ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΝΑΥΠΑΚΤΟΥ

ΤΜΗΜΑ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Διασύνδεση σταθμού βάσης κινητής τηλεφωνίας με το δίκτυο

μέσω Fiber to the BTS site

Βλάχου Π. Βασιλική

Αριθμός Μητρώου: 653

Επιβλέποντες καθηγητές:

Λούβρος Σπυρίδων – Οικονομάκος Μιχαήλ

Ναύπακτος, 2013

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή

Ναύπακτος, 30/04/2013

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

1.

2.

3.

Ευχαριστίες

Ευχαριστώ πρώτα απ' όλους τους γονείς μου για την στήριξή τους και τον αγώνα που έχουν δώσει όλα αυτά τα χρόνια για να φτάσω μέχρι εδώ και που με έχουν μάθει στα δύσκολα να χαμογελάω. Ευχαριστώ και τα αδέρφια μου που όσα μίλια και αν μας χωρίζουν, πάντα είναι δίπλα μου σε κάθε μου βήμα, με στηρίζουν και με βοηθούν.

Ευχαριστώ τους επιβλέποντες καθηγητές μου κ. Σπυρίδων Λούβρο και Μιχαήλ Οικονομάκο.

Ευχαριστώ τον κ. Δημήτριο Πολυδώρου, Υποδιευθυντή Ανάπτυξης Δικτύου Μετάδοσης της COSMOTE Mobile Telecommunications S.A., που πρότεινε τη διενέργεια της πτυχιακής μου εργασίας πάνω σε μετρήσεις πραγματικού δικτύου και τον Λουκά Βλάχο που ανέλαβε να με βοηθήσει. Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να απευθύνω και στο Τμήμα Σχεδιασμού και Προγραμματισμού Υπηρεσιών Δικτύου Μετάδοσης για τις πολύτιμες γνώσεις που απέκτησα, κατά την διάρκεια της πρακτικής μου άσκησης στην εταιρεία, που με βοήθησαν σημαντικά στο να ολοκληρώσω την εργασία αυτή.

Μεγάλο ευχαριστώ οφείλω στον Δημήτρη που ανιδιοτελώς ξόδεψε πολύτιμο χρόνο για να με βοηθήσει και χωρίς την δική του καθοριστική συμβολή, υπομονή και

στήριξη (σε κάθε επίπεδο) δεν θα είχε ολοκληρωθεί η συγγραφή της πτυχιακής. Αλλά πιο πολύ τον ευχαριστώ που από τότε που τον γνώρισα με κάθε του χαμόγελο μου θυμίζει ότι η ζωή είναι ωραία και μου δίνει δύναμη, αλλά και ηρεμία.

Ευχαριστώ πολύ την Αγγελική που διανύσαμε παρέα τις εβδομάδες συγγραφής των εργασιών μας (έστω και απομακρυσμένα) ανταλάσσοντας κουράγιο, αστεία και ιδέες και που έκανε τα τελευταία μου χρόνια στη σχολή πιο όμορφα με τη φιλία της και έγινε ένα από τα πιο σημαντικά πρόσωπα στη ζωή μου.

Ευχαριστώ τον συνέταιρό μου Δημήτρη Ν. για την βοήθειά του στην τελική μορφοποίηση της εργασίας και την κατανόησή του τις μέρες που απουσίαζα από το γραφείο, αλλά και για όσα κατάφερα να μάθω και να αλλάξω δίπλα του.

Τέλος, ευχαριστώ όλους αυτούς που είδαν σε εμένα κάτι “καλό” και προσπάθησαν, ο καθένας με τον τρόπο του, να το κάνουν “καλύτερο”. Καθηγητές, δασκάλους, φίλους, συγγενείς ή και απλά γνωστούς...

Αφιερωμένη στον αδερφό μου Άκη.

“Η πόλη σαν καράβι τα φώτα της ανάβει...γιορτή...

Θυμάμαι που γελούσες, να μείνω μου ζητούσες παιδί.

Λένε πως στη χώρα που ναυάγησες βασιλεύουν οι μάγισσες...”

Περιεχόμενα

Πίνακας Εικόνων

Περίληψη

Αυτή η εργασία ασχολείται με τη διασύνδεση με οπτική ίνα των σταθμών βάσης της εταιρείας “COSMOTE Telecommunications S.A.” στην ευρύτερη περιοχή της Αττικής, με αφορμή τη δημιουργία backhauling των κόμβων μετάδοσης σε ιδιόκτητο δίκτυο οπτικών ινών.

Στο πρώτο μέρος παρουσιάζεται ο τρόπος σχεδιασμού και υλοποίησης αυτού του έργου, από την αρχική μελέτη μέχρι και την τελική παράδοση, αλλά και μετέπειτα επίβλεψη του δικτύου. Κάνουμε μία μικρή εισαγωγή στην οπτική τεχνολογία, αναλύουμε τους λόγους ανάπτυξης αυτού του δικτύου συγκρίνοντας τις υπάρχουσες μικροκυματικές ζεύξεις με την τεχνολογία των οπτικών ινών και μελετάμε την τοπολογία και την τεχνολογία πρόσβασης του δικτύου μας. Επιπλέον, επισημαίνουμε τις προδιαγραφές κατασκευής της υποδομής μας και τους τρόπους τερματισμού των ινών που μαζί με τις κατάλληλες μετρήσεις εξασφαλίζουν την ποιότητα του δικτύου.

Στο δεύτερο μέρος αναλύτεται η διεπαφή Iub (η οποία μεταφέρει αμφίδρομα όλη την πληροφορία ανάμεσα σε ένα Node B και το RNC) η κίνηση της οποίας παίρνει τη μερίδα του λέοντος στο δίκτυο οπτικών ινών της Cosmote - είτε ως απευθείας backhauling των ΣΒ είτε ώς backhaul των 3G κόμβων μετάδοσης, δίνοντας ιδιαίτερη έμφαση στο QoS που αυτή παρέχει με τους διάφορους μηχανισμούς της.

Abstract

This piece of writing deals with the interconnection of "COSMOTE Telecommunications S.A." BTSs with the core network via optical fibers in urban and greater area environment of Athens and Attica prefecture. This interconnection is possible due to the decision of backhauling of 3G Transport nodes over a private optical network.

In the first part the planning and construction part of this venture is presented, from the very first steps of specification definitions, up to the final delivery and acceptance of the project. After a brief introduction in optical technology, the reasons for the development of such a network are analyzed in strong comparison with the performance of existing MW transport. The Access technology issues of our optical network are studied as well. Moreover the construction specifications and the fiber's termination methods are underlined which in addition to suitable measurements ensures the best quality for our network.

In the final part a detailed analysis of Iub interface (the one that carries in full mode all the necessary information between a Node B and its RNC) is exhibited.

This is the interface that uses our optical network the most – either as direct backhauling of the Node Bs, or mainly as backhauling od 3G Transport Nodes – and in our analysis the most important feature od Iub QoS is enlightened.

Εισαγωγή

Ο λόγος ανάπτυξης αυτού του δικτύου είναι η δημιουργία backhauling των κόμβων μετάδοσης σε ιδιόκτητο δίκτυο με οπτικές ίνες. Οι αναδυόμενες νέες τεχνολογίες στις κινητές επικοινωνίες (πχ. LTE, LTE Advanced) προσφέρουν υψηλότερες ταχύτητες, γιατί αυτό απαιτούν οι αυξανόμενες ανάγκες των πελατών. Εστιάζοντας στο δίκτυο μετάδοσης, παρατηρούμε ότι είναι σημαντικός παράγοντας για την παροχή ποιοτικών υπηρεσιών στα τέταρτης γενιάς δίκτυα, αλλά και την ευελιξία στην υποστήριξη νέων υπηρεσιών. Επομένως, η ανάπτυξη ενός τέτοιου δικτύου (οπτικών ινών) καθίσταται επιτακτική αν δεν θέλουμε το δίκτυο μετάδοσής μας κάποια στιγμή να αποτελέσει bottleneck (σημείο συμφόρησης) για την εξυπηρέτηση των ευρυζωνικών υπηρεσιών των χρηστών μας.

Σχεδιάζοντας οπτικά δίκτυα μετάδοσης στα κέντρα μεγάλων πόλεων, προσέχουμε στη σχεδίαση της διαδρομής όπου κρίνεται εφικτό και αναγκαίο να επιλέγουμε μεγάλους και σημαντικούς σταθμούς (από την σκοπιά της χωρητικότητας και της κίνησης) για να τους συμπεριλάβουμε στο δίκτυό μας και να μπορέσουμε να τους δώσουμε πρωτεύουσα διαδρομή την οπτική ίνα, η οποία προσφέρει μεγάλες ταχύτητες και απόλυτη προστασία τρόπου μετάδοσης από τα καιρικά φαινόμενα. Επιπροσθέτως, ανάλογα με το σχεδιασμό του δικτύου μετάδοσης ή διατηρούμε την υφιστάμενη μικροκυματική ζεύξη για εναλλακτική διαδρομή (για κάποιον πολύ σημαντικό σταθμό) ή επωφελούμαστε οικονομικά αποξηλώνοντας τη μικροκυματική ζεύξη και εξοικονομώντας έτσι τα ετήσια τέλη συχνοτήτων τα οποία απαιτεί η χρήση τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΟΠΤΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η οπτική ίνα ανακαλυφθηκε το 1955 και στηρίχθηκε στην ανάλυση του διηλεκτρικού κυματοδηγού που είχε γίνει το 1910 από τους Debye και Χόνδρο. Στις τηλεπικοινωνίες πρωτοχρησιμοποιήθηκε το 1965, όμως παρουσίαζε μεγάλες απώλειες (πάνω από 20dB/km). Το 1972 η εταιρία Corning κατασκεύασε την πρώτη οπτική ίνα με απώλειες 4dB/km, δηλαδή σχετικά χαμηλές, αλλά και πάλι όχι όσο έπρεπε για να χρησιμοποιηθεί εμπορικά. Κομβική ανακάλυψη ήταν οι ενισχυτές ίνας ερβίου (Erbium Doped Fiber Amplifier) και κυρίως η εμπορική τους διάθεση το 1990.

Πλέον, τα καλώδια οπτικών ινών είναι τα πιο προηγμένα τηλεπικοινωνιακά μέσα ενσύρματης μετάδοσης και χρησιμοποιούνται σε όλα τα σύγχρονα συστήματα τηλεπικοινωνιών δεδομένου ότι προσφέρουν ένα πολύ μεγάλο εύρος ζώνης, υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης και απόλυτη ανοσία ενάντια στις ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές παρέχοντας έτσι ασφαλή και γρήγορη μετάδοση χωρίς περιορισμούς απόστασης.

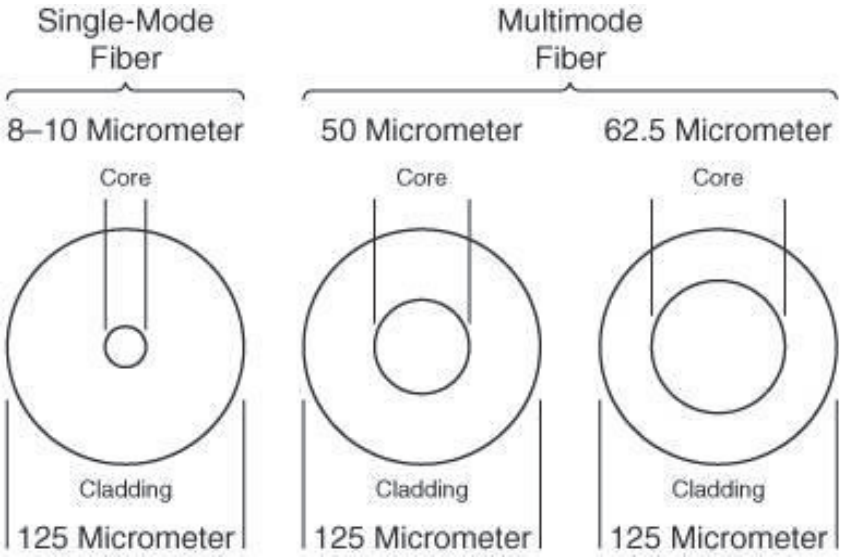
ΔΟΜΗ ΟΠΤΙΚΗΣ ΙΝΑΣ:

Την οπτική ίνα αποτελούν από δύο διηλεκτρικά: ο πυρήνας (core) με δείκτη διάθλασης n1 στο κέντρο της και ο μανδύας (cladding) που τον περιβάλλει με δείκτη διάθλασης n2, οριακά μικρότερο του n1 (n1>n2). Η συνθήκη αυτή είναι και που διασφαλίζει τη δυνατότητα συνεχόμενων ολικών εσωτερικών ανακλάσεων του οπτικού σήματος εντός της οπτικής ίνας. Τα δύο αυτά διηλεκτρικά, για λόγους μηχανικής αντοχής, τα καλύπτει ένα προστατευτικό περίβλημα.

Ανάλογα με το πόσους ρυθμούς μπορούν να κυματοδηγήσουν, οι οπτικές ίνας χωρίζονται σε δύο κύριες κατηγορίες:

1. *Πολύτροπες ίνες* (Multi Mode Fiber, MMF): κυματοδηγούν περισσότερους από έναν ρυθμούς, η διάμετρός πυρήνα είναι 50 ή 62,5 μm και μανδύα 125μm.

2. *Μονότροπες ίνες* (Single Mode Fiber, SMF): κυματοδηγούν ένα μόνο ρυθμό και η διάμετρός του πυρήνα είναι 10μm, ενώ ο μανδύας 125μm.



Εικόνα 1: Διάταξη μονότροπων και πολύτροπων οπτικών ινών

Εμείς στο δίκτυό μας χρησιμοποιήσαμε μονότροπη ίνα της οποίας τα χαρακτηριστικά αναφέρονται σε επόμενο κεφάλαιο.

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΥ ΟΠΤΙΚΩΝ ΖΕΥΞΕΩΝ

Απόσβεση:

Η απόσβεση που εισάγουν οι σημερινές οπτικές ίνες στο σήμα μας είναι περίπου 0,3 dB/km, δηλαδή ελάχιστη. Έτσι μας δίνεται η δυνατότητα να καλύπτουμε μεγάλες αποστάσεις δίχως να είναι απαραίτητη η ενίσχυση του οπτικού σήματος.

Διασπορά:

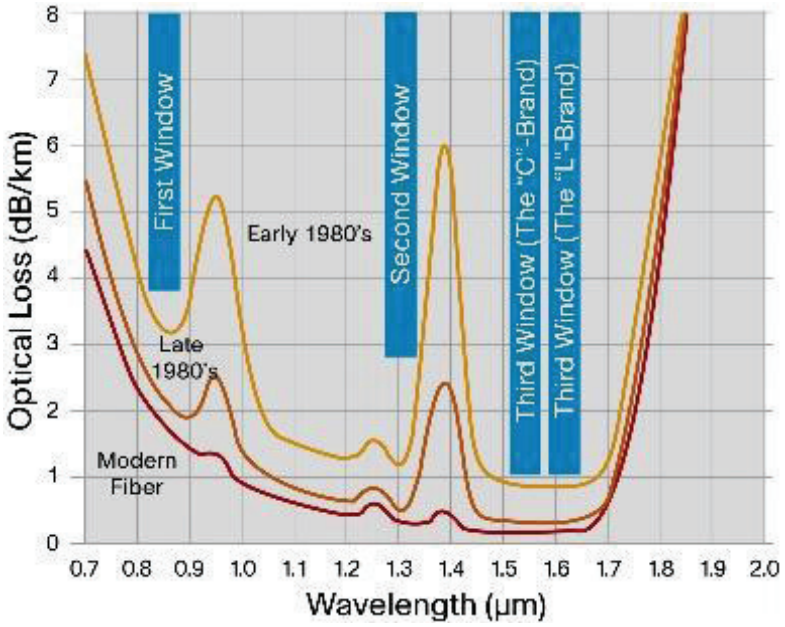
Η διασπορά είναι η συχνοτική εξάρτηση του δείκτη διάθλασης σε ένα διηλεκτρικό μέσο. Αποτέλεσμα αυτού είναι οι διαφορετικές ταχύτητες διάδοσης για κάθε μήκος. Αυτή η διαφορά ταχύτητας ανάγεται σε συγκεκριμένη διαφορά σε απόσταση μεταξύ των μεταδιδόμενων bits. Αν αυτή η απόσταση παραβιάσει κάποιο (άνω ή κάτω) κατώφλι (threshold) και ανάλογα με το bitrate της οπτικής ζεύξης, μπορεί να επηρεάσει το λαμβανόμενο σήμα και να προκαλέσει σφάλματα στη μετάδοση, αφού το ένα bit θα παρεμβάλλει στο άλλο (Intersymbol Interference=Διασυμβολική Παρεμβολή). Η εμφάνιση της διασποράς είναι αναπόφευκτη, αφού δεν υπάρχει οπτική πηγή η οποία να εκπέμπει ένα και μόνο μήκος κύματος, οπότε εμφανίζεται ακόμα και στη “μονοχρωματική” ακτινοβολία, χωρίς πάντως να είναι αναγκαστικά κυρίαρχη μεταξύ των δυσμενών φαινομένων που επηρεάζουν μία οπτική ζεύξη.

Μη Γραμμικά Φαινόμενα:

- Αυτοδιαμόρφωση Φάσης
- Ετεροδιαμόρφωση Φάσης
- Μίξη 4 Φωτονίων
- Σκέδαση Raman
- Σκέδαση Brillouin

ΦΑΣΜΑΤΙΚΑ ΠΑΡΑΘΥΡΑ

Η δυνατότητα επίτευξης πολύ υψηλών ταχυτήτων στις οπτικές επικοινωνίες υπάρχει λόγω της χρήσης "φασματικών παραθύρων" χαμηλής απόσβεσης. Συγκεκριμένα, υπάρχουν 3 φασματικά παράθυρα που έχουν χρησιμοποιηθεί ή/και χρησιμοποιούνται.



Εικόνα 2: Οπτική απόσβεση σε συνάρτηση με το κυματοδηγούμενο μήκος κύματος

Πρώτο Φασματικό Παράθυρο: Βρίσκεται στην περιοχή των 800nm – 900nm και είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρον, μιας και μπορούν να κατασκευαστούν πολύ φθηνές οπτικές πηγές με βάση το πυρίτιο σε αυτό. Όμως κυριαρχεί η μεγάλη απόσβεση και διασπορά, γεγονός που αποκλείει τη χρήση του σε μεγάλες αποστάσεις. Χρησιμοποιείται σε data centers και οικιακές καλωδιώσεις.

Δεύτερο Φασματικό Παράθυρο: Βρίσκεται στην περιοχή 1260nm – 1360nm και συνδυάζει πολύ μικρή απόσβεση με σχεδόν μηδενική διασπορά γύρω από τα 1310nm.

Τρίτο Φασματικό Παράθυρο: Βρίσκεται στην περιοχή 1430nm – 1580nm και έχει τη μικρότερη απόσβεση από κάθε άλλο κομμάτι του φάσματος.

Εμείς στο δίκτυό μας χρησιμοποιούμε το δεύτερο και το τρίτο φασματικό παράθυρο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

FTT-BTS site

Η μετάβαση από το καλώδιο χαλκού στην οπτική ίνα ονομάζεται FTTx (Fiber To The x), όπου το x παριστάνει διάφορες επιλογές, όπως τον αριθμό των συνδρομητών που μοιράζονται το τελευταίο τμήμα της καλωδίωσης, το βαθμό προσέγγισης του συνδρομητή με οπτική ίνα, κτλ. Γενικά με τον όρο FTTx εννοούμε ότι η οπτική ίνα φτάνει σε κάποιο σημείο του δικτύου πέρα από το central office (CO) του τηλεπικοινωνιακού πάροχου.

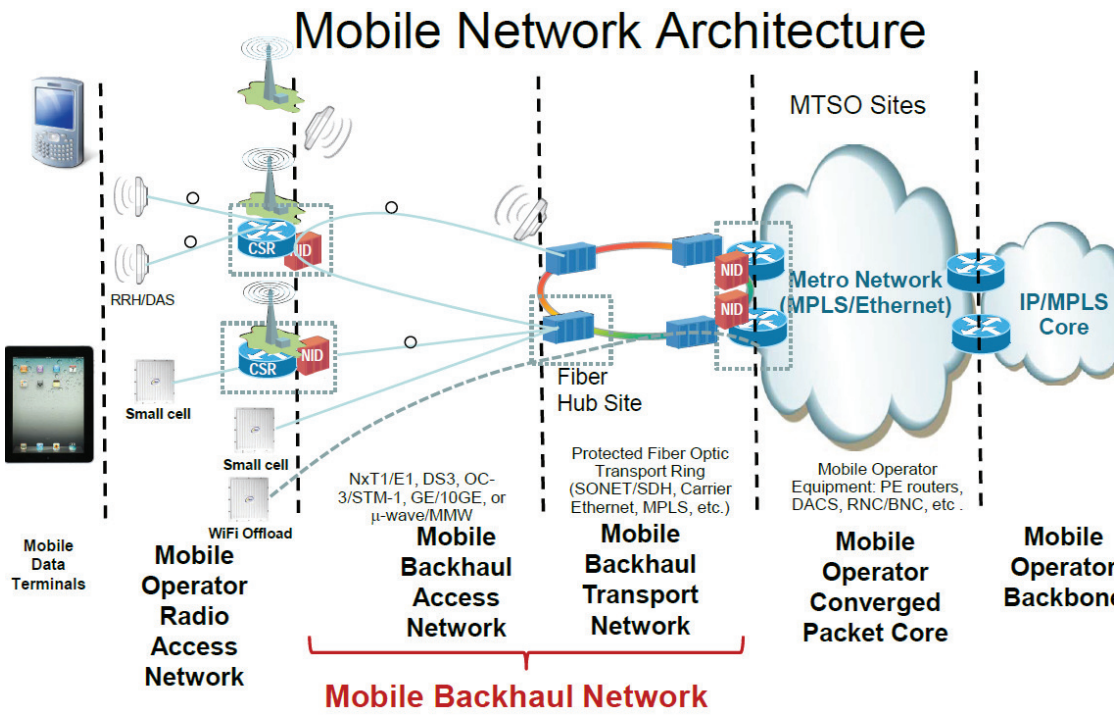
Στο δικό μας δίκτυο έχουμε Fiber to the BTS site (FTT-BTS site) ή εναλλακτικά αποκαλείται Fiber to the Mobile Site (FTT-Ms).

ΣΚΟΠΟΣ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ

Η επιλογή για κατασκευή ιδιόκτητου οπτικού δακτυλίου σε μια εταιρεία όπως η Cosmote, έχει συγκεκριμένο λόγο και σκοπό.

Το δίκτυο είναι έτσι στημένο ώστε η μερίδα του λέοντος των 3G και 4G ΣΒ να γίνονται backhauled μέσω μικροκυματικών ζεύξεων. Η ανάγκη όμως για εξυπηρέτηση απαιτήσεων τεράστιων ταχυτήτων με την μεταφορά του δικτύου από Legacy (TDM/ATM) τεχνολογίες σε IP, οδήγησε στη στρατηγική απόφαση 3 χρόνια

πριν να μελετηθεί, σχεδιαστεί και κατασκευαστεί ιδιόκτητο δίκτυο οπτικής ίνας το οποίο θα εξυπηρετεί κύριους κόμβους του δικτύου μετάδοσης (οπού δύσκολα μπορούν να εξυπηρετηθούν από μισθωμένη ίνα [π.χ. βουνά και απομακρυσμένα σημεία από σημεία παρουσίας ΟΤΕ]).



Εικόνα 3: Αρχιτεκτονική του δικτύου μας

MW vs FIBER

Η χρήση της ίνας θα γίνεται κυρίως σε επίπεδο node backhaul (όπου πολυπλέκεται η κίνηση αρκετών ΣΒ που φτάνουν στον κόμβο μέσο υβριδικών μικροκυματικών με Ethernet capabilities) όσο και δευτερευόντως το backhaul μεμονωμένων ΣΒ πολύ υψηλής σπουδαιότητας και σημασίας) οι οποίοι έχουν επιλεγεί να βρίσκονται στην διαδρομή της οπτικής ίνας με την χρήση κατάλληλων πολυπλεκτικών διατάξεων. Παρά το γεγονός ότι τα βασισμένα σε οπτική ίνα δίκτυα μετάδοσης μπορούν πολύ άνετα να εξυπηρετήσουν την ραγδαία αύξηση σε απαιτήσεις ευρυζωνηκότητας,

χαρακτηρίζονται από πολύ υψηλά αρχικά κόστη επένδυσης και φυσικά ένα τέτοιο δίκτυο απαιτεί πολύ περισσότερο χρόνο για να αναπτυχθεί από ένα αντίστοιχο βασισμένο στις μικροκυματικές ζεύξεις. Τις περισσότερες φορές η απόσβεση του κόστους ενός δικτύου οπτικών ινών μπορεί να επιτευχθεί (και πρέπει να αναμένεται) στο απώτερο μέλλον κάνοντάς το δυσκολότερο για τους operators να έχουν ανταγωνιστικές τιμές και μεγάλα κέρδη στο εγγύς μέλλον.

Τα μικροκυματικά δίκτυα από την άλλη μεριά είναι ικανά να ανταπεξέλθουν στις απαιτήσεις της εποχής όσον αφορά στην ευρυζωνηκότητα (με το ταβάνι των δυνατοτήτων τους σε θέματα χωρητικότητας να είναι σχετικά κοντά λαμβάνοντας υπόψη τον ταχύ ρυθμό αύξησης των απαιτήσεων. Επιπλέον διατηρούν την ικανότητα να διαχειρίζονται legacy (TDM) κίνηση χωρίς επιπλέον εξοπλισμό. Επιπροσθέτως και σε αντίθεση με τα δίκτυα οπτικών ινών, η εγκατάσταση και ανάπτυξη ενός μικροκυματικού δικτύου μπορεί να γίνει ιδιαίτερα γρήγορα και μπορεί να αποφέρει κέρδη πολύ πιο άμεσα στην εταιρεία.

Σε γενικές γραμμές η χρήση δικτύων των δύο αυτών τύπων μπορεί να συγκριθεί στα παρακάτω 6 σημεία:

- Χωρητικότητα
- Ρυθμιστική αρχή
- Κόστος και χρόνος παράδοσης ανά μονάδα απόστασης
- Μορφολογία εδάφους
- Επιλογές επαναχρησιμοποίησης
- Επίδραση καιρικών συνθηκών

1.Χωρητικότητα

- Για τα μικροκυματικά δίκτυα η χωρητικότητα με τα τελευταίας γενιάς υβριδικά μικροκυματικά με Ethernet capabilities μπορεί να ξεπεράσει οριακά το 1 Gbps.

- Από την άλλη μεριά, για τα οπτικά δίκτυα το θέμα της χωρητικότητας πρακτικά δεν υφίσταται, αφού με την πολυπλεξία Wave Division Multiplexing (WDM) η χωρητικότητα μπορεί να είναι θεωρητικά απεριόριστη, ενώ και άνευ πολυπλεξίας οι χωρητικότητες των 10 Gbps είναι κάτι το μάλλον συνηθισμένο.

2.Ρυθμιστική αρχή

- Για την εγκατάσταση μικροκυματικού δικτύου απαιτείτε μίσθωση φάσματος (OPEX – Operational Expenses).

- Ένας οπτικός δακτύλιος απαιτεί αγορά δικαιωμάτων επί των δρόμων, ενώ πρέπει να υπολογίζονται και έξοδα έργων κατασκευής και ανακαίνισης των ορυγμάτων.

3.Κόστος και χρόνος παράδοσης ανά μονάδα απόστασης

- Στις P/H ζεύξεις υπολογίζονται το κόστος απόκτησης κάθε link μαζί με κάποια κόστη που μεταβάλλονται με την απόσταση (κάτοπτρα κεραιών, συχνότητες, φάσματα κτλ). Ο χρόνος εγκατάστασης ενός τέτοιου δικτύου είναι πολύ μικρός.

- Στα οπτικά δίκτυα το κόστος αυξάνεται ακόμα και κατά μέτρο. Ο χρόνος εγκατάστασης αυξάνεται γραμμικά με την απόσταση, και δεν είναι μικρός.

4.Μορφολογία εδάφους

- Το μικροκυματικό δίκτυο ταιριάζει σε όλα τα είδη εδάφους και μορφολογίας. Απαιτεί όμως οπτική επαφή των 2 άκρων.

- Για την ίνα είναι πολύ ακριβό το σκάψιμο σε δύσκολα εδάφη (βουνά, ερήμους, βάλτους, βραχώδης εκτάσεις κτλ). Απαιτείται ειδική πρόσβαση για τα οχήματα διάνοιξης ορύγματος κατά μήκος αυτού.

5.Επιλογές επαναχρησιμοποίησης

- Τα υλικά των ζεύξεων μπορούν να αποσυναρμολογηθούν και επαναχρησιμοποιηθούν ανά πάσα στιγμή σε οποιοδήποτε μέρος του δικτύου.

- Οι οπτικές ίνες αντιθέτως στις περισσότερες περιπτώσεις δεν μπορούν να ξαναχρησιμοποιηθούν.

6.Επίδραση καιρικών συνθηκών

- Τα μικροκυματικά δίκτυα επηρεάζονται άμεσα και έντονα από τα καιρικά φαινόμενα. Χαρακτηριστικά όπως το Adaptive modulation καθώς επίσης και ένας σωστός σχεδιασμός μειώνουν αρκετά τις επιρροές από τις κλιματικές συνθήκες.

- Δεν υπάρχει καμία επίδραση, πλην φυσικά της πλημμύρας.

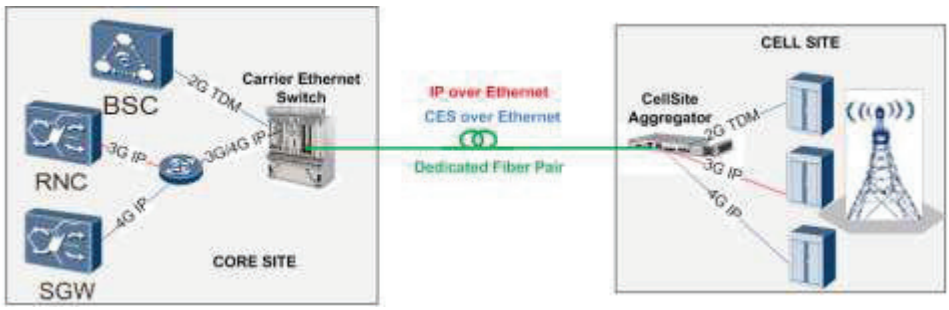
Οπότε, σχεδιάζουμε οπτικά δίκτυα στα κέντρα μεγάλων πόλεων όπου επιλέγουμε μεγάλους και σημαντικούς σταθμούς (σε κίνηση και ταχύτητα) για να μπορέσουμε να τους δώσουμε πρωτεύουσα διαδρομή την οπτική ίνα, η οποία προσφέρει μεγάλες ταχύτητες και απόλυτη προστασία τρόπου μετάδοσης από τα καιρικά φαινόμενα. Επιπροσθέτως, ανάλογα με το σχεδιασμό του δικτύου μετάδοσης ή διατηρούμε την υφιστάμενη μικροκυματική ζεύξη για εναλλακτική διαδρομή (για κάποιον πολύ σημαντικό σταθμό) ή επωφελούμαστε οικονομικά αποξηλώνοντας τη μικροκυματική ζεύξη και εξοικονομώντας έτσι τα ετήσια τέλη συχνοτήτων τα οποία απαιτεί η χρήση τους.

ΤΟΠΟΛΟΓΙΑ ΥΠΟΔΟΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ

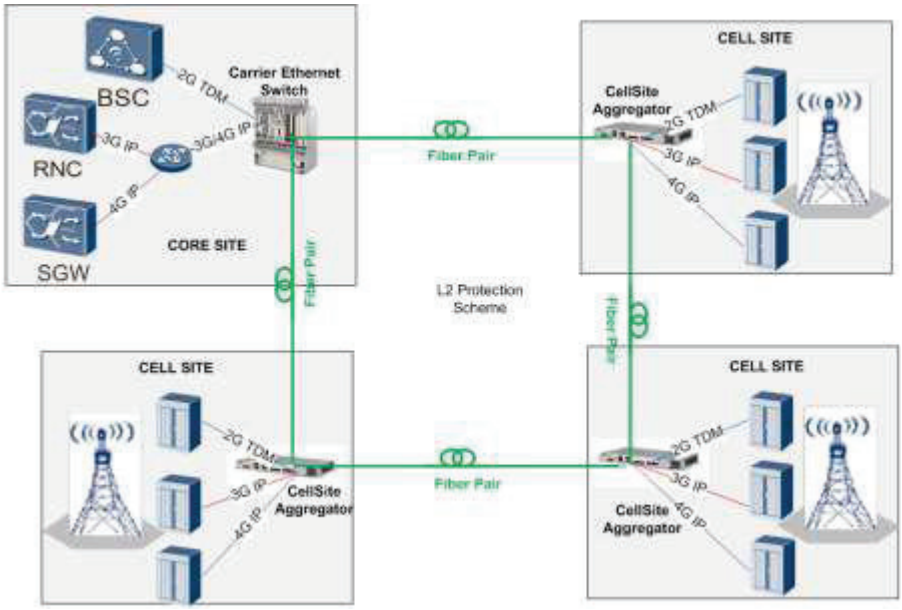
Τοπολογία Υποδομής

Στο δίκτυό μας χρησιμοποιούμε τοπολογία δακτυλίου (Ring) όπου υλοποιείται με οπτικές ίνες.

Η τοπολογία δακτυλίου επιτρέπει την κοινή χρήση οπτικού μέσου το οποίο, υπό τη μορφή δακτυλίου συνδέει τους κόμβους και του σταθμούς βάσης του δικτύου ανά δύο. Στην ουσία, είναι μία σύνδεση από σημείο σε σημείο (P2P, Point-to-Point) η οποία δημιουργεί κλειστό κύκλωμα. Στο hub site χρησιμοποιείται ένα Ethernet Switch ενώ από την πλευρά του Σ/Β εγκαθίσταται ένα Cell Site Aggregator (Ethernet Switch) το οποίο χρησιμοποιείται σαν demarcation point του transport δικτύου από το radio δίκτυο. Η χρήση του Cell Site Aggregator κρίνεται σκόπιμη ώστε να υπάρχει η δυνατότητα να δρομολογηθεί τόσο TDM κίνηση, μέσω Circuit Emulation, όσο και pure Ethernet κίνηση, πάνω από μια ίνα. Στο Παράρτημα 1 παρουσιάζονται φωτογραφίες των μηχανημάτων του δικτύου.



Εικόνα 4: Τοπολογία Point to Point



Εικόνα 5: Τοπολογία Ring

Η τοπολογία αυτή προσφέρει σίγουρη μετάδοση κρίσιμης κίνησης. Αν για παράδειγμα ένας κόμβος/σταθμός καταρρεύσει, τότε η κίνηση θα "ταξιδέψει" προς την αντίθετη κατεύθυνση για να φτάσει στον κόμβο/σταθμό που πρέπει. Αυτό υλοποιείτε με την τεχνική προστασίας Ethernet κίνησης MPLS, τεχνική η οποία είναι στρατηγική απόφαση της εταιρείας να ακολουθείται. Απαιτεί διπλούς router στα τερματικά σημεία της κίνησης και η κίνηση οδεύει εν είδη Load Balancing και από τις δύο διαδρομές του δακτυλίου (μέσο των MPLS Tunnels). Με την πιθανή κατάρρευση ενός router στον κόμβο μετάδοσης της οπτικής ίνας, η κίνηση συνεχίζει τη όδευσή της από την άλλη διαδρομή χωρίς να γίνει αντιληπτή καμία διακοπή της κίνησης (αφού πρακτικά δεν υπάρχει). Θεωρητικά αυτό που συμβαίνει είναι μια μείωση χωρητικότητας η οποία πρακτικά δεν γίνεται ποτέ αντιληπτή λόγο των μεγάλων χωρητικοτήτων των οπτικών ινών.

Τεχνολογία Πρόσβασης

Χρισιμοποιούμε την τεχνολογία Gigabit Passive Optical Network (GPON). Επιτρέπει υψηλές ταχύτητες, αυξημένη ασφάλεια, και επιλογή του πρωτοκόλλου επιπέδου 2 (L2) (ATM, GEM, Ethernet). Η τυπική ταχύτητα είναι 2.488 Gbps downstream και 1.244 Gbps upstream. Η μέθοδος ενθυλάκωσης GPON (GPON Encapsulation Method - GEM) επιτρέπει αποδοτική πακετοποίηση με κατακερματισμό πλαισίου, δίνοντας περισσότερες δυνατότητες για παροχή ποιότητας υπηρεσίας (Quality of Service - QoS) σε φωνή και video.

PON

Τα Παθητικά Οπτικά Δίκτυα (Passive Optical Networks – PON) είναι οπτικά δίκτυα σημείου προς πολλαπλά σημεία, τα οποία δεν περιέχουν ενεργά στοιχεία, δηλαδή δεν έχουμε μετατροπή του σήματος από οπτικό σε ηλεκτρικό από την πηγή μέχρι τον προορισμό του. Τα μόνα στοιχεία που χρησιμοποιούνται είναι παθητικοί ζεύκτες (couplers), διαιρέτες (splitters) και συνδυαστές (combiners).

Τα PON είναι μια αξιόπιστη λύση για τα Δίκτυα Πρόσβασης (Access Networks – AN) αφού επιτρέπουν τη χρήση υπηρεσιών ευρείας ζώνης με οικονομικούς όρους, ώστε να είναι εφικτή η πρόσβαση από μεμονωμένους χρήστες ή μικρές επιχειρήσεις οι οποίοι δεν έχουν τη οικονομική δυνατότητα χρησιμοποίησης οπτικών ινών αποκλειστικής χρήσης. Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα της χρήσης PON σε Δίκτυα Πρόσβασης, είναι τα παρακάτω:

• Επιτρέπουν μεγαλύτερες αποστάσεις μεταξύ του κέντρου σύνδεσης και του συνδρομητή, μειώνοντας συνεπώς και το κόστος των οπτικών ινών στον τοπικό βρόχο.

• Επειδή είναι δίκτυα σημείου προς πολλαπλά σημεία είναι κατάλληλα για κοινοποίηση πληροφορίας, όπως η αναμετάδοση video (video broadcasting).

• Εξαλείφουν την ανάγκη χρήσης πολυπλεκτών και αποπολυπλεκτών στα σημεία διαχωρισμού, και έτσι απαλλάσσει τους διαχειριστές του δικτύου από την επίπονη και ακριβή διαδικασία συντήρησης και τροφοδότησης των στοιχείων αυτών. Αντί για ενεργά στοιχεία στα σημεία διαχωρισμού εγκαθίστανται παθητικά στοιχεία τα οποία παρουσιάζουν το πλεονέκτημα ότι δεν χρειάζονται τροφοδοσία, και μπορούν να θαφτούν στο έδαφος κατά την εγκατάσταση του δικτύου χωρίς να απαιτούν συντήρηση μελλοντικά.

• Επιτρέπουν την εύκολη αναβάθμιση σε υψηλότερους ρυθμούς μεταφοράς δεδομένων καθώς και τη χρήση πολλαπλών μηκών κύματος.

GPON

Τα GPON προσφέρουν πολύ υψηλά bit rates, έως και 2,048 Gbps, ενώ ταυτόχρονα υποστηρίζουν τη μεταφορά πολλαπλών υπηρεσιών, ιδιαίτερα δεδομένων και TDM, σε απλές διατάξεις και με μεγάλη αποδοτικότητα .

Το GPON διατηρεί, όπου αυτό είναι δυνατό, τα χαρακτηριστικά των τεχνολογιών που χρονικά προηγήθηκαν αυτού και περιγράφονται στα ITU-T G.982 και τη σειρά G.983.x Recommendations έτσι ώστε να είναι συμβατά με όλες τις τεχνολογίες PON που προηγήθηκαν. Τα GPON εξαιτίας του μεγάλου εύρους ζώνης που παρέχουν υποστηρίζουν ένα ευρύ φάσμα υπηρεσιών συμπεριλαμβανομένων υπηρεσιών φωνής, TDM, video, Ethernet, 10/100BASE-T, μισθωμένες γραμμές και επεκτάσεις χωρίς καλώδιο. Επίσης είναι δυνατό να εξυπηρετήσουν αποστάσεις των 60 km μεταξύ

ONT/ONU και OLT, η απόσταση όμως αυτή υπολογίζεται χωρίς να ληφθούν υπόψη οι περιορισμοί του φυσικού μέσου και αποτελεί τη λογική απόσταση. Σε αντίθεση με την τιμή αυτή η μέγιστη φυσική απόσταση που είναι δυνατό να καλυφθεί είναι ίση με 20 km.

Επιπλέον το GPON έχει μεγάλες δυνατότητες όσον αφορά στις λειτουργίες ανάπτυξης, πρόβλεψης και διαχείρισης του δικτύου ενώ παρέχει και ασφάλεια σε επίπεδο πρωτοκόλλου για την downstream κίνηση. Συγκεκριμένα δεδομένου του multicast χαρακτήρα του μεριμνά ώστε να μην είναι εύκολη η αποκωδικοποίηση των downstream δεδομένων από όλους τους χρήστες παρά μόνο από αυτόν για τον οποίο προορίζονται τα δεδομένα και επιτρέπει προς την κατεύθυνση αυτή οικονομικά αποδοτικές υλοποιήσεις.

Το GPON είναι ένα παθητικό οπτικό δίκτυο το οποίο επιτρέπει τη μεταφορά δεδομένων με ρυθμό Gbit/sec. Η τοπολογία που χρησιμοποιεί είναι αυτή του παθητικού δένδρου, αφού κρίθηκε ως η πιο συμφέρουσα οικονομικά. Για να είναι δυνατή η μεταφορά δεδομένων με ρυθμό Gbit/sec σχεδιάστηκε εκ νέου το υπόστρωμα σύγκλισης μετάδοσης (Transmission Convergence) και προδιαγράφηκαν οι απαιτήσεις για το υπόστρωμα φυσικού μέσου ώστε να είναι εφικτή η μετάδοση σε τέτοιους υψηλούς ρυθμούς.

Το δίκτυο GPON βασίζεται στη μεταφορά πακέτων αλλά με ένα πιο γενικό τρόπο σε συγκρίσει με τους άλλους τύπους δικτύων (EPON, APON). Πιο συγκεκριμένα, το σύστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως EPON, αλλά μπορεί να μεταδώσει και γνήσια πακέτα IP, με την προσθήκη μιας επικεφαλίδας MPLS (Multi Protocol Label Switching – Μεταγωγή Ετικέτας Πολλαπλών Πρωτοκόλλων), ή ακόμα και πακέτων ATM. Αυτό είναι εφικτό επειδή το πλαίσιο (frame) του στρώματος μετάδοσης

σχεδιάστηκε εκ νέου, χωρίς να βασιστεί σε κάποια ήδη υπάρχουσα δομή που αφορούσε σε προγενέστερο δίκτυο (EPON, APON), με βασικό κριτήριο την αποδοτική και οικονομική υποστήριξη μεταβλητού μήκους πακέτων κάνοντας χρήση διαδοχικών σχισμών σταθερού μήκους. Η διαχείριση των πακέτων γίνεται από ένα πρωτόκολλο ελέγχου πρόσβασης στο μέσο (MAC – Medium Access Protocol) που λειτουργεί με γνώμονα την Ποιότητα Υπηρεσιών (QoS – Quality of Service), έτσι το GPON είναι ένα πλήρες δίκτυο πρόσβασης σε αντίθεση με το EPON που δεν λαμβάνει υπόψη του τη QoS.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ

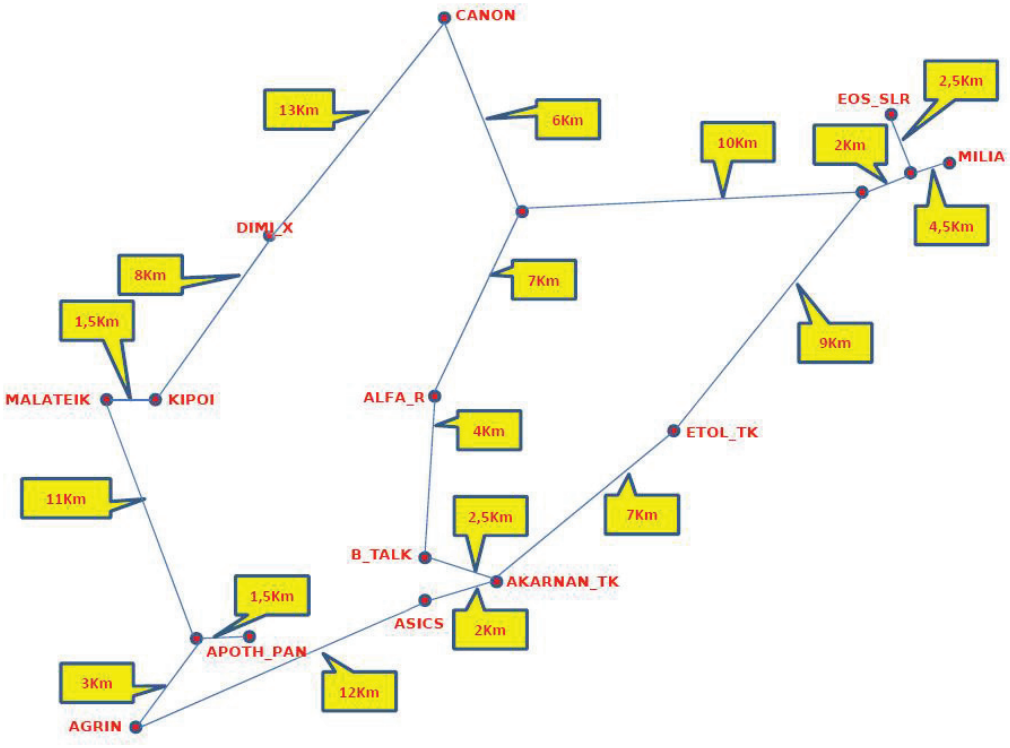
Στα πλαίσια ανάπτυξης των υποδομών του δικτύου μετάδοσης της COSMOTE στην περιοχή της Αθήνας, σχεδιάστηκε η διασύνδεση με οπτικές ίνες, θέσεων της COSMOTE.

- Η σχεδίαση ξεκίνησε από τον καθορισμό των κομβικών σημείων προς σύνδεση.
- Συνεχίστηκε με τη μελέτη χαρτών για την προεπιλογή κατάλληλων διαδρομών που καλύπτουν τις απαιτήσεις.
- Ακολούθησε αυτοψία, για επιτόπου εποπτεία και εντοπισμό πιθανών δυσκολιών (π.χ. κάθετες διαβάσεις κεντρικών αρτηριών, διέλευση σιδηροδρομικών γραμμών, ποταμών, γεφυρών, ειδικές εργασίες για είσοδο στα κτήρια και τα πεζοδρόμια κλπ).
- Εντοπίστηκαν τα όρια των Δήμων από τους οποίους διέρχεται η διαδρομή και προτάθηκαν εναλλακτικές διαδρομές σε σχέση με την κατασκευαστικές απαιτήσεις τους αλλά και το ενδεικτικό κόστος τελών χρήσης κοινόχρηστων χώρων, αποκατάσταση ασφαλτοτάπητα κλπ.

- Πραγματοποιήθηκε μέτρηση μήκους διαδρομών και χαρτογράφησή τους με GPS. Όπου χρειάστηκε έγινε τοπογραφική απεικόνιση τμημάτων της διαδρομής που παρουσίασαν ιδιαιτερότητες. Επιπλέον, έγινε λίστα των απαιτούμενων αδειών και έπειτα πλήρη προετοιμασία φακέλων αδειών, περιλαμβάνοντας τις εγγυητικές επιστολές που απαιτήθηκαν.

- Στη συνέχεια έγινε καθορισμός των υλικών που θα χρησιμοποιούντουσαν και κυρίως των φρεατίων, μουφών και κατανεμητών οπτικών ινών για κάθε διαδρομή. Τα υλικά αυτά είναι σημαντικά γιατί από τη στιγμή που θα εγκατασταθούν και το δίκτυο θα τεθεί σε λειτουργία είναι σχεδόν αδύνατο να αντικατασταθούν με άλλα καθώς τέτοια ενέργεια θα επηρεάσει την λειτουργία του δικτύου.

- Μετά την επιλογή όλων των εξαρτημάτων του δικτύου καθορίστηκαν οι φάσεις του έργου και εκδόθηκε χρονοδιάγραμμα εργασιών.



Εικόνα 6: Η τοπολογία του δικτύου μας

ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΤΑΘΜΩΝ ΒΑΣΗΣ

Η πρόταση των υποψήφιων ΣΒ γίνεται με κριτήρια που έχουν να κάνουν με την κίνηση που παράγει ο εκάστοτε ΣΒ, με την απόσταση από το υπό κατασκευή δίκτυο, κατασκευαστικά θέματα, αδειοδοτικά θέματα, και θέματα πρόσκτησης.

Πλεονεκτήματα ενός ΣΒ για να συμπεριληφθεί:

- Μηδενική απόσταση από διαδρομή ίνας ή πάνω στη διαδρομή
- Σημαντικός από πλευράς κίνησης
- Διαφαίνουσα εύκολη πρόσβαση στα μηχανήματα
- Συμβόλαιο με ισχύ που εκπνέει μακροπρόθεσμα
- Επαγγελματικό κτήριο (λόγω της χρήσης του, είναι λιγότερο πιθανό να αντιμετωπίσουμε προβλήματα ιδιοκτησιακά)
- Το κτήριο να χρησιμοποιείται ήδη από την Cosmote

Μειονεκτήματα:

- Προβλημάτα πρόσκτησης
- Μακριά από τη διαδρομή της ίνας
- Μέτριος από πλευράς κίνησης ΣΒ
- Προβλημάτα αδειοδότησης
- Προβλημάτα κατασκευαστικών λεπτομερειών
- Προβλήματα με περίοικους
- Σχετικά νέος ΣΒ
- Συμβόλαιο που εκπνέει σύντομα
- Αντιμετώπιση προβλημάτων στο παρελθόν

ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Σε κάθε δίκτυο FTTx το μεγαλύτερο κομμάτι του κόστους κατασκευής οφείλεται στα έργα εκσκαφής και αποκατάστασης σε δημόσιους κοινόχρηστους χώρους (πχ. Δρόμους). Υπολογίζεται ότι περίπου τα ¾ του κόστους ξατασκευής επιμερίζεται στα έργα εκσκαφής και αποκατάστηασης. Ως εκ τούτου, η εύρεση μεθόδων οι οποίες μπορούν να μειώσουν το εν λόγω κόστος επιφέρει σημαντική μείωση του κόστους κατασκεύης ολόκληρου του οπτικού δικτύου πρόσβασης.

Το κόστος κατασκευής περιλαμβάνει ενδεικτικά τα παρακάτω στοιχεία:

- Φρεάτιο στην κύρια διαδρομή και μικρό φρεάτιο όπου απαιτείται.

- Κατασκευή του απαιτούμενου χαντακιού από την κύρια διαδρομή μέχρι τον εκάστοτε ΣΒ.
- Εκσκαφή πεζοδρομίου και περιβάλλοντος χώρου (αν απαιτείται).
- Αποκατάσταση πεζοδρομίου και περιβάλλοντος χώρου
- Τοποθέτηση 2 σωλήνων από το φρεάτιο έως στην βάση του κτιρίου.
- Σωληνώσεις ή κανάλια ή σχάρες για το ανέβασμα του καλωδίου έως την ταράτσα του κτιρίου.
- Πέρασμα καλωδίου από φρεάτιο έως κατανεμητή.
- Προμήθεια φρεατίου και εγκατάσταση μούφας, η οποία προτείνεται να είναι μονοκυκλωματική και οπτικού κατανεμητή (εντός έτοιμης υποδομής).
- Μετρήσεις - Πιστοποίηση Εγκατεστημένου Καλωδίου.
- Εειδικές αποκαταστάσεις σε σταθμούς Βάσης (π.χ ειδικά μάρμαρα, πλάκες κλπ.)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ

ΦΡΕΑΤΙΑ

Η χρήση των φρεατίων γίνεται κυρίως για τους εξής λόγους:

i. Διακλάδωση/συγκόλληση καλωδίων, αλλά και φιλοξενία των διατάξεων συγκόλλησης (cable splicing) ή των διακλαδωτήρων μικροσωληνώσεων (microtube branching). Τοποθετούνται οι σύνδεσμοι (¨μούφες¨) οπτικών ινών ώστε να επιτευχθεί συνέχεια μεταξύ των διαδοχικών τμημάτων καλωδίων.

ii. Τοποθέτηση πλεονασματικού καλωδίου (looping cable).

iii. Σημεία για εμφύσηση καλωδίου ή υποβοήθηση της έλξης.

iv. Περιπτώσεις όπου δεν υπάρχει ικανοποίηση της απαιτούμενης ακτίνας καμπυλότητας (π.χ. απότομες στροφές του δρόμου, διασταυρώσεις μεταξύ οδών κ.τ.λ.

Σε αστικές περιοχές τοποθετούνται ανά 500m, προβλέποντας έτσι μελλοντική ανάπτυξη του δικτύου, αλλά και μετατοπίσεις της διόδεσης, ενώ στις μη οικιστικές περιοχές (βουνά, κτλ) κάθε 1000m. Βέβαια, τα φρεάτια τα οποία χρησιμοποιούνται

για την υποβοήθηση του περάσματος της ίνας με έλξη ή εμφύσηση, σε κάθε περίπτωση είναι τέτοιες ώστε να υποστηρίζονται απρόσκοπτα όλες οι τεχνικές περάσματος του καλωδίου για τον προβλεπόμενο τύπο και αριθμό καλωδίων και τονυπάρχοντα ή προβλεπόμενο τύπο σωληνώσεων, υποσωληνώσεων ή μικροσωληνώσεων.

Εικόνα 7: Φρεάτιο με μούφα και περίσσεια καλωδίου

Η επιλογή της θέσης του φρεατίου είναι πολύ σημαντική καθώς επηρρεάζει όχι μόνο το δίκτυο που χτίζεται τώρα, αλλά και κάθε μελλοντική του αναβάθμιση, κυρίως μέσα σε πυκνοκατοικημένες περιοχές. Για τον λόγο αυτό προτιμούνται κεντρικοί οδοί και γωνίες. Επιπλέον, για την υποστήριξη μελλοντικών επεκτάσεων ή βλαβών, σε κάθε φρεάτιο θα πρέπει να υπάρχει περίσσεια οπτικού καλωδίου περίπου 15-20m.

Η επιλογή του τύπου του φρεατίου που κατασκευάζεται σε κάθε θέση προσδιορίζεται κατά τη φάση της μελέτης κατασκευής και ανάλογα με τις ανάγκες.

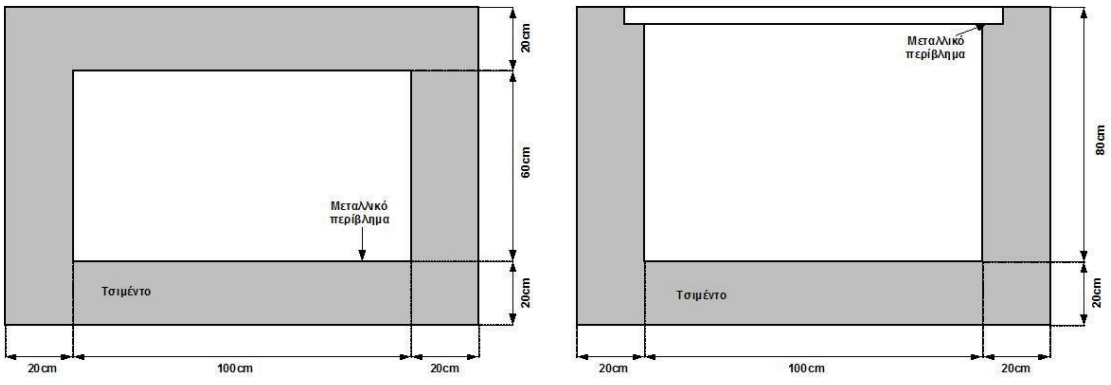
Οι default διαστάσεις τους είναι 90 cm μήκος, 80 cm πλάτος και 90 cm βάθος.

Το μέγεθός τους όμως είναι μεταβλητό ανάλογα με:

1. Το κόστος κατασκευής. Εάν το σημείο που έχει επιλεχθεί για να τοποθετηθεί το φρεάτιο είναι σε βραχώδες υπέδαφος, αυτό σημαίνει ότι η διαδικασία σκαψίματος κοστίζει και σε χρόνο και σε χρήματα.

2. Το σημείο που έχει επιλεγεί για την κατασκευή τους

Μεταξύ του τελευταίου σωλήνα και του πυθμένα του φρεατίου υπάρχει κενό της τάξης των 10cm και η απόσταση μεταξύ της επιφάνειας του εδάφους και της πρώτης εκ των σωλήνων δεν είναι μεγαλύτερη των 30cm. Για την κατασκευή του φρεατίου χρησιμοποιείται τσιμέντο του οποίου το πάχος είναι 20cm και τέτοιας πυκνότητας ώστε τα φρεάτια να είναι ικανά να αντέχουν σε πίεση μεγαλύτερη από 60 τόνους. Αποτελούνται από περίβλημα κατασκευασμένο από οπλισμένο σκυρόδεμα με οπές στις δύο πλευρές για είσοδο των σωλήνων. Καλύπτονται με χυτοσίδηρο πλαίσιο και καπάκι βαρέως τύπου και τοποθετούνται στο έρεισμα του δρόμου ή επί της οδού.



Εικόνα 8: Κάτοψη και τομή φρεατίου

ΤΑΦΡΟΙ

Το δίκτυο όδευσης αφορά την εγκατάσταση τηλεπικοινωνιακών καλωδίων και περιλαμβάνει την διάνοιξη στενού και ρηχού ορύγματος, σύμφωνα με τις συστάσεις ITU-T L.48 L.35 (CCITT outside plant technologies for public networks), το οποίο επεκτείνεται παράλληλα με τον κύριο άξονα των οδών. Το όρυγμα διανοίγεται επί της οδού και σε κοντινή απόσταση από το έρεισμα αυτής ανάλογα με την διαμόρφωση της οδού και τα φυσικά εμπόδια (φρεάτια, σωληνώσεις κλπ). Εκτός πόλεως, η τάφρος κατασκευάζεται στη θέση που ορίζουν τα σχέδια (τομές, αποστάσεις από άξονες οδών, παρατηρήσεις, κ.τ.λ.).

Το έργο της εκσκαφής πραγματοποιείται από ειδικό μηχάνημα (trencher) ροϊκής παραγωγής ορύγματος (trenching), εφοδιασμένο με σύστημα απόσβεσης θορύβου και καταστολής των αιωρουμένων σωματιδίων των προϊόντων εκσκαφής. Έχουν σχεδιαστεί για χρήση μέσα στην πόλη και ελαχιστοποιούν την φθορά και την όχληση. Εχουν ειδικό τροχό εκσκαφής και φέρουν κατάλληλα πλευρικά καλύμματα για μείωση της όχλησης και περιορισμό των προϊόντων εκσκαφής το σημείο εργασίας και μόνο. Τα ειδικά νέας τεχνολογίας μηχανήματα έχουν μεγάλες επιδόσεις σε μήκος εκσκαφής. Με την χρήση του μηχανήματος αυτού αποφεύγεται η χρήση άλλων μεθόδων διάνοιξης π.χ. «σφύρα», «κομπρεσέρ», κλπ., και θεωρείται εξαιρετικά φιλικό προς το περιβάλλον τόσο των πόλεων όσο και της υπαίθρου. Πριν από τις εργασίες εκσκαφής, διενεργούνται ερευνητικές τομές, κυρίως προς εξακρίβωση ή επιβεβαίωση υπάρξεως υπογείων εμποδίων (καλώδια, αγωγοί, υπόνομοι ή άλλες εγκαταστάσεις.

Με την μέθοδο του «ορύγματος» (Trenching) αποφεύγεται η πλήρης κατάληψη του οδοστρώματος καθ' όλη την διάρκεια των εργασιών και δεν δημιουργεί πρόβλημα διέλευσης αυτοκινήτων ή πεζών σε καμία περίπτωση. Τα τμήματα του ορύγματος που διανοίγονται, «κλείνουν» εντός του χρόνου εργασίας και παραδίδονται στην κυκλοφορία την ίδια ημέρα και πάλι. Τα μήκη διάνοιξης κυμαίνονται από 200-400μ την ημέρα ανάλογα με την ιδιαιτερότητα του υπεδάφους της οδού και ο συνολικός χρόνος που θ'απαιτηθεί υπολογίζεται σε 7-10 Ημέρες από την έναρξη των εργασιών.

Εντός του ορύγματος τοποθετούνται σωλήνες HDPE. Οι σωλήνες αυτοί καλύπτονται με σκυρόδεμα. Πάνω από αυτό τοποθετούνται αδρανή εκσκαφής ενώ στο άνω μέρος των αδρανών εκσκαφής τοποθετείται ειδική ταινία (πλέγμα) σημάνσεως και το όρυγμα αποκαθίσταται πλήρως στην αρχική μορφή του εδάφους (άσφαλτος, πλάκες πεζοδρομίου ή χώμα).

Εικόνα 9: Εκσκαφή τάφρου

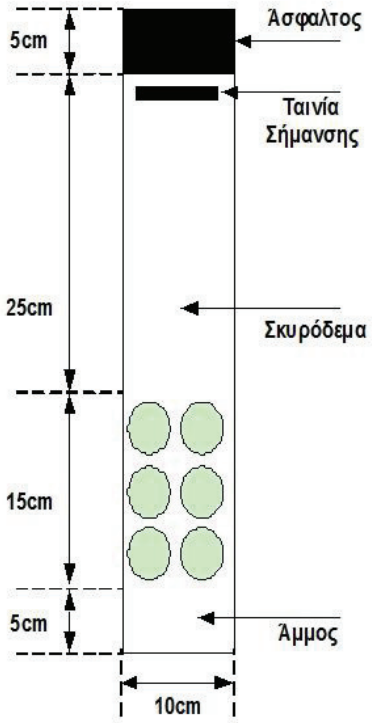
Κατά μήκος της διαδρομής και κάθε 1000m περίπου κατασκευάστηκαν φρεάτια για την σύνδεση των καλωδίων, όπως αναλύεται σε επόμενη παράγραφο.

Γενικές προδιαγραφές τάφρων

Οι τάφροι έχουν διαστάσεις Π10cm Χ Β50cm και κατασκευάζονται στις ακόλουθες περιπτώσεις:

- Πεζοδρόμια
- Οδόστρωμα εντός οικισμών
- Εθνικό και επαρχιακό οδικό δίκτυο με ασφαλτόστρωση

Οι διαστάσεις που αναφέρονται, επιδέχονται απόκλιση της τάξης του 5%.



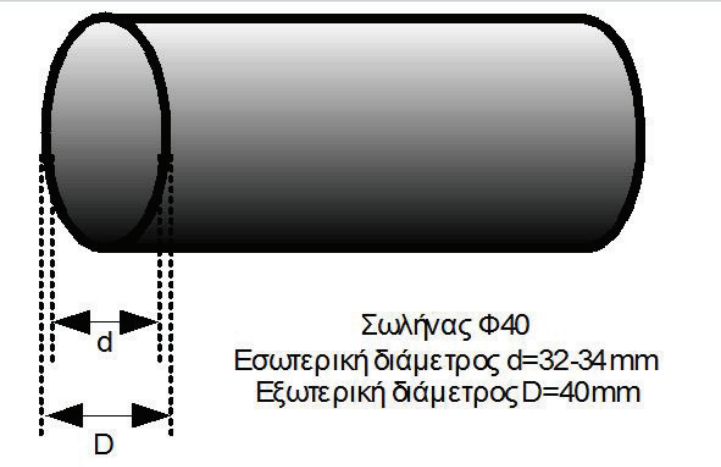
Εικόνα 10: Τομή τάφρου

- Ο πυθμένας της τάφρου, προτού τοποθετηθούν οι σωλήνες, πρέπει να λειανθεί και να μην υπάρχουν αιχμηρές πέτρες που μπορεί να καταστρέψουν το σωλήνα.
- Σωλήνες θα πρέπει να εγκιβωτιστούν σε σκυρόδεμα.
- Οι σωλήνες πρέπει να τοποθετηθούν 5cm πάνω από τον πυθμένα και τουλάχιστον 30cm κάτω από την επιφάνεια του οδοστρώματος
- Ασφαλτόστρωση πάχους 5 cm μέχρι πλήρους πλήρωσης της τάφρου.
- Σε περίπτωση που το οδόστρωμα έχει μόνο τσιμεντόστρωση, αντί της ασφάλτου, η πλήρωση των τελευταίων 5cm πρέπει να γίνει με σκυρόδεμα.
- Στις περιπτώσεις των πεζοδρομίων τα τελευταία 5 cm συμπληρώνονται με σκυρόδεμα και εν συνεχεία τοποθετούνται οι πλάκες του πεζοδρομίου

Σε οποιαδήποτε άλλη περίπτωση που δεν περιλαμβάνεται στις παραπάνω ή σε περιπτώσεις δυσκολίας εκσκαφής (βραχώδες έδάφος, υπόγεια εμπόδια, υψηλή στάθμη υπογείων υδάτων κ.λ.π.), θα πρέπει να δίνεται λύση με τη σύμφωνη γνώμη του επιβλέποντα του έργου. Τέλος, στις περιπτώσεις που οι σωλήνες πρέπει να διέλθουν από γέφυρα ή σήραγγα, χρησιμοποιείται κατάλληλος μεταλλικός σωλήνας.

ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΣΩΛΗΝΩΝ

Οι σωλήνες θα πρέπει να είναι από πολυαιθυλένιο (High Density Polyethylene, HDPE) και να έχουν τη φυσική μορφή που περιγράφεται στην παρακάτω εικόνα



Εικόνα 11: Φυσική μορφή σωλήνα

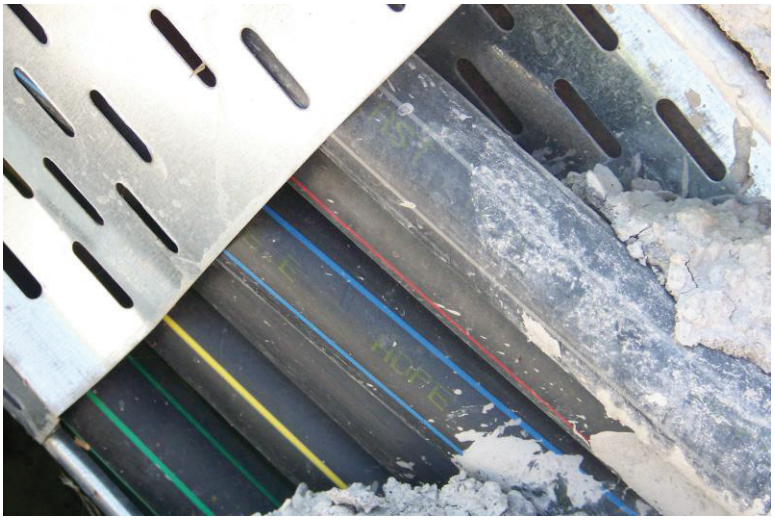
- Η εξωτερική διάμετρος του σωλήνα θα πρέπει να είναι ίση με 40mm +/- 1mm ενώ η εσωτερική διάμετρος θα πρέπει να είναι ίση με 32mm μέχρι 34mm.
- Θα πρέπει να αντέχουν σε πίεση ίση με 8Atm.
- Οι σωλήνες πρέπει να έχουν μαύρο χρώμα και να δηλώνονται κατά μήκος του σωλήνα τα εξής:

    1. Η επωνυμία “COSMOTE”

    2. Ημερομηνία παραγωγής του σωλήνα (ημέρα/μήνας/έτος)

    3. Η επωνυμία προμηθευτή

    4.Ο διαχωρισμός των σωλήνων θα πρέπει να γίνεται βάσει χρωματικού κώδικα, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 12: Χρωματικός κώδικας

ΚΑΛΩΔΙΑ ΚΑΙ ΟΠΤΙΚΗ ΙΝΑ

Στην ενότητα αυτή περιγράφονται τα χαρακτηριστικά του καλωδίου και των οπτικών ινών που θα τοποθετηθούν σε σωλήνες.

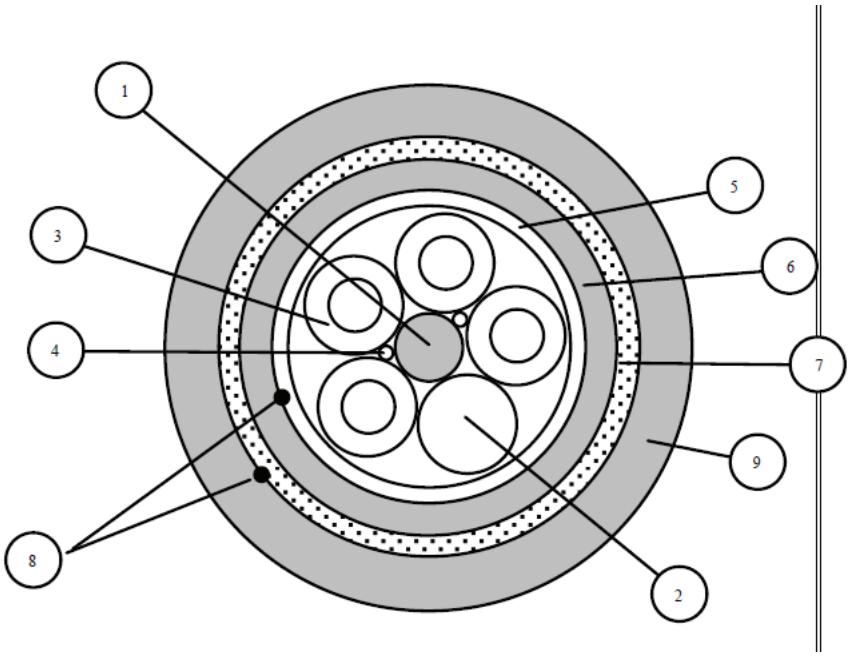
Το καλώδιο και η οπτική ίνα θα πρέπει να πληρούν τις προδιαγραφές της σύστασης ITU-T G.652.D. Είναι το πιο ολοκληρωμένο πρότυπο για μονότροπες ίνες και ορίζει μία ίνα πλήρους φάσματος (1260nm-1625nm) και με χαμηλό water peak.

Τα οπτικά καλώδια που θα χρησιμοποιηθούν θα είναι μονότροπα (single mode) και οι ίνες που θα χρησιμοποιηθούν για το συγκεκριμένο έργο ανά καλώδιο είναι:

1. 24 ινών
2. 48 ινών

Στον οπτικό κατανεμητή της θέσης τερματίζονται πάντα 12 ίνες.

Το καλώδιο ανήκει στην κατηγορία των loose tube (χαλαρού σωλήνα) καλωδίων και έχει την ακόλουθη τομή:



Εικόνα 13: Τομή καλωδίου

1. Central strength member (CSM): Dielectric, glass fiber reinforced plastic (FPR)

2. Filler: PE

3. Loose tube: PBT tube, filled with jelly compound

4. Water blocking element: Swellable, polyester yarns longitudinally applied

5. Wrapping: Water blocking tape longitudinally applied with overlap

6. Inner sheath: Black, HDPE

7. Reinforcement: double layer of glass yarns

8.Ripcord: Polyester or aramide thread of sufficient strength

9.Outer jacket: Black, UV resistant HDPE

No. of fibers	**48**
No. of loose tubes	4
No. of fibers / tube	12
No. of filler elements	1
Inner sheath thickness (nominal) (mm)	1.0
Outer sheath thickness (nominal) (mm)	1.5
Cable overall diameter (nominal) (mm)	12
Cable weight (nominal) (kg/km)	120

Η τοποθέτηση του καλωδίου πρέπει να είναι διακριτική, στιβαρή και να προφυλάσσει από καιρικά φαινόμενα και φθορές. Επίσης, η εγκατάσταση σε επαγγελματικά κτήρια είναι κατά κανόνα ευκολότερη καθώς υπάρχουν υφιστάμενες σχάρες.

Οι ίνες θα είναι τοποθετημένες σε σωληνίσκους από πολυεστέρα PTB. Ο σωληνίσκος αυτός θα πρέπει να παρουσιάζει μεγάλη αντίσταση στην διαπερατότητα από υγρασία και μηχανικές καταπονήσεις.

Οι σωλήνες πρέπει να είναι γεμισμένοι με ειδικό παχύρρευστο υλικό πετρελαϊκής βάσεως σε μορφή βαζελίνης (gel), ώστε να προστατεύονται οι ίνες από ακραίες θερμοκρασίες και να εμποδίζεται η είσοδος της υγρασίας που προκαλεί σταδιακή διάβρωση των ινών. Ο αριθμός των ινών είναι μέχρι 12 ίνες ανά σωληνίσκο.

Οι σωληνίσκοι προστασίας των οπτικών ινών είναι χρωματικά διακριτοί, ώστε να είναι αναγνωρίσιμοι.

Σωληνίσκος	Χρώμα
Πρώτος	Κόκκινο
Τελευταίος	Μπλε
PE Fillers	Φυσικό (άχρωμο)
Όλοι οι υπόλοιποι	Λευκό

Σε κάθε σωληνίσκο περιέχονται μέχρι 12 χρωματικώς διακριτές οπτικές ίνες σύμφωνα με τον ακόλουθο πίνακα:

Α/Α ίνας	Χρώμα ίνας
1η	Κόκκινο
2η	Πράσινο
3η	Κίτρινο
4η	Φυσικό(άχρωμο)
5η	Καφέ
6η	Βιολέ
7η	Γκρι
8η	Τυρκουάζ
9η	Άσπρο
10η	Ροζ
11η	Πορτοκαλί
12η	Μπλε

ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΛΩΔΙΟΥ

Parameter	Tested according	Specified value	Acceptance criteria
Tensile strength (short term – installation)	IEC 60794-1-2E1	3500 N	Δα < 0.05 dB reversible, fiber strain < 0.33 %
Crush resistance (short term)	IEC 60794-1-2E3	6000 N/10cm	Δα < 0.05 dB reversible, no damage
Impact resistance	IEC 60794-1-2E4	10 N. m, 3 impacts spaced, R= 30 mm	Δα < 0.05 dB reversible, no damage
Torsion	IEC 60794-1-2E7	± 180°, 5 cycles, 50 N	Δα < 0.05 dB reversible, no damage
Bending (static)	IEC 60794-1-2E11	R= 10 x D, 5 turns, 3 cycles	Δα < 0.05 dB reversible, no damage
Repeated bending (dynamic)	IEC 60794-1-2E6	R= 15 x D, 100 N, 30 cycles	Δα < 0.05 dB reversible, no damage
Temperature cycling	IEC 60794-1-2F1	-30°C to +70°C	Δα < 0.05 dB/km
Water tightness	IEC 60794-1-2F5b	3 m cable, 1 m water column, 24 h	no water detected with UV light

Note: all optical power measurements are at 1550nm.

ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΟΝΟΤΡΟΠΩΝ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟ	G652D
Διάμετρος προστατευτικού περιβλήματος (Cladding diameter)	125.0 ± 0.7 μm
Διάμετρος πρωτεύουσας επίστρωσης (Coating diameter) non-colored	245 ± 10 μm
Core concentricity error	≤ 0.5 μm
Σφάλμα μη-κυκλικότητας περιβλήματος (Cladding non-circularity)	≤ 1 %
Coating-Cladding concentricity error	≤ 12 μm
Mode field diameter 1310nm	9.2 ± 0.4 μm
Mode field diameter 1550nm	10.4 ± 0.5 μm
Συντελεστής Απόσβεσης 1310nm (Attenuation coefficient)	≤ 0.35* dB/km
Συντελεστής Απόσβεσης 1383nm	≤ 0.33* dB/km
Συντελεστής Απόσβεσης 1550nm	≤ 0.22* dB/km
Συντελεστής Απόσβεσης 1625nm	≤ 0.25* dB/km
Cable cut-off wavelength λ_{cc}	$\lambda_{cc} \leq 1260$ nm
Χρωματική Διασπορά 1285-1330nm (Chromatic dispersion)	≤ 3.5 ps/(nm· km)
Χρωματική Διασπορά 1550nm	≤ 18 ps/(nm· km)
Link design value PMD_Q	≤ 0.08 ps/√km

*: cabled values

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΤΡΟΠΟΙ ΤΕΡΜΑΤΙΣΜΟΥ

Οι διατάξεις συγκόλλησης (splice enclosures, ή συνηθέστερα μούφες) τοποθετούνται σε φρεάτια με σκοπό τη συγκόλληση οπτικών καλωδίων όταν η απόσταση δύο κόμβων είναι μεγαλύτερη του μέγιστου μήκους της οπτικής ίνας ή σε περιπτώσεις διακλαδώσεων.

Οι διαστάσεις των διατάξεων συγκόλλησης πρέπει να είναι κατά το δυνατόν περιορισμένες αλλά και επαρκείς για να επιτρέπουν την άνετη συγκόλληση και διευθέτηση του επιθυμητού αριθμού ινών.

Η διάταξη συγκόλλησης πρέπει:

- να κλείνει ερμητικά
- να προστατεύεται από υδατοστεγές περίβλημα
- να διαθέτει σύστημα εισαγωγής, σφράγισης και αδιαβροχοποίησης των καλωδίων και των ινών
- να επιτρέπει το άνοιγμα του περιβλήματος και την πρόσβαση στα καλώδια χωρίς τη χρήση ειδικών εργαλείων

ΠΡΟΣΒΑΣΗ ΣΤΑ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ

Για την πρόσβαση των μηχανημάτων που βρίσκονται συνήθως στην ταράτσα των κτηρίων χρησιμοποιήθηκαν 3 μέθοδοι:

1) Εσωτερικό Shaft και Σχάρες (επαγγελματικά κτήρια)

Εικόνα 14: Πρόσβαση στα μηχανήματα (α)

Εικόνα 15: Πρόσβαση στα μηχανήματα (β)

2)Στήριξη με Ω (πρόσβαση του καλωδίου σε κάθε όροφο)

Εικόνα 16: Πρόσβαση στα μηχανήματα (γ)

Εικόνα 17: Πρόσβαση στα μηχανήματα (δ)

3) Στήριξη με συρματόσχοινο (απαιτείται πρόσβαση σε δύο τερματικά σημεία)

Εικόνα 18: Πρόσβαση στα μηχανήματα (ε)

Εικόνα 19: Πρόσβαση στα μηχανήματα (στ)

Σε όλες τις περιπτώσεις κατασκευάζεται φρεάτιο με συνδετικό σύνδεσμο (splice enclosure) έξω από το κτήριο που φιλοξενεί το Σ/Β και χρησιμοποιείται καλώδιο 48 ινών.

ΤΕΡΜΑΤΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ

ΟΠΤΙΚΟΣ ΚΑΤΑΝΕΜΗΤΗΣ – ODF

Ο οπτικός κατανεμητής (Fiber optic distributor) είναι το πεδίο στο οποίο καταλήγουν τα καλώδια οπτικών ινών του δικτύου και τερματίζονται σταθερά σ'αυτό. Επιτρέπει τη δημιουργία ενός μηχανικά αρθρωτού δικτύου οπτικών ινών εξασφαλίζοντας τη δυνατότητα διασύνδεσης μεταξύ διαφόρων ινών ή καλωδίων και διαφόρων οπτικοηλεκτρονικών διατάξεων του δικτύου.

Οι κατανεμητές οπτικών ινών αποτελούνται από ικριώματα (rack) με σύστημα οργάνωσης και διαχείρισης μεγάλης χωρητικότητας οπτικών ινών. Όλα τα υλικά έχουν ομοιογένεια ώστε να διασφαλίζουν την άμεση και με μικρό κόστος ανάπτυξη του συστήματος για να καλυφθούν οι μελλοντικές ανάγκες επέκτασης του δικτύου οπτικών ινών .

Ο κατανεμητής περιλαμβάνει ικρίωμα όπου τοποθετούνται υποϊκριώματα (subracks) με κατανεμητές/συρτάρια 12 έως 24 θέσεων καθένα για συνδετήρες τύπου SC. Το ικρίωμα διαθέτει μεταλλικές πόρτες στο εμπρόσθιο τμήμα και κλειδαριά, ενώ έχει ευελιξία τοποθέτησης καλωδίων από επάνω ή κάτω. Διαθέτει εσωτερικά ειδικό χώρο με ενσωματωμένα τύμπανα για διευθέτηση της περίσσειας του μήκους της διαδρομής των συνδετικών καλωδίων σύμφωνα με την επιτρεπόμενη ακτίνα καμπυλότητας.

Κάθε υποϊκρίωμα περιλαμβάνει οπτικούς κατανεμητές/συρτάρια ανεξάρτητους μεταξύ τους. Η διάταξη αυτή επιτρέπει πρόσβαση χωριστά και μόνο στις 12-24 ίνες που βρίσκονται τερματισμένες (με συγκόλληση) σε κάθε κατανεμητή/συρτάρι ώστε να αποφεύγεται ο κίνδυνος επίδρασης ή βλάβης στις ίνες γειτονικού κατανεμητή/συρτάρι ακόμα και αν ένα συρτάρι δεν βρίσκεται στην θέση του.

Οι κατανεμητές/συρτάρια είναι απαραίτητα τεχνικής «εσωτερικής μικτονόμησης» ώστε οι υποδοχείς, οι συνδετήρες, οι κασέτες συγκολλήσεων και οι διαδρομές των ινών και των συνδετικών καλωδίων να καλύπτονται εντός του συρταριού του κατανεμητή και να μην βρίσκονται στην πρόσοψη με κίνδυνο θραύσης συνδετικών καλωδίων και αποσύνδεσης κυκλωμάτων. Η πρόσοψη διαθέτει διαμορφωμένο χώρο με ειδικό αυτοκόλλητο για σήμανση και αρίθμηση των ινών και των κυκλωμάτων.

Η στήριξη του καλωδίου γίνεται μέσω «διαχωριστή σωληνίσκων» (break out kit) που προστατεύει τις ίνες με ειδικούς σωληνίσκους ικανούς να διατηρούν την ακτίνα καμπυλότητας των σωληνίσκων του καλωδίου. Οι σωληνίσκοι αυτοί εισέρχονται στους κατανεμητές/συρτάρια και οδηγούνται στις κασέτες συγκολλήσεων μέσω ανοιχτών (χωρίς τρύπες που θα περιόριζαν την είσοδο και έξοδο καλωδίων) και συρταρωτών αλλά εύκαμπτων καναλιών. Το ίδιο σύστημα εύκαμπτων καναλιών υπάρχει και στην έξοδο των κατανεμητών/συρταριών προς την πλευρά των συνδετικών καλωδίων διατηρώντας αυτόματα την ελάχιστη ακτίνα καμπυλότητας στα 38 mm.

Οι κατανεμητές/συρτάρια παρέχουν τη δυνατότητα στις οπτικές ίνες να μπορούν να βγούν από αυτούς για τοποθέτηση σε άλλη θέση χωρίς να απαιτείται διακοπή κυκλωμάτων και «κόψιμο» των σημείων συγκολλήσεων των οπτικών ινών.

Η εμπειρία απέδειξε ότι είναι σκόπιμο να τερματίζεται το καλώδιο των οπτικών ινών είτε σε transmission rack/cabinet, είτε σε ειδικό πολυεστερικό κουτί, προκειμένου να διευκολύνεται η διασύνδεση σε περιπτώσεις αλλαγών και αναβαθμίσεων των μηχανημάτων των ΣΒ και όχι εντός των καμπινών των ΣΒ.

Η επιλογή της θέσης των ODF/κουτιών θα πρέπει να είναι τέτοια, ώστε να είναι εύκολη η τοποθέτηση και χρησιμοποίησή τους, χωρίς να ενοχλούν την απρόσκοπτη πρόσβαση σε υφιστάμενα ή μελλοντικά μηχανήματα.

Οπότε, για τον *τερματισμό* του καλωδίου εφαρμόζονται 2 μέθοδοι:

1) Εγκατάσταση οπτικού κατανεμητή ύψους 1U

α) Σε κλειστό χώρο σε Rack

Εικόνα 20: Εγκατάσταση οπτικού κατανεμητή (α)

β) Εντός outdoor καμπίνας του ΣΒ

Εικόνα 21: Εγκατάσταση οπτικού κατανεμητή (β)

γ) Εντός της καμπίνας RL

Εικόνα 22: Εγκατάσταση οπτικού κατανεμητή (γ)

2)Τοποθέτηση του κατανεμητή εντός πολυεστερικού κουτιού

Εικόνα 23: Εγκατάσταση οπτικού κατανεμητή (δ)

Εικόνα 24: Εγκατάσταση οπτικού κατανεμητή (ε)

Τα ζωτικά στοιχεία του οπτικού κατανεμητή είναι τα ακόλουθα :

1. Συνδετήρες

2. Συζεύκτες

3. Οπτικά καλώδια μικτονόμησης (fiber patchcords)

Ο τερματισμός των οπτικών ινών εντός των κατανεμητών γίνεται σε μηχανικούς συνδετήρες SC Connectors. Ο μηχανισμός κλειδώματος του συνδετήρα SC εμποδίζει την περιστροφική κακή ευθυγράμμιση και εμποδίζει τον κρίκο να χάσει την οπτική επαφή κατά τη διάρκεια της ενδοσύνδεσης, ενώ προσφέρει εξαιρετική πυκνότητα δέσμης και μοναδική επίδοση και κόστος. Ο συνδετήρας αυτός έχει σχεδιαστεί για υψηλή απόδοση στις τηλεπικοινωνίες και στα δίκτυα καλωδιακής τηλεόρασης. Υπάρχει διαφορετική αίσθηση για τους συνδετήρες αυτούς όταν συγκρίνονται με τα προηγούμενα είδη. Το κύριο μέρος του είναι ελαφρύ από πλαστικό. Έχει μικρή απώλεια και το μικρό του μέγεθος με την τετραγωνισμένη φόρμα πιάνει πολύ λίγο χώρο.

Εικόνα 25: Συνδετήρας

Οι συνδετήρες τερματίζουν στους συζεύκτες (couplers ή adapters). Οι συζεύκτες είναι μονοί θηλυκοί συνδετήρες, δηλαδή σωληνοειδείς συνδετήρες και είναι τοποθετημένοι επάνω στο πλαίσιο του οπτικού κατανεμητή. Ο αριθμός τους θα είναι ίσος με τον αριθμό των ινών του καλωδίου που τερματίζει στον κατανεμητή.

Εικόνα 26: Συζευκτής

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

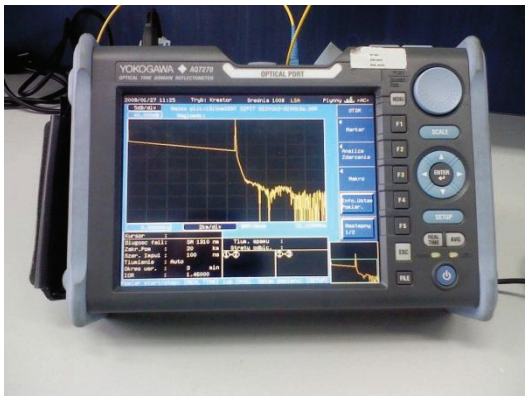
ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

OTDR

Το OTDR είναι ένα ευρέως χρησιμοποιούμενο όργανο. Ελέγχει την ποιότητα των εγκατεστημένων ή προς εγκατάσταση καλωδίων και χρησιμοποιείται για τον ευρύτερο χαρακτηρισμό τους όσον αφορά τις απώλειες που εμφανίζουν κατά το μήκος τους. Ιδιαίτερα χρησιμεύει στην διαδικασία εύρεσης σημείων τα οποία προκαλούν τη διακοπή μίας ζεύξης ή την υπερβολική υποβάθμισή της από πλευράς ισχύος, όπως:

- Μέτρηση αποστάσεων
- Μέτρηση εξασθένισης οπτικών ινών, ζεύξεων, συγκολλήσεων και συνδέσεων
- Ανίχνευση τοπικών διαταραχών εξασθένησης
- Μέτρηση ανακλάσεων σε συνδέσεις ή στο τέλος μίας οπτικής ζεύξης

Λειτουργεί με βάση τη διάδοση φωτός σε οπτική ίνα κατά τη διάρκεια συγκεκριμένου χρονικού διαστήματος.



Εικόνα 27: Μηχάνημα OTDR (α)

Εικόνα 28: Μηχάνημα OTDR (β)

Χρησιμοποιώντας ένα OTDR μπορούμε να προσδιορίσουμε το μήκος (L) μίας οπτικής ζεύξης με ιδιαιτέρως υψηλή ακρίβεια. Αυτό είναι σημαντικό διότι με αυτόν τον τρόπο μπορεί να προσδιορισθεί και το σημείο διακοπής μίας ζεύξης ή εισαγωγής υψηλής εξασθένισης.

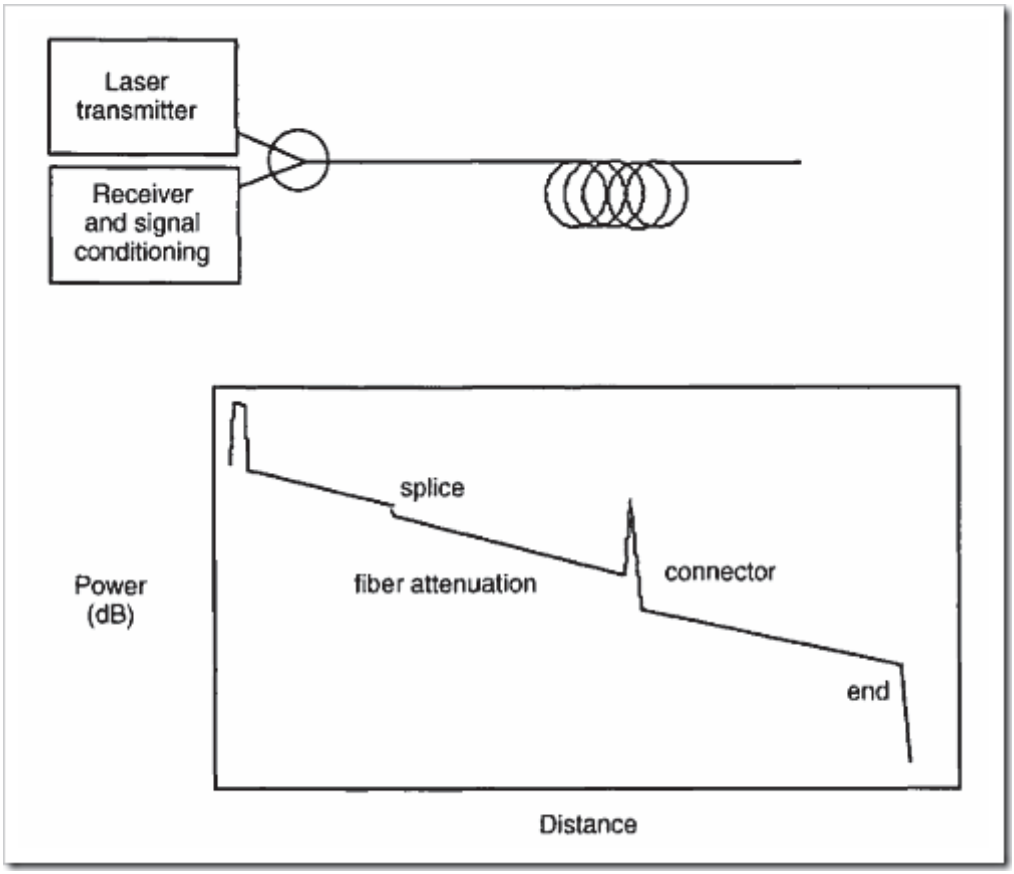
Η σχέση την οποία έμμεσα χρησιμοποιεί η μέτρηση είναι:

$$L = \frac{vt}{2} = \frac{ct}{2n}$$

όπου v η ταχύτητα διάδοσης του φωτός στην οπτική ίνα, t ο χρόνος που απαιτείται να διαδοθεί και να ανακλαστεί το φως πίσω στο όργανο, L το μήκος της οπτικής ίνας, c η ταχύτητα του φωτός στο κενό και n ο δείκτης διάθλασης του πυρήνα της οπτικής ίνας. Στην πραγματικότητα αυτό που μετράει αυτό το όργανο είναι ο χρόνος διάδοσης

και επιστροφής της φωτεινής δέσμης και εφόσον έχει μία τιμή του δείκτη διάθλασης n υπολογίζει το μήκος χρησιμοποιώντας τη σχέση. Αυτό κάνει προφανές το ότι η σωστή επιλογή δείκτη διάθλασης έχει πολύ σημαντικό ρόλο στην ακρίβεια της μέτρησης.

Στο σχήμα που ακολουθεί απεικονίζεται ένα πρότυπο της μέτρησης που διενεργεί το OTDR.



Εικόνα 29: Πρότυπο μέτρησης OTDR

Φαίνεται πώς σε ένα τμήμα της οπτικής ζεύξης η ισχύς εξασθενεί, οπότε αν η ζεύξη περιέχει συγκολλήσεις ή συνδέσεις που προκαλούν εξασθένιση, αυτές θα εμφανιστούν σαν “γόνατα” στην καμπύλη.

Στο Παράρτημα 3 έχουμε μετρήσεις από μία ζεύξη του δικτύου σε 3 διαφορετικά μήκη κύματος: 1319 nm, 1558 nm και 1620 nm, όπου βλέπουμε πού και πόσο εξασθενεί το σήμα σας στη διαδρομή της ζεύξης.

Για να εξαχθούν αξιόπιστες μετρήσεις όμως χρειάζεται προσοχή ώστε να δοθούν οι σωστές ρυθμίσεις στο OTDR

Χαρακτηριστικά κρίσιμης σημασίας:

1)Νεκρή Ζώνη

Κάθε συγκόλληση ή συνδετήρας προκαλεί μία παρενόχληση στο διαδιδόμενο και ανακλώμενο οπτικό σήμα. Αυτού του είδους η επίδραση επιβάλλει μία ζώνη συγκεκριμένου μήκος μετά την ένωση για την οποία δεν είναι δυνατό να μελετήσουμε το οτιδήποτε. Παραδείγματος χάριν, η συγκόλληση που βρίσκεται στο εσωτερικό ενός κατανεμητή δεν είναι δυνατό να ανιχνευθεί από ένα OTDR από την στιγμή που πριν από αυτή υπάρχει ο συνδετήρας ο οποίος ενώνει την οπτική ίνα με τον κατανεμητή. Επιπλέον, για μία οπτική ίνα η οποία έχει συγκολληθεί δύο φορές σε απόσταση λίγων μέτρων (πχ 3m) δεν είναι εφικτή η διάκριση των δύο συγκολλήσεων από το όργανο. Αντί για αυτό θα φανεί μία μόνο συγκόλληση της οποίας οι συνολικές απώλειες είναι το άθροισμα των επιμέρους απωλειών.

2)Εύρος Παλμών

Η "νεκρή ζώνη" μπορεί να περιοριστεί σε μέγεθος αν οι παλμοί που εκπέμπονται από το OTDR είναι όσο το δυνατό στενότερου εύρους. Δυστυχώς μία τέτοια ρύθμιση δεν είναι άμοιρη μειονεκτημάτων, μιας και οι στενοί παλμοί δεν είναι δυνατό να διαδίδονται, άρα δε μπορούν να καθοριστούν τα χαρακτηριστικά στις μεγάλες αποστάσεις. Δηλαδή, οι μεγάλου εύρους παλμοί είναι κατάλληλοι (>1μs) για το χαρακτηρισμό μίας οπτικής ζεύξης μεγάλης σχετικά απόατασης (>40Km), αυτό όμως σημαίνει μεγένθυση της "νεκρής ζώνης". Αντιθέτως, οι στενοί παλμοί αυξάνουντη διακριτική ικανότητα του οργάνου, μειώνοντας το μήκος της "νεκρής ζώνης", αλλά ταυτόχρονα λόγω της ευαισθησίας τους μειώνουν την απόκριση του ορργάνου στις μεγάλες αποστάσεις. Συνήθως η σωστή ρύθμιση επιτυγχάνεται από την αυτόματη λειτουργία που διαθέτουνσαν επιλογή σχεδόν όλα τα εμπορικώς διαθέσιμα όργανα. Η αυτόματη λειτουργία επιλέγει το σωστό εύρος παλμών με κριτήριο την όσο το δυνατόν καλύτερη απόδοση του για τον ικανοποιητικό καθορισμό όλων των χαρακτηριστικών της ζεύξης.

3)Δυναμική περιοχή

Η δυναμική περιοχή του OTDR καθορίζεται από το πόσο ισχυρή είναι η οπτική πηγή του οργάνου και ταυτόχρονα από το πόσο ευαίσθητη είναι η φωτοδίοδος χιονοστιβάδας (APD) που λαμβάνει το ανακλώμενο οπτικό σήμα. Όσο αυξάνεται η ισχύς και η ευαισθησία του πομπού και του δέκτη αντίστοιχα, τόσο το όργανο θεωρείται πληρέστερο, γιατί αποδίδει τα χαρακτηριστικά της ζεύξης με μεγάλη ακρίβεια για μεγαλύτερες αποστάσεις. Σε ένα τυπικό OTDR η δυναμική περιοχή επιτρέπει μέχρι και τα 100Km να εξάγουμε ασφαλή συμπεράσματα, η οποία θεωρείται επαρκής απόσταση για το χαρακτηρισμό οπτικών ζεύξεων σήμερα. Η δυναμική περιοχή σε αυτήν την περίπτωση μπορεί να προσδιορισθεί ποσοτικά

σκεπτόμενοι ότι 100Km εισάγουν 35dB απωλειών στο μήκος κύματος των 1310nm. Αν συμπεριληφθούν ακόμα 5dB απωλειών λόγω συγκολλήσεων και συνδέσεων στον κατανεμητή, συμπεραίνουμε πως η δυναμική περιοχή θα πρέπει να ισούται με 40dB. Επίσης, αν αναλογιστούμε ότι το σήμα που στέλνουμε θα υποστεί τη διαδικασία δύο φορές από το ένα άκρο της ζεύξης στο άλλο (αρχικά διαδιδόμενο και κατόπιν ανακλώμενο), βγάζουμε το συμπέρασμα πως η δυναμική περιοχή θα πρέπει να είναι 80dB, ένας ιδιαιτέρως υψηλός αριθμός και μπορεί να επιτευχθεί για ένα μικρό εύρος παλμών.

Επιπλέον:

- Η σμίκρυνση της "νεκρής ζώνης" επιτυγχάνεται με τη χρήση στενών παλμών.
- Η ελαχιστοποίηση του θορύβου στη μέτρηση επιτυγχάνεται με ευρύτερους παλμούς.
- Πιο ευκρινή διαγράμματα επιφέρει η χρήση της επιλογής στατιστικής επεξεργασίας.

Για απόλυτο χαρακτηρισμό μιας ζεύξης μπορεί να πραγματοποιηθεί μέτρηση σε στάδια, ανάλογα με το τι επιθυμούμε να ανιχνεύσουμε. Για παράδειγμα, αν μας ενδιαφέρει ο ακριβής χαρακτηρισμός του πρώτου άκρου της, χρησιμοποιούμε στενούς παλμούς για την όσο το δυνατό εξάλειψη των "νεκρών ζωνών". Σε δεύτερη προσέγγιση για το χαρακτηρισμό του μήκους χρησιμοποιούμε ευρείς παλμούς, ανθεκτικούς στις απώλειες. Έτσι η πραγματοποίηση της μέτρησης σε περισσότερα

από ένα στάδια, συμβάλλει στον ακριβή καθορισμό των ιδιαιτεροτήτων της ζεύξης σε όλο το μήκος της.

ΙΣΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΙΣΧΥΟΣ (LINK POWER BUDGET)

Μόλις γίνει ο βασικός σχεδιασμός του δικτύου, το επόμενο βήμα είναι να κάνουμε ένα "Link Power Budget" το οποίο υπολογίζει τις αναμενόμενες ζημίες του cable plant και ελέγχει αν ο τηλεπικοινωνιακός εξοπλισμός που επιλέχθηκε θα λειτουργήσει σε αυτήν την καλωδιακή εγκατάσταση (cable plant) της ζεύξης. Η ανάλυση του power budget είναι η επαλήθευση των λειτουργικών χαρακτηριστικών (operating characteristics) ενός συστήματος οπτικών ινών. Αυτό περιλαμβάνει στοιχεία όπως η δρομολόγηση, το μήκος κυκλώματος, τον τύπο της ίνας, τον αριθμό των συνδέσεων και των μουφών και τα μήκη κύματος.

Τόσο τα παθητικά όσο και τα ενεργητικά στοιχεία του κυκλώματος πρέπει να συμπεριληφθούν στον υπολογισμό του power budget. Η παθητική απώλεια αποτελείται από την απώλεια της ίνας, την απώλεια των συνδετήρων και την απώλεια των μουφών και επιπλέον τους ζεύκτες ή διαχωριστές στη ζεύξη. Ενώ τα ενεργά στοιχεία είναι το μήκος κύματος του συστήματος, η ισχύς μετάδοσης, η ευαισθησία του δέκτη και δυναμικό εύρος (η διαφορά μεταξύ πομπού ισχύος και ευαισθησία δέκτη).

Δεδομένου ότι η ιδέα ενός power budget είναι η διασφάλιση σωστής λειτουργίας του δικτυακού εξοπλισμού στην εγκατεστημένη οπτική ζεύξη, είναι λογικό να είμαστε συντηρητικοί με τις προδιαγραφές. οπότε, δεν χρησιμοποιούμε τις καλύτερες δυνατές τιμές για την εξασθένιση των ινών ή τις απώλειες των συνδέσεων, αλλά δίνουμε

κάποιο περιθώριο (margin). Στις μετρήσεις που κάναμε εμείς για το συγκεκριμένο έργο ορίσαμε περιθώριο 3dB.

ΜΕΛΕΤΗ LINK POWER BUDGET ΤΗΣ ΟΠΤΙΚΗΣ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ

ΣΚΟΠΟΣ:

Σκοπός της μελέτης είναι ο υπολογισμός του optical power budget της ακόλουθης οπτικής διαδρομής, ώστε να προβούμε στην προμήθεια των κατάλληλων οπτικών καρτών στα πολυπλεκτικά συστήματα:

ΟΠΤΙΚΗ ΔΙΑΔΡΟΜΗ:

MAKRI (2525) - VARNAK (0014)

ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ:

Απώλειες οπτικού καλωδίου (1310nm)	0,35 dB/Km
Απώλειες συνδετήρων	0,5 dB
Απώλειες συνδέσμων	0,5 dB
Περιθώριο Ασφάλειας (Safety Margin)	3 dB

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΟΠΤΙΚΩΝ ΚΑΡΤΩΝ:

Στο Παράρτημα 2 δίνονται τα χαρακτηριστικά των οπτικών καρτών.

ΥΠ ΟΛΟΓΙΣΜΟΣ OPTICAL POWER BUDGET:

MAKRI (2525) – Manhole M_VLA_V080189	13.000
Manhole M_VLA_V080189 - VARNAK (0014)	1.000
Total	14.000
Splice Enclosures	9

Από την ανάλυση των μετρήσεων του Παραρτήματος 4 προκύπτει ότι για να διατηρηθεί το margin των 3dB θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν κάρτες τύπου L16.1. Στην περίπτωση αυτή όμως θα χρειαστεί όμως και χρήση εξασθενητών 5dB στη λήψη των καρτών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

AS BUILT DOCUMENTATION

Το As-built Documentation είναι απαραίτητο στην ολοκλήρωση ενός τέτοιου έργου τόσο για τον έλεγχο του όσο και για την μετέπειτα επίβλεψη και μελλοντική αναβάμιση του δικτύου. Προετοιμάζεται από τον ανάδοχο του έργου και περιλαμβάνει αναλυτική περιγραφή της κατασκευής του έργου. Το documentation, μετά τις όποιες απαραίτητες τροποποιήσεις από τις αρμόδιες υπηρεσίες της COSMOTE, οριστικοποιείται και εγκρίνεται από την COSMOTE.

Το As built-documentation περιλαμβάνει τα παρακάτω:

1.Φάκελος αδειών από δημόσιες υπηρεσίες

Ο εργολάβος θα πρέπει να προβεί στις κατάλληλες ενέργειες για να εξασφαλιστούν οι απαραίτητες άδειες για την κατασκευή του έργου όσον αφορά την πλευρά της πολιτείας (άδειες για την εργασία του συνεργείου στους δημόσιους δρόμους, σε γέφυρες κτλ). Αναφορικά με τις απαιτούμενες άδειες για την εργασία/εκσκαφή σε χώρους ιδιωτικούς, οι απαραίτητες άδειες θα εξασφαλιστούν από την Cosmote.

2.Γενικά σχέδια των υποδομών

Αποτύπωση της διαδρομής με τη βοήθεια GPS σε σύστημα ED50 σε μορφή dd/mm/ss.

Σχέδιο σε κλίμακα 1:500, όπου να φαίνονται τα ακόλουθα:

1. Αποτύπωση της διαδρομής που ακολουθήθηκε

2. Θέσεις των κομβικών σημείων προς σύνδεση (π.χ. κόμβους, κτήρια, σταθμούς βάσης, κεραίες, κτλ)

3. Προσδιορισμός φρεατίων που φέρουν συνδέσμους και προσδιορισμός του τύπου του συνδέσμου που εγκαταστάθηκε

4. Μήκος διαδρομής μεταξύ κομβικών σημείων

5. Λεπτομερή περιγραφή σημείων που χρήζουν ιδιαίτερης προσοχής, όπως διέλευση γραμμών τραίνου, ποταμών, πεζοδρόμια

6. Σχέδιο σημείων εισόδου σε κτήρια και θέσεις COSMOTE

3.Σχέδια των φρεατίων

Το σχέδιο θα πρέπει να περιλαμβάνει τόσο τα ακριβή κατασκευαστικά σχέδια των φρεατίων, όσο και σχέδια που να παρουσιάζουν τα ακριβή σημεία τοποθέτησης αυτών. Οι αποστάσεις που θα παρουσιάζονται θα πρέπει να αναφέρονται αφενός στην απόσταση μεταξύ των φρεατίων, αφετέρου στην απόσταση του εκάστοτε φρεατίου από το σημείο εκκίνησης της μέτρησης (το ένα από τα δυο τερματικά σημεία).

4.Στοιχεία οπτικών ινών και συγκολλήσεων

a. Το σχέδιο θα περιλαμβάνει την απόσταση του καλωδίου μεταξύ του συνδέσμου (μούφας) και του ενός εκ των δυο κομβικών σημείων. Δεν θα πρέπει να συμπεριλαμβάνεται η απόσταση του καλωδίου που βρίσκεται μέσα στους συνδέσμους(sloops).

b. Το σχέδιο θα περιλαμβάνει την απόσταση του καλωδίου μεταξύ των συνδέσμων. Δεν θα πρέπει να συμπεριλαμβάνεται η απόσταση του καλωδίου που βρίσκεται μέσα στους συνδέσμους.

c. Το σχέδιο θα περιλαμβάνει την απόσταση της οπτικής ίνας μεταξύ του συνδέσμου (μούφας) και του ενός εκ των δυο κομβικών σημείων, δηλαδή την οπτική απόσταση. Εδώ θα πρέπει να υπολογίζεται το μήκος όλου του καλωδίου, συμπεριλαμβανομένου και αυτού που υπάρχει μέσα στους συνδέσμους.

d. Το σχέδιο θα περιλαμβάνει την απόσταση του καλωδίου μεταξύ των ενώσεων. Εδώ θα πρέπει να υπολογίζεται το μήκος όλου του καλωδίου, συμπεριλαμβανομένου και αυτού που υπάρχει μέσα στους συνδέσμους.

e. Καταγράφει της κατανομής των ζευγών οπτικών ινών μεταξύ των συνδέσμων

f. Προσδιορισμός ποιο καλώδιο διέρχεται από ποια ίνα

5.Διαδρομές των καλωδίων στο εσωτερικό των κτηρίων

Θα πρέπει να δίνεται η όδευση και τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά που ακολουθήθηκαν εντός του κτηρίου.

6.Λεπτομερή σχέδια των υποδομών που να συμπεριλαμβάνει τις τάφρους οι οποίες έχουν δημιουργηθεί

Ανά τμήμα του έργου θα πρέπει να δίνεται και ο τύπος της τάφρου που κατασκευάστηκε.

7.Μετρήσεις/Πιστοποιήσεις ινών

Το σχέδιο αυτό θα περιλαμβάνει όλους τους ελέγχους που έχουν πραγματοποιηθεί για την πιστοποίηση και αποδοχή των οπτικών καλωδίων.

8.Φωτογραφίες

Θα πρέπει να δοθεί φωτογραφικό υλικό της τελικής διαδρομής, καθώς και των κρίσιμων σημείων.

9.Μετρήσεις/Πιστοποιήσεις ινών

Στοιχεία όλων των χρησιμοποιούμενων υλικών (Datasheet).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΕΠΙΒΛΕΨΗ

RTU

Η διαχείριση του δικτυακού εξοπλισμού είναι μία συνεχόμενη ανησυχία. Μία ίνα του δικτύου μας αφιερώνεται για την μετέπειτα επίβλεψη της κατάστασης του δικτύου, μέσω του κατάλληλου συστημάτος τηλεμέτρησης (RTU). Τηλεμέτρηση (Telemetry) είναι η αποστολή μετρήσεων και σημάτων ελέγχου από RTU σε RTU ή από και προς πολλά RTUs.

Τα RTUs (Remote Telemetry Unit) εγκαθίστανται σε απομακρυσμένα σημεία με σκοπό την αποστολή και λήψη εντολών και κωδικοποιούν/αποκωδικοποιούν σήματα από τον πραγματικό κόσμο. Αυτό που κάνει ένα RTU είναι να μετατρέπει εισερχόμενα σήματα από τον πραγματικό κόσμο, όπως πίεση, ροές, τάσεις/ρεύματα, επαφές, παλμούς, κτλ, σε σήματα τα οποία μπορούν να αποσταλλούν ενσύρματα (cable) ή ασύρματα (radio). Επίσης, μετατρέπει εισερχόμενα σήματα από άλλο RTU ή από έναν κεντρικό Η/Υ σε σήματα εξόδου.

NQMS

Με βάση το RTU λειτουργεί και το NQMS (Netwrok Quality Monitoring Systems), το οποίο πιο συγκεκριμένα είναι Remote Fiber Test System (RFTS) παρέχοντας τα

απαραίτητα διαχειριστικά εργαλεία που απαιτούνται για τον συνχό έλεγχο του δικτύου και της ποιότητάς του.

Εικόνα 30: NQMS

Βασικες λειτουργίες του NQMS:

- ✓ Web-based σύστημα διαχείρισης (EMS) και απομακρυσμένες δοκιμές (RTU)
- ✓ Συνεχόμενη 24/7 παρακολούθηση ποιότητας της ίνας
- ✓ Εντοπισμό θέσης
- ✓ Fault-on-map (χάρτης σφαλμάτων)
- ✓ Προγραμματισμένες OTDR μετρήσεις
- ✓ Απομακρισμένη επίλυση προβλημάτων (trouble-shooting)

Είναι αποτελεσματικό σε όλα τα σενάρια καθώς υποστηρίζει ενιαία παρακολούθηση σε πολλαπλούς ΣΒ, με ποσοστό εύρεσης του σφάλματος 80% και ενσωματωμένο OTDR μέσω του δικτύου. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται κεντρική διαχείριση του δικτύου, λαμβάνοντας αναφορές σφαλμάτων.

(High-resolution view of a fiber link)

OSPInSight

Το λογισμικό OSPInSight είναι σχεδιασμένο για να μετατρέπει το as-built χάρτες σε Location Intelligence. Προσφέρει γραφική απεικόνιση του δικτύου με κάθε γεωγραφική και τεχνική λεπομέρεια και λειτουργεί σαν μία βάση δεδομένων.

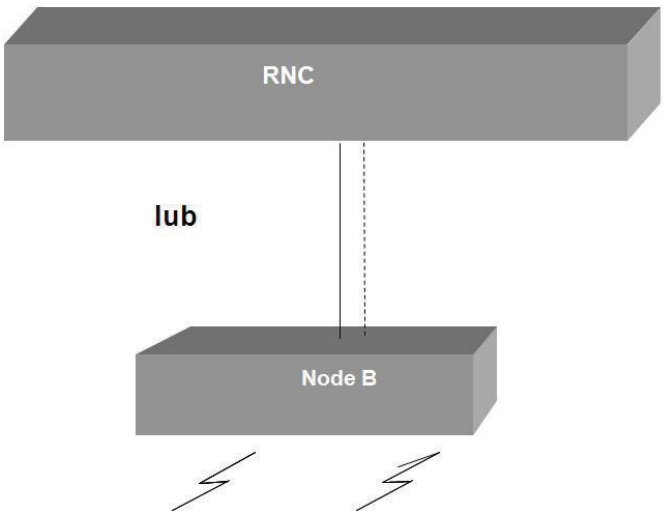
Παράδειγμα στο Παράρτημα 5.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

ΔΙΕΠΑΦΗ IUB

ΤΙ ΕΙΝΑΙ Η ΔΙΕΠΑΦΗ IUB

Η διεπαφή Iub συνδέει ένα RNC με τον Node B. Η διεπαφή Iub βρισκεται μεταξύ ενός RNC και ενός κόμβου B. Μέσω της διεπαφής Iub το RNC ελέγχει το Node B. Για παράδειγμα το RNC επιτρέπει τη διαπραγμάτευση τψν ραδιοεπικοινωνιακών πόρων, την προσθήκη και διαγραφή των που ελέγχονται από το μεμονωμένο Node B, ή την υποστήριξη των διαφόρων επικοινωνιών και συνδέσμων ελέγχου. Ένα Node B μπορεί να εξυπηρετήσει μία ή πολλαπλές κυψέλες (το σύνηθες είναι ένας αριθμός μεταξύ 6 και 9).



Εικόνα 31: Διεπαφή Iub

ΣΤΟΧΟΙ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΤΗΣ IUB ΔΙΕΠΑΦΗΣ

Η λίστα των λειτουργιών στην Iub διεπαφή είναι η ακόλουθη:

1. Διαχείριση των πόρων του δικτύου μετάδοσης της Iub

2. Λειτουργία και Συντήρηση του Node B

    - Διαχείριση ζεύξης Iub
    - Διαχείριση διαμόρφωσης κυψέλης
    - Μετρήσεις επίδοσης Ραδιοδικτύου
    - Διαχείριση πόρων
    - Διαχείριση κοινών καναλίων δικτύου μετάδοσης
    - Διαχείριση πόρων ραδιοδικτύου

3. Διαχείριση πληροφοριών Συστήματος

4. Διαχείριση κίνησης κοινών καναλιών

    - Έλεγχος εισόδου (στο δίκτυο)
    - Διαχείριση ισχύος
    - Μεταφορά δεδομένων

5. Διαχείριση κίνησης αφιερωμένων καναλιών

    - Διαχείριση Ραδιοζεύξης
    - Επίβλεψη Ραδιοζεύξης
    - Διανομή / αποδιανομή καναλιών

- Διαχείριση ισχύος
- Αναφορές μετρήσεων

6. Διαχείριση κίνησης διαμοιραζόμενων καναλιών
    - Διανομή / αποδιανομή καναλιών
    - Διαχείριση ισχύος
    - Διαχείριση
    - Δυναμική ανάθεση φυσικών καναλιών
    - Διαχείριση Ραδιοζεύξης
    - Μεταφορά δεδομένων
7. Διαχείριση χρόνου και συγχρονισμού
    - Μετάδοση καναλιού συγχρονισμού
    - Συγχρονισμός Node B και RNC
    - Συγχρονισμός εντός του Node B

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ IUB ΔΙΕΠΑΦΗΣ

Αντιστοίχιση των ροών δεδομένων της Iub

DCH:

Μία ροή δεδομένων ενός Iub DCH καναλιού μεταφέρεται πάνω από έναν φορέα μετάδοσης. Για κάθε ροή δεδομένων ενός Iub DCH καναλιού ένας τέτοιος φορέας πρέπει να δημιουργηθεί στην Iub εκτός από την περίπτωση ισοδύναμων DCH

καναλιών όπότε και αυτά πολυπλέκονται μεταξύ τους πάνω από τον ίδιο φορέα μετάδοσης.

CPCH:

Μία ροή δεδομένων ενός Iub CPCH (Common Packet Channel) καναλιού μεταφέρεται πάνω από έναν φορέα μετάδοσης. Για κάθε ροή δεδομένων ενός Iub CPCH καναλιού μέσα σε μία κυψέλη ένας τέτοιος φορέας πρέπει να δημιουργηθεί στην Iub.

RACH:

Μία ροή δεδομένων ενός Iub RACH (Random Access Channel) καναλιού μεταφέρεται πάνω από έναν φορέα μετάδοσης. Για κάθε ροή δεδομένων ενός Iub CPCH καναλιού μέσα σε μία κυψέλη ένας τέτοιος φορέας πρέπει να δημιουργηθεί στην Iub.

FACH:

Μία ροή δεδομένων ενός Iub FACH (Forward Access Channel) καναλιού μεταφέρεται πάνω από έναν φορέα μετάδοσης. Για κάθε ροή δεδομένων ενός Iub CPCH καναλιού μέσα σε μία κυψέλη ένας τέτοιος φορέας πρέπει να δημιουργηθεί στην Iub.

DSCH:

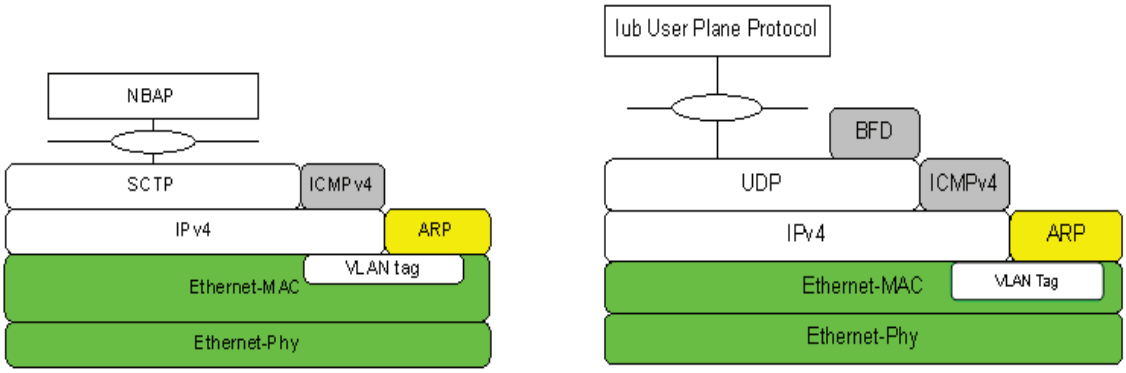
Μία ροή δεδομένων ενός Iub DSCH (Downlink Shared Channel) καναλιού μεταφέρεται πάνω από έναν φορέα μετάδοσης. Για κάθε ροή δεδομένων ενός Iub DSCH καναλιού ένας τέτοιος φορέας πρέπει να δημιουργηθεί στην Iub.

USCH:

Μία ροή δεδομένων ενός Iub USCH (Uplink Shared Channel) καναλιού μεταφέρεται πάνω από έναν φορέα μετάδοσης. Για κάθε ροή δεδομένων ενός Iub USCH καναλιού ένας τέτοιος φορέας πρέπει να δημιουργηθεί στην Iub.

Πρωτόκολλα της Iub

Πρέπει να υπάρχει ένας ξεκάθαρος διαχωρισμός μεταξύ του επιπέδου δικτύου πρόσβασης και του επιπέδου δικτύου μετάδοσης. Για τον λόγο αυτό η σηματοδοσία του ραδιοδικτύου και οι ροές δεδομένων της διεπαφής Iub διαχωρίζονται από τους πόρους του δικτύου μετάδοσης και της διαχείρισης της κίνησης, κάτι που δείχνει η παρακάτω εικόνα . Οι πόροι αυτοί καθώς και η διαχείριση της κίνησης ελέγχονται από τη σηματοδοσία του δικτύου μετάδοσης.



Εικόνα 32: Πρωτόκολλα της Iub

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ NBAP ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟΥ (NBAP Procedures)

Οι διαδικασίες του πρωτοκόλλου σηματοδοσίας NBAP χωρίζονται σε κοινές (common) και αποκλειστικές (dedicated) διαδικασίες.

- Οι κοινές διαδικασίες απαιτούν την εκκίνηση ενός UE πλαισίου για ένα συγκεκριμένο UE στον Κόμβο Β ή δεν σχετίζονται με συγκεκριμένο UE.
- Οι αποκλειστικές διαδικασίες σχετίζονται με ένα συγκεκριμένο UE πλαίσιο στον Κόμβο Β. Αυτό το UE πλαίσιο αναγνωρίζεται από μία ταυτότητα.

Οι δύο τύποι διαδικασιών μπορεί να μεταφέρονται πάνω από ξεχωριστά κανάλια σηματοδοσίας.

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΟΙΝΩΝ ΚΑΝΑΛΙΩΝ (Common Channels Management)

Αυτή η διαδικασία παρέχει την ικανότητα να ενεργοποιεί πόρους κοινών καναλιών όπως κανάλια εκπομπής κυψέλης (CBCH) και κανάλια τυχαίας πρόσβασης (RACH).

Μπορεί επίσης να παρέχει την ικανότητα να ελέγχει, για παράδειγμα, την αναζήτηση επανεκπομπής (paging retransmission).

Οι πληροφορίες για τα κοινά κανάλια (πχ υπερφόρτωση) θα μπορούσε να παρέχεται από τον Κόμβο Β στο RNC.

UDP (User Datagram Protocol)

Οι θύρες του UDP χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό διαφορετικών φορέων μετάδοσης στο επίπεδο χρήστη. Εκχωρούνται αυτόματα από τον Σταθμό Βάσης (BTS) και το RNC καθώς οι κλήσεις δημιουργούνται. Δεν υπάρχει καμία σχέση μεταξύ των θυρών που επιλέγονται από το RNC και αυτών που επιλέγονται από τον Σταθμό Βάσης. Το RNC εκχωρεί για κάθε Σταθμό Βάσης την επόμενη ελεύθερη θύρα στο IP.

SCTP (Stream Control Transmission Protocol)

Το πρωτόκολλο SCTP ανήκει στο transport layer, εξυπηρετώντας ένα παρόμοιο ρόλο με τα δημοφιλή πρωτόκολλα TCP (Transmission Control Protocol) και UDP (User

Datagram Protocol). Παρέχει μερικά ίδια γνωρίσματα και των δύο: είναι μηνυματοστρεφή (message-oriented) όπως το UDP και εξασφαλίζει αξιόπιστα σειριακή μετάδοση των μηνυμάτων με έλεγχο συμφόρησης όπως στο TCP.

Οι θύρες του SCTP χρησιμοποιούνται για τη διαφοροποίηση των NBAP ζεύξεων μεταξύ του RNC και του Σταθμού Βάσης.

Γνωρίσματα του SCTP είναι:

- Multihoming support: Με την υποστήριξη της πολυεστιακότητας ένα ή και τα δύο άκρα μίας σύνδεσης μπορούν να αποτελούνται από πάνω από μία IP διεύθυνση, επιτρέποντας έτσι την αυτόματη μεταγωγή ανάμεσα σε εφεδρικές διαδρομές δικτύου.

- Delivery of chunks: Η παράδοση των τμημάτων πληροφορίας ανάμεσα σε ανεξάρτητες ροές εξαλείφει τις μη αναγκαίες φραγές head-of-line (όπου ένα πακέτο στην αρχή μιας ουράς περιμένει χωρίς λόγο-έχει κολλήσει- εμποδίζοντας τα από πίσω πακέτα να προωθηθούν ακόμα και αν έχουν άλλους προορισμούς), σε αντιστοίχιση με την ροή δυφιοσυλλαβών (byte-stream) στην παράδοση του TCP.

- Path selection and monitoring: Επιλέγεται μία κύρια διαδρομή μετάδοσης (primary transmission path) και ελέγχεται η συνδεσιμότητα της.

- Validation and acknowledgement mechanism: Ο μηχανισμός αυτός λειτουργεί προστετευτικά ενάντια στις επιθέσης υπερχείλισης (flooding attacks) και παρέχει ενημέρωση για τα διπλότυπα ή τα χαμένα τμήματα δεδομένων.

- Improved error detection: Η βελτιωμένη ανίχνευση λαθών είναι κατάλληλη για μεγάλα πλαίσια Ethernet.

Λειτουργίες των πρωτοκόλλων της Iub διεπαφής

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΡΑΔΙΟΠΟΡΩΝ (Radio Resource Management)

Αυτή η διαδικασία ελέγχει το φυσικό ραδιοσύστημα, για παράδειγμα το συντονισμό του πομπού και την ισχύ εξόδου. Αυτές οι διαδικασίες επίσης παρέχονται για το RNC ώστε να ενημερώνεται για την αυτόματη επαναδιάρθρωση (reconfiguration) του Κόμβου Β στην περίπτωση τμηματικών αποτυχιών και τη διαθεσιμότητα πλεονάζοντος ραδιοεξοπλισμού.

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΦΟΡΕΑ ΣΗΜΑΤΟΔΟΣΙΑΣ IUB ΔΙΕΠΑΦΗΣ (IUB Signalling Bearer Management)

Η διαδικασία αυτή έχει να κάνει με τη διαχείριση της Iub ζεύξης. Διευθυνσιοδοτεί όχι μόνο την αρχική εγκαθίδριση της ζεύξης, αλλά και την εξέλιξη παρακολούθησης της υγείας της ζεύξης, την ανάκαμψή της, τον καταμερισμό φόρτου και τη διανομή.

DOWNLINK ΕΛΕΓΧΟΣ ΙΣΧΥΟΣ (DL Power Control)

Σκοπός του Downlink Power control είναι να κρατάει σε ισορροπία την ισχύ μετάδοσης των downlink ραδιοζεύξεων που χρησιμοποιούνται για τις συσχετιζόμενες συνδέσεις ελέγχου των radio πόρων (RRC Radio Resource Control) μέσα στον Κόμβο Β.

Η διαδικασία του DL power control ενεργοποιείται από το controlling RNC στέλνοντας ένα μύνημα DL POWER CONTROL NBAP (μήνυμα σηματοδοσίας

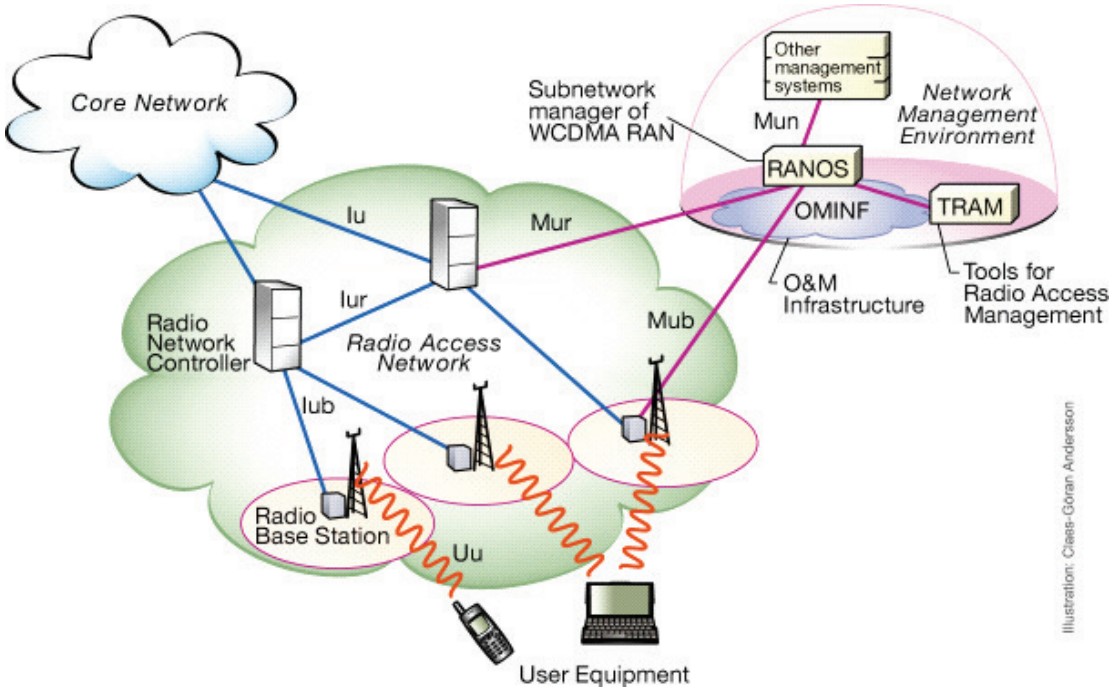
Node B Application Protocol) το οποίο περιέχει το επιθυμητό πεδίο τιμών ισχύος των ραδιοζεύξεων μέσα σε κάθε Κόμβο Β.

ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΔΙΕΠΑΦΗΣ IUB

Η αρχιτεκτονική του πρωτοκόλλου της Iub διεπαφής αποτελείται από δύο λειτουργικά επίπεδα, στρώματα:

1. Το επίπεδο ραδιοδικτύου (Radio Network Layer) ορίζει διαδικασίες που σχετίζονται με τη λειτουργία του Node B. Αποτελείται από ένα επίπεδο ελέγχου (radio network control plane) και ένα επίπεδο χρήστη (radio network user plane).

2. Το επίπεδο μεταφοράς (Transport Layer) ορίζει διαδικασίες για την εγκαθίδρυση φυσικών συνδέσεων μεταξύ του Κόμβου Β και του RNC.



Εικόνα 33: Iub αρχιτεκτονική

QoS

Για το Quality of Service (QoS=ποιότητα της υπηρεσίας) υπάρχει μία παράμετρος που λέγεται VLAN priority map ("vlanPrioMapping") η οποία ορίζει την αντιστοίχιση των συμπεριφορών προώθησης ανά κόμβο με το Per-Hop-Behaviour. Οι συμπεριφορές αυτές αναφέρονται σε παραμέτρους όπως ο ρυθμός απώλειας, η καθυστέρησημ η απόκλιση καθυστέρησης, κ.α. Οπότε, PHB είναι το μέσο με το οποίο ένας κόμβος κατανέμει τους πόρους του στις διάφορες συνολικές ροές. Το εύρος τιμών για το PHB είναι [EF, AF4, AF3, AF2, AF1, BE] και το εύρος τιμών για το VLAN priority (0,7) με την εξής αντιστοίχιση:

PHB	VLAN Priority
EF	6 (Voice)
AF4	5
AF3	4
AF2	3
AF1	1
BE	0 (Best Effort)

Εικόνα 34: Αντιστοίχιση PHB

EF (Expedited Forward)

Η κλάση EF είναι κατάλληλη για κίνηση που είναι ευαίσθητη στις χρονικές καθυστερήσεις, όπως η φωνή και το video, γιατί έχει μικρές απώλειες, μικρή καθυστέρηση, χαμηλή απόκλιση καθυστέρησης και εγγυημένο εύρος ζώνης. Με τον ελάχιστο ρυθμό αναχώρησης που εγγυάται από οποιονδήποτε κόμβο, ακόμα και όταν

το δίκτυο βρίσκεται σε κατάσταση υψηλού φόρτου επιτρέπει στις εφαρμογές αυτές να λειτουργούν κανονικά.

AF (Assured Forwarding)

Η AS κλάση υπόσχεται τη σίγουρη μετάδοση της κυκλοφορίας, δηλαδή με υψηλό βαθμό αξιοπιστίας, αλλά με μεταβλητή και άνω φραγμένη καθυστέρηση. Έτσι, χρησιμοποιεί πάντα ένα ελάχιστο εύρος ζώνης, ενώ μπορεί και να δανείζεται από τις άλλες κλάσεις όταν αυτές έχουν μικρή κίνηση. Για αυτό είναι κατάλληλη για εφαρμογές μη πραγματικού χρόνου (σηματοδοσία, συγχρονισμός, υπηρεσίες video, κ.α.), όπου χρειάζεται ένα σταθερό έυρος ζώνης σε συνεχή βάση και παράλληλα η όποια καθυστέρηση είναι ανεκτή.

BE (Best Effort)

Η κλάση BE διαχειρίζεται το μεγαλύτερο ποστοστό της κίνησης και είναι ο προκαθορισμένος τρόπος χειρισμού των πακέτων δεδομένων.

IP addressing

Για κάθε RNC διεπαφή υποστηρίζονται εώς και 10 IP διευθύνσεις. Είναι βέβαια πιθανό να έχουμε περισσότερες διευθύνσεις δημιουργώντας διάφορα VLAN στην ίδια διεπαφή (10 διευθύνσεις IP για κάθε ένα VLAN).

Το RNC έχει τρεις τύπους διευθύνσεων:

- Επίπεδο Χρήστη (User Plane): Είναι οι διευθύνσεις προορισμού (endpoint addresses) στο επίπεδο χρήστη και επίσης η πύλη εξόδου (gateways) για το επίπεδο ελέγχου

- Επίπεδο Ελέγχου (Control Plane): Είναι οι διευθύνσεις προορισμού στο επίπεδο ελέγχου

- Επίπεδο Διαχείρισης (Management Plane): Οι Κόμβοι Β υποστηρίζουν

Δύο ιδιωτικές διευθύνσεις IP (private IP addresses) χρησιμοποιούνται για την O&M (Operation and Maintenance=λειτουργία και συντήρηση) κίνηση. Η μία για τη λειτουργία και συντήρηση του δικτύου μετάδοσης και η άλλη για την λειτουργία και συντήρηση του εκάστοτε Κόμβου Β.

Μία IP διεύθυνση χρησιμοποιείται για τα επίπεδα χρήστη και ελέγχου.

IPBR

IPBR (IP Based Route)

Το RNC τερματίζει την IP κίνηση επιπέδου χρήστη σε εκείνες τις διεπαφές (interfaces) όπου ορίζονται οι IP διευθύνσεις του επιπέδου χρήστη. Η διαμόρφωση των επιπέδων χρήσης για τις λογικές διεπαφές διαφόρων UTRAN βασίζεται στην εισαγωγή των βασισμένων στο IP πρωτόκολλο διαδρομών (IP based routes).

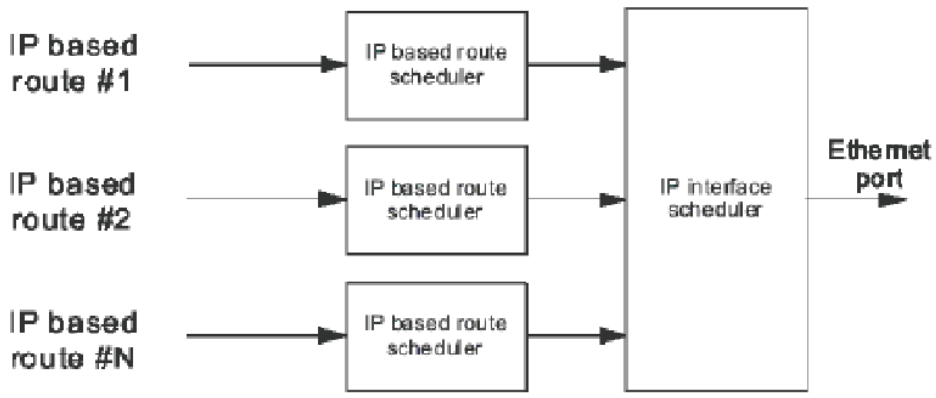
Μία IP based route ορίζεται ως ένα περιστατικό (τεκμήριο ύπαρξης) μιας λογικής RAN διεπαφής (Iub (RBS - RNC, Iur (RNC – RNC), Iu-CS (Circuits Switced RNC – MGW), and Iu-PS(Packet Switced RNC – SGSN) επιπέδου χρήστη. Εν γένει μία Ethernet διεπαφή ενός RNC μπορεί ταυτόχρονα να διαχειρίζεται πολλαπλά IP based

routes ακόμα και αν ανήκουν στο ίδιο ή και σε διαφορετικούς τύπους λογικών Iub, Iur, Iu-CS, και Iu-PS διεπαφών.

Η ελάχιστη διαμόρφωση για μία IP based route δίνεται με μία IP διεύθυνση ανά υποδίκτυο ανά IP based route σε μία Ethernet διεπαφή. Επιπλέον διευθύνσεις και διεπαφές δύνανται να χρησιμοποιηθούν προκειμένου να υπάρξει αύξηση χωρητικότητας ή συνδεσιμότητας, παρόλο που δεν συνίσταται η κοινή χρήση IP διευθύνσεων ή υποδικτύων επί πολλαπλών IP based routes χάριν απλοποίησης της διαχείρισης και της ενίσχυσης της ασφάλειας.

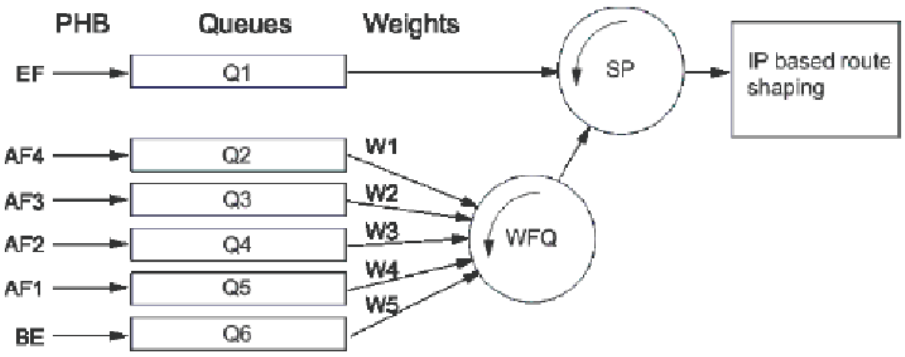
Χρονοπρογραμματισμός (Scheduling)

Κάθε IP διεπαφή στο RNC συναθροίζει την εξερχόμενη κίνηση (egress traffic) από όλες της IP based διαδρομές που ορίστηκαν για αυτήν τη διεπαφή. Η αρχιτεκτονική του λογικού χρονοπρογραμματισμού συντίθεται από δύο διαφορετικά επίπεδα: ένα ελέγχει την εξερχόμενη κίνηση για κάθε IP based διαδρομή ξεχωριστά και ένα χειρίζεται την IP κίνηση για ολόκληρη την IP διεπαφή, όπως φαίνεται και στην εικόνα.



Εικόνα 35: Αρχιτεκτονική χρονοπρογραμματισμού

Ο δύο επιπέδων χρονοπρογραμματιστής εφαρμόζει στην Iub διεπαφή μόνο IP based διαδρομές. Για τις Iur, Iu-CS και Iu-PS IP based routes, το layer του IP based route χρονοπρογραμματιστή δεν είναι διαθέσιμο και ο χρονοπρογραμματιστής αποτελείται μόνο από το IP interface scheduler.



Εικόνα 36: Χρονοπρογραμματισμός

Ο χρονοπρογραμματιστής που χρησιμοποιείται από τον Σταθμό Βάσης για να προγραμματίσει την ανερχόμενη εξερχόμενη κίνηση (uplink egress traffic) την ίδια δομή που φαίνεται παραπάνω.

Ο χρονοπρογραμματιστής έχει έξι FIFO (First in First Out) ουρές και κάθε μία ανταποκρίνεται σε ένα διαφορετικό PHB. Χρησιμοποιείται ένας συνδυασμός χρονοπρογραμματιστών απόλυτης προτεραιότητας (Strict Priority, SP) και δίκαιης αναμονής με βάρη (Weighted Fair Queuing, WFQ).

Η κίνηση που στέλνεται στην EF ουρά μεταχειρίζεται με τη μέγιστη προτεραιότητα στην ουρά απόλυτης προτεραιότητας. Για τη δίκαιη αναμονή με βάρη, σε κάθε ουρά εκχωρείται ένα βάρος. Αν μία από τις ουρές είναι άδεια η διαθέσιμη χωρητικότητα μοιράζεται ανάμεσα στις εναπομείναντες ουρές σύμφωνα με τα βάρη τους. Τα βάρη για τους WFQ RNC IP interface χρονοπρογραμματιστές

Μία λειτουργικότητα Internal Flow Control (IFC= εσωτερικός έλεγχος ροής) σε ένα RNC βασισμένη στον E-RED (Exponential Random Early Detection) αλγόριθμο, επιτρέπει τον κατάλληλο έλεγχο του επιπέδου πλήρωσης κάθε RNC για κάθε ουρά στον χρονοπρογραμματιστή, εκτός από την EF. Η λειτουργικότητα IFC επιτρέπει την ελαχιστοποίηση της καθυστέρησης και την μεγιστοποίηση της Iub επάρκειας. Η κίνηση που ανήκει σε κάθε IP based route μορφοποιείται σε μία διαρθρωμένη τιμή του IP based route εύρους ζώνης. Η RNC IP based route shaping functionality δεν εκτελείται σε hardware. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, ο μέσος IP based route ρυθμός να είναι περιορισμένος στο διαρθρωμένο IP based route εύρος ζώνης αλλά, σε μια μικρή χρονοκλίμακα, ο IP based route ρυθμός μπορεί να πάει και ψηλότερα. Η μορφοποίηση της διεπαφής εκτελείται σε hardware.

DiffServ DSCP mapping

Σύμφωνα με την Differentiated Services (Διαφοροποιημένες Υπηρεσίες) αρχιτεκτονική, κάθε ροή κίνησης (traffic stream) συσχετίζεται με ένα DSCP (Differentiated Services Code Point). Τα εξερχόμενα IP πακέτα σημαδεύονται με ένα επιλεγμένο DSCP. Η τιμή του DSCP προτίθεται σε ένα ToS (Type of Service) πεδίο στην IPv4 επικεφαλίδα.

Iub DSCP mapping at RNC

Όσο για την Iub διεπαφή, η αντιστοίχιση της DSCP κίνησης (DSCP mapping) για την εξερχόμενη κίνηση του RNC είναι:

Για την κίνηση στο επίπεδο χρήστη, η επιλογή του DSCP βασίζεται στο QoS του UMTS (Universal Mobile Telecommunications System=Παγκόσμιο Σύστημα Κινητών Τηλεπικοινωνιών), η οποία μεταπηδά μεταξύ πρωτοκόλλου RANAP (Radio

Access Network Application Part) για το SRNC (Serving RNC) και του πρωτοκόλλου RNSAP (Radio Network Subsystem Application Part) για το DRNC (Drift RNC). Πιο συγκεκριμένα υπάρχουν χαρακτηριστικά με τα οποία είναι πιθανό να δημιουργηθούν δύο DSCP: ένα για την HSDPA (High-Speed Downlink Packet Access) και για την HSUPA (High-Speed Uplink Packet Access) κίνηση δεδομένων και ένα για την NRT (Non Real Time) DCH κίνηση. Επίσης, είναι πιθανό χρησιμοποιώντας τις κατάλληλες O&M διαδικασίες ανά IP based route, να δημιουργηθεί και DSCP για την RT (Real Time) DCH κίνηση.

Άλλες επιπρόσθετες παράμετροι επιτρέπουν τη δημιουργία DSCP για να χρησιμοποιηθεί για τον HSDPA και HSUPA FP (Frame Protocol) έλεγχο κίνησης και την BFD (Bidirectional Forwarding Detection) κίνηση. Τα DSCP που είναι για να χρησιμοποιηθούν για την OSPF (Open Shortest Path First) και την ICMP (Internet Control Message Protocol) κίνηση είναι προ-ορισμένα και δεν επιδέχονται αλλαγή. Επιπλέον, με τα κατάλληλα ενεργοποιημένα χαρακτηριστικά είναι πιθανό να δημιουργηθεί DSCP σήματα σηματοδοσίας NBAP .

Iub DSCP mapping at RNC with Iub Transport QoS feature

Το στοιχείο αυτό επιτρέπει τη βελτίωση της βασικής κίνησης στο DSCP mapping που περιγράφεται παραπάνω για την διεπαφή Iub. Πιο συγκεκριμένα, δίνει τη δυνατότητα να έχουμε μία καλύτερη DSCP διάρθρωση και έτσι μια πιο αποτελεσματική διαφοροποίηση της κίνησης στο επίπεδο μετάδοσης. Αυτή είναι η βάση για την παροχή αναβαθμισμένων QoS σεναρίων. Για τις PS domain (Packet Switched domain) συνδέσεις δεδομένων, το χαρακτηριστικό αυτό επιτρέπει την ευθυγράμμιση της μεταχείρισης του Iub Transpot Network Layer (TNL) βάσης τη στρατηγική καθορισμού προτεραιοτήτων του Radio Network Layer (RNL) και για τον HSPA και για τον PS DCH κομιστή. Για τους HSPA κομιστές, αυτές οι προηγμένες λειτουργίες

διαφοροποίησης και καθορισμού προτεραιοτήτων στην πραγματικότητα χρειάζονται μόνο όταν έννοιες όπως η υποστήριξη τάξεων ροής κίνησης και διάκρισης QoS εισάγονται.

Οι παράμετροι καθορισμού προτεραιοτήτων στο RNL προέρχονται από τις σχετιζόμενες παραμέτρους του QoS που παρέχονται από το Core Network (CN) στο RNC για τη νέα σύνδεση κατά τη διάρκεια συγκρότησης του RAB (Radio Access Bearer). Στο RNC, οι πληροφορίες για το Traffic Class (TC), Traffic Handling Priority (THP) και Allocation and Retention Priority (ARP) στο UMTS που λαμβάνονται από το CN αντιστοιχίζονται, στο RNL, σε ένα σετ από 16 διαφορετικά RNL επίπεδα. Η αντιστοίχιση των QoS παραμέτρων TC (Traffic Class), ARP (Allocation Retention Priority) και THP (Traffic Handling Priority) στα πεδία προτεραιοτήτων του QoS άπτονται στον operator (διαχειριστή Cosmote – VDF – WIND) και είναι διαχειρίσιμα μέσω του RNC. Επιπλέον η αντιστοίχιση αυτή είναι ανεξάρτητη από τον τύπο του καναλιού που χρησιμοποιείται στο UTRAN (π.χ. High Speed Dedicated Channel - Downlink Shared Channel / Enhanced Dedicated Channel). Τα επίπεδα προτεραιοποίησης στο QoS ενός RNL (RADIO Network Layer) καλούνται εν γένει SPIs (Scheduling priority indicators) [προτεραιότητα ανα φορέα η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τις λειτουργίες του RRM (Radio Resource Management) στο Node B για να προτεραιοποιήσει του διάφορους φορείς] όταν αναφερόμαστε σε HSPA κανάλια. Στο επίπεδο δικτύου μετάδοσης παρέχεται η αντιστοίχιση των επιπέδων προτεραιοποίησης Qos RNL με το DCSP.

Iub DSCP mapping at WBTS

Το DSCP που χρησιμοποιείται από τον Σταθμό Βάσης για τα δεδομένα στο επίπεδο χρήστη (και για την HSUPA και την PS DCH κίνηση) και τον έλγχο του HSDPA FP (Frame Protocol) στην κατεύθυνση της ανερχόμενηξς ζεύξης σηματοδοτείτα από το

RNC στον ΣΒ μέσω ελέγχου σηματοδοσίας στα μηνύματα_____. Για τους φορείς του HSPA, οι DSCP που χρησιμοποιούνται στον ΣΒ για FP δεδομένα και έλεγχο σηματοδοσίας επιλέγονται κατά τη διάρκεια συγκρότησης του RAB ως εξής:

HSDPA UL FP control: το DSCP που χρησιμοποιείται για έλεγχο κίνησης HS-DSCH FP ρυθμίζεται στο RNC και σηματοδοτείται στον ΣΒ.

HSDPA UL FP data: το DSCP επιλέγεται από τα χαρακτηριστικά του RAB στο RNC και σηματοδοτείται στον ΣΒ.

Οι DSCP που χρησιμοποιούνται για την ανερχόμενη ζεύξη του NBAP ελέγχου σηματοδοσίας είναι διαρθρώσιμοι.

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΠΟΙΗΣΗ ΚΙΝΗΣΗΣ (TRAFFIC PARAMETERIZATION)

Παρόμοια με το με το τι συμβαίνει στην βασισμένη στην ATM τεχνολογία Iub διεπαφή έτσι και στην βασισμένη στην IP τεχνολογία οι λύσεις των vendors για την παραμετροποίηση της κίνησης μελετούν την λειτουργία CAC. Η λειτουργία αυτή, το Call Admission Control είναι ένα πολύ σημαντικό κριτήριο σε ένα WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access – 3G δλδ) σύστημα, όσον αφορά στην εγγύηση της απαιτούμενης ποιότητας των επικοινωνούντων ζεύξεων. Η λειτουργία CAC είναι μία πολύ σημαντική μέτρηση στο WCDMA σύστημα για να εγγυηθεί την ποιότητα των ζεύξεων επικοινωνίας. Ο ιδρυτικός σκοπός αυτής της λειτουργίας είναι να ελέγχει την κίνηση που εμβάλλει στην Iub διεπαφή, ώστε να αποφύγει τις περιπτώσεις συμφόρησης που ίσως βλάψουν την απόδοση του δικτύου. Η βασική ιδέα είναι ότι τα UTRAN NE (network elements) θα έπρεπε να διατηρούν έναν στενό έλεγχο στον αριθμό των ενεργών κλήσεων που προσπαθούν να χρησιμοποιήσουν

τους διαθέσιμους πόρους της διεπαφής Iub. Με αυτόν τον τρόπο, μπροστά στον κίνδυνο συμφόρησης, η αποδοχή των νέων χρηστών θα απορρίπτονταν για χάρη διατήρησης της ποιότητας των ήδη ενεργών κλήσεων.

Η λειτουργία αυτή (CAC στα UTRAN NEs) ενεργεί παράλληλα και αλληλένδετα με την λειτουργία CAC στο στο RF (Radio Frequency) πεδίο της πρόσβασης (Δειπαφή Ue - κινητο – Node B) (η οποία, με τη σειρά της, φροντίζει για τον έλεγχο ισχύος, τα στοιχεία των καναλιών, κτλ), με μια στενή αλληλεπίδραση μεταξύ τους, προκειμένου να παρέχουν μια βέλτιστη χρήση των διαθέσιμων πόρων, ενώ αποφεύγονται καταστάσεις συμφόρησης.

Ο Iub CAC διεπαφής πρέπει, παρ' όλ' αυτά, να ευθυγραμμιθεί με τους διαθέσιμους πόρους της Iub. Βασικά, ο Iub CAC διαχωρίζει την κίνηση σε δύο κατηγορίες:

1. CAC control traffic, με εγγυημένους πόρους μετάδοσης.
2. Non-CAC control traffic, όπου οι πόροι μετάδοσης δεν είναι εγγυημένοι. Αυτός ο τύπος κίνησης μεταδίδεται σαν BE (Best Effort), ανάλογα στους διαθέσιμους πόρους σε κάθε δεδομένη στιγμή.

Το συνολικό πλήθος πόρων πυο πρέπει να είναι εγγυημένοι στην Iub καθορίζεται από την παράμετρο CommBitRate.

Επιπροσθέτως, είναι απαραίτητο να ελέγχεται ότι η συνολική κίνηση που δημιουργείται πάνω στην Iub (τόσο CAC όσο και Non-CAC) εμπίπτει στα όρια του διαθέσιμου εύρους ζώνης. Αυτό έχει καθοριστεί μέσω της σχετικής παραμέτρου.

Οι Vendors επαληθεύουν ότι τα παρακάτω είδη κίνησης είναι περιοριστικά όσον αφορά στην CAC λειτουργία:

• RT DCH: R99 CS traffic (DSCP High)

• nRT DCH: R99 PS traffic (DSCP Medium DCH)

• Transport Common Channels (RACH, FACH & PCH) (DSCP Medium DCH)

• HSPA Streaming (DSCP Medium HSPA)

• NodeB signaling (NBAP)

• O&M

• Φωνή στο R99 (UMTS Release 99)

• Δεδομένα στο R99 (UMTS Release 99)

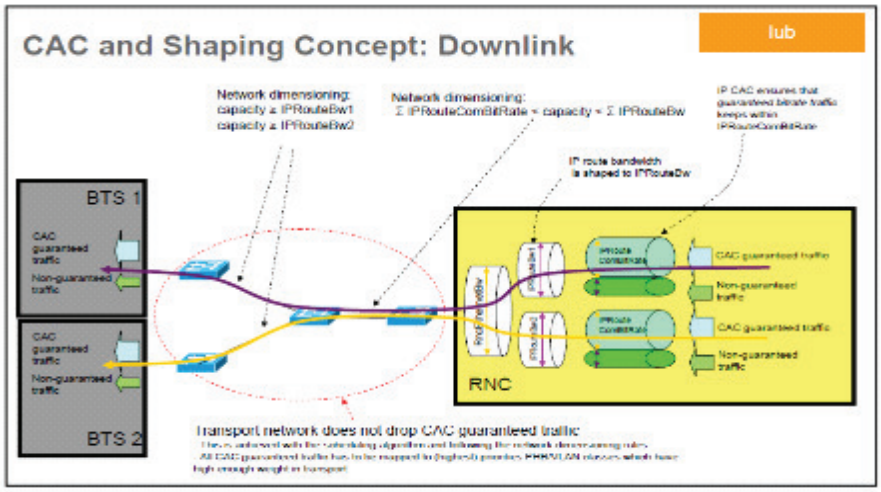
• Κοινά κανάλια Μετάδοσης

• HSPA ροή

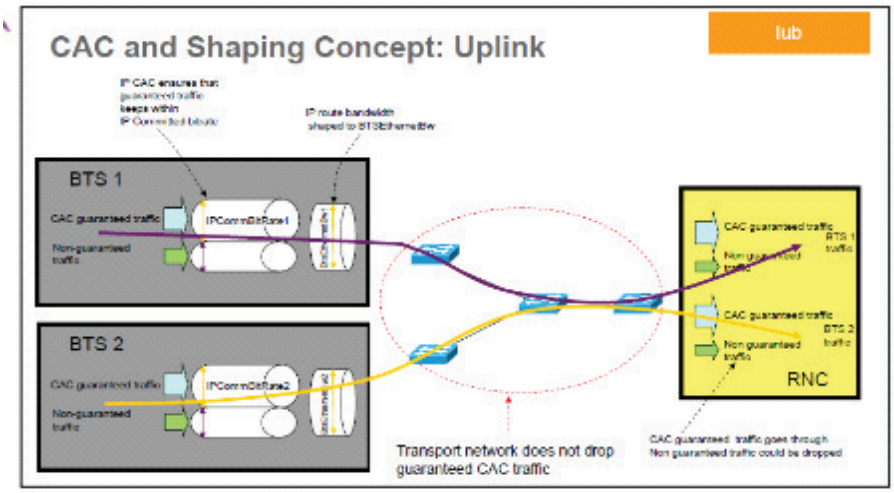
• Σηματοδοσία Node B

• O&M

Οι εικόνες που ακολουθούν απεικονίζουν τις έννοιες που εξηγήθηκαν στις παραπάνω παραγράφους.



Εικόνα 37: CAC & Shaping (downlink)



Εικόνα 38Q CAC & Shaping (uplink)

Όπως φαίνεται από τις εικόνες, τη συμπεριφορά της CAC είναι ακριβώς η ίδια για τις κατευθύνσεις UL και DL. Η μόνη διαφορά είναι ότι, σχετικά με το DL, αντί να εμβάλλει την κυκλοφορία άμεσα στη θύρα της διεπαφής, πρέπει να την περάσει από ένα ενδιάμεσο σημείο ελέγχου, που ονομάζεται διαδρομή IP.

Ο λόγος για αυτό είναι ο ακόλουθος. Σχετικά με το UL, όλη η κυκλοφορία Iub βγαίνει από το WBTS μέσω μιας μεμονωμένη θύρα. Αντιθέτως, στο DL, μια μεμονωμένη θύρα (στην NPGEP κάρτα του RNC) θα φέρει κίνηση που ανήκει σε πολλά WBTS. Για να κρατήσει τον έλεγχο των πόρων που χρησιμοποιούνται από κάθε WBTS (από την άποψη του RNC), εφαρμόζεται η έννοια της IP διαδρομής, και το CAC λειτουργεί από τις παραμέτρους που ορίζονται για τη δεδομένη διαδρομή IP. Επιπλέον, πρέπει να ελέγχεται ότι η συνολική κίνηση που δημιουργούνται με την προσθήκη των IP διαδρομών δεν υπερβαίνει το εύρος ζώνης της διεπαφής.

Αξίζει να τονιστεί σε αυτό το στάδιο, ότι τα IP/Ethernet δίκτυα δεν μπορούν, από τη δική τους φύση, να εγγυηθούν αυστηρά εύρος ζώνης για τις διαφορετικές συνδέσεις. Το service αποτελούν εγγύηση είναι, συνεπώς, να επιτευχθεί μέσω μια addecuate διαστασιολόγηση του δικτύου μεταφορών. Σε περίπτωση συμφόρησης, δεν υπάρχει καμία εγγύηση για οποιαδήποτε από τις συνδέσεις. Και εδώ είναι όπου οι μηχανισμοί QoS έχουν σημασία: το QoS θα εγγυηθεί ότι, σε περίπτωση συμφόρησης, το σύστημα θα ξεκινήσει απορρίπτοντας πρώτα την κίνηση που χαρακτηρίζεται ως λιγότερο κρίσιμη (χαμηλότερη προτεραιότητα).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

Ο σωστός σχεδιασμός και η σωστή υλοποίηση επαληθεύονται πάντα από τις OTDR μετρήσεις, όπως φαίνεται και στη ζεύξη που μετρήσαμε στο Κεφάλαιο 8.

Οι κινητές συσκευές που έχουν ανάγκη από δίκτυα υψηλών δυνατοτήτων συνεχώς αυξάνονται (smartphones, tablets, κ.α.) και μαζί τους αυξάνεται και το ποσοστό των χρηστών που εκμεταλλεύονται τις δυνατότητες αυτών των συσκευών, μπαίνοντας πλέον σε μία “mobile broadband” εποχή. Αυτή η ανάγκη για βελτίωση των υπηρεσιών τους οδηγεί τους operators να συνεχίζουν να κατασκευάζουν οπτικούς δακτυλίους, αυξάνοντας έτσι το ποσοστό τους σε σταθμούς βάσης μέχρι να γίνει 100% η πληρότητα.

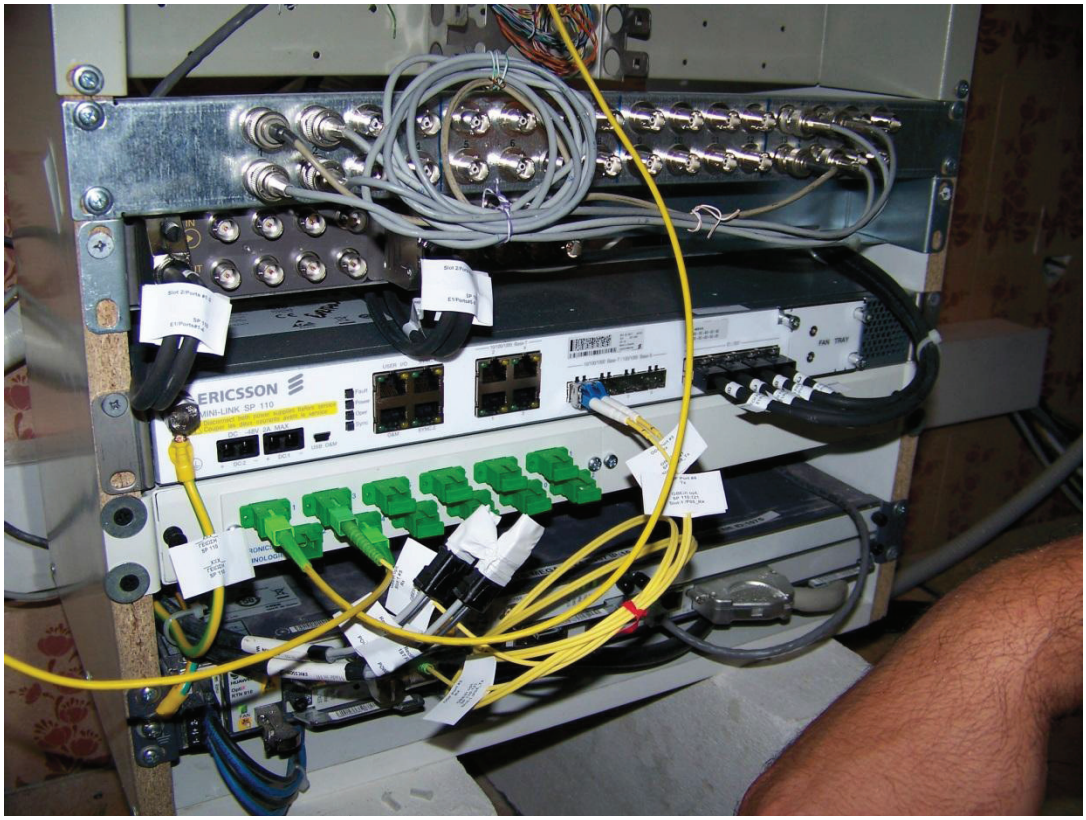
Είναι σαφές ότι τα οπτικά δίκτυα μετάδοσης αποτελούν το μέλλον των δικτύων μετάδοσης. Για το λόγο αυτό άλλωστε έχουν χαρακτηριστεί και ως Δίκτυα Επόμενης Γενιάς (Next Generation Networks, NGN) και εμφανώς, υπάρχει ανοιχτό επιστημονικό πεδίο για τη μελέτη των πολυπλεκτικών μεθόδων στην οπτική τεχνολογία για τη βελτίωση της χρήσης της διαθέσιμης χωρητικότητας.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

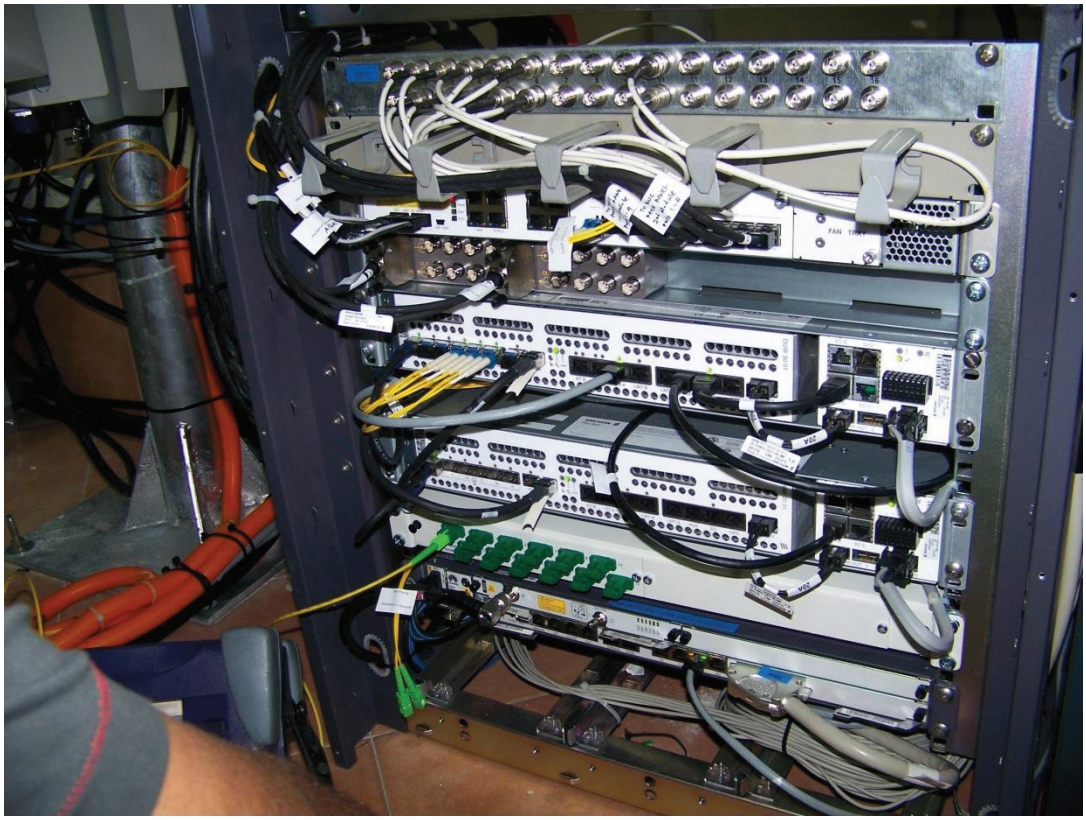
ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΟΥ

Εικόνα 39: Οπτικός κατανεμητής σε hub (α)

Εικόνα 40: Οπτικός κατανεμητής σε hub (β)



Εικόνα 41: Οπτικός κατανεμητής σε site (α)



Εικόνα 42: Οπτικός κατανεμητής σε site (β)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2

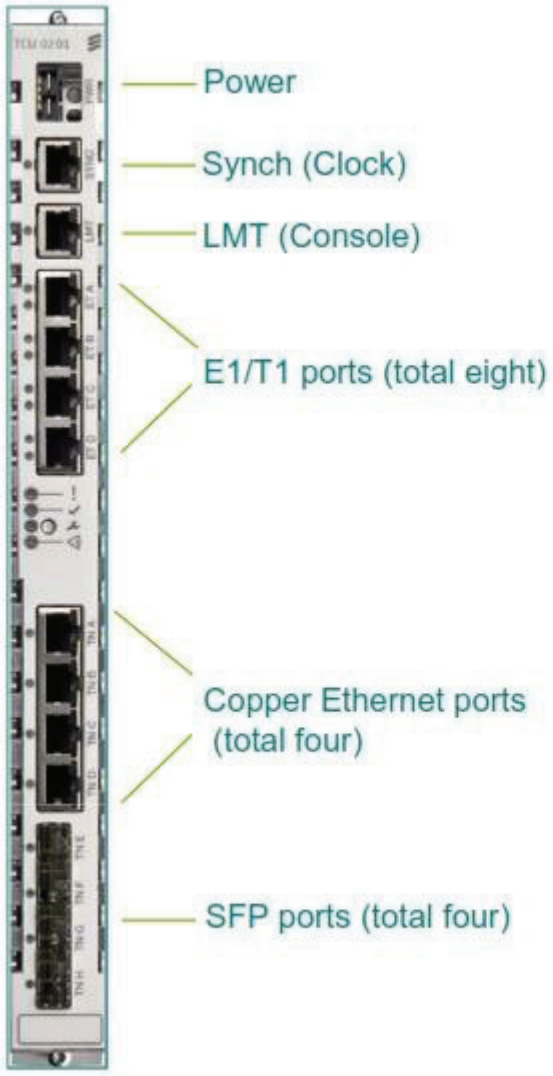
ΟΠΤΙΚΕΣ ΚΑΡΤΕΣ

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΟΠΤΙΚΩΝ ΚΑΡΤΩΝ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ:

Unit Description	Wave-Length	ID	Transmitter Optical Power		Receive Optical Power Optical Power Limits	
			O/P Level Range		I/P Level Range	
			Max (dBm)	Min (dBm)	Max (dBm)	Min (dBm)
STM-1 Trib (Hot-plug module) STM-1 Trib/LTU (SFP) Fast Eth 100M Opt. LTU (SFP) Fast Eth 100M Opt. LTU (SFP) MRV - EM316FRM/S/S2 MRV - EM316EFRMAHSH	1310 nm	I-1.1	-8,0	-15,0	-8,0	-23,0
	1310 nm	S-1.1	-8,0	-15,0	-8,0	-28,0
	1310 nm	L-1.1	0,0	-5,0	-10,0	-34,0
	1550 nm	L-1.2	0,0	-5,0	-10,0	-34,0
STM-4 Line/tributary (SFP)	1310 nm	I-4.1	-8,0	-15,0	-8,0	-23,0
	1310 nm	S-4.1	-8,0	-15,0	-8,0	-28,0
	1310 nm	L-4.1	2,0	-3,0	-8,0	-28,0
	1550 nm	L-4.2	2,0	-3,0	-8,0	-28,0
STM-16 Line/tributary (Fixed) STM-16 Line/tributary (SFP) STM-16 Core (SFP)	1310nm	I-16.1	-3,0	-10,0	-3,0	-18,0
	1310nm	S-16.1	0,0	-5,0	0,0	-18,0
	1310nm	**S-16.1**	**0,0**	**-5,0**	**0,0**	**-18,0**
	1310nm	L-16.1	3,0	-2,0	-9,0	-27,0
	1310nm	**L-16.1**	**3,0**	**-2,0**	**-9,0**	**-27,0**
	1550nm	L-16.2	3,0	-2,0	-9,0	-28,0
	1550nm	L-16.2	3,0	-2,0	-9,0	-28,0
	1550nm	JE-16.2	8,2	5,3	-6,0	-28,0
Gigabit Ethernet Unit (SFP)	850nm	1000BASE-SX	-4,0	-9,5	0,0	-17,0
	1310nm	1000BASE-LX/LH	-3,0	-11,0	-3,0	-19,0
	1550nm	1000BASE-ZX	3,0	-2,0	-3,0	-24,0
STM-64 Line (XFP)	1310nm	I-64.1	-1,0	-6,0	-1,0	-11,0
	1550nm	S-64.2b	2,0	-1,0	-1,0	-14,0
	1550nm	L-64.2	4,0	0,0	-7,0	-24,0

Εικόνα 43: Χαρακτηριστικά οπτικών καρτών

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΟΠΤΙΚΩΝ ΚΑΡΤΩΝ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ:

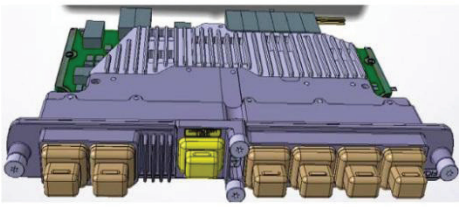


Εικόνα 44: Οπτική κάρτα (α)

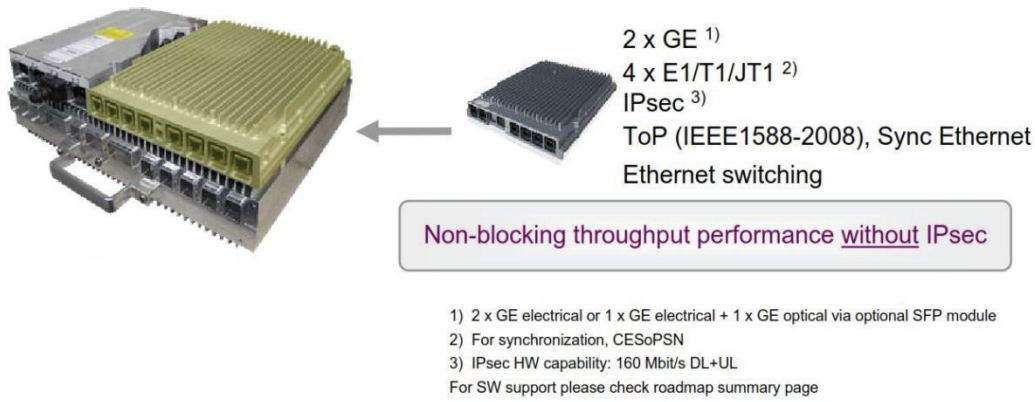
- TDM networks
- IP/Eth networks (CES over PSN / Native IP)
- Ethernet switching

• Supported interfaces

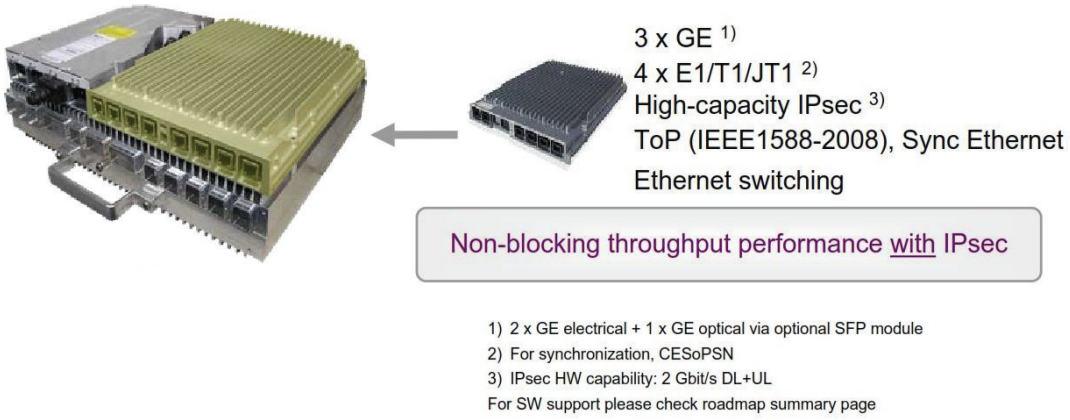
- 2x GE**/FE electrical ports
- 1x GE/FE optical port (with pluggable SFP)
- 4x unbalanced 75ohm E1 interfaces
- 4x balanced 120/100ohm E1/T1 interfaces



Εικόνα 45: Οπτική κάρτα (β)



Εικόνα 46: Οπτική κάρτα (γ)



Εικόνα 47: Οπτική κάρτα (δ)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ OTDR

48 FO CABLE **B** TO **A**

File

File :	fibersm002_31oe.sor	Device :	MTS 8000 Num. 1378
Date :	12/12/2011 3:15:30 ìì	Module :	8136HD Num. 743

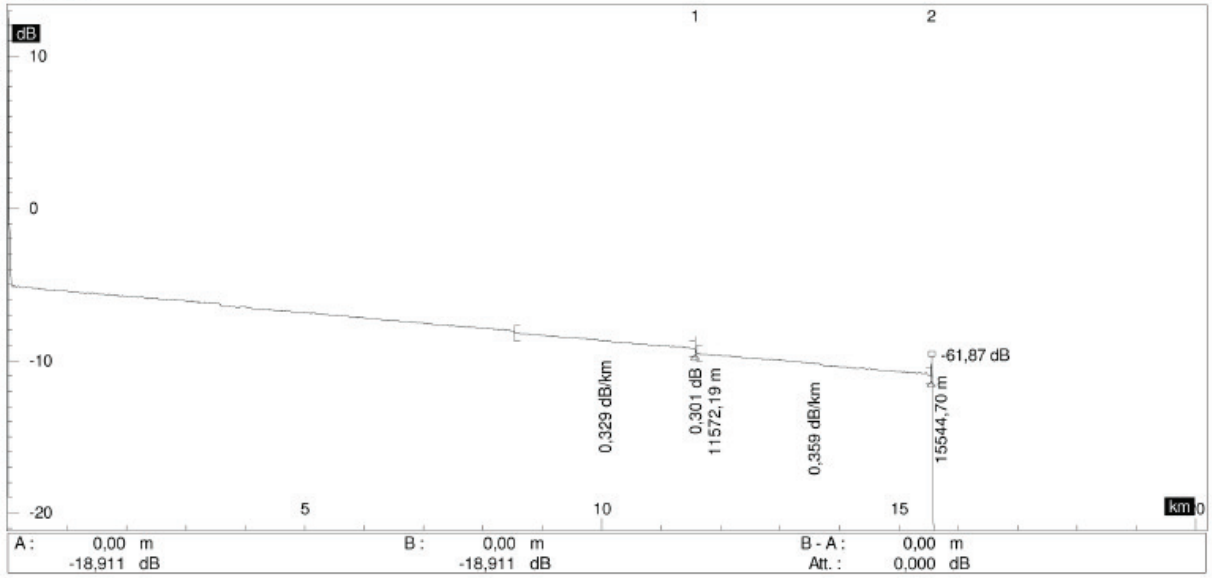
Configuration

Technic. :		Way :	O-->E	Backscatter coeff.:	-79,00 dB
ORIGIN		Origin :	**B _ A 2**	Loss thresholds :	No (H-M)
Cable :	SM	End :		Slope thresholds :	0,000 dB/km
Fiber :	**B _ A 2**	Wavelength (nm) :	1319	Reflectance threshold :	All (H-M)
Color :		Index :	1,465000		
END		Pulse (ns) :	100		
Cable :	SM	Range (km) :	20,464		
Fiber :	**B _ A 2**	Acq. time :	10s		
Color :		Resolution :	2,50 m		

Comment

Comment :

OTDR Trace



Table

Event (3)	Distance (m)	Attenuation (dB)	Reflectance (dB)	Slope (dB/km)	Rel. Dist. (m)	Link Budget (dB)	Uncertainty
1	11572,19	0,301		0,329	11572,19	3,807	
2	15544,70		-61,87	0,359	3972,51	5,540	
3			<31,96				

Εικόνα 48: Μέτρηση OTDR (1319nm)

48 FO CABLE **B** TO **A**

1

File

File :	fibersm002_55oe.sor	Device :	MTS 8000 Num. 1378
Date :	12/12/2011 3:15:04 ìì	Module :	8136HD Num. 743

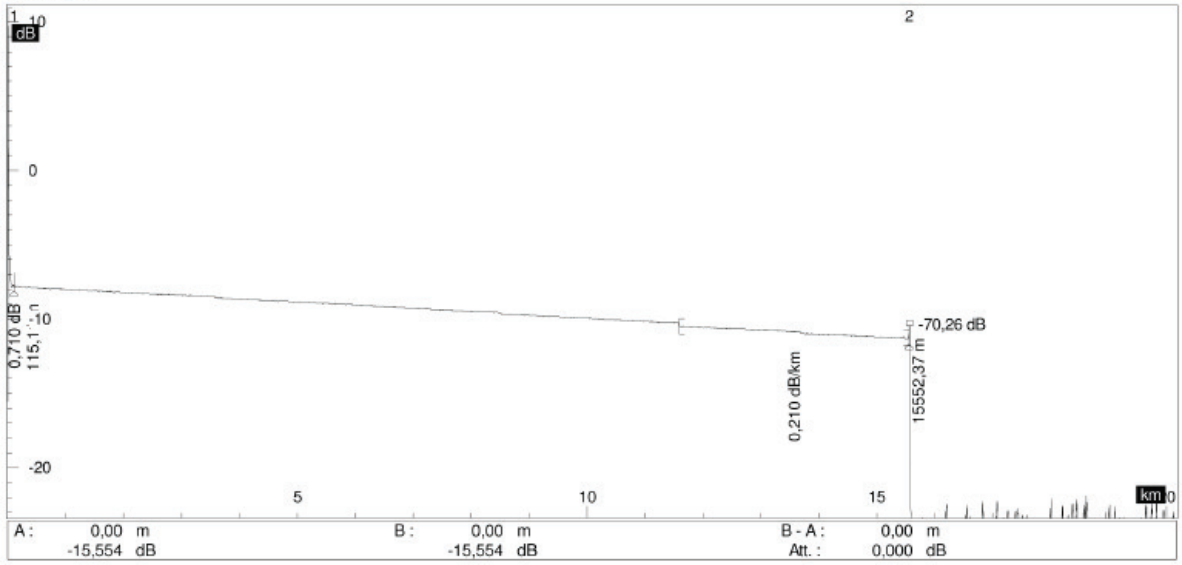
Configuration

Technic. :		Way :	O-->E	Backscatter coeff.:	-81,00 dB
ORIGIN		Origin :	**B _ A 2**	Loss thresholds :	No (H-M)
Cable :	SM	End :		Slope thresholds :	0,000 dB/km
Fiber :	**B _ A 2**	Wavelength (nm) :	1558	Reflectance threshold :	All (H-M)
Color :		Index :	1,465000		
END		Pulse (ns) :	30		
Cable :	SM	Range (km) :	20,464		
Fiber :	**B _ A 2**	Acq. time :	10s		
Color :		Resolution :	1,25 m		

Comment

Comment :

OTDR Trace



Table

Event (3)	Distance (m)	Attenuation (dB)	Reflectance (dB)	Slope (dB/km)	Rel. Dist. (m)	Link Budget (dB)	Uncertainty
1	115,11	0,710			115,11	0,382	
2	15552,37		-70,26	0,210	15437,27	3,976	
3			<32,35				

Εικόνα 49: Εικόνα 45: Μέτρηση OTDR (1558nm)

48 FO CABLE **B** TO **A**

File

File :	fibersm002_62oe.sor	Device :	MTS 8000 Num. 1378
Date :	12/12/2011 3:15:17 ii	Module :	8136HD Num. 743

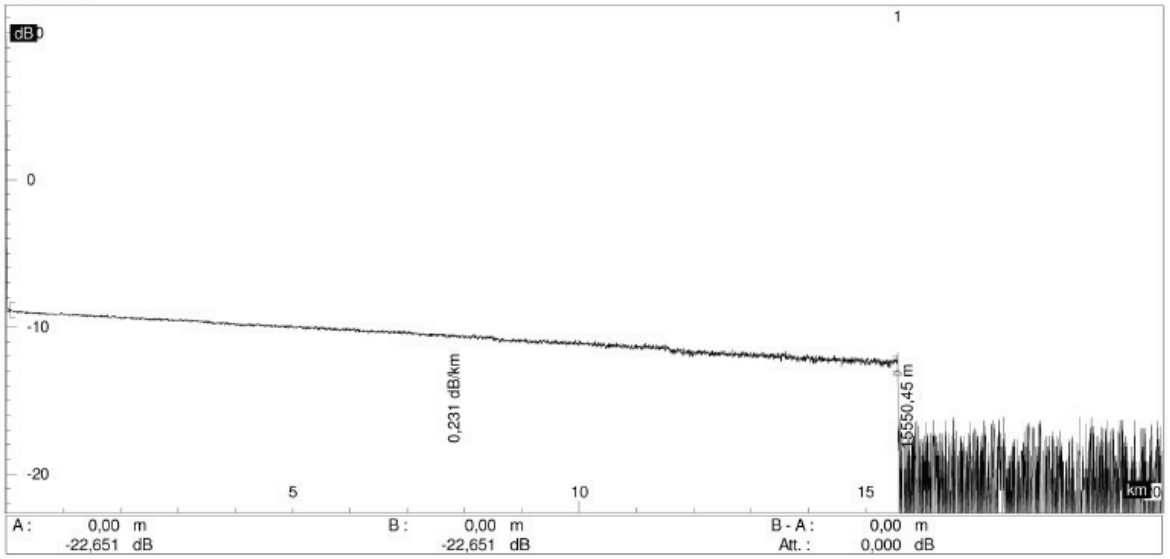
Configuration

Technic. :		Way :	O-->E	Backscatter coeff.:	-81,00 dB
ORIGIN		Origin :	**B _ A 2**	Loss thresholds :	No (H-M)
Cable :	SM	End :		Slope thresholds :	0,000 dB/km
Fiber :	**B _ A 2**	Wavelength (nm) :	1620	Reflectance threshold :	All (H-M)
Color :		Index :	1,465000		
END		Pulse (ns) :	10		
Cable :	SM	Range (km) :	20,464		
Fiber :	**B _ A 2**	Acq. time :	10s		
Color :		Resolution :	64,00 cm		

Comment

Comment :

OTDR Trace



Table

Event (2)	Distance (m)	Attenuation (dB)	Reflectance (dB)	Slope (dB/km)	Rel. Dist. (m)	Link Budget (dB)	Uncertainty
1	15550,45			0,231	15550,45	3,592	
2			<32,29				

Εικόνα 50: Εικόνα 45: Μέτρηση OTDR (1620nm)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4

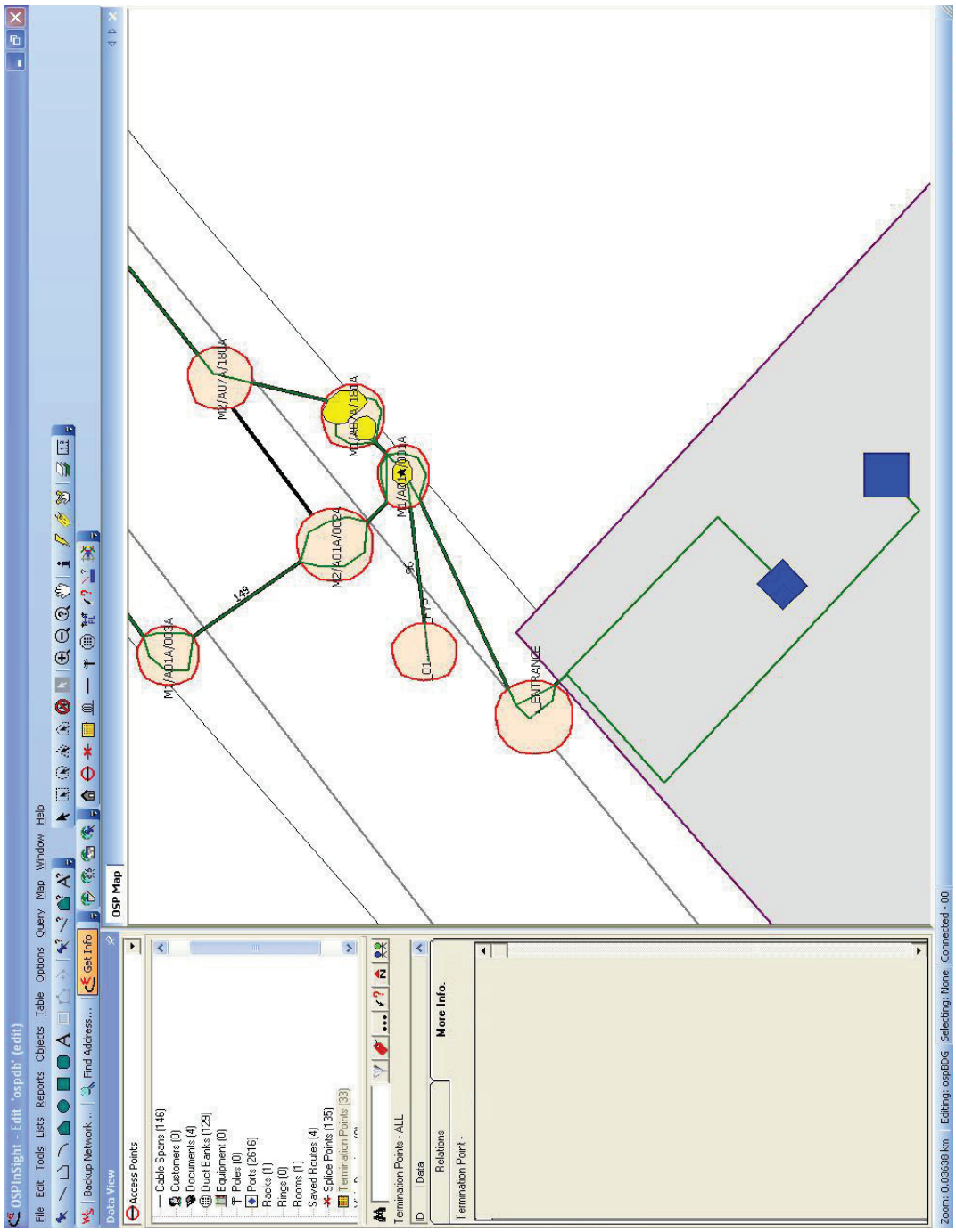
ΜΕΤΡΗΣΗ LINK POWER BUDGET

Equipment					
Transmitter				OMS1664 SFP L16.1 SFP-SU68AC	
Min. Transmit Power				-2	dBm
Max Transmit Power				3	dBm
Receiver				OMS1664 SFP L16.1 SFP-SU68AC	
Min. Receiver Sensitivity				-27	dBm
Max. Receiver Sensitivity				-9	dBm
Min. Optical Power Budget				25	dB
Fiber losses					
Total fiber span length				14,000	Km
Fiber loss				0,35	dB/Km
Total loss due to fiber				4,9	dB
Other losses					
Connector losses	2	x	0,5 dB/Con.	1,00	dB
Splice losses	9	x	0,5 dB/Splice	4,50	dB
Margin					
Safety & Aging				3,00	dB
Total loses				13,400	dB
Need For				Min.	
Amplification			NO		dB
Attenuation			YES	2	dB

Εικόνα 51: Μέτρηση Link Power Budget

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 5

OSPInSight



Εικόνα 52: OSPInSight

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- The Fiber Optic Association, Inc., "Guide To Fiber Optic Network Design"
- Σάββας Σάββας (2009), Διπλωματική Εργασία "Σχεδίαση και ψηφιακή χαρτογράφηση μητροπολιτικού δικτύου οπτικών ινών"
- Govind Agrawal, "Συστήματα Επικοινωνιών με Οπτικές Ίνες", Δεύτερη Έκδοση
- Δερβίσης Νικόλαος, Πτυχιακή Εργασία "Μελέτη της Αρχιτεκτονικής Δικτύων 3ης γενιάς και των Διεπαφών Iu/Iub. Επεξεργασία και Ανάλυση κλήσεων σε επίπεδο-3 (Layer-3)"
- http://adtran.com/mobile , "Fiber to the Cell Site "
- CISCO VNI Mobile 2011

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

ARP	Allocation and Retention Priority
AF	Assured Forward
BTS	Base Tranceiver Station
BE	Best Effort
BFD	Bidirectional Forwarding Detection
BER	Bit Error Rate
CAC	Call Admission Control
CBCH	Cell Broadcast Channel
CO	Central Office
CSM	Central Strength Member
C-NBAP	Common Node B Application Part
CN	Core Network
DCH	Dedicated Channel
D-NBAP	Dedicated Node B Application Part
DiffServ	Differentiated Services
DSCP	Differentiated Services Code Point
DSCH	Downlink Shared Channel
DRNC	Drift Radio Network Controller
ETDM	Electronic Time Division Multiplex
EF	Expedited Forward
E-RED	Expontential Random Early Detection
FRP	Fiber Reinforced Plastic
FTTx	Fiber to the x
FIFO	First in, First out
FACH	Forward Access Channel
FEC	Forward Error Correction
FP	Frame Protocol
GPON	Gigabit Passive Optical Network
HDPE	High Density Polyethulene
HSDPA	High Speed Downlink Packet Access
HSUPA	High Speed Uplink Packet Access
ICMP	Internet Control Message Protocol
IFC	Internet Flow Control
IP	Internet Protocol
Ipv4	Internet Protocol version 4
IPBR	IP Based Route
MW	Microwave
MMF	Multi Mode Fiber
NQMS	Network Quality Monitoring Systems
NGN	Next Generation Networks
NBAP	Node B Application Part
Non-CAC	Non Call Admission Control
NRT	Not Real Time

OSPF	Open Shortest Path First
O&M	Operation & Maintenance
OA&M	Operation, Administration & Management
OPEX	Operational Expenses
ODF	Optical Distributor Fiber
OTDM	Optical Time Division Mulitplex
OTDR	Optical Time Domain Reflectometer
PS	Packet Switched
PHB	Per Hop Behaviour
PB	Priority Bit
QoS	Quality of Service
RAB	Radio Access Bearer
RANAP	Radio Access Network Application Part
RNC	Radio Network Controller
RNL	Radio Network Layer
RNSAP	Radio Network Subsystem Application Part
RACH	Random Access Channel
RTFS	Remote Fiber Test System
RTU	Remote Telemetry or Terminal Unit
NPGEP	RNC's card
SRNC	Serving Raadio Network Controller
SMF	Single Mode Fiber
SCTP	Stream Control Transmission Protocol
SP	Strict Priority
TDMA	Time Division Multiple Access
TDM	Time Division Multiplexing
TC	Traffic Class
THP	Traffic Handling Priority
TCP	Transmission Control Protocol
TNL	Transport Network Layer
ToS	Type of Service
UTRAN	UMTS Terrestial Radio Access Network
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
UDP	User Datagram Equipment
UE	User Equipment
VLAN	Virtual Local Area Network
WDM	Wavelength Division Multiplex
WFQ	Weighted Fair Queuing
WBTS	Wideband Base Tranceiver Station
WCDMA	Wideband Code Division Multiple Access