προβλήματα μιας και η ισχύς του σήματος μπορεί να

μειωθεί κατά 3dBs με τον συνδυασμό των σημάτων. Έτσι υπάρχει μια μείωση στην ισχύος εξόδου και επιπτώσεις στην κάλυψη του δικτύου, που σημαίνει ότι δεν πληρούνται οι παράμετροι του quality of service σε ορισμένες περιοχές.

Συμμερισμός δικτύου κορμού

Το core network sharing θέτει τεχνικούς περιορισμούς όσον αφορά την τεχνολογική πλατφόρμα του παρόχου και τα πρότυπα που χρησιμοποιούνται από τον προμηθευτή του εξοπλισμού. Παραδοσιακά 2G δίκτυα έχουν σχεδιαστεί με μια circuit switched τεχνολογία. Η τεχνολογία GPRS υλοποιήθηκε ως ένας μηχανισμός για την εισαγωγή μερικών πλεονεκτημάτων του packet switched network. Τα πιο πρόσφατα 3G δίκτυα έχουν καθοριστεί με μια πιο σύγχρονη αρχιτεκτονική, την IP-based. Η IP-based τεχνολογία θεωρείται μια πιο ευέλικτη πλατφόρμα και παρέχει τον μηχανισμό για 3G παρόχους ώστε να συνεργαστούν με άλλα IP-based συστήματα.

Περιοχή (Roaming)

Το roaming δεν απαιτεί καμία κοινή υποδομή αλλά αρκεί μια συμφωνία που επιτρέπει την ανταλλαγή δεδομένων των πελατών. Βέβαια, υπάρχουν μερικές τεχνικές απαιτήσεις για να εξασφαλιστεί ότι οι πληροφορίες ανταλλάσσονται σωστά και με έγκυρο τρόπο. Η έλλειψη οποιουδήποτε τεχνικού περιορισμού αποδεικνύεται από τον αριθμό των συμφωνιών σε όλον τον κόσμο.

4.8.2 – ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ

Η κύρια περιβαλλοντική επίπτωση αφορά:

- Κατανάλωση ρεύματος.
- Συσκευές.
- Διάδοση των masts.

Σε αυτή την ενότητα θα εξετάσουμε τον αντίκτυπο που μπορεί να έχει η κοινή χρήση υποδομών σε αυτά τα περιβαλλοντικά ζητήματα.

Κατανάλωση ρεύματος

Τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας απαιτούν ρεύμα για να λειτουργήσουν. Συχνά, οι εθνικοί πάροχοι, πρέπει να καλύψουν μεγάλες γεωγραφικές περιοχές και να εγκαταστήσουν εξοπλισμό σε χιλιάδες σημεία ώστε να παρέχουν τις απαιτούμενες υπηρεσίες. Οι πάροχοι οφείλουν να τηρούν τα δίκτυα τους σε συνεχόμενη λειτουργία 24 ώρες την ημέρα, 365 ημέρες τον χρόνο, ανεξάρτητα από τη χρήση. Η ζήτηση για την υπηρεσία μπορεί να πέσει στο μηδέν τις νυχτερινές ώρες σε ορισμένες περιοχές αλλά οι πάροχοι δεν μπορούν να κλείσουν το δίκτυο κατά τη διάρκεια εκείνων των ωρών δεδομένου ότι δε μπορούν να προβλέψουν τη κινητικότητα των συνδρομητών.

Τα δίκτυα καταναλώνουν μεγάλες ποσότητες ρεύματος με όλα τα σχετικά footprints του άνθρακα. Μια έκθεση από γνωστή εταιρία, έδειξε ότι τα δίκτυα καταναλώνουν ετησίως 61 δις KWh ενέργειας με μέσο όρο εκπομπής 10 τόνους διοξείδιο του άνθρακα ανά έτος. Τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας καταναλώνουν το 0,12% της χρήσης πρωτογενούς ενέργειας σε σύγκριση με το 23% που χρησιμοποιούνται για ταξίδια και μεταφορές.

Η πρόοδος στην τεχνολογία των chips και στην επεξεργασία ισχύος των servers και των ηλεκτρονικών συστημάτων σε γενικές γραμμές σημαίνει ότι η ποσότητα του

απαιτούμενου εξοπλισμού που εκτελεί λειτουργίες για το ίδιο ποσό των δεδομένων συνεχίζει να μειώνεται και έτσι μειώνεται και η κατανάλωση ενέργειας. Εξοπλισμοί, όπως τα mobile switching centers και τα base station controllers τα οποία χρησιμοποιούνται για να γεμίσουν αρκετά δωμάτια εξοπλισμού και καταλαμβάνουν μεγάλο χώρο, έχουν πλέον μειωθεί σε μία ή δύο καμπίνες (cabinets) αναλόγως με τον κατασκευαστή. Αυτό όχι μόνο οδηγεί σε άμεση εξοικονόμηση ενέργειας αλλά και στην περιφερειακή κατανάλωση ενέργειας, όπως ο κλιματισμός.

Οι φορείς συνήθως εξασφαλίζουν ότι τα κρίσιμα (critical) συστήματα έχουν ένα back up μηχανισμό ο οποίος εξασφαλίζει την παροχή συνεχόμενων υπηρεσιών και λειτουργιών. Αυτό σημαίνει ότι υπάρχει ένα δεύτερο σύστημα για ενεργοποίηση αν το πρώτο αποτύχει. Ωστόσο σε μερικές περιπτώσεις, τα back up συστήματα θα πρέπει να είναι είτε σε κατάσταση αναμονής είτε να λειτουργούν παράλληλα. Καθώς η τεχνολογία των δικτύων συνεχίζεται να βελτιώνεται και τα συστήματα γίνονται πιο αξιόπιστα, μειώνεται η ανάγκη για back up συστήματα.

Ενώ η τεχνολογία μπορεί να βοηθήσει στο να μειωθεί η κατανάλωση ενέργειας των επιμέρους στοιχείων του δικτύου, αυτό αντισταθμίζεται από την αύξηση του αριθμού των στοιχείων του δικτύου καθώς το δίκτυο συνέχεια αυξάνεται και επεκτείνεται σε νέες περιοχές.

Οι πάροχοι, έχουν ένα πεπερασμένο πόρο στο ποσό του φάσματος που τους έχει κατανεμηθεί και ο εξοπλισμός έχει ένα περιορισμό στον αριθμό των κλήσεων που μπορεί να αντιμετωπίσει. Καθώς η χρησιμοποίηση των πόρων πλησιάζει αυτό το όριο, ο πάροχος θα πρέπει να αυξήσει τον αριθμό των θέσεων. Επομένως αυτές οι θέσεις, έχουν αναπτυχθεί αποκλειστικά για λόγους χωρητικότητας και οι πάροχοι που μοιράζονται το δίκτυο, μπορούν να βελτιστοποιήσουν τον αριθμό αυτών των θέσεων.

Οποιαδήποτε μείωση μέσω της βελτιστοποίησης αυτής, θα παράγει μια άμεση εξοικονόμηση στην κατανάλωση ενέργειας και την μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων του παρόχου.

Υπάρχει μια αναπτυσσόμενη βιομηχανία που ειδικεύεται στην παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Οι τεχνολογίες αυτές περιλαμβάνουν την ηλιακή ενέργεια, την αιολική ενέργεια, την κυματική ενέργεια και τα βιοκαύσιμα. Οι πάροχοι θα πρέπει να είναι σε θέση να επωφεληθούν από αυτές τις τεχνολογίες καθώς το ποσό ενέργειας που μπορεί να δημιουργήσουν συνέχεια βελτιώνεται. Η Motorola έχει ήδη δοκιμάσει με επιτυχία ένα σταθμό βάσης με αιολική και ηλιακή ενέργεια, ο οποίος όχι μόνο έχει μειώσει την περιβαλλοντική επίπτωση στο χώρο αλλά καθιστά πιο εφικτή την εγκατάστασή του σε απομακρυσμένες περιοχές.

Συσκευές

Υπάρχουν περίπου 3,8 δισεκατομμύρια κινητά τηλέφωνα σε όλο τον κόσμο τα οποία λαμβάνουν κλήσεις καθημερινά. Αυτός ο αριθμός αναμένεται να αυξηθεί σημαντικά τα επόμενα χρόνια, καθώς χώρες όπως η Κίνα, η Ινδία και η Αφρική αναπτύσσονται συνεχώς. Οι κατασκευαστές που εργάζονται μαζί με τους παρόχους αναπτύσσουν συνεχώς νέα κινητά τηλέφωνα ώστε να αποκτήσουν νέους πελάτες καθώς και να προσελκύσουν τους υπάρχοντες για αναβάθμιση. Σύμφωνα με την IDC (International Data Corporation) πουλήθηκαν πάνω από 1,504.2 εκατομμύρια συσκευές παγκοσμίως το 2014.

Αυτό παράγει μια σημαντική επίπτωση στο περιβάλλον τόσο από την άποψη της παρασκευής του προϊόντος αλλά και το τέλος του κύκλου ζωής του. Παρόλο που οι πάροχοι δεν είναι υπεύθυνοι για την παραγωγή αυτών των προϊόντων, παίζουν

σημαντικό ρόλο στην διάθεση τους. Το 2006 μια ομάδα που ονομάζεται ESPOO δημιουργήθηκε ως μέρος του πιλοτικού προγράμματος της Ευρωπαϊκής Επιτροπής η οποία περιλαμβάνει κατασκευαστές, παρόχους, προμηθευτές, ανακυκλωτές, καταναλωτές και περιβαλλοντικές οργανώσεις. Η ομάδα οδηγήθηκε από την Nokia με στόχο την μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των κινητών τηλεφώνων.

Συσκευές που απορρίπτονται φέρουν πολύτιμα μέταλλα εκτός από τοξικά στοιχεία. Η Umicore ειδικεύεται στην επανάκτηση πολύτιμων μετάλλων όπως άργυρο, χαλκό, πλατίνα, χρυσό από κινητά και άλλες ηλεκτρονικές συσκευές. Όμως η Umicore έλαβε μόνο το 1% όλων των συσκευών που απορρίφθηκαν.

Στον ανεπτυγμένο κόσμο πολλά κινητά τηλέφωνα απορρίπτονται από χρήστες όταν γίνεται αναβάθμιση της συσκευής ακόμη και αν το τηλέφωνο είναι πλήρως λειτουργικό. Οι πάροχοι, μαζί με άλλους stakeholders, μπορούν να εγκαθιστούν συστήματα για να ενθαρρύνουν τους χρήστες να ανακυκλώσουν τα τηλέφωνα ώστε να γίνει μείωση των επιπτώσεων των υπηρεσιών του δικτύου για το περιβάλλον.

Διάδοση των ιστών κεραιών (antenna masts)

Μια από τις πιο ορατές επιπτώσεις του περιβάλλοντος είναι ο πολλαπλασιασμός των κεραιών. Αξίζει να σημειωθεί πως το πρόβλημα γίνεται εντονότερο σε περιοχές με μεγάλη ανάπτυξη μιας και τα περιβαλλοντικά ζητήματα προσελκύουν περισσότερο την προσοχή των μέσων μαζικής ενημέρωσης αλλά και του κοινού. Φυσικά αυτό παρέχει στους παρόχους μια πρόκληση για το πώς θα αντιμετωπίσουν αυτό το ζήτημα.

Στην περίπτωση που δύο δίκτυα με παρόμοια χαρακτηριστικά κάλυψης αποφασίσουν να εισέλθουν σε ένα RAN sharing, αυτό επιτρέπει τη μείωση των συνολικών θέσεων

του συνδυασμένου δικτύου. Η μείωση των θέσεων θα έχει θετικό αντίκτυπο στο περιβάλλον καθώς θα μειώσει τον αριθμό των πύργων και των κεραιών.

Οι στρατιωτικές δυνάμεις έχουν ήδη τεχνολογίες για να προσαρμόζουν πολλαπλές κεραιές σε διάφορα πλοία, όπως πολεμικά. Αυτά τα συστήματα είναι προσαρμοσμένα να επιτρέπουν σε εμπορικές εταιρίες να επωφεληθούν από την ίδια την τεχνολογία ώστε να μειώσουν τον αριθμό των ιστών. Η Quintel Technology Ltd είναι ένα παράδειγμα τέτοιας εταιρίας η οποία παράγει μια σειρά από κεραιές οι οποίες υποστηρίζουν πολλαπλούς παρόχους και τεχνολογίες σε μια μονάδα κεραιάς.

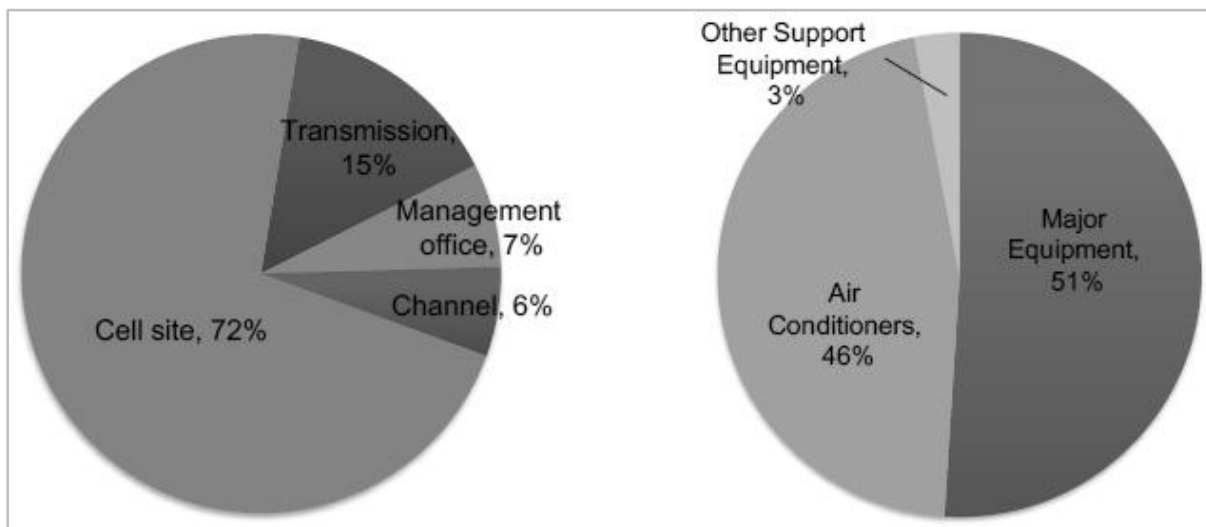
[16] J. Li *et al.*, “Cost Minimization Planning for Passive Optical Networks,” *OFC/NFOEC*, vol. 25, no. 11, 2008, pp. 3329–40.

[17] Co-Platform Multi-Mode BTS (C-P MMBTS): Leading the Trend of Multi-Mode Network Convergence, white paper from In-Stat, 2009. Multi standard

[18] Geza Szabo, Daniel Orincsay, Balazs, Peter Gero, Sandor Gyori, Tamas Borsos, “Traffic Analysis of Mobile Broadband Networks”, Third Annual International Wireless Internet Conference October 22-24, 2007, Austin, Texas, USA

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 – ΑΣΥΡΜΑΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ ΣΕ ΥΠΟΔΟΜΗ ΝΕΦΟΥΣ (CLOUD RAN)

Καθώς οι πάροχοι εισάγουν συνεχώς νέες τεχνολογίες και αυξάνουν τον αριθμό των σταθμών βάσης για να προσφέρουν ασύρματες υπηρεσίες, η κατανάλωση ενέργειας αυξάνεται δραματικά. Για παράδειγμα, τα τελευταία 5 χρόνια, η China Mobile έχει σχεδόν διπλασιάσει τον αριθμό των σταθμών βάσης, για να παρέχει καλύτερο δίκτυο, κάλυψη και χωρητικότητα. Ως αποτέλεσμα, η συνολική κατανάλωση ενέργειας έχει επίσης διπλασιαστεί. Η υψηλή κατανάλωση ενέργειας μεταφράζεται απευθείας στο υψηλότερο OPEX και σε σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις^[19].



Εικόνα 5.1 – Συνιστώσες κατανάλωσης ισχύος

Στην παραπάνω εικόνα (εικόνα 5.1) φαίνονται οι συνιστώσες της κατανάλωσης ισχύος της China Mobile. Αυτό δείχνει ότι η πλειοψηφία της κατανάλωσης ενέργειας είναι από τον σταθμό βάσης στο radio access network. Μέσα στο σταθμό βάσης, μόνο το ήμισυ της ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιείται από τον εξοπλισμό του RAN ενώ το άλλο μισό καταναλώνεται από το air condition και άλλο εξοπλισμό.

Προφανώς, ο καλύτερος τρόπος για την εξοικονόμηση ενέργειας και τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα είναι να μειωθεί ο αριθμός των σταθμών βάσης. Ωστόσο αυτό θα οδηγήσει σε χειρότερη κάλυψη δικτύου και μικρότερη χωρητικότητα. Ως εκ τούτου, οι πάροχοι αναζητούν νέες τεχνολογίες για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης, χωρίς όμως αυτό να επιφέρει αρνητικές συνέπειες στην κάλυψη του δικτύου και τη χωρητικότητα. Σήμερα, υπάρχουν αρκετές τεχνολογίες που βοηθούν στη μείωση της κατανάλωση ενέργειας των σταθμών βάσης.

Για παράδειγμα, υπάρχουν λογισμικά τα οποία μπορούν να βελτιστοποιήσουν την κατανάλωση ενέργειας μέσω συστημάτων αυτομάτου ελέγχου που ενεργοποιούνται σε συγκεκριμένες συνθήκες όπως, τα μεσάνυχτα (ώρες απραξίας). Άλλου είδους λύση είναι οι πράσινες ενεργειακές λύσεις που προσφέρει η ηλιακή, η αιολική και άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας για σταθμούς βάσης παροχής ρεύματος καθώς και η εξοικονόμηση ενέργειας στην τεχνολογία του κλιματισμού που σε συνδυασμό με το τοπικό κλίμα και τα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος μπορούν να μειώσουν την κατανάλωση της ενέργειας του εξοπλισμού του air condition. Ωστόσο, οι τεχνολογίες αυτές είναι συμπληρωματικές μέθοδοι και δεν μπορούν να αντιμετωπίσουν τα θεμελιώδη προβλήματα της κατανάλωση ενέργειας σε σχέση με τον αριθμό των σταθμών βάσης που αυξάνεται συνεχώς.

Σε μακροπρόθεσμη βάση, οι πάροχοι των κινητών επικοινωνιών πρέπει να προγραμματιστούν για την ενεργειακή απόδοση από τον σχεδιασμό του radio access network. Μια αλλαγή στην υποδομή είναι το κλειδί για την επίλυση του προβλήματος της κατανάλωσης ενέργειας του δικτύου ασύρματης πρόσβασης. Οι κεντροποιημένοι centralized σταθμοί βάσης θα μειώσουν τον αριθμό των δωματίων εξοπλισμού και ως εκ τούτου θα μειωθεί η ανάγκη χρήσης των κλιματιστικών.

5.1 – ΓΡΗΓΟΡΗ ΑΥΞΗΣΗ CAPEX / OPEX ΤΟΥ RADIO ACCESS NETWORK (RAN)

Τα τελευταία χρόνια, η κατανάλωση των κινητών δεδομένων έχει αυξηθεί σε πολύ μεγάλο ποσοστό καθώς ολοένα και περισσότεροι συνδρομητές χρησιμοποιούν smart phones και φορητές συσκευές όπως tablets. Για να ικανοποιηθεί αυτή η αύξηση της χρήσης των καταναλωτών, οι πάροχοι πρέπει να αυξήσουν σημαντικά τη χωρητικότητα του δικτύου τους για την παροχή mobile broadband σε μεγάλες μάζες.

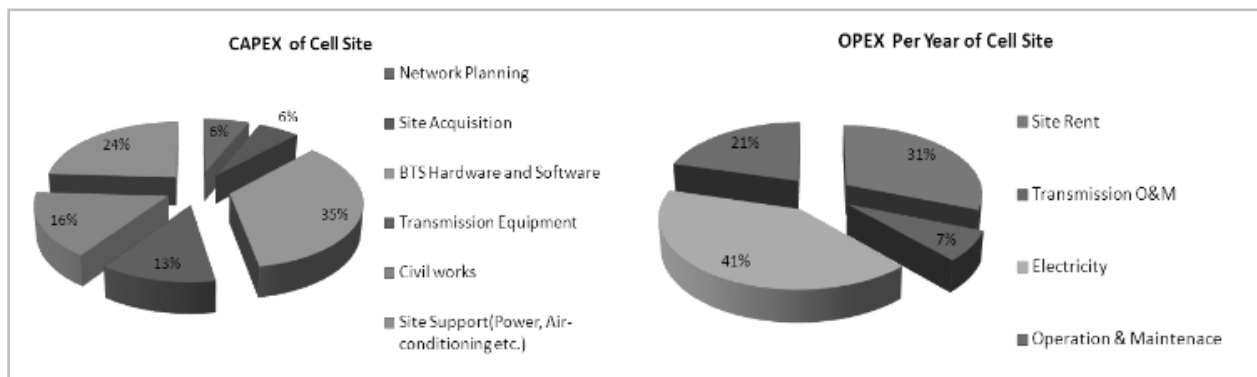
Ωστόσο, σε μια ανταγωνιστική αγορά, τα υψηλά επίπεδα κορεσμού, οι ραγδαίες τεχνολογικές αλλαγές και η μείωση εσόδων από υπηρεσίες φωνής έχουν κάνει τους φορείς εκμετάλλευσης να αναπτύσσουν traditional σταθμούς βάσης καθώς το κόστος είναι υψηλό ενώ τα κέρδη όχι. Το μέσο έσοδο ανά χρήστη (average revenue per users – ARPU) επηρεάζει τους παρόχους σχετικά με την κερδοφορία. Οι πάροχοι γίνονται ολοένα και περισσότερο προσεκτικοί σχετικά με το total cost of ownership του δικτύου ώστε οι εταιρίες να παραμείνουν κερδοφόρες και ανταγωνιστικές.

5.2 – ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΙΔΙΟΚΤΗΣΙΑΣ (TOTAL COST OF OWNERSHIP – TCO)

Το συνολικό κόστος ιδιοκτησίας περιλαμβάνει τα αποτελέσματα του opeX και του capex από την κατασκευή και λειτουργία του δικτύου. Το CAPEX συνδέεται κυρίως με την κατασκευή της υποδομής του δικτύου, ενώ το OPEX συνδέεται κυρίως με τη λειτουργία και τη διαχείριση του δικτύου. Σε γενικές γραμμές, έως και 80% του CAPEX της κινητής τηλεφωνίας δαπανάται για το radio access network. Αυτό σημαίνει ότι το μεγαλύτερο μέρος του CAPEX σχετίζεται με τη δημιουργία χώρων για το radio access network.

Το CAPEX δαπανάται κυρίως στο στάδιο της κατασκευής των κυψελών και αποτελείται από την αγορά και την κατασκευή των απαιτούμενων θέσεων. Περιλαμβάνει επίσης τις αγορές των σταθμών βάσης και των συμπληρωματικών εξοπλισμών όπως αυτού του κλιματισμού. Οι δαπάνες κατασκευής περιλαμβάνουν το σχεδιασμό του δικτύου, την αγορά της έκτασης, τα έργα του πολιτικού μηχανικού και άλλα πολλά.

Όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα (εικόνα 5.2), αξίζει να σημειωθεί ότι το κόστος του εξοπλισμού ασύρματης τεχνολογίας αποτελεί μόνο το 35% του CAPEX, ενώ το κόστος της απόκτησης χώρου, τα έργα του πολιτικού μηχανικού και η εγκατάσταση του εξοπλισμού είναι περισσότερο από το 50% του συνολικού κόστους. Ουσιαστικά αυτό σημαίνει ότι περισσότερο από το ήμισυ του CAPEX δεν δαπανήθηκε για την παραγωγή των ασύρματων λειτουργιών. Συνεπώς, οι τρόποι για να μειωθεί το κόστος του συμπληρωματικού εξοπλισμού και οι δαπάνες για την εγκατάσταση και την ανάπτυξη του εργοταξίου είναι απαραίτητοι ώστε να μειωθεί το CAPEX των παρόχων.



Εικόνα 5.2 – Capex / Opex graphs

Το OPEX στη λειτουργία και στη φάση συντήρησης του δικτύου παίζει σημαντικό ρόλο στο TCO. Λειτουργικές δαπάνες περιλαμβάνουν την ενοικίαση του χώρου, την ενοικίαση του transmission network, τη λειτουργία/συντήρηση, και τους λογαριασμούς από τον προμηθευτή της ηλεκτρικής ενέργειας. Σε μια χρονική περίοδο 7 ετών, η

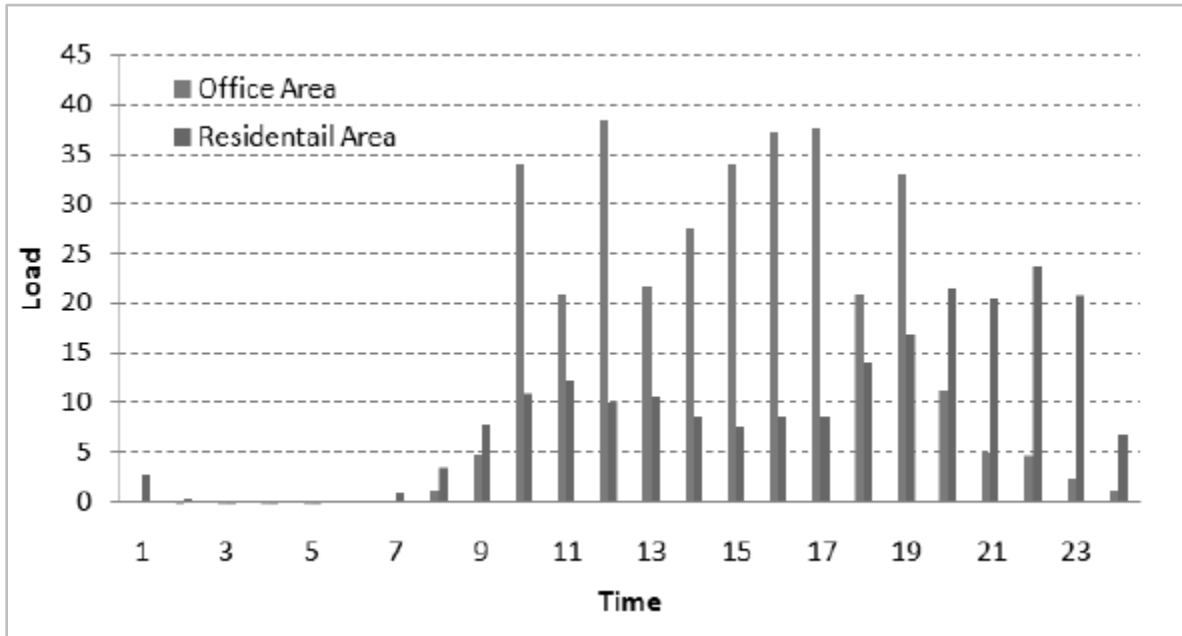
ανάλυση του TCO δείχνει ότι το OPEX αντιπροσωπεύει πάνω από το 60% του TCO, ενώ το CAPEX αντιπροσωπεύει μόνο περίπου το 40% του TCO. Το OPEX είναι ένας βασικός παράγοντας που πρέπει να εξεταστεί από τους παρόχους στην οικοδόμηση του μέλλοντος του RAN.

Ο πιο αποτελεσματικός τρόπος για να μειωθεί το συνολικό κόστος ιδιοκτησίας είναι να μειωθεί ο αριθμός των τοποθεσιών που φιλοξενούνται οι σταθμοί βάσης. Αυτό θα μειώσει το κόστος για την κατασκευή του κύριου εξοπλισμού και θα ελαχιστοποιήσει τις δαπάνες για την εγκατάσταση και ενοικίαση του. Λιγότερες τοποθεσίες σημαίνει ότι το αντίστοιχο κόστος του συμπληρωματικού εξοπλισμού θα πρέπει επίσης να αποθηκευθεί. Όμως θα υπάρξουν σημαντικές αλλαγές στην κάλυψη του δικτύου και στην εμπειρία του τελικού χρήστη. Ως εκ τούτου, ένας πιο αποδοτικός τρόπος πρέπει να βρεθεί για να μειωθεί το μη παραγωγικό τμήμα του TCO, ενώ ταυτόχρονα να διατηρείται η καλή κάλυψη του δικτύου^[20].

Δυναμική χρήση δεδομένων και χαμηλό ποσοστό χρησιμοποίησης των σταθμών βάσης

Ένα χαρακτηριστικό του δικτύου κινητής τηλεφωνίας είναι ότι οι συνδρομητές συχνά μετακινούνται από το ένα μέρος στο άλλο. Από τα δεδομένα που βασίζονται σε πραγματικές λειτουργίες του δικτύου, παρατηρήθηκε ότι η κίνηση των συνδρομητών δείχνει ένα πολύ ισχυρό μοτίβο με γεωμετρική διακύμανση του χρόνου. Ένας μεγάλος αριθμός συνδρομητών μετακινούνται από κατοικημένες περιοχές σε περιοχές που είναι τα γραφεία τους. Όταν τελειώνει η εργασία, οι συνδρομητές επιστρέφουν στα σπίτια τους. Το φορτίο κίνησης προσφέρεται στο δίκτυο τηλεφωνίας με συγκεκριμένο τρόπο που αναφέρεται και ως «tidal effect». Όπως φαίνεται στην εικόνα 5.3, κατά τις εργάσιμες ώρες, οι σταθμοί βάσης στην περιοχή όπου είναι τα γραφεία μεταφέρουν

υψηλή κίνηση, ενώ τις μη εργάσιμες ώρες οι αστικές περιοχές είναι αυτές που είναι πολυσύχναστες και οι αντίστοιχοι σταθμοί βάσης μεταφέρουν αντίστοιχη κίνηση.



Εικόνα 5.3 – Φορτίο κίνησης σταθμών βάσης κατά τις εργάσιμες ώρες

Όταν οι συνδρομητές κινούνται προς άλλες περιοχές, ο σταθμός βάσης μένει ακριβώς σε κατάσταση αδράνειας με αποτέλεσμα να σπαταλάται ένα μεγάλο μέρος ενέργειας. Επειδή οι πάροχοι πρέπει να παρέχουν 24 ώρες το εικοσιτετράωρο κάλυψη, οι σταθμοί βάσης που δεν απασχολούνται όλες τις ώρες καταναλώνουν σχεδόν το ίδιο επίπεδο ενέργειας όπως κάνουν στις πολυάσχολες ώρες. Ακόμα χειρότερα, οι σταθμοί βάσης συχνά είναι απαραίτητο να μπορούν να εξυπηρετήσουν έναν μέγιστο αριθμό ενεργών συνδρομητών τις ώρες μέγιστης κίνησης και έτσι είναι σχεδιασμένοι να έχουν πολύ μεγαλύτερη χωρητικότητα από το μέσο όρο που χρειάζεται, πράγμα που σημαίνει ότι το μεγαλύτερο μέρος της χωρητικότητας σπαταλιέται κατά το χρόνο που δεν υπάρχει υψηλή κίνηση^[21].

5.3 – ΠΛΕΝΟΕΚΤΗΜΑΤΑ CLOUD RAN

Η τεχνολογία cloud ran είναι μια φιλική προς το περιβάλλον υποδομή. Αρχικά ο αριθμός των σταθμών βάσης μπορεί να μειωθεί αρκετά. Κατά συνέπεια, ο κλιματισμός και η κατανάλωση ισχύος του υπόλοιπου εξοπλισμού υποστήριξης μπορεί να μειωθεί σε μεγάλο βαθμό. Μπορούν να αναπτυχθούν μικρότερα cells με χαμηλότερη ισχύ μιας και η ποιότητα κάλυψης του δικτύου δεν επηρεάζεται. Η ενέργεια που χρησιμοποιείται για τη μετάδοση του σήματος θα μειωθεί, το οποίο είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για τη μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στο radio access network. Όταν ένα virtual base station είναι αδρανές τη νύχτα και το μεγαλύτερο μέρος του power processing δεν είναι απαραίτητο, μπορεί να γίνει επιλεκτικά off (ή να βρεθεί σε μια κατάσταση χαμηλότερης κατανάλωσης ενέργειας), χωρίς να επηρεάζει τη δέσμευση των υπηρεσιών οποιαδήποτε στιγμή.

Η τεχνολογία cloud ran αθροίζει τους υπολογιστικούς πόρους σε λίγα μεγάλα δωμάτια και αφήνει τις απλές διαδικασίες στο Remote Radio Head (RRH), εξοικονομώντας έτσι αρκετά χρηματικά ποσά από την λειτουργία και την διαχείριση. Ο εξοπλισμός του cloud ran μπορεί να χρησιμοποιηθεί για αρκετές εργασίες μειώνοντας αρκετά τις κεφαλαιουχικές δαπάνες^[22].

[19] Jun Zhang, Runhua Chen, J. G. Andrews and R. W. Heath, "Coordinated multi-cell MIMO systems with cellular block diagonalization," Proc.41st Asilomar Conference on Signals, Systems and Computers (ACSSC' 07), pp. 1669 – 1673, Nov. 2007.

[20] White Paper of Distributed Service Network. China Mobile Research Institute.

[21] Q. H. Spencer, A. L. Swindlehurst and M. Haardt, "Zero - forcing methods for downlink spatial multiplexing in multiuser MIMO channels," IEEE Transactions on Signal Processing, vol. 52, pp. 461 – 471, Feb. 2004.

[22] L. U. Choi and R. D. Murch, "A transmit preprocessing technique for multiuser mimo systems using a decomposition approach," IEEE Trans. Wireless Commun., vol. 3, no. 1, pp. 20 – 24, Jan. 2004.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 – BACKHAUL

Σημαντικός παράγοντας για την μείωση κατανάλωσης της ενέργειας είναι το ασύρματο backhaul.

6.1 – ΜΕΙΩΣΗ OPEX

Πριν ξεκινήσουμε την αναφορά στις στρατηγικές σχεδιασμού για την μείωση του ασύρματου backhaul TCO, ας αναφέρουμε το μοντέλο TCO. Το TCO του ασύρματου backhaul αποτελείται από το orex και το capex και περιλαμβάνει τα ακόλουθα στοιχεία:

- Το μηνιαίο κόστος για την μίσθωση του πύργου / κεραίας.
- Το μηνιαίο κόστος για τον χώρο καθώς και την κατανάλωση του ρεύματος.
- Το κόστος άδειας του spectrum.
- Το κόστος της εγκατάστασης.
- Το κόστος συντήρησης και διαχείρισης.

Με την εξαίρεση του κόστους για την μίσθωση του πύργου / κεραίας, το χώρο και την κατανάλωση ρεύματος που πραγματοποιούνται σε μηνιαία βάση, όλες οι άλλες δαπάνες είτε έχουν ένα μοναδικό κόστος ή ένα εφάπαξ που πραγματοποιείται κάθε 10 χρόνια.

Είναι ξεκάθαρο πως αν θέλουμε να μειώσουμε το συνολικό κόστος του δικτύου, η εξέταση του κόστους του εξοπλισμού θα έχει μόνο μια μικρή επίδραση στα συνολικά κόστη. Για να λάβουμε μια σημαντική μείωση του συνολικού κόστους, θα πρέπει να εξεταστούν το μηνιαίο κόστος μίσθωσης του πύργου / κεραίας και του χώρου^[23].

6.1.1 – ΜΕΙΩΣΗ ΤΩΝ ΜΗΝΙΑΙΩΝ ΕΞΟΔΩΝ ΜΙΣΘΩΣΗΣ

Η μείωση του μηνιαίου κόστους μίσθωσης είναι πιο εύκολη στα λόγια παρά στην πράξη, χάρη στην αυξανόμενη ζήτηση για ασύρματες εφαρμογές και τη σχετική αύξηση του κόστους μίσθωσης. Ο μόνος τρόπος για να μειωθούν τα αυτά τα έξοδα, είναι να σχεδιάσουμε την μείωση του ποσού των μισθωμάτων που απαιτούνται εντός δικτύου. Υπάρχουν δύο μηνιαία μισθώματα που αποτελούν περισσότερο από το ήμισυ του TCO: μισθώματα για πύργους / κεραίες και μισθώματα για χώρους.

6.1.1.1 – ΜΕΙΩΣΗ ΜΙΣΘΩΜΑΤΟΣ ΠΥΡΓΟΥ / ΚΕΡΑΙΑΣ

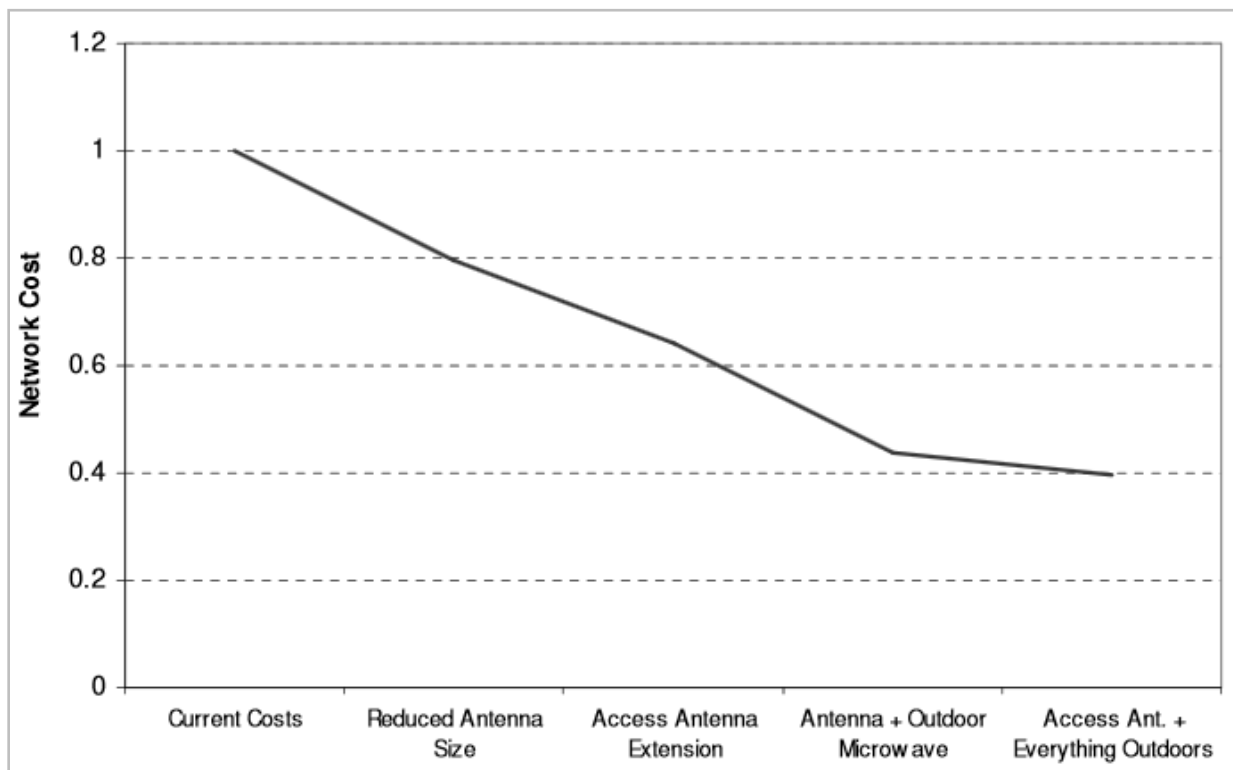
Το κόστος για την μίσθωση της κεραίας αποτελεί το 40% του συνολικού TCO που είναι η μεγαλύτερη μεμονωμένη δαπάνη σε ανάπτυξη δικτύου. Το κόστος μίσθωσης της κεραίας μπορεί να μειωθεί κατά το ήμισυ μειώνοντας το μέγεθος της κεραίας κατά 50%. Το μέγεθος της κεραίας μπορεί να μειωθεί χωρίς να επηρεάζεται η διαθεσιμότητα χρησιμοποιώντας είτε υψηλά ισχύος συστήματα είτε προσαρμοστικές τεχνικές διαμόρφωσης.

Η αρχιτεκτονική mesh/ring διευκολύνει επίσης την μείωση του μεγέθους της κεραίας. Τα ασύρματα mesh/ring δίκτυα, μπορούν να επιτρέψουν στον πάροχο να κατασκευάσει ένα δίκτυο στο 99.99%.

Ένας άλλος τρόπος για να μειωθεί το κόστος της μίσθωσης της κεραίας είναι η ενσωμάτωση των ran antenna panels μαζί με τις backhaul κεραίες για να σχηματιστεί μια ενιαία κεραία πολλαπλών δεσμών. Η κεραία αυτή, αν και μεγαλύτερη σε μέγεθος από την RNA κεραία, εξαλείφει την ανάγκη για μίσθωση δεύτερης κεραίας.

6.1.1.2 – ΜΕΙΩΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΜΙΣΘΩΣΗΣ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ

Έχοντας τον εξοπλισμό των μικροκυμάτων σε εξωτερικό χώρο, δηλαδή σε μια στέγη ή σε έναν πύργο, οι δαπάνες για την μίσθωση του χώρου μπορεί να μειωθούν σημαντικά ή ακόμη και να εξαλειφθούν. Στο παρακάτω γράφημα (εικόνα 6.2) φαίνεται η γραφική απεικόνιση της επίδρασης που έχει στο κόστος της εγκατάστασης τα περιφερειακά μέρη των κεραιών. Μειώνοντας τα μεγέθη των κεραιών και παρέχοντας RAN κεραιές που περιέχουν το backhaul, το κόστος του δικτύου μπορεί να μειωθεί έως και 35%. Αναπτύσσοντας ένα υπαίθριο σύστημα, μπορείς να μειώσεις το κόστος κατά 20%. Αναπτύσσοντας και κάποιους εξωτερικούς διακόπτες μπορείς να μειώσει το κόστος κατά 5%. Συνολικά με αυτές τις εφαρμογές μπορείς να φτάσεις σε μια μείωση του κόστους σε σχέση με την αρχική εγκατάσταση έως και 60%.



Εικόνα 6.1 – Cost of Ownership Sensitivity to Leasing Requirements

6.1.2 – ΜΕΙΩΣΗ ΤΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΜΙΣΘΩΣΗΣ ΤΟΥ ΦΑΣΜΑΤΟΣ

Οι άδειες φάσματος επιτρέπουν σε ένα δικαιούχο να χρησιμοποιήσει συγκεκριμένες ραδιοφωνικές συχνότητες σε μια καθορισμένη γεωγραφική περιοχή. Τα έξοδα για τη μίσθωση του φάσματος ποικίλλουν σε μεγάλο βαθμό από τις γεωγραφικές περιοχές. Στη Βόρεια Αμερική, το κόστος μίσθωσης του φάσματος αντιπροσωπεύει μια εφάπαξ αμοιβή ενώ στη Δυτική Ευρώπη και σε άλλες περιοχές το κόστος υπολογίζεται από την χρήση και μπορεί να είναι ισοδύναμο των 30.000 δολαρίων για μια περίοδο 10 χρόνων. Επίσης, οι δαπάνες του φάσματος επηρεάζονται από το κατά πόσο η τιμολόγηση έχει οριστεί με βάση το σύνδεσμο ή τη περιοχή καναλιού. Στην Βόρειο Αμερική (εκτός από το Μεξικό), οι δαπάνες υπολογίζονται link by link και όχι με βάση το μέγεθος του καναλιού. Στην Ευρώπη, το κόστος μίσθωσης του φάσματος υπολογίζεται με βάση την κάθε σύνδεση, αλλά έχει και άμεση συσχέτιση με την ποσότητα του φάσματος που χρησιμοποιείται σε αυτό το σύνδεσμο, γι' αυτό είναι πολύ σημαντικό να ελαχιστοποιηθούν οι απαιτήσεις του φάσματος, προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί το κόστος αδειοδότησης. Σε πολλές άλλες περιοχές, όπως η Νότια Ασία και η Λατινική Αμερική, το φάσμα είναι μισθωμένο σε μια βάση channel by channel. Στις περιοχές αυτές, ελαχιστοποιώντας τον αριθμό των καναλιών που χρησιμοποιούνται μπορεί να μειωθεί σημαντικά το κόστος φάσματος^[24].

6.1.2.1 – ΑΥΞΗΣΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΦΑΣΜΑΤΟΣ ΣΕ ΚΑΝΑΛΙΑ

Ο κύριος τρόπος για να αυξηθεί η φασματική απόδοση σε μικρότερα κανάλια είναι με τη χρήση υψηλών τεχνικών διαμόρφωσης. Όσο υψηλότερη είναι η σειρά της διαμόρφωσης τόσο μεγαλύτερη είναι η μείωση του κόστους. Τα παραδοσιακά συστήματα υποστηρίζουν ένα maximum 16QAM μέγεθος καναλιού.

6.1.2.2 – ΧΡΗΣΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ MESH RING

Ένα από τα κύρια πλεονεκτήματα της αρχιτεκτονικής mesh/ring, είναι ότι μειώνει σημαντικά την κυκλοφοριακή συμφόρηση και έτσι μειώνεται ο αριθμός των καναλιών που απαιτείται. Αυτό επιτυγχάνεται με τη διανομή του ράδιο-φάσματος σε ολόκληρη την αγορά αντί να επικεντρώνεται σε έναν κόμβο. Επιπλέον το κόστος φάσματος μπορεί να μειωθεί με τη χρήση εξοπλισμού που έχει σχεδιαστεί για να λειτουργεί σε συγκεκριμένη περιοχή. Αυτό θα εξαλείψει την ανάγκη να μισθωθεί πρόσθετο φάσμα^[25].

6.1.3 – ΜΕΙΩΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ, ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ & ΚΟΣΤΟΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Το κόστος εγκατάστασης ενός συνδέσμου μικροκυμάτων είναι μια δαπάνη μιας φοράς στην οποία περιλαμβάνονται τα έξοδα για την έρευνα και την προετοιμασία της περιοχής. Υποτίθεται ότι είναι 7.500 δολάρια το κόστος της σύνδεσης στην Βόρεια Αμερική και κάπου εκεί στην Δυτική Ευρώπη. Το κόστος εγκατάστασης μπορεί να μειωθεί με την ενοποίηση της εγκατάστασης του backhaul με τον σταθμό βάσης. Αυτή η ενοποίηση επιτρέπει την επαναχρησιμοποίηση των πόρων, το οποίο βοηθά στη μείωση του κόστους εγκατάστασης του backhaul.

6.2 – ΜΕΙΩΣΗ CAPEX

Οι δαπάνες στο capex είναι συνήθως μια σταθερή αρχική επένδυση που απαιτείται για την αγορά του εξοπλισμού. Αποσβένονται κατά τη διάρκεια του χρόνου. Στα αρχικά στάδια της ανάπτυξης μιας επιχείρησης, οι δαπάνες θέτουν σοβαρή οικονομική πίεση στους παρόχους. Τα καλά νέα είναι ότι οι δαπάνες capex μπορούν να μειωθούν

σημαντικά. Ένας τρόπος για να μειωθεί το capex είναι η δυνατότητα χρήσης λογισμικού μέσω απομακρυσμένης σύνδεσης με ευέλικτο σύστημα τιμολόγησης. Επιπλέον οι αρχικές δαπάνες backhaul μπορούν να μειωθούν με την αγορά εξοπλισμού μικροκυμάτων^[26].

[23] C.S. Ranaweera *et al.*, “Cost Optimization of Fiber Deployment for Small Cell Backhaul,” *OFC/NFOEC 2013*, paper NTh3F2, 2013.

[24] N. Cvijetic *et al.*, “Novel Optical Access and Digital Processing Architectures for Future Mobile Backhaul,” *IEEE J. Lightwave Tech.*, vol. 31, no. 4, Feb. 2013, pp. 621–27.

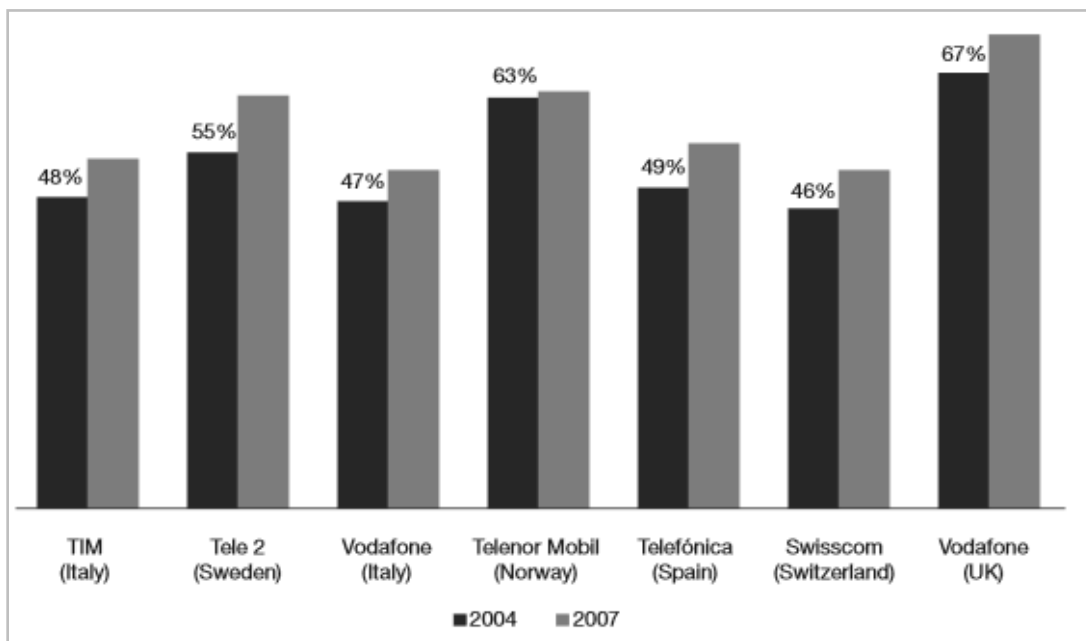
[25] Dragonwavw INC. Design Strategies to Reduce TCO of Wireless Backhaul.

[26] M. Coldrey *et al.*, “Small-Cell Wireless Backhauling: A Non-Line-of-Sight Approach for Point-to-Point Microwave Links,” *Proc. IEEE VTC-Fall 2012*, Québec City, Canada, Sept. 2012.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 – ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΚΟΣΤΟΥΣ

Οι φορείς εκμετάλλευσης των κινητών τηλεπικοινωνιών στην Ευρώπη αντιμετωπίζουν ορισμένες από τις πιο δύσκολες στιγμές τους τελευταίους μήνες. Μετά από μια περίοδο υψηλής ανάπτυξης, οι εταιρίες κινητής τηλεφωνίας βρίσκονται αντιμέτωπες με μια κρίση η οποία πλήττει τα αναπτυξιακά τους σχέδια και μια οικονομική επιβράδυνση η οποία επηρεάζει τις καταναλωτικές δαπάνες.

Σε μια αναπτυσσόμενη και ανταγωνιστική αγορά, οι επιχειρήσεις έχουν επικεντρωθεί στη δρομολόγηση προϊόντων σχετικών με την φωνή και τα δεδομένα, στην αναβάθμιση της τεχνολογίας και των λειτουργιών για την εξυπηρέτηση των πελατών με αποτέλεσμα την δημιουργία ενός πολύπλοκου συστήματος^[27].



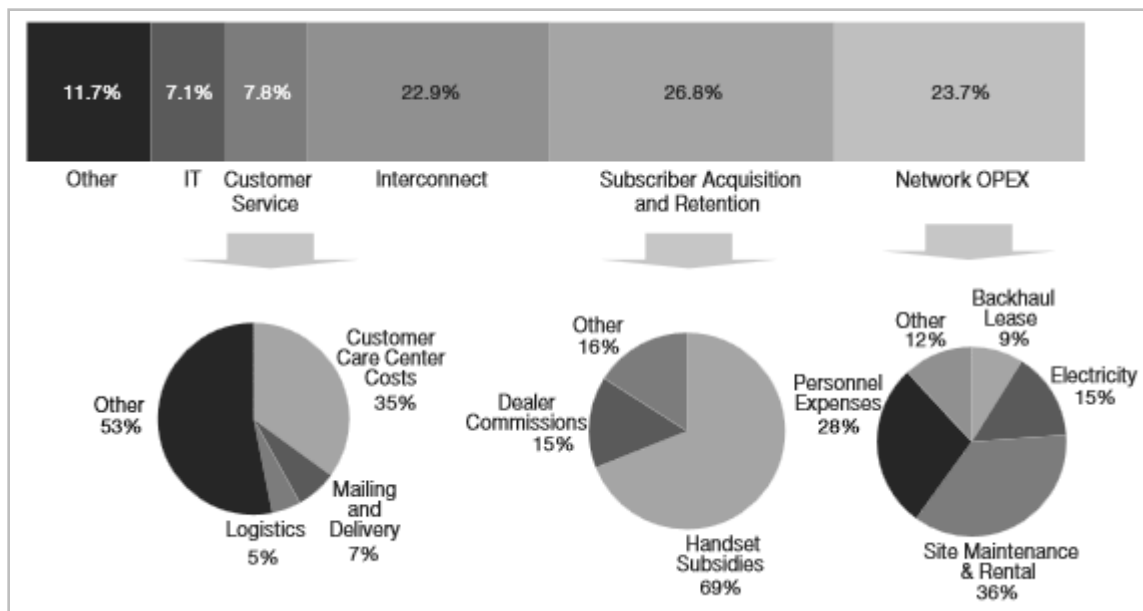
Εικόνα 7.1 – Λειτουργικό κόστος για τις επιχειρήσεις

Οι πάροχοι πρέπει τώρα να στρέψουν την προσοχή στην ανάπτυξη στρατηγιών κόστους και να απλουστεύσουν τις επιχειρήσεις τους ώστε να μειώσουν τα κόστη και να

παραμείνουν υγιείς. Ειδικότερα, επειδή το λειτουργικό κόστος για τις περισσότερες επιχειρήσεις έχει σταδιακή αύξηση κατά τα τελευταία έτη (εικόνα 7.1), φαίνεται ότι υπάρχει περιθώριο για στοχοθετημένα μέτρα βελτίωσης του OPEX.

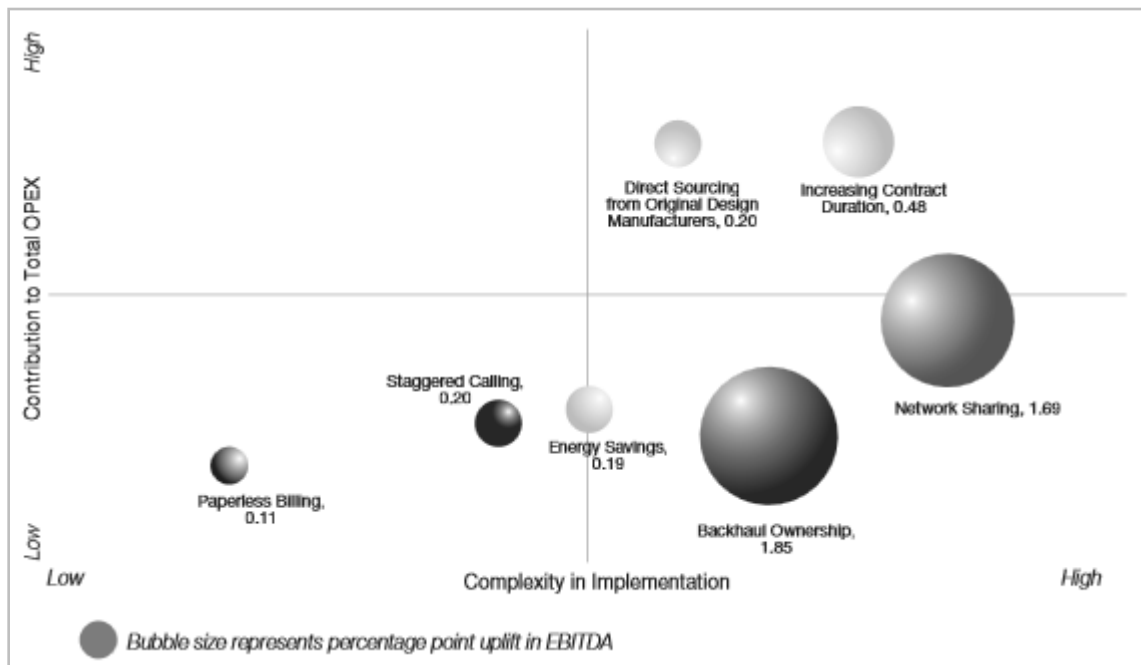
7.1 – ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΩΝ ΚΟΣΤΟΥΣ

Έχουμε επικεντρώσει την ανάλυσή γύρω από συγκεκριμένα μέτρα που στοχεύουν στη μείωση των λειτουργικών εξόδων σε κάθε ένα από τα τρία μεγάλα τμήματα του λειτουργικού κόστους του δικτύου, τον συνδρομητή, την απόκτηση και διατήρηση του κόστους, καθώς και τις δαπάνες που σχετίζονται με την εξυπηρέτηση των πελατών τα οποία μαζί αποτελούν περίπου το 60% του OPEX ενός τυπικού παρόχου κινητής τηλεφωνίας. Κάθε ένα από αυτά τα τμήματα αποτελείται από πολλαπλά στοιχεία του κόστους που μπορούν να απευθύνονται για εξοικονόμηση κόστους (εικόνα 7.2).



Εικόνα 7.2 – Τμήματα για εξοικονόμηση κόστους

Μέσα σε αυτές τις υπό περιοχές, έχουν εντοπιστεί τακτικές και στρατηγικά μέτρα τα οποία οι επιχειρήσεις μπορούν να λάβουν υπ' όψιν για τη μείωση του κόστους (εικόνα 7.3). Με την εφαρμογή αυτών των πρωτοβουλιών, το EBITDA (Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation and Amortization) για ένα τυπικό πάροχο στην Ευρώπη, μπορεί να βελτιωθεί μέχρι 4 ποσοστιαίες μονάδες και μέχρι 2.8 ποσοστιαίες μονάδες στο τέταρτο έτος ανάπτυξης^[28].

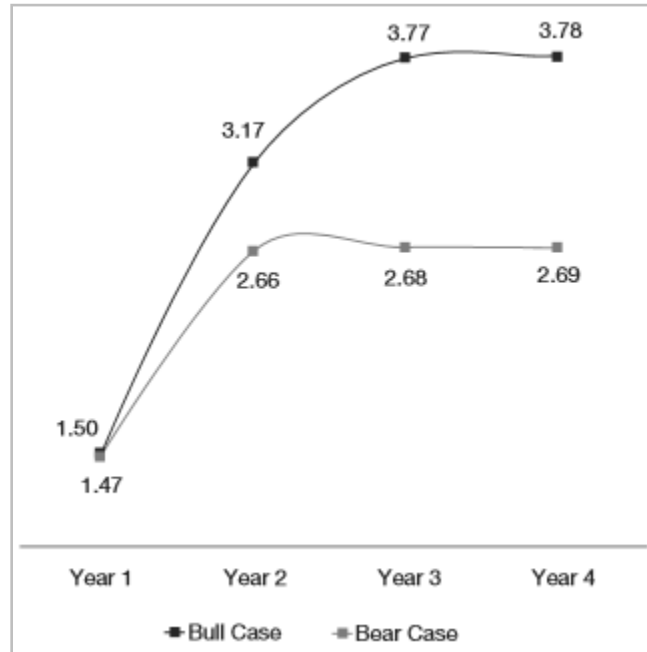


Εικόνα 7.3 – Τακτικές και στρατηγικά μέτρα

7.2 – NETWORK OPEX

Για μια εταιρία κινητής τηλεφωνίας που έχουμε ως πρότυπο, το network opeX αντιπροσωπεύει πάνω από το 26% του συνολικού opeX. Έχουν εντοπιστεί τρεις βασικοί τομείς των εξόδων του δικτύου που μπορούν οι επιχειρηματίες να επικεντρωθούν στην προσπάθειά τους να μειώσουν το κόστος. Έχει εκτιμηθεί ότι η εξοικονόμηση κόστους που επικεντρώθηκε στο network opeX είναι πιθανό να οδηγήσει σε αύξηση από 2,7 έως

3,8 ποσοστιαίες μονάδες του EBITDA με βάση τα μέτρα που έχουν αναπτυχθεί. (εικόνα 7.4).



Εικόνα 7.4 – Βελτίωση EBITDA

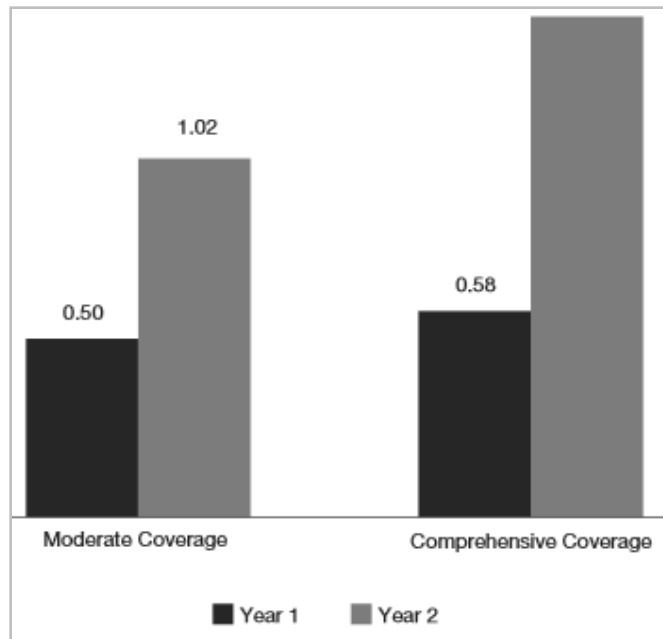
7.3 – BACKHAUL OWNERSHIP

Σε όλη την Ευρώπη, οι περισσότεροι πάροχοι μισθώνουν συνήθως ένα σημαντικό ποσό για το backhaul από τρίτους παρόχους. Εκτιμάται ότι ενώ το microwave backhaul, το οποίο περιλαμβάνει συνήθως το 65% της συνολικής χωρητικότητας backhaul, είναι ιδιόκτητο, το υπόλοιπο 35% των μισθωμένων κυκλωμάτων μετάδοσης συμβάλλουν σε ποσοστό πάνω από 65% της μετάδοσης του Orex. Με την ταχεία αύξηση του backhaul το οποίο οδηγεί σε αναβάθμιση του δικτύου, οι περισσότεροι πάροχοι βρίσκονται σε μια κατάσταση όπου πολλά από τα κέρδη τους πρέπει να τα δώσουν στους ιδιοκτήτες του backhaul. Αυτό έχει οδηγήσει κάποιες επιχειρήσεις στο να οικοδομήσουν τα δικά τους δίκτυα μετάδοσης (transmission networks).

Για παράδειγμα, η Vodafone Γερμανίας έχει ξεκινήσει μια πρωτοβουλία για να δημιουργήσει το δικό της backhaul και εκτιμάται ότι θα μπορούσε να εξοικονομήσει έως και € 60 εκατομμύρια ετησίως σε OPEX εξαιτίας αυτής της αλλαγής. Στην Ιταλία, η εταιρεία έχει ήδη μεταναστεύσει πάνω από το 80% του backhaul της σε ιδιόκτητες συνδέσεις. Μέτρα όπως ιδιόκτητα backhaul έχουν βοηθήσει τους παρόχους να μειώσουν την πολυπλοκότητα των επιχειρηματικών δραστηριοτήτων τους, αφαιρώντας τα πολλαπλά στρώματα συναλλαγής που αλληλεπιδρούν με τρίτους παρόχους.

7.4 – NETWORK SHARING

Το network sharing προσφέρει μια επιτακτική ανάγκη για εξοικονόμηση κόστους μεταξύ των παρόχων που έχουν διάφορα μεγέθη επιχειρήσεων. Για μεγαλύτερες επιχειρήσεις, το βασικό πλεονέκτημα είναι η δυνατότητα κέρδους περιουσιακών στοιχείων που έχουν ήδη υποτιμηθεί σημαντικά, προσφέροντάς τους έτσι μια σταθερή ροή εσόδων. Για τις μικρότερες επιχειρήσεις, η υπόθεση του network sharing, φαίνεται ακόμα πιο ελκυστική αφού οι πάροχοι μπορούν να μετατρέψουν σημαντικά τμήματα του Capex σε Opex. Στην Ευρώπη, οι πάροχοι έχουν αρχίσει πρόσφατα να αναγνωρίζουν τις δυνατότητες εξοικονόμησης της ενέργειας από τη κοινή χρήση δικτύου, και συνεπώς εισχωρούν σε συνεργασίες. Για παράδειγμα, η Vodafone και η Telefonica συμφώνησαν πρόσφατα να μοιράζονται τα δίκτυά τους σε τέσσερις χώρες της Ευρώπης, σε μια προσπάθεια να μειώσουν το κόστος. Από την ανάλυση αποκαλύπτεται ότι οι πάροχοι με μέτρια κάλυψη, μπορούν να επιτύχουν EBITDA upsides περίπου μίας ποσοστιαίας μονάδας (εικόνα 7.5).

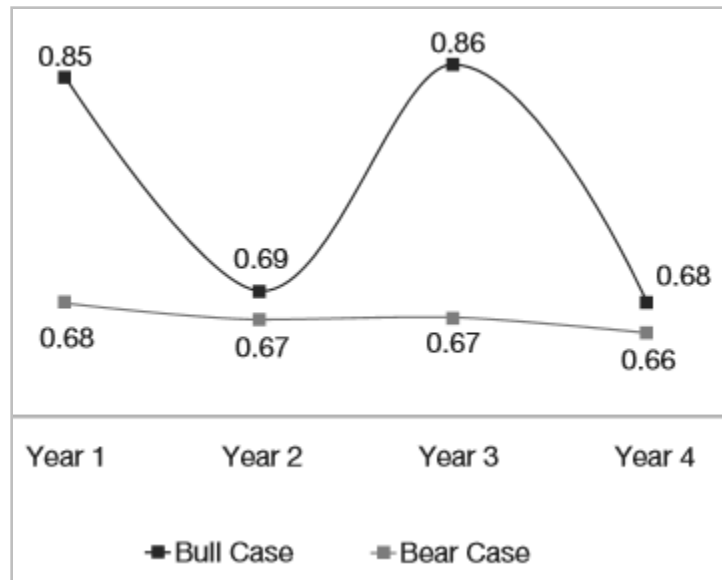


Εικόνα 7.5 – Βελτίωση EBITDA μέσω Network Sharing

7.5 – SUBSCRIBER ACQUISITION & RETENTION COSTS (SAC / SRC)

Το κόστος απόκτησης και διατήρησης των συνδρομητών αποτελεί το μεγαλύτερο παράγοντα του λειτουργικού κόστους. Το handset subsidies αποτελεί το μεγαλύτερο μέρος των δαπανών αυτών με μερίδιο 69%, ενώ οι προμήθειες των αντιπροσώπων σχεδόν το 15%.

Η αξιολόγηση των πολλαπλών μέτρων για τη μείωση του SAC / SRC για έναν επιχειρηματία αποκαλύπτει ότι η επιμήκυνση της διάρκειας της σύμβασης με τους καταναλωτές και την άμεση προμήθεια από τους κατασκευαστές του αρχικού σχεδίου (ODM) είναι πιθανό να προσφέρουν μεγαλύτερη εξοικονόμηση. Η ανάλυση μας δείχνει ότι το EBITDA αυξάνεται από 0.56 έως 0.65 ποσοστιαίες μονάδες στο τέλος καθενός από τα 4 χρόνια που εφαρμόστηκαν αυτά τα μέτρα. (εικόνα 7.6).



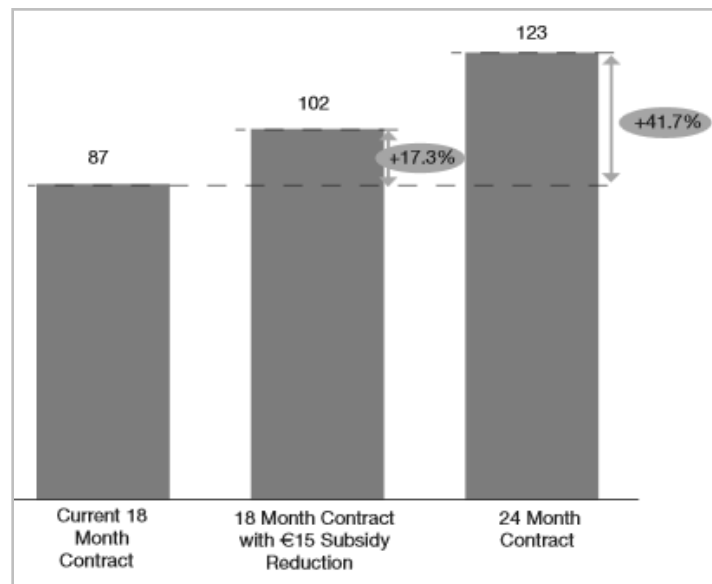
Εικόνα 7.6 – Βελτίωση EBITDA από SAC/SRC

7.6 – ΑΥΞΗΣΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ ΣΥΜΒΟΛΑΙΟΥ

Στην προσπάθεια τους οι πάροχοι να μειώσουν αυτά τα subsidies, έχουν συναντήσει ισχυρή αντίσταση από τους πελάτες. Η διάρκεια της σύμβασης που προσφέρονται από τους παρόχους είναι στενά συνδεδεμένη με το ποσό της επιδότησης συσκευής που ο πάροχος αναλαμβάνει. Κατά συνέπεια, οι πάροχοι πειραματίζονται σε ποικίλες συμβάσεις διάρκειας συμβολαίου ώστε να μειώσουν τις υψηλές επιδοτήσεις των smart phones. Για παράδειγμα, στην Ιαπωνία, η NTT DoCoMo αύξησε τη διάρκεια του συμβολαίου σε 30-36 μήνες. Αυτό οδήγησε σε μείωση των αποσυνδέσεων κατά 40%.

Σε ευρωπαϊκό επίπεδο, έχει διαμορφωθεί ένα σενάριο όπου ο σημερινός όρος ενός συμβολαίου που είναι 18 μήνες να διαμορφώνεται στους 24. Η ανάλυσή δείχνει ότι μια αύξηση άνω του 40% της αξίας στη διάρκεια ζωής του πελάτη μπορεί να επιτευχθεί με την επέκταση της διάρκειας της σύμβασης (εικόνα 7.7). Ωστόσο, οι καταναλωτές είναι

πιθανό να αντισταθούν σε οποιαδήποτε επέκταση της διάρκειας της σύμβασης. Για να οδηγήσουν τους πελάτες σε μια ανανέωση συμβολαίου, οι πάροχοι θα πρέπει να δημιουργήσουν προγράμματα παροχών benefits ώστε να ενθαρρύνουν τους πελάτες τους. Η ανάλυση δείχνει ότι με την επέκταση των συμβολαίων αλλά και με την εφαρμογή των πλεονεκτημάτων του προγράμματος, οι επιχειρηματίες βλέπουν μια αύξηση του EBITDA μεταξύ 0.44 και 0.58 ποσοστιαίων μονάδων στο τέλος του τέταρτου έτους. Παραδείγματα παρόχων που πειραματίζονται με συμβόλαια 24 μηνών έχουν αρχίσει να εμφανίζονται. Για παράδειγμα, στο Ηνωμένο Βασίλειο, η εταιρία Orange, έχει ξεκινήσει μια προώθηση στα καταστήματα της προς την ενθάρρυνση των πελατών να αποκτήσουν συμβόλαια 24 μηνών τονίζοντας τους μειωμένους μηνιαίους λογαριασμούς.



Εικόνα 7.7 – Αξία(ευρώ) πελάτη κατά τη διάρκεια συμβολαίου

Ωστόσο οι πάροχοι θα κληθούν πιθανότατα να αντιμετωπίσουν σημαντικές προκλήσεις όσον αφορά την αναβάθμιση των συμβολαίων σε 24 μήνες. Προκλήσεις που προκύπτουν γύρω από τη διαχείριση των εσόδων, τις προσδοκίες των πελατών, καθώς και στην κατανομή των επιδοτήσεων.

Παρ 'όλα αυτά, οι προκλήσεις δεν είναι ανυπέρβλητες και το μέτρο, από μόνο του, προσφέρει δυνατότητες στους παρόχους να ξεκινήσουν μια νέα χαμηλού κόστους επιδότηση.

7.7 – ΕΞΟΔΑ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ ΠΕΛΑΤΩΝ

Το κόστος εξυπηρέτησης των πελατών προέρχεται από το κόστος διεκπεραίωσης των αιτήσεων αλλά και από τα παράπονα των πελατών. Η ανάλυση των μέτρων περικοπής δαπανών επικεντρώνεται στην εξυπηρέτηση των πελατών και αποκαλύπτει δύο πρωτοβουλίες που δεν έχουν εφαρμοστεί από τους παρόχους στην Ευρώπη εκτενώς και έχουν δυνατότητες για αύξηση των κερδών:

- Τιμολόγηση χωρίς χαρτί.
- Διαφορετική προσέγγιση στην εξυπηρέτηση του καταναλωτή.

[27] Quest for Margins: Operational Cost Strategies for Mobile Operators in Europe. Telecom & Media Insights. Issue 42

[28] Dr Soren Grabowski, Stefan Detscher. Mobile Operators: Tired of Margin Pressures? A cost management approach for the mobile communications industry.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 – ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΠΡΟΜΗΘΕΙΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟΥΣ ΠΑΡΟΧΟΥΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ (PROCUREMENT MODEL ANALYSIS)

Η προμήθεια για πράσινη ενέργεια για τις τηλεπικοινωνίες περιορίζεται στο capex μοντέλο. Στο μοντέλο capex οι πάροχοι επενδύουν όλο το capex για πράσινη ανάπτυξη και αναλαμβάνουν όλους τους κινδύνους και τις επιχειρηματικές δραστηριότητες. Πάνω από 10.000 πύργοι τηλεπικοινωνιών σε όλο το κόσμο έχουν εγκατασταθεί με πράσινες πηγές ενέργειας ακολουθώντας το μοντέλο capex. Στην Ινδία, η προμήθεια πράσινης ενέργειας άρχισε να ελκύει το ενδιαφέρον από το 2008. Αρχικά η προμήθεια πράσινης ενέργειας ήταν σε πιλοτικό επίπεδο. Περίπου 2.000 τηλεπικοινωνιακοί πύργοι υλοποιήθηκαν με το μοντέλο capex στην Ινδία. Τέτοιες επενδύσεις είναι λιγότερο ελκυστικές για τους παρόχους μιας και έχουν άλλες αναπτυξιακές προτεραιότητες. Ως εκ τούτου η συμβατική λύση της γεννήτριας ντίζελ (Diesel Generator) είναι πολύ βολική για αυτούς. Ωστόσο, δεδομένου ότι υπάρχουν τεράστιες περιβαλλοντικές επιπτώσεις της λειτουργίας των DGs και το OPEX της DG λειτουργίας είναι εξαιρετικά υψηλό, η βιομηχανία προσπαθεί να έρθει σε επαφή με ένα μοντέλο όπου ο πάροχος χρησιμοποιεί πράσινη ενέργεια χωρίς να επενδύει το αρχικό CAPEX^[29].

8.1 – ΕΙΚΟΝΟΓΡΑΦΗΣΗ ΤΟΥ CAPEX ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Με το μοντέλο capex οι ευθύνες έχουν ως εξής

Δραστηριότητα	Υπεύθυνος
Αγορά εξοπλισμού	Πάροχος
Πρόσθετη απόκτηση γης (αν χρειάζεται)	Πάροχος
Εγκατάσταση εξοπλισμού και διαχείριση έργου	Πάροχος

Κίνδυνος μετά την εγκατάσταση	Πάροχος
Συντήρηση και λειτουργία των θέσεων	Πάροχος
Ανεφοδιασμός των DG και του κινδύνου που σχετίζονται με την αύξηση των τιμών των καυσίμων	Πάροχος
Παρακολούθηση και ασφάλειας περιοχής	Πάροχος
Συλλογή δεδομένων απόδοσης	Πάροχος
Κίνδυνος κλοπής και βανδαλισμού	Πάροχος
Πληρωμές σε τρίτα άτομα	Πάροχος

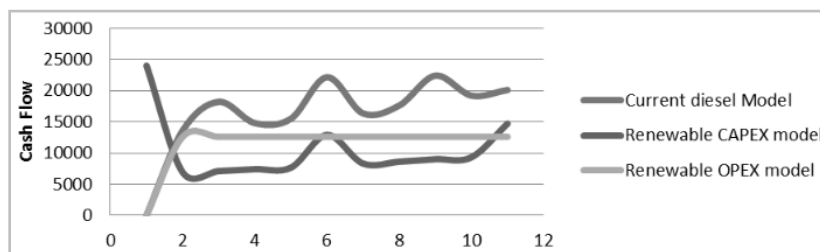
Εφόσον η προμήθεια εξοπλισμού πράσινης ενέργειας σε αυτό το μοντέλο ανήκει στον πάροχο, η αξία του χαρτοφυλακίου αυξάνεται. Επιπλέον, στο μοντέλο CAPEX, ο πάροχος αναλαμβάνει όλους τους κινδύνους που σχετίζονται με τη λειτουργία και τη συντήρηση των θέσεων που σε ορισμένες περιπτώσεις δεν είναι μόνο το κόστος εκτεταμένο, αλλά και δύσκολο να αποδοθεί καλά.

8.2 – ΕΙΚΟΝΟΓΡΑΦΗΣΗ ΤΟΥ ΟΡΕΧ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Στο μοντέλο ΟΡΕΧ, ένας τρίτος πάροχος (energy service company - ESCO) επενδύει το Capex και ο πάροχος πληρώνει για την χρήση της ενέργειας. Καθώς ο ESCO πρέπει να βγάλει λεφτά από αυτό το μοντέλο για 10 τουλάχιστον χρόνια, συνήθως ο πάροχος καταλήγει να πληρώνει λίγο περισσότερα από το capex μοντέλο. Για να γίνει αυτό το μοντέλο πιο βιώσιμο, ο ESCO θα πρέπει να συμμετάσχει σε μια στρατηγική όπου θα επαναχρησιμοποιεί κάποιες από τις υφιστάμενες υποδοχές. Αν συγκρίνουμε τα δύο μοντέλα έχουμε τα εξής:

Δραστηριότητα	Capex model	Opex model
Αγορά εξοπλισμού	Πάροχος	ESCO
Πρόσθετη απόκτηση γης (αν χρειάζεται)	Πάροχος	ESCO
Εγκατάσταση εξοπλισμού και διαχείριση έργου	Πάροχος	ESCO
Κίνδυνος μετά την εγκατάσταση	Πάροχος	ESCO
Συντήρηση και λειτουργία των θέσεων	Πάροχος	ESCO
Ανεφοδιασμός των DG και του κινδύνου που σχετίζονται με την αύξηση των τιμών των καυσίμων	Πάροχος	ESCO
Παρακολούθηση και ασφάλειας περιοχής	Πάροχος	ESCO
Συλλογή δεδομένων απόδοσης	Πάροχος	ESCO
Κίνδυνος κλοπής και βανδαλισμού	Πάροχος	ESCO
Πληρωμές σε τρίτα άτομα	Πάροχος	ESCO

Ο πάροχος κάνει μόνο μια πληρωμή σε τρίτα άτομα για τη συνολική διαχείριση και λειτουργία της θέσης. Ο ESCO αναλαμβάνει όλες τις δραστηριότητες στο opex μοντέλο. Για να κατανοήσουμε περαιτέρω το οικονομικό όφελος, αν ο ESCO θεωρεί ένα συντελεστή εσωτερικής απόδοσης (IRR) 20% για μια επένδυση για 2kW site όπως περιγράφεται στο μοντέλο CAPEX, το κόστος μιας μονάδας ενέργειας θα είναι \$0.7/kWh. Αν έχουμε σχεδιάσει τα οικονομικά μεγέθη σε ένα γράφημα, η σύγκριση των ταμειακών ροών μεταξύ των σημερινών ντίζελ λύσεων που βασίζονται σε ένα CAPEX και OPEX μοντέλο θα ήταν ως εξής:



Εικόνα 8.1 – Σύγκριση χρόνο με χρόνο διαφόρων μοντέλων 2kW

Τα γραφήματα δείχνουν ότι το μοντέλο OPEX ως προς την ταμειακή ροή είναι χαμηλότερο (αθροιστικά 35%) από ότι το σημερινό ντίζελ και λίγο υψηλότερο (σωρευτικά 10%) από το μοντέλο CAPEX. Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα του μοντέλου OPEX είναι ότι οι πάροχοι μπορούν να απαλλαγούν από τις σημαντικές capex επενδύσεις για ανάπτυξη πράσινης ενέργειας.

8.3 – ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ

Τόσο το μοντέλο orex όσο και το capex έχουν και πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Προκειμένου να προσδιορισθεί το σωστό μοντέλο για έναν επιχειρηματία πρέπει να αναλυθούν τρεις (3) περιοχές:

- Οικονομία
- Λειτουργία
- Στρατηγική

Οικονομική ανάλυση

➤ Capex model

1. Ο πάροχος πρέπει να επενδύσει όλο το capex είτε από κάποια δική του πηγή, είτε από την αγορά ενός κεφαλαίου. Ως εκ τούτου ο οικονομικός κίνδυνος ανήκει στον πάροχο.
2. Ο συντελεστής εσωτερικής απόδοσης για ανάπτυξη πράσινης δύναμης είναι σημαντικά πιο ελκυστικός.
3. Για μαζική ανάπτυξη, η επένδυση capex είναι ένα εμπόδιο δεδομένου ότι μπορεί να απαιτούνται εκατοντάδες εκατομμύρια ευρώ.

➤ Opex model

1. Ο πάροχος δε χρειάζεται να επενδύσει για capex, ως εκ τούτου δεν υπάρχει κανένας οικονομικός κίνδυνος για ανάπτυξη πράσινης ενέργειας.
2. Ο εσωτερικός συντελεστής απόδοσης αυξάνεται για telecom site καθώς το site opex μειώνεται.

Λειτουργική ανάλυση

➤ Capex model

1. Για την κανονική λειτουργία της θέσης μέσα στην ημέρα υπεύθυνος είναι ο πάροχος. Όλες οι δαπάνες που σχετίζονται με τη λειτουργία της κεραίας γεννώνται από τον πάροχο.
2. Η λειτουργία της θέσης και η συντήρηση του SLA είναι του παρόχου. Εάν αποτύχει, ο ανάδοχος πάροχος αναλαμβάνει όλες τις οικονομικές απώλειες και ποινές.
3. Το opex για την τεχνική λειτουργία είναι χαμηλό.
4. Το opex για την λειτουργία της θέσης είναι υψηλό.

➤ Opex model

1. Η λειτουργία της θέσης είναι μια ευθύνη για τον ESCO. Ως εκ τούτου, ο πάροχος δεν πρέπει να αναπτύξει πόρους για τη λειτουργία της θέσης.
2. Ο ESCO είναι υπεύθυνος για την λειτουργία της θέσης και τη συντήρηση του SLA. Εάν αποτύχει, ο ανάδοχος πάροχος αναλαμβάνει όλες τις οικονομικές απώλειες και ποινές.

Στρατηγική ανάλυση

➤ Capex model

1. Όλα τα περιουσιακά στοιχεία της πράσινης ενέργειας ανήκουν στον πάροχο και ως εκ τούτου αυξάνεται το portfolio και το branding value του οργανισμού.
2. Μεγιστοποίηση της αξιοποίησης των υφιστάμενων περιουσιακών στοιχείων.
3. Εύκολη η αντιμετώπιση αλλαγής των μεταβλητών.
4. Αυξάνεται το χρέος για τον οργανισμό.

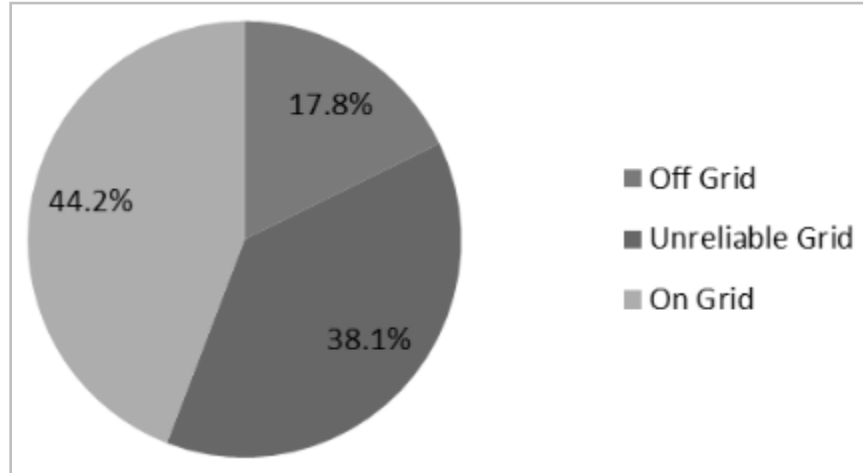
➤ Opex model

1. Οφέλη από την μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.
2. Αυξάνεται η πολυπλοκότητα της κρατικής διαχείρισης.

Και τα δύο μοντέλα έχουν θετικά και αρνητικά στοιχεία για τον πάροχο. Με βάση την στρατηγική που θα ακολουθήσει ο πάροχος γίνεται η επιλογή του μοντέλου. Το μοντέλο capex για την πράσινη ενέργεια ήταν η τελική επιλογή τα τελευταία χρόνια. Το μοντέλο opex άρχισε κερδίζει έδαφος πρόσφατα. Όλες οι μεγάλες επιχειρήσεις στην ινδική αγορά τηλεπικοινωνιών είναι τώρα σε αναζήτηση του σωστού παρόχου υπηρεσιών που θα είναι σε θέση να τους προσφέρει ένα μοντέλο OPEX για την ανάπτυξη πράσινης ενέργειας.

Αν και η δεύτερη μεγαλύτερη βιομηχανία τηλεπικοινωνιών στο κόσμο, οι πάροχοι τηλεπικοινωνιών στην Ινδία έχουν σημαντική έλλειψη αξιοπιστίας στο δίκτυο τους. Από μια πρόσφατη δημοσίευση, διαπιστώθηκε ότι το 17.8% των πύργων είναι εκτός δικτύου παροχής ρεύματος, 38.1% των πύργων συνδέονται με αναξιόπιστα δίκτυα

παροχής ρεύματος, και το 44.2% των πύργων είναι συνδεδεμένοι σε δίκτυο παροχής ρεύματος^[30].



Εικόνα 8.2 – Telecom tower grid

Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι η βιομηχανία κινείται σε εναλλακτικές πηγές ενέργειας. Ωστόσο, λόγω του μεγάλου αριθμού των χώρων, δεν έρχεται ως μια εύκολη επιλογή για τις επιχειρήσεις να αναπτύξουν πράσινες πηγές ενέργειας με το μοντέλο CAPEX.

[29] 3GPP, “LTE; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (EUTRA); Base Station (BS) Radio Transmission and Reception (3GPP TS 36.104 version 11.4.0 Release 11),” tech. spec., ETSI TS 136 104 V11.4.0 (2013-04), Apr. 2013.

[30] Procurement Model Analysis: CAPEX vs. OPEX. GSMA Head Office Seventh Floor, 5 New Street Square, New Fetter Lane, London EC4A 3BF UK.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η ενασχόληση μου στο πλαίσιο του μεταπτυχιακού προγράμματος αποτέλεσε την αφορμή να μελετήσω διεξοδικά το ζήτημα που αφορούσε την μελέτη του λειτουργικού κόστους παρόχων κινητών επικοινωνιών με έμφαση στην ενεργειακή κατανάλωση. Μέσω αυτής της έρευνας διαπίστωσα την αναγκαιότητα που χρειάζονται οι πάροχοι κινητών επικοινωνιών να μειώσουν τα λειτουργικά τους κόστη ώστε να μειωθούν και τα περιβαλλοντικά προβλήματα που ταλανίζουν την ποιότητα της ζωής μας. Μέσω όλων αυτών των τεχνολογιών που αναφέρθηκαν παραπάνω, πιστεύω ότι οι πάροχοι θα μπορέσουν να αλλάξουν προς το καλύτερο τις υπηρεσίες που προσφέρουν και τις τεχνολογίες που χρησιμοποιούν. Μια τέτοια επίλυση θα αποτελούσε κινητήρια δύναμη και για την οικονομία της χώρας μας.