

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

UNIVERSITY OF PIRAEUS

**ΤΜΗΜΑ ΨΗΦΙΑΚΩΝ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ**



**DEPARTMENT OF
DIGITAL SYSTEMS**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ
ΣΠΟΥΔΩΝ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ :
“Τεχνοοικονομικής Διοίκησης
Ψηφιακών Συστημάτων”**

**POSTGRADUATE PROGRAM
COURSE: “ Techno-economic
Management of Digital
Systems ”**

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Τίτλος: Σχεδιασμός και ανάπτυξη συστήματος για την τεχνοοικονομική ανάλυση αυτόνομων γνωσιακών συστημάτων (οπτικών δικτύων)

Συντάκτης : Ψωμαδέλλης Γεώργιος

AM: MTE 0971

Επιβλέπων : Δεμέστιχας Παναγιώτης

**Αναπληρωτής Καθηγητής Πανεπιστημίου
Πειραιά**

Πρόλογος

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών του τμήματος Ψηφιακών συστημάτων του Πανεπιστημίου Πειραιώς (Κατεύθυνση Τεχνοοικονομικής Διοίκησης Ψηφιακών Συστημάτων), σε συνεργασία με τον Καθηγητή του τμήματος κ. Δεμέστιχα Παναγιώτη. Το αντικείμενο ουσιαστικά εμπίπτει στην ευρύτερη περιοχή της τεχνοοικονομικής ανάλυσης Τηλεπικοινωνιών και Δικτύων και εξειδικεύεται σε ζητήματα σχεδιασμού και ανάπτυξης γνωσιακών συστημάτων δικτύων οπτικών ινών.

Περιεχόμενα

Πρόλογος	2
Περιεχόμενα.....	3
Περιεχόμενα Εικόνων	5
Περιεχόμενα Πινάκων	6
Περιεχόμενα Σχημάτων	6
Περιεχόμενα Γραφημάτων.....	6
Κεφάλαιο 1	7
1. Οπτικές ίνες	7
1.1 Γενικά στοιχεία	7
1.2 Βασικές αρχές οπτικών ινών.....	7
1.2.1 Τρόπος μετάδοσης	8
1.2.2 Δομικά Στοιχεία Οπτικής Ίνας.....	8
1.2.3 Κατηγορίες οπτικών Ινών	9
1.2.4 Εξασθένηση οπτικού σήματος.....	10
1.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα οπτικών ινών	12
1.4 Τοπολογίες Οπτικών Δικτύων	13
1.4.1 Point to Multi Point - Παθητικά Οπτικά Δίκτυα (Passive Optical Networks – PON).	13
1.4.2 Point to Point - Ενεργός κόμβος (Active Node – Ethernet Switch)	15
1.4.3 Ring.....	17
1.5 Κατηγορίες Οπτικών Δικτύων	18
1.5.1 A PON.....	18
1.5.2 EPON	20
1.5.3 GPON.....	22
Βιβλιογραφία 1 κεφαλαίου	25
Κεφάλαιο 2.	26
2. Διαχείριση Δικτυού.....	26
2.1 Τι είναι διαχείριση δικτύων.	26
2.1.1 Προβλήματα.....	27
2.2 Συστήματα διαχείρισης δικτύων (NMS).....	28
2.2.1 Αρχιτεκτονική Συστήματος διαχείρισης.....	28
2.3 Εμπορικά Συστήματα διαχειρίσεις Δικτύων	30
2.3.1 Πρόγραμμα WhatsUp gold	30
2.3.2 Φιλοσοφία Προγράμματος.....	31
2.3.3 Παρόμοια εργαλεία διαχείρισης	32
Βιβλιογραφία 2 κεφαλαίου	34
Κεφάλαιο 3	35
3. Συντήρηση και εποπτεία φυσικού μέσου.....	35
3.1 Το Διεθνές πρότυπο ISO / IEC 11801	35
3.2 Υπολογισμός απωλειών οπτικής ζεύξης.....	37
3.2.1 Θεωρητικός υπολογισμός συνολικών απωλειών οπτικής ζεύξης.....	37
3.2.2 Υπολογισμός συνολικών απωλειών οπτικής ζεύξης με την χρήση Optical Time-Domain Reflectometer OTDR (υπολογισμός πεδίου)	38
3.3 Συντήρηση Δικτύου	42
3.4 Συστήματα απομακρυσμένου έλεγχου οπτικών δικτύων	43

3.5 Πλεονεκτήματα από την χρήση συστημάτων απομακρυσμένου έλεγχου οπτικών δικτύων	43
3.6 Πώς λειτουργούν τα συστήματα απομακρυσμένου έλεγχου οπτικών δικτύων	44
3.7 Ενσωμάτωση συστημάτων με το GIS συστήματα του οργανισμού	46
3.8 NQMSfiber System της EXFO	47
3.8.1 Αρχιτεκτονική συστήματος	50
3.8.2 Περιβάλλον εφαρμογής	51
3.8.3 Ρύθμιση κοινοποιήσεων.....	53
3.9 ONMS (Optical Network Management Solution) της JDSU	54
Βιβλιογραφία 3 κεφαλαίου	56
Κεφάλαιο 4	57
4. Οικονομικά και στατιστικά στοιχεία σχετικά με την κατασκευή δικτυακών υποδομών	57
4.1 Συστατικά ενός ευρυζωνικού δικτύου	58
4.2 Τι ορίζεται ως CAPEX	59
4.3 Τι ορίζεται ως OPEX	60
4.4 Παράγοντες και μοντέλα OPEX	62
4.4.1 Συντήρηση του εξοπλισμού και των Συσκευών	62
4.4.2 Άδειες λογισμικού, υπεργολαβίες Συντήρησης	64
4.4.3 Διαχείριση δικτύων	64
4.5 Ποινικές ρήτρες από μη τήρηση χρόνων αποκατάστασης	64
4.5.1 Χρόνος Αποκατάστασης βλάβης- δείκτης ποιότητας B07	66
4.6 Στατιστικά στοιχεία κατασκευής οπτικών Δικτύων	68
Βιβλιογραφία 4 ^ο κεφαλαίου.....	72
Κεφάλαιο 5	73
5. Σχεδιασμός και ανάπτυξη συστήματος εποπτείας οπτικών ινών υποθαλασσίου καλωδίου	73
5.1 Σημερινή κατάσταση-προβλήματα	74
5.1.1 Απομακρυσμένοι Σταθμοί	74
5.1.2 Υποθαλάσσια οπτικά καλώδια	74
5.2 Εξέλιξη στον σχεδιασμό των υποβρυχίων καλωδίων.....	75
5.3 Εφαρμογή.....	76
5.4 Η απομακρυσμένη σύνδεση - δόκιμη των καλωδίων	79
5.5 Έλεγχος και μέτρηση του καλωδίου κατά την εγκατάσταση	80
5.6 Σύγκριση οικονομικών στοιχείων έργου	80
5.7 Σύνοψη.....	83
5.8 Μελλοντική εξέλιξη.....	84
Κεφάλαιο 6	85
6. Συμπεράσματα	85
6.1 Συνεισφορά στα οικονομικά μεγέθη.....	85
6.1.1 Αντικατάσταση συσκευών και εξοπλισμού.....	85
6.1.2 Πληρωμή του προσωπικού συντήρησης- ποινικές ρήτρες	86
6.1.3 Διαχείριση δικτύων	86
6.2 Επίλογος.....	87

Περιεχόμενα Εικόνων

Εικόνα 1. 1	Δομικά Μέρη οπτικής ίνας	8
Εικόνα 1. 2	Μετάδοση πληροφορίας ανάλογα με τον τύπο της οπτικής ίνας	10
Εικόνα 1. 3	Ισχύς Εισόδου-Εξόδου οπτικού σήματος	10
Εικόνα 1. 4	Παθητικό Οπτικό Δίκτυο (Passive Optical Network - PON)	14
Εικόνα 1. 5	Οπτικό Δίκτυο point to multipoint	15
Εικόνα 1. 6	Point-to-point συνδέσεις με έναν ενεργό κόμβο (Ethernet Switch)	16
Εικόνα 1. 7	Οπτικό point to point Δίκτυο	16
Εικόνα 1. 8	Τοπολογία Δακτυλίου	17
Εικόνα 2. 1	Αρχιτεκτονική Συστήματος Διαχείρισης Δικτύου (NMS)	28
Εικόνα 2. 2	Τοπολογία Whatsup gold	31
Εικόνα 2. 3	Απεικόνιση δικτύου στο whatsup gold	32
Εικόνα 2. 4	HP OpenView Network Node Manager	33
Εικόνα 3. 1	Οπτική ζεύξη	37
Εικόνα 3. 2	OTDR	39
Εικόνα 3. 3	Διάγραμμα OTDR	40
Εικόνα 3. 4	Υπολογισμός της εξασθένησης στην οπτική ζεύξη	41
Εικόνα 3. 5	Υπολογισμός απωλειών συγκόλλησης	42
Εικόνα 3. 6	Αρχιτεκτονική RFTS	44
Εικόνα 3. 7	Διασύνδεση RTU με ONC	45
Εικόνα 3. 8	Ένταξη GIS	47
Εικόνα 3. 9	Αρχική οθόνη NQMSfiber	48
Εικόνα 3. 10	Τοπολογία δικτύου με την χρήση μιας RTU	48
Εικόνα 3. 11	Απεικόνιση χαρτογράφησης δικτύου NQSMfiber	49
Εικόνα 3. 12	Αρχιτεκτονική συστήματος	50
Εικόνα 3. 13	Κυρίως οθόνη εφαρμογής	51
Εικόνα 3. 14	Menu Administrator	52
Εικόνα 3. 15	Επεξεργασία Remote παραμέτρων	52
Εικόνα 3. 16	Alarms	53
Εικόνα 3. 17	Απεικόνιση προβλήματος και θέσης βλάβης στο ONMS της JDSU	54
Εικόνα 3. 18	Αρχιτεκτονική συστήματος ONMS	54
Εικόνα 4. 1	Συστατικά στοιχεία μητροπολιτικού δικτύου	58
Εικόνα 4. 2	Το μοντέλο συντήρησης του έργου Optimum	63
Εικόνα 5. 1	Απεικόνιση οπτικής ζεύξης μελέτης	73
Εικόνα 5. 2	Γράφημα βλαβών 1995-2007	75
Εικόνα 5. 3	Έξοδος καλωδίου από τη θάλασσα	77
Εικόνα 5. 4	Απεικόνιση χερσαίου δικτύου	78
Εικόνα 5. 5	Trace οπτικής ζεύξης	78
Εικόνα 5. 6	Δυνατότητες απομακρυσμένης σύνδεσης	79
Εικόνα 5. 7	Υποβρύχια εγκατάσταση οπτικού καλωδίου	80

Περιεχόμενα Πινάκων

Πίνακας 1. 1 Σύγκριση Οπτικής ίνας και Χαλκού.....	7
Πίνακας 1. 2 Εξασθένηση οπτικού σήματος ανάλογα με το τύπο της οπτικής ίνας ...	11
Πίνακας 1. 3 Παράθυρα μετάδοσης οπτικού σήματος	12
Πίνακας 1. 4 Συνδυασμοί bit rate για upstream/downstream κανάλι στα GPON.	24
Πίνακας 3. 1 Μέγιστες επιτρεπτές απώλειες οπτικού καλωδίου ανά Km.....	36
Πίνακας 3. 2 Συνολικές απώλειες Splicing & Patching	36
Πίνακας 3. 3 Ενδεικτικές τιμές απωλειών πεδίου	37
Πίνακας 3. 4 Απώλειες Οπτικού σήματος από τη χρήση διαχωριστή.....	38
Πίνακας 3. 5 Συνιστώσες συστήματος.....	51
Πίνακας 4. 1 Ρήτρες ζεύξη διασύνδεσης 2 Mbps	65
Πίνακας 4. 2 Στοιχεία EETT δείκτης ποιότητας BO7	67
Πίνακας 5. 1 Χιλιομετρικές αποστάσεις ζεύξης.....	76
Πίνακας 5. 2 Χαρακτηριστικά ίνας υποθαλάσσιου καλωδίου.....	76
Πίνακας 5. 3 Φυσικά χαρακτηριστικά υποθαλάσσιου καλωδίου	77

Περιεχόμενα Σχημάτων

Σχήμα 1. 1 Ρεύμα ανόδου –καθόδου APON	19
Σχήμα 1. 2 Ρεύμα καθόδου δικτύου EPON	21
Σχήμα 1. 3 Ρεύμα ανόδου δικτύου EPON	22

Περιεχόμενα Γραφημάτων

Γράφημα 1. 1 εξασθένηση Βασικού τύπου οπτικής ίνας	11
Γράφημα 4. 1 Χρόνος αποκατάστασης 95% βλαβών γραμμής ευριζωνικής πρόσβασης	67
Γράφημα 4. 2 Χρόνος αποκατάστασης 95% υπόλοιπων βλαβών	68
Γράφημα 4. 3 Ποσοστό καλωδιακών βλαβών	69
Γράφημα 4. 4 Ποσοστό βλαβών που θα μπορούσε να προβλεφτεί.....	70
Γράφημα 4. 5 Ποσοστό συνεισφοράς γνωστικών συστήματα RFTS.....	70
Γράφημα 5. 1 Ποσοστό συνεισφορά εργασιών στο κόστος χερσαίου δικτύου.....	81
Γράφημα 5. 2 Ποσοστό συνεισφοράς εργασιών στο κόστος υποθαλάσσιου τμήματος δικτύου	82
Γράφημα 5. 3 Σύγκριση δυο υπό έργων	82
Γράφημα 5. 4 Ποσοστό κόστους γνωστικού συστήματος σε σχέση με συνολικό κόστος	83

Κεφάλαιο 1

1. ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΝΕΣ

1.1 Γενικά στοιχεία

Αποτελώντας ένα από τα πλέον προηγμένα τεχνολογικά ενσύρματα επιτεύγματα επικοινωνίας, τα καλώδια οπτικών ινών χρησιμοποιούνται σήμερα σαν μέσο μετάδοσης πληροφοριών σε όλα τα σύγχρονα τηλεπικοινωνιακά συστήματα.

Το μεγάλο κέρδος από τη χρησιμοποίηση των καλωδίων οπτικών ινών είναι ότι ο φορέας μετάδοσης της πληροφορίας είναι το φως και όχι κάποιο ηλεκτρικό σήμα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να μπορεί να μεταδοθεί τεράστιος όγκος πληροφοριών με υψηλότερους ρυθμούς μετάδοσης μειώνοντας τις απώλειες στο ελάχιστο.

Μέσω Μετάδοσης	Απόσταση	Bandwidth	Voice channels
Χαλκός	2.5 Km	1.5 Mb/s	24
Οπτική Ίνα	200 Km	2.5+ Gb/s	32.000+

Πίνακας 1. 1 Σύγκριση Οπτικής ίνας και Χαλκού

Τα συστήματα τηλεπικοινωνιών με υποδομές οπτικών ινών, αποτελούν σήμερα τη σπονδυλική στήλη όλων των σύγχρονων δικτύων και επικοινωνιών, με εκατοντάδες εκατομμύρια μίλια οπτικών καλωδίων, να μεταφέρουν παγκοσμίως την συνεχώς αυξανόμενη πλειοψηφία των πληροφοριών και επικοινωνιών μας. Οι σύγχρονες κοινωνίες και οικονομίες στηρίζονται στη διαθεσιμότητα, την εμπιστευτικότητα και την ακεραιότητα των εν λόγω υποδομών.

1.2 Βασικές αρχές οπτικών ινών

Η βασική αρχή λειτουργίας των οπτικών ινών στηρίζεται στη μετάδοση παλμών μονοχρωματικού φωτός (φως μιας συχνότητας), μέσα από μια γυάλινη ή πλαστική ίνα. Στην περίπτωση αυτή, η οπτική ίνα χρησιμοποιείται ως μέσο μετάδοσης (αντί π.χ. του χάλκινου σύρματος) και το φως σαν φορέας της πληροφορίας αντί για το ρεύμα ή την τάση που χρησιμοποιούμε στα ενσύρματα μέσα.

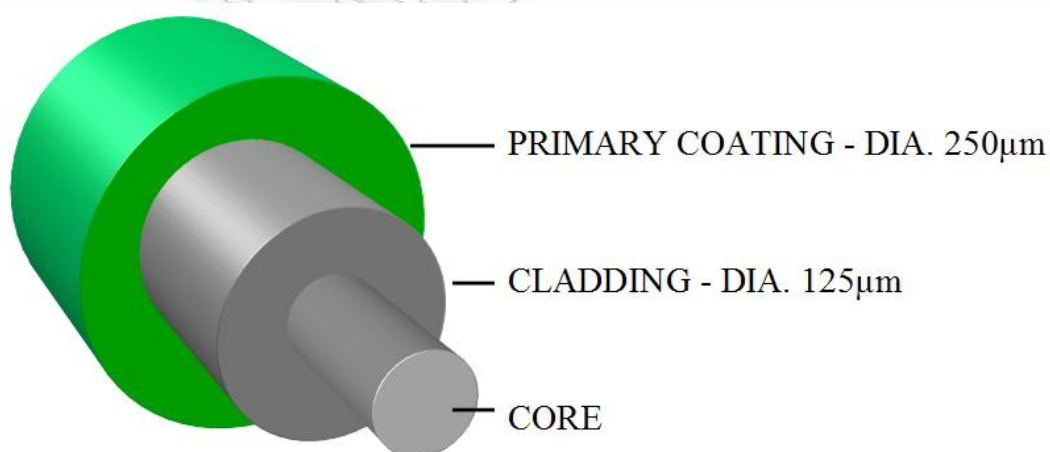
1.2.1 Τρόπος μετάδοσης

Οι οπτικές ίνες κατασκευάζονται από λεπτές ίνες καθαρού γυαλιού ή διάφανου πλαστικού με υψηλή τιμή δείκτη διάθλασης, που έχουν τη ιδιότητα να “εγκλωβίζουν” και να “οδηγούν” τις ακτίνες φωτός στο εσωτερικό τους. Οι ίνες αυτές που αποτελούν τον πυρήνα της οπτικής ίνας, περιβάλλονται από μια επίστρωση (cladding) και ένα προστατευτικό κάλυμμα. Η φωτεινή δέσμη εγκλωβισμένη μέσα στον πυρήνα της οπτικής ίνας, με ελάχιστες απώλειες ακόμα και στην περίπτωση που η οπτική ίνα καμπυλωθεί, μεταφέρει την πληροφορία που εισάγεται από τη μία άκρη του πυρήνα και οδεύει με διαδοχικές ανακλάσεις στα τοιχώματα της προς την άλλη άκρη. Αυτή η μετάδοση της φωτεινής δέσμης στηρίζεται στην αρχή της ολικής εσωτερικής ανάκλασης. Βασική προϋπόθεση για να συμβεί ολική ανάκλαση είναι, πρώτον ο δείκτης διάθλασης του εξωτερικού υλικού (επίστρωσης) να είναι μικρότερος από το δείκτη διάθλασης του εσωτερικού υλικού (πυρήνας) και δεύτερον η γωνία πρόσπτωσης της ακτίνας στο εσωτερικό υλικό, να είναι μεγαλύτερη από κάποια τιμή που ορίζεται ως “οριακή” γωνία. Τότε, η φωτεινή δέσμη εγκλωβίζεται και ταξιδεύει σε μεγάλες αποστάσεις με χιλιάδες εσωτερικές ανακλάσεις.

1.2.2 Δομικά Στοιχεία Οπτικής Ίνας

Η οπτική ίνα αποτελείται από τρία μέρη:

- Core - Πυρήνας
- Cladding - Περίβλημα ή επένδυση πυρήνος
- Coating - Προστατευτική επικάλυψη



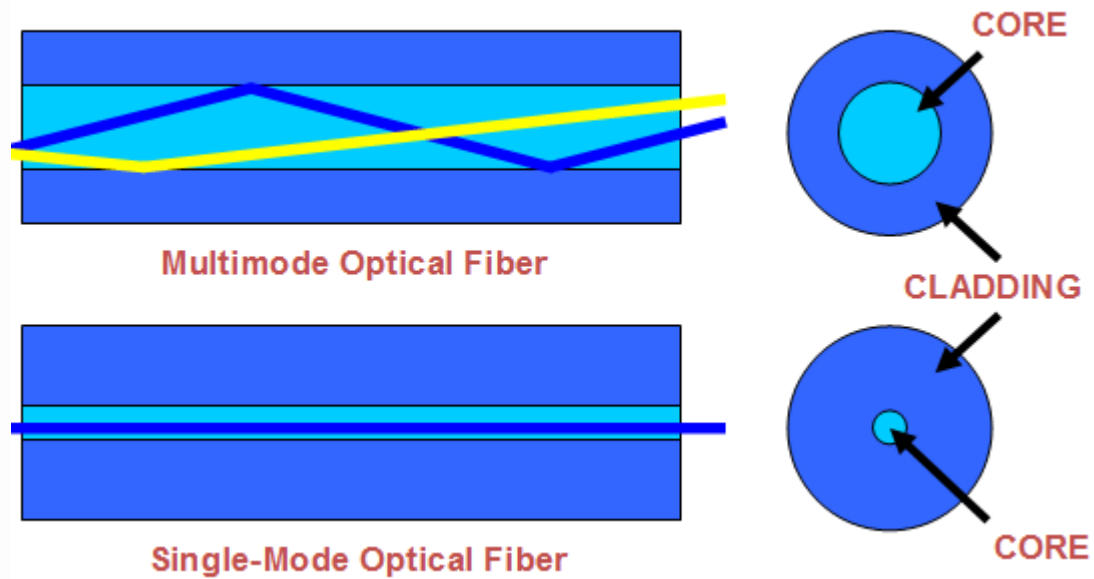
Εικόνα 1. 1 Δομικά Μέρη οπτικής ίνας

Το κεντρικό τμήμα, ο πυρήνας, είναι το μέσον στο οποίο διαδίδεται το φως. Ο πυρήνας αποτελείται από εμπλουτισμένο γερμάνιο πυρίτιο (doped silica) για να του προσδώσει μεγαλύτερο δείκτη διάθλασης ($n=1,48$). Το Cladding, που περιβάλλει τον πυρήνα, αποτελείται από καθαρό πυρίτιο και έχει χαμηλότερο δείκτη διάθλασης από τον πυρήνα ($n=1,46$). Αυτή η διαφορά στον δείκτη διάθλασης του συστήματος core / cladding υποχρεώνει την όδευση του φωτός εντός του πυρήνα κατά μήκος του καλωδίου. Επειδή η διαχωριστική επιφάνεια μεταξύ των δύο μέσων είναι τελείως λεία και έχει μεγαλύτερο δείκτη διάθλασης στην εσωτερική πλευρά (προς τον πυρήνα), προκαλείται ολική ανάκλαση του φωτός και στρέφει τις ακτίνες του φωτός που πέφτουν επάνω της, από την περιφέρεια του πυρήνα και πάλι προς το εσωτερικό του πυρήνα.

Το εξωτερικό περίβλημα – coating αποτελείται από δύο στρώσεις ακρυλικού υλικού και είναι η προστατευτική επικάλυψη της ίνας, στην φάση της κατεργασίας της για την κατασκευή των καλωδίων οπτικών ινών, καθώς επίσης και στην φάση της εγκαταστάσεως του δικτύου (Συγκόλληση-μηχανική κόλληση).

1.2.3 Κατηγορίες οπτικών Ινών

Οι οπτικές ίνες διακρίνονται σε δύο κατηγορίες, ανάλογα με την πορεία που ακολουθούν οι δέσμες φωτός μέσα στον πυρήνα. Έτσι έχουμε τις μονότροπες ή ενιαίας τροχιάς και τις πολύτροπες ή πολλαπλής τροχιάς οπτικές ίνες. Οι μονότροπες οπτικές ίνες πλεονεκτούν έναντι των πολύτροπων οπτικών ινών, γιατί οι δέσμες φωτός ακολουθούν μια μοναδική τροχιά κατά μήκος του άξονα του πυρήνα και έτσι επιτυγχάνουν μεγαλύτερους ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων (υψηλότερες ταχύτητες) και επιφέρουν μικρότερη εξασθένηση σήματος. Από αυτή την κατηγορία οπτικών ινών χρησιμοποιούμε περισσότερο αυτές που έχουν πυρήνα με διάμετρο 9 μm και επίστρωση με διάμετρο 125 μm (OS1,OS2). Από τις πολύτροπες οπτικές ίνες χρησιμοποιούνται περισσότερο αυτές που έχουν πυρήνα με διάμετρο 62,5 μm και επίστρωση με διάμετρο 125 μm (OM1), ενώ έχει αρχίσει και η χρήση του τύπου OM3 50/125 μm ο οποίος επιτυγχάνει ταχύτητα 10Gbs.



Εικόνα 1. 2 Μετάδοση πληροφορίας ανάλογα με τον τύπο της οπτικής ίνας

1.2.4 Εξασθένηση οπτικού σήματος

Ως εξασθένηση οπτικού σήματος, ορίζεται η απώλεια της οπτικής ισχύος κατά την κυματοδηγηση και ανέρχεται σε 150 db/km για τις πλαστικές ίνες, ενώ μειώνεται σημαντικά στα 0,21db/km σε μονότροπες ίνες. Στον πίνακα 1.2 δίνονται χαρακτηριστικές τιμές εξασθένησης για μερικά είδη οπτικών ινών

$$[db / km] = L^{-1} 10 \log \frac{P_{OUT}}{P_{IN}}$$

Εξίσωση 1



Εικόνα 1. 3 Ισχύς Εισόδου-Εξόδου οπτικού σήματος

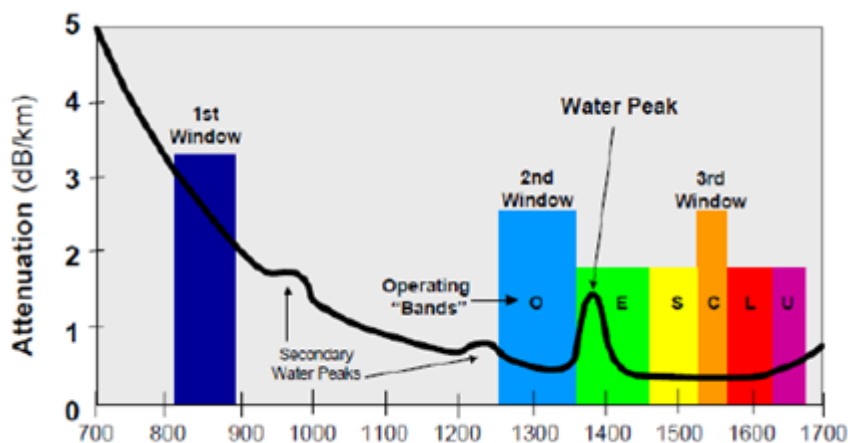
Σύμφωνα με την συνάρτηση της εξίσωσης 1 η μεταβλητή P_{out} αναφέρεται στην ισχύ του οπτικού σήματος, στην έξοδο της ίνας, ενώ P_{in} στην ισχύ του οπτικού σήματος στην είσοδο της ίνας. Όπου L είναι η χιλιομετρική απόσταση της ίνας.

Optical fibre type size and grade	Wavelength (nm)	Fibre attenuation coefficient (dB/km)	Minimum modal bandwidth (MHz-km)
Multimode 62.5µm (OM1)	850	3.5	200
	1300	1.5	500
Multimode 50µm (OM2)	850	3.5	200
	1300	1.5	500
Multimode 50µm (OM3)	850	3.5	1500
	1300	1.5	500
Multimode 50µm (OM4 TBC)	850	1.5	3500+
	1300	3.5	
Singlemode (OS1)	1310	0.35	N/A
	1550	0.21	N/A
Singlemode (OS2)	1310	0.35	N/A
	1550	0.21	N/A

Πίνακας 1. 2 Εξασθένηση οπτικού σήματος ανάλογα με το τύπο της οπτικής ίνας

Η εξασθένηση εκτός από το υλικό κατασκευής, εξαρτάται και από το μήκος κύματος της κυματοδηγούμενης ακτινοβολίας (γράφημα 1.1). Η εξασθένηση της ισχύος [db/km] για γυάλινες πολύτροπες ίνες, είναι μεγαλύτερη σε σύγκριση με την εξασθένηση σε μονότροπες πλαστικές ίνες.

Στο γράφημα 1.1 βλέπουμε επτά (7) παράθυρα μετάδοσης στα οποία έχουμε την μικρότερη εξασθένηση οπτικού σήματος . Ενώ στον παρακάτω πίνακα (πίνακας 1.3) παρουσιάζονται τα άνω και κάτω όρια για κάθε παράθυρο



Γράφημα 1. 1 εξασθένηση Βασικού τύπου οπτικής ίνας

Band	Description	Wavelength Range
O band	original	1260 to 1360 nm
E band	extended	1360 to 1460 nm
S band	short wavelengths	1460 to 1530 nm
C band	conventional ("erbium window")	1530 to 1565 nm
L band	long wavelengths	1565 to 1625 nm
U band	Ultra long wavelengths	1625 to 1675 nm

Πίνακας 1. 3 Παράθυρα μετάδοσης οπτικού σήματος

1.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα οπτικών ινών

Τα καλώδια οπτικών ινών, σε σχέση με τα άλλα ενσύρματα μέσα μετάδοσης πληροφοριών όπως είναι τα συνεστραμμένα καλώδια από χαλκό, παρουσιάζουν πολλά πλεονεκτήματα. Θα μπορούσαμε να αναφέρουμε μερικά όπως:

- Το μεγάλο εύρος ζώνης συχνοτήτων που έχει σαν αποτέλεσμα την επίτευξη υψηλών ρυθμών μετάδοσης πληροφοριών.
- Το γεγονός ότι μένουν ανεπηρέαστα από θόρυβο, ο οποίος δημιουργείται από ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία.
- Ο ρυθμός εμφάνισης σφαλμάτων (error rate) είναι σε χαμηλά επίπεδα.
- Το υλικό κατασκευής τους απαιτεί πολύ μικρές διαστάσεις και ελάχιστο βάρος σε σχέση με τα χάλκινα καλώδια.
- Είναι πιο ασφαλές μέσο μετάδοσης πληροφοριών και με αυτό τον τρόπο εξασφαλίζουν προστασία των δεδομένων από υποκλοπή ή παρεμβολή.

Στα μειονεκτήματα των οπτικών ινών καταλογίζεται

- Ο δύσκολος τρόπος σύνδεσης (patch) και συγκόλλησης (splice) της κάθε οπτικής ίνας, ούτως ώστε το φως σαν φορέας μετάδοσης της πληροφορίας να μην αποκλίνει, προκαλώντας διασπορά και απώλεια του σήματος.
- Η πολύ μεγάλη ευαισθησία των οπτικών καλωδίων σε μηχανικές καταπονήσεις. Η διαδικασία εγκατάστασής τους απαιτεί μεγάλη εξειδίκευση και ειδικό εξοπλισμό.
- Τέλος ένας αρκετά απαξιωμένος, αλλά καθόλου ασήμαντος παράγοντας είναι αυτός της καθαρότητας και συντήρησης των παθητικών υποδομών.

1.4 Τοπολογίες Οπτικών Δικτύων

Ο βασικός στόχος του συνόλου των ενσύρματων επικοινωνιών, είναι η παροχή υψηλής ποιότητας υπηρεσιών (μηδενικές απώλειες, υψηλοί ρυθμοί μετάδοσης), όσο το δυνατόν πλησιέστερα στους τελικούς χρήστες. Στην περίπτωση των οπτικών δικτύων πρωταρχικός μας στόχος είναι, να φτάσει η οπτική ίνα στον τελικό χρήστη και να αντικαταστήσει τα υπάρχοντα καλώδια χαλκού.

Σε ένα οπτικό δίκτυο πρόσβασης, το Κεντρικό Γραφείο –**Βασικό Κέντρο (central office-CO)** περιλαμβάνει ένα **τερματικό οπτικών γραμμών (optical line terminal – OLT)** που παρέχει τη διεπαφή δικτύου (network interface) και συνδέεται με μια ή περισσότερες **μονάδες οπτικών δικτύων (optical network units - ONU)** στην πλευρά του χρήστη.

Η αντικατάσταση των συνδέσεων σε ένα δίκτυο πρόσβασης από οπτικά καλώδια, οδηγεί σε πολλές πιθανές τοπολογίες. Τα κριτήρια που λαμβάνονται υπόψη για την επιλογή της καταλληλότερης είναι η ευκολία στην αναβάθμιση του δικτύου, το κόστος, η αξιοπιστία, η συντήρηση και η ασφάλεια. Μια σύντομη περιγραφή των διαφόρων τοπολογιών ακολουθεί παρακάτω.

1.4.1 Point to Multi Point - Παθητικά Οπτικά Δίκτυα (Passive Optical Networks – PON).

Χαρακτηριστικό της τοπολογίας αυτής είναι η δενδροειδής δομή της. Το οπτικό σήμα εισέρχεται στους παθητικούς διαχωριστές, οι οποίοι βρίσκονται σε διαδοχικά σημεία διακλάδωσης και διαχωρίζεται. Με αυτήν τη στρατηγική μία μόνο οπτική ίνα που εξέρχεται από το τοπικό κέντρο μπορεί να συνδεθεί με πολλά σημεία τερματισμού, δημιουργώντας έτσι συνδέσεις σημείου προς πολλαπλά σημεία μεταξύ του OLT και των ONU.

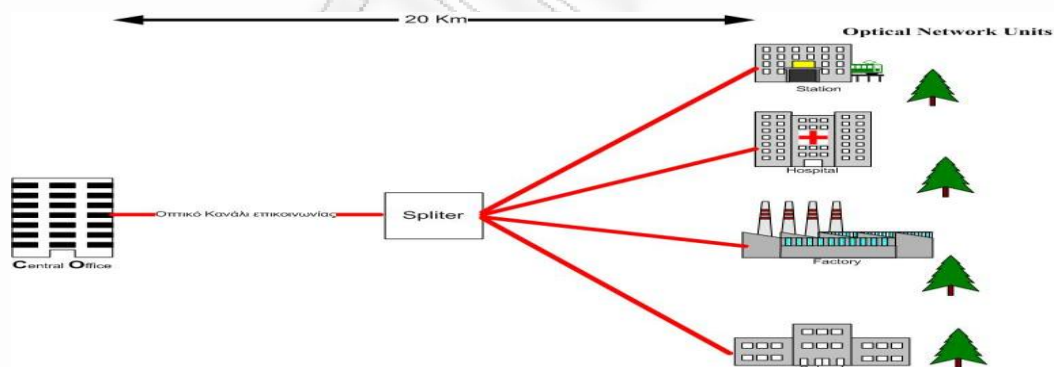
Τα Παθητικά Οπτικά Δίκτυα (Passive Optical Networks – PON) είναι οπτικά δίκτυα σημείου προς πολλαπλά σημεία, τα οποία δεν περιέχουν ενεργά στοιχεία, δηλαδή δεν έχουμε μετατροπή του σήματος από οπτικό σε ηλεκτρικό, από την πηγή μέχρι τον προορισμό του. Τα μόνα στοιχεία που χρησιμοποιούνται είναι παθητικοί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

Τα PON αποτελούν 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.

Ένα PON έχει μερικά σημαντικά πλεονεκτήματα, όπως τα επόμενα:

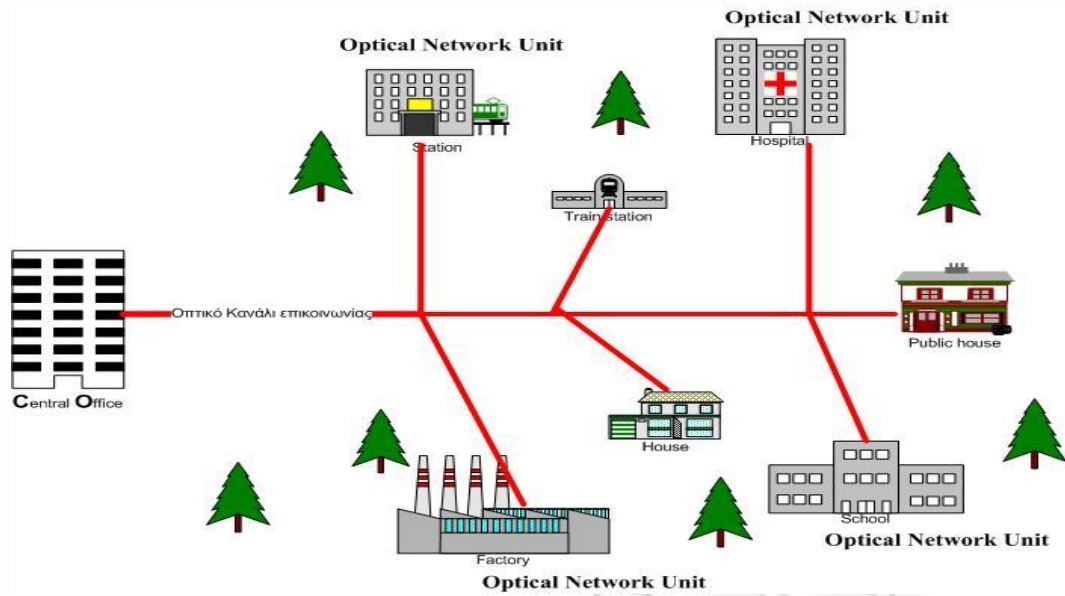
- Επιτρέπουν μεγαλύτερες αποστάσεις μεταξύ του κέντρου σύνδεσης και του συνδρομητή. Μια ενσύρματη γραμμή που χρησιμοποιεί την τεχνολογία DSL επιτρέπει μέγιστη απόσταση 5,5 km μεταξύ του κέντρου και του συνδρομητή, ενώ ένας τοπικός βρόχος PON μπορεί να λειτουργήσει με αποστάσεις 20 km ή και μεγαλύτερες.
- Μειώνουν το πλήθος και συνεπώς το κόστος των οπτικών ινών στον τοπικό βρόχο.
- Παρέχουν μεγάλο εύρος ζώνης, εξαιτίας της εγκατάστασης οπτικών ινών μέχρι τον χρήστη.
- Επειδή είναι δίκτυα σημείου προς πολλαπλά σημεία είναι κατάλληλα για κοινοποίηση πληροφορίας, όπως η αναμετάδοση video (video broadcasting).
- Επιτρέπουν την εύκολη αναβάθμιση σε υψηλότερους ρυθμούς μεταφοράς δεδομένων καθώς και τη χρήση πολλαπλών μηκών κύματος (WDM PON)

Τα πλεονεκτήματα της χρήσης τεχνολογίας PON σε Δίκτυα Πρόσβασης, υποδεικνύουν τη σημασία σωστής σχεδίασης του δικτύου, δεδομένου ότι παίζει καθοριστικό ρόλο στην αποδοτικότητα των εν λόγω δικτύων.



Εικόνα 1. 4 Παθητικό Οπτικό Δίκτυο (Passive Optical Network - PON)

Στα οπτικά δίκτυα πρόσβασης πρώτης γενιάς, η σημαντικότερη ώθηση ήταν η οικονομική επέκταση, και ένα PON με διαμοίραση ισχύος ήταν η καταλληλότερη λύση. Σήμερα, το κόστος των οπτικών συσκευών έχει μειωθεί πολύ και οι μελέτες σχεδιασμού αρχίζουν να γίνονται σημαίνουσες.

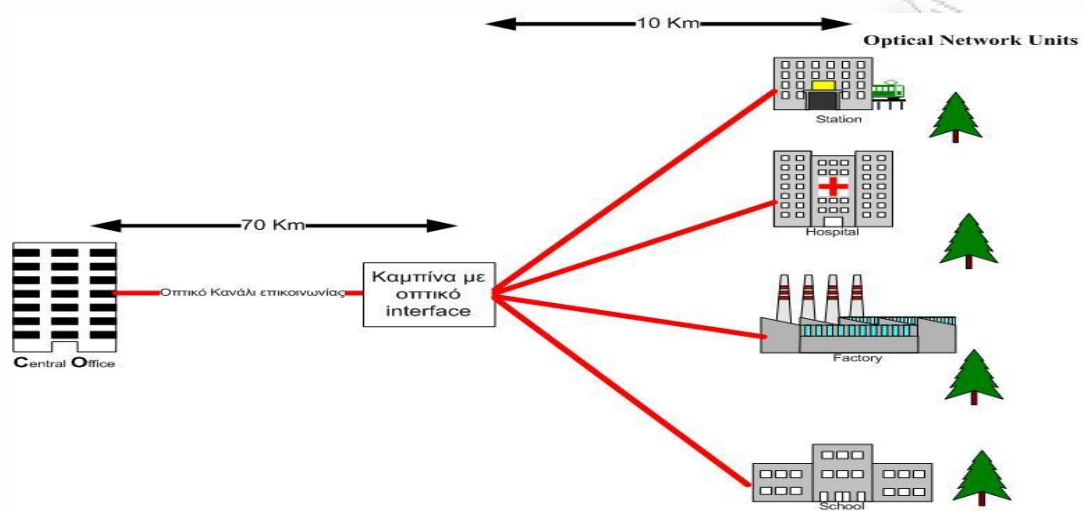


Εικόνα 1. 5 Οπτικό Δίκτυο point to multipoint

1.4.2 Point to Point - Ενεργός κόμβος (Active Node – Ethernet Switch)

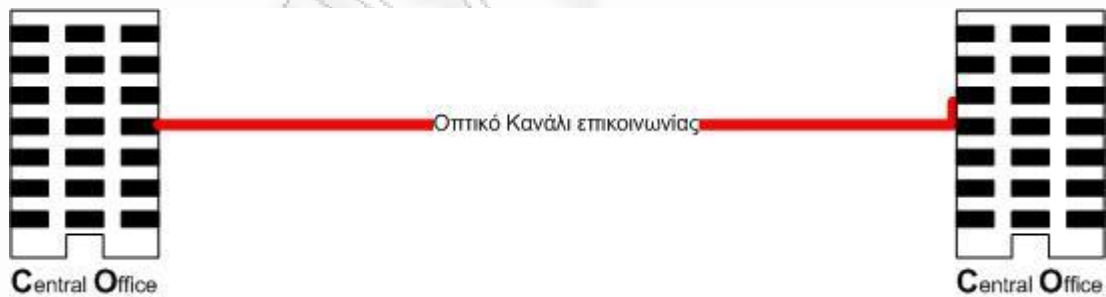
Η κύρια διαφορά ενός ενεργού δικτύου και ενός απλού PON, είναι η αντικατάσταση του παθητικού splitter από έναν ενεργό κόμβο. Ο κόμβος αυτός μπορεί να είναι μια τηλεπικοινωνιακή Καμπίνα, η οποία φιλοξενεί και προστατεύει τον ενεργό εξοπλισμό και παρεμβάλλεται μεταξύ του CO και του τελικού χρήστη. Εκτός από μια διακλαδισμένη δενδρική αρχιτεκτονική όπως χρησιμοποιείται σε ένα PON, ένα ενεργό δίκτυο μπορεί επίσης να υλοποιείται και με μια αρχιτεκτονική αστέρα. Η επιλογή οποιασδήποτε ιδιαίτερης αρχιτεκτονικής, εξαρτάται από τον τύπο υλοποίησης, τη διαθεσιμότητα και το κόστος του εξοπλισμού.

Στην περίπτωση του ενεργού κόμβου αντί της διανομής του εύρους ζώνης μεταξύ πολλαπλών συνδρομητών, σε κάθε τελικό χρήστη παρέχεται αφιερωμένη σύνδεση που του παρέχει το συνολικό αμφίδρομο εύρος ζώνης. Ενώ οι τεχνικές η οποίες μπορούν να εφαρμοστούν είναι τεχνικές SDM (Space Division Multiplexing) ή WDM. Λόγω της φύσης του, αυτός ο τύπος αρχιτεκτονικής αναφέρεται επίσης ως από-σημείο-σε-σημείο (point-to-point - P2P).



Εικόνα 1. 6 Point-to-point συνδέσεις με έναν ενεργό κόμβο (Ethernet Switch)

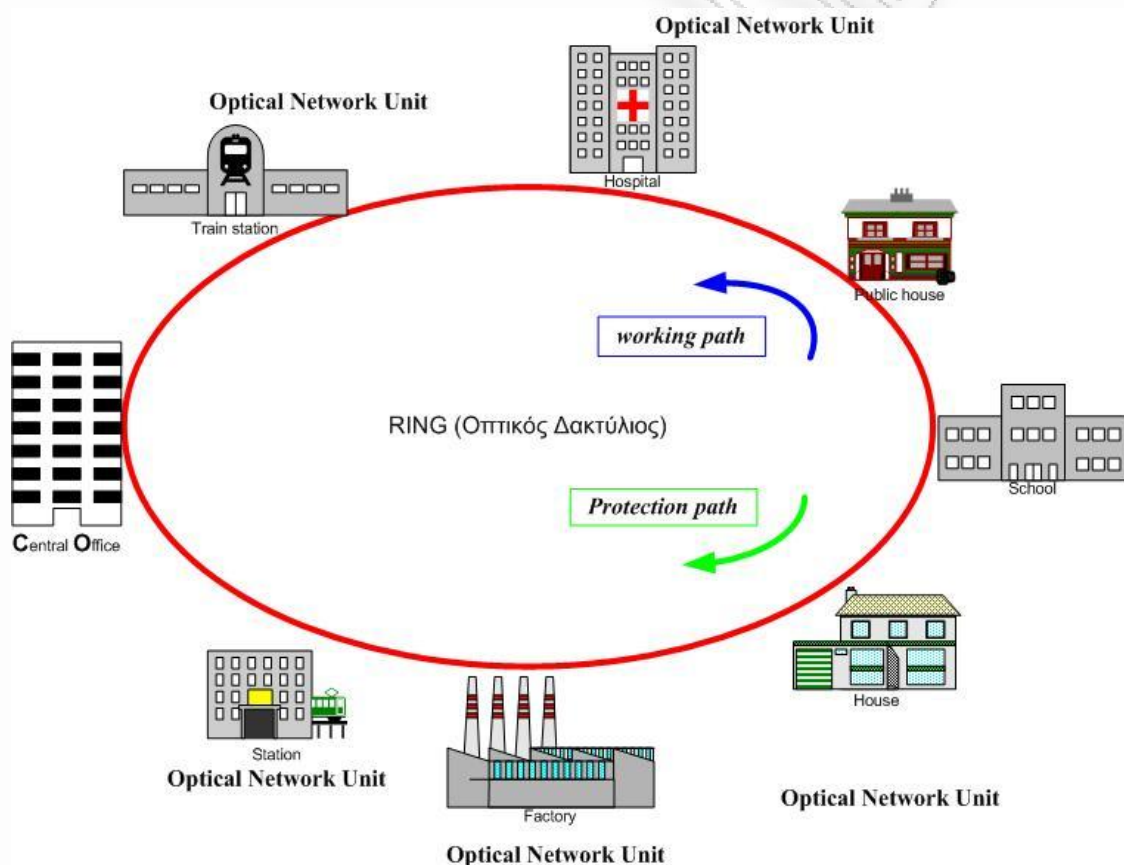
Τέλος Point to point συνδέσεις παρουσιάζονται και στις περιπτώσεις σύνδεσης δύο τοπικών κέντρων. Η ενδιάμεση χρήση αναγεννητή εξαρτάται μόνο, αν η εξασθένηση του οπτικού σήματος σε σχέση με την χιλιομετρική απόσταση, η οποία θα καλυφθεί από την οπτική ίνα ανέλθει πέραν των προδιαγεγραμμένων περιθωρίων.



Εικόνα 1. 7 Οπτικό point to point Δίκτυο

1.4.3 Ring

Με την χρήση της τοπολογίας δακτυλίου δημιουργούνται δύο εναλλακτικές διαδρομές – paths επικοινωνίας για τον αποστολέα και τον δέκτη. Το κύριο ή πρωτεύον μονοπάτι – working path και το προσωρινό ή δευτερεύον μονοπάτι – Protection path (εικόνα 1.8) .Οι δυο αυτές διαδρομές ανά πάσα στιγμή και σε περίπτωση οποιασδήποτε βλάβης του δικτύου, μπορούν να υποστηρίξουν και να αναλάβουν την δρομολόγηση της πληροφορίας του χρήστη, προστατεύοντας τη ροή δεδομένων έτσι ώστε καμιά σημαντική πληροφορία να μην χάνεται. Η ιδιότητα αυτή καθιστά την τοπολογία δακτυλίου ως μια τοπολογία ταυτισμένη με τα οπτικά δίκτυα.



Εικόνα 1. 8 Τοπολογία Δακτυλίου

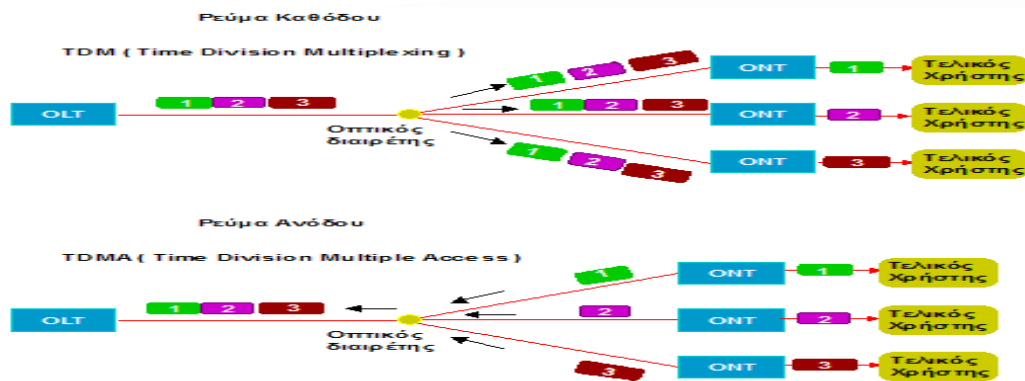
1.5 Κατηγορίες Οπτικών Δικτύων

1.5.1 A PON

Η αναζήτηση για ένα σύστημα TDMA που θα στηρίζονταν πάνω σε οπτικά παθητικά δίκτυα (PON) προτάθηκε αρχικά το 1987 από ερευνητές των εργαστηρίων της British Telecom. Το πρώτο TDMA σύστημα αναπτύχθηκε και παρουσιάστηκε το 1989 υποστηρίζοντας upstream ρυθμούς μεταξύ 50 Mbit / s και 622 Mbit / s. Με το πέρασμα των χρόνων και την ολοένα αυξανόμενη απαίτηση για bandwidth τον Ιούνιο του 1995, υπήρξε μια διεθνής πρωτοβουλία από τηλεπικοινωνιακούς παρόχους και κατασκευαστές, προκειμένου να εργαστούν και να αναπτύξουν νέα πρότυπα, τα οποία θα οδηγούσαν σε ένα πλήρες σύνολο τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών, Η πρωτοβουλία αυτή ονομάζεται Full Service Access Networks (FSAN). Εκείνη την εποχή, οι λογικότερες και πιο συμφέρουσες επιλογές για τον τρόπο μεταφοράς δεδομένων ήταν ο ATM και για την τοπολογία των δικτύων πρόσβασης τα δίκτυα PON. Ο ATM θεωρείτο ο καταλληλότερος για να υποστηρίξει πολλαπλά πρωτόκολλα και τα PON η οικονομικότερη ευρυζωνική οπτική λύση.

Η πρόταση της FSAN έγινε αποδεκτή ως πρότυπο από την ITU και περιγράφεται στο ITU-T Rec.G.983, όπου δίνονται οι προδιαγραφές για την αρχιτεκτονική, τον εξοπλισμό και τη διαστρωμάτωση του APON, και συγκεκριμένα η περιγραφή του υποστρώματος, σύγκλισης μετάδοσης δεδομένων και του φυσικού υποστρώματος. Στο APON με κριτήρια την απλότητα και το κόστος, επιλέχθηκαν η τεχνική TDM για την προς τα κάτω (downstream) ζεύξη και για την πολλαπλή προσπέλαση στο μέσο. Για την προς τα άνω (upstream) ζεύξη η επιλέχθηκε η TDMA τεχνική. Στο σχήμα 1.1 φαίνονται τα βασικά στοιχεία του δικτύου: OLT, ONU/ONT και ο παθητικός οπτικός διαιρέτης.

Στο APON μία οπτική ίνα διαιρείται παθητικά μέχρι και 64 φορές με αποτέλεσμα 64 ONU/ONT να μοιράζονται τη χωρητικότητα της. Η παθητική διαίρεση επιτρέπει στους χρήστες να μοιράζονται το εύρος ζώνης και κατ' επέκταση το κόστος. Το κόστος, μειώνεται ακόμα περισσότερο με την ελάττωση του αριθμού των οπτοηλεκτρονικών στοιχείων που απαιτούνται για το OLT, δεδομένου ότι περισσότερα του ενός ONU/ONT μοιράζονται μία διεπαφή.



Σχήμα 1. 1 Ρεύμα ανόδου –καθόδου APON

Το APON χρησιμοποιεί τοπολογία διπλού αστέρα. Ο πρώτος αστέρας βρίσκεται στο OLT όπου η διεπαφή του δικτύου ευρείας ζώνης για τις υπηρεσίες διαιρείται λογικά και οδηγείται στη διεπαφή ATM-PON. Ο δεύτερος αστέρας υλοποιείται στον διαιρέτη όπου η πληροφορία διαιρείται παθητικά και οδηγείται σε κάθε ONT.

Το OLT που τοποθετείται στο κέντρο μεταγωγής, είναι το σημείο διασύνδεσης μεταξύ του Δικτύου Πρόσβασης και των σημείων υπηρεσιών στο δίκτυο κορμού (backbone). Όταν δεδομένα από το δίκτυο φθάνουν στο OLT, οδηγούνται στον παθητικό διαιρέτη χρησιμοποιώντας την τεχνική TDM. Το OLT λειτουργεί ως ATM τελικός μεταγωγέας με ATM-σύγχρονη οπτική (SONET) διεπαφή από την πλευρά του δικτύου κορμού και ATM-PON διεπαφή από την πλευρά του συνδρομητή.

Το κάθε ONT φιλτράρει τα κελιά που φθάνουν και ανακτά μόνο αυτά που προορίζονται για αυτό. Κάθε κελί έχει ένα 28-bit πεδίο που καθορίζει τις τιμές που αφορούν στη νοητή διαδρομή και στο νοητό δίαυλο, που αναφέρονται ως VPI/VCI. Κάθε OLT αρχικά στέλνει ένα μήνυμα στο ONT για να το προετοιμάσει να δεχτεί κελιά με συγκεκριμένες τιμές VPI/VCI. Τα πεδία VPI/VCI, της επικεφαλίδας του πακέτου ATM, χρησιμοποιούνται για την επίτευξη της πολυπλεξίας πακέτων σε μια κοινή ζεύξη.

Δεδομένου ότι κατά το upstream κανάλι χρησιμοποιείται το πρωτόκολλο TDMA, κάθε ONT πρέπει να είναι συγχρονισμένο χρονικά με κάθε άλλο ONT. Αυτό πραγματοποιείται με μία διαδικασία που ονομάζεται αποστασιομέτρηση (ranging) των ONU και βασίζεται στη λογική ότι το OLT πρέπει να καθορίσει πόσο μακριά του βρίσκεται το κάθε ONT έτσι ώστε να του παραχωρήσει τη βέλτιστη χρονική σχισμή, μέσα στην οποία θα πρέπει να εκπέμψει, για να αποφευχθούν προβλήματα συγκρούσεων μετάδοσης. Στη συνέχεια το OLT στέλνει μήνυμα παραχώρησης μέσω των κελιών διαχείρισης PLOAM του φυσικού επιπέδου για να αναθέσει στο κάθε ONT συγκεκριμένες χρονικές σχισμές. Τέλος το ONT προσαρμόζει τη διεπαφή υπηρεσιών σε ATM και στη συνέχεια για την επικοινωνία με το OLT θα χρησιμοποιήσει τη τεχνική TDMA.

Στο APON χρησιμοποιείται μία οπτική ίνα τόσο για το upstream όσο και για το downstream κανάλι, οπότε χρησιμοποιούνται δύο μήκη κύματος-1550 nm για το downstream κανάλι και 1310nm για το upstream κανάλι. Συμπληρωματικά

αναφέρουμε ότι θα ήταν δυνατό να χρησιμοποιηθεί ένα μήκος κύματος, η επιλογή όμως για δύο παρέχει καλύτερη οπτική απομόνωση για τους πομπούς και τους δέκτες laser και εξαλείφει την ανάγκη των ακριβών διαιρετών δέσμης φωτός.

Τα κελιά ATM μετατρέπονται απευθείας σε οπτικό κύμα και στέλνονται στο δίκτυο PON. Αυτό επιτυγχάνεται με τον κατάλληλο ηλεκτροοπτικό εξοπλισμό, ειδικό για τη μετάδοση κίνησης σε ταχύτητες Mbit/sec. Επιπλέον δεδομένου ότι υπάρχουν καθοδικά κανάλια κοινοποίησης (broadcast channels) στα PON χρησιμοποιούνται τεχνικές κρυπτογράφησης για να επιτευχθεί ασφάλεια.

Το APON δεν εξαρτάται από τις διάφορες υπηρεσίες, με αποτέλεσμα να μπορούν να υλοποιηθούν τόσο κλασικές όσο και μελλοντικές υπηρεσίες. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι μπορεί να μεταφέρει πακέτα Ethernet και να υποστηρίζει T1.

Τέλος, θα πρέπει να αναφερθούμε στον όρο **Broadband PON (BPON)** όπου αποτελεί την μετεξέλιξη του APON. Συνοδεύεται από το πρότυπο OMCI για διαχείριση των στοιχείων μεταξύ OLT και ONU/ONT, επιτρέποντας την ανάμιξη συσκευών από διαφορετικούς κατασκευαστές. Μία τυπική αρχιτεκτονική BPON παρέχει 622 Mbps (OC-12) downstream και 155 Mbps (OC-3) of upstream traffic, αν και το πρότυπο υποστηρίζει θεωρητικά και μεγαλύτερες ταχύτητες.

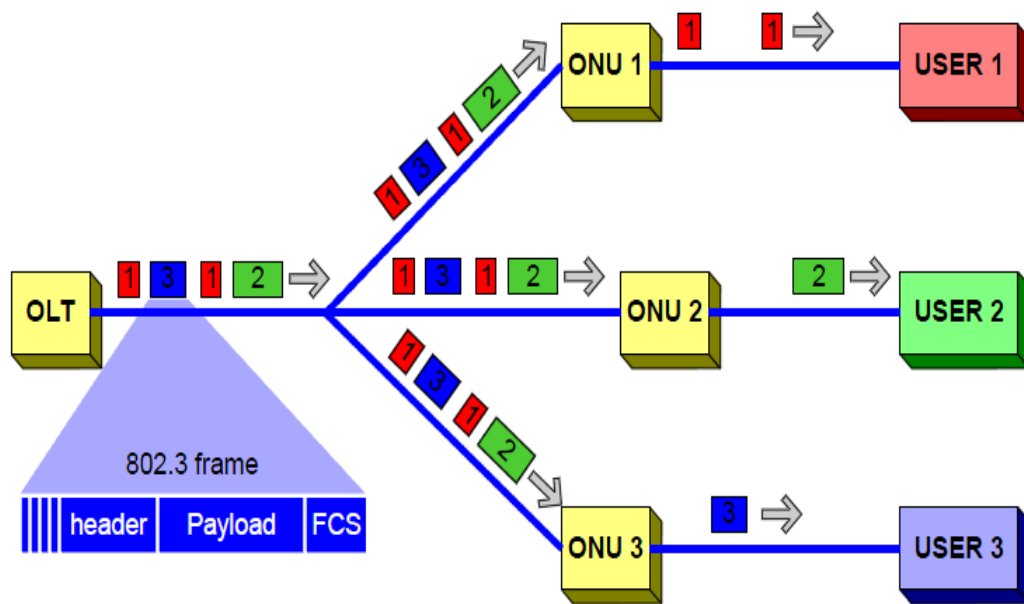
1.5.2 EPON

Τα Δίκτυα πρόσβασης αποτελούν οικονομικώς ευαίσθητες επενδύσεις. Ως εκ τούτου, τα έξοδα για συντήρηση αλλά και αναβάθμιση τους θα πρέπει να είναι οικονομικά και ελκυστικά αλλά πάνω απ όλα θα πρέπει να είναι εύκολο να πραγματοποιηθούν χωρίς να υπονομεύουν τη λειτουργικότητα του δικτύου. Με γνώμονα τα παραπάνω στην προσπάθεια της να επεκτείνει τις δυνατότητες των τότε APON, η IEEE το 2001 με το 802.3ah γκρουπ της όρισε τα πρώτα Ethernet PON (E-PON), δίκτυα τα οποία κατάφεραν να ενθυλακώνουν όλα τα δεδομένα σε πλαίσια Ethernet (1000Base-x).

Η κίνηση αυτή εξάλειψε την μέχρι τότε ανάγκη για μετατροπή από ATM σε IP πρωτόκολλο στην σύνδεση WAN/LAN. Οι κατασκευαστές EPON εστίαζαν αρχικά στην ανάπτυξη FTTB και FTTC λύσεων με μακροπρόθεσμο στόχο την ανάπτυξη μίας FTTH λύσης για τη διανομή δεδομένων, video και φωνής πάνω από την ίδια πλατφόρμα. Το EPON παρέχει μεγαλύτερο εύρος ζώνης, ελάττωση κόστους και ευρύτερες υπηρεσίες από το APON ενώ η αρχιτεκτονική του είναι παρόμοια και κληρονομεί πολλά χαρακτηριστικά του G.983 που αφορά στα APON.

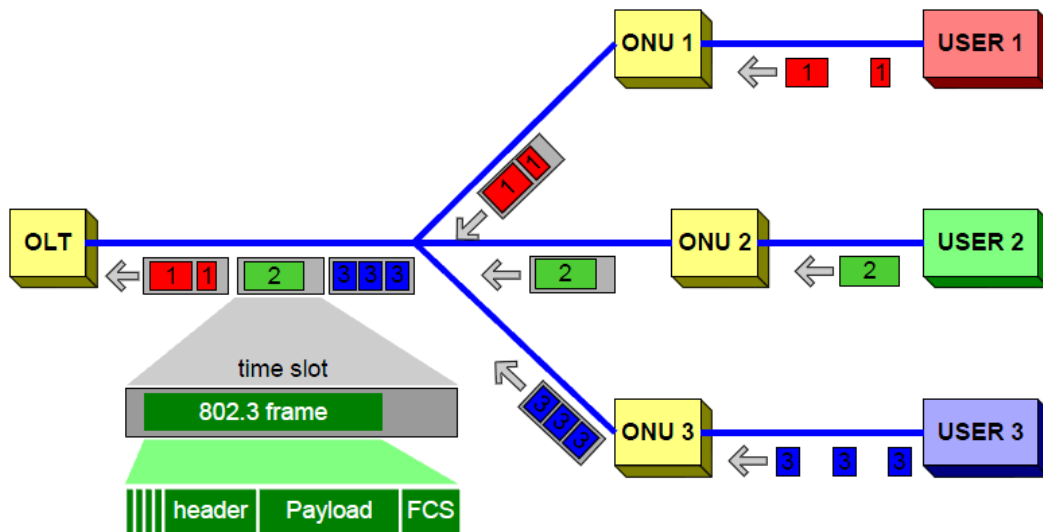
Στο EPON η διαδικασία εκπομπής δεδομένων προς τα κάτω από το OLT στα ONU είναι διαφορετική από την αντίστοιχη προς τα άνω. Οι διαφορετικές αυτές διαδικασίες παρουσιάζονται στα σχήματα 1.2 και 1.3. Συγκεκριμένα στο σχήμα 1.2 τα δεδομένα εκπέμπονται από το OLT προς τα ONU σε πακέτα μεταβλητού μήκους με μέγιστο μήκος 1518 bytes, σύμφωνα με το πρωτόκολλο της IEEE 802.3. Κάθε πακέτο φέρει μία επικεφαλίδα που καθορίζει το ONU στο οποίο προορίζεται το

πακέτο. Επιπλέον κάποια πακέτα είναι δυνατό να προορίζονται για όλα τα ONU (broadcast packets), ενώ άλλα για μία δεδομένη ομάδα ONU (multicast packets). Στο σχήμα 1.2 η κίνηση χωρίζεται στον διαιρέτη σε τρία διαφορετικά σήματα που κάθε ένα φέρει όλα τα πακέτα. Όταν τα πακέτα φτάσουν σε ένα ONU τότε αυτό δέχεται μόνο τα πακέτα που προορίζονται για αυτό, ενώ απορρίπτει όλα τα υπόλοιπα. Συγκεκριμένα στο παράδειγμά μας το ONU-1 δέχεται τα πακέτα 1,3,1 και 2, αλλά διανέμει στο τελικό χρήστη-1 μόνο τα πακέτα που προορίζονται για αυτόν(με τον αριθμό 1).



Σχήμα 1.2 Ρεύμα καθόδου δικτύου EPON

Όσον αφορά την προς τα άνω ζεύξη, η λειτουργία της οποίας συνοψίζεται στο σχήμα 1.3, χρησιμοποιείται τεχνική TDM, κατά την οποία χρονικές σχισμές εκπομπής ανατίθενται σε κάθε ONU. Οι χρονικές σχισμές είναι συγχρονισμένες, έτσι ώστε να μην υπάρχουν συγκρούσεις όταν τα πακέτα από διαφορετικά ONU συνδυάζονται στην κοινή ίνα. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα το ONU-1 εκπέμπει δυο πακέτα στην πρώτη χρονική σχισμή, το ONU-2 εκπέμπει το πακέτο 2 στη δεύτερη μη επικαλυπτόμενη με την πρώτη χρονική σχισμή και το ONU-3 εκπέμπει τρία πακέτα 3 στη τρίτη μη επικαλυπτόμενη με την δεύτερη χρονική σχισμή.



Σχήμα 1. 3 Ρεύμα ανόδου δικτύου EPON

Τα δεδομένα στο EPON μεταφέρονται σε πακέτα μεταβλητού μήκους ως και 1518 bytes σύμφωνα με το πρωτόκολλο της IEEE 802.3 για το Ethernet. Ενώ στο APON σε κελιά ATM των 53 bytes όπως επιβάλλεται από το πρωτόκολλο ATM, αυτό είχε ως αποτέλεσμα να είναι δύσκολη και όχι αποδοτική η μεταφορά σε ένα δίκτυο APON κίνησης που βασίζεται στο IP, όπου τα δεδομένα χωρίζονται σε πακέτα μεταβλητού μήκους ως και 65535 bytes. Για να μεταφερθεί η IP κίνηση σε ένα APON τα πακέτα θα πρέπει να καταταμηθούν σε κομμάτια των 48-bytes και στο κάθε ένα από αυτά να προσαρτηθεί επικεφαλίδα ATM των 5-bytes. Η διαδικασία αυτή είναι χρονοβόρα, πολύπλοκη και προσθέτει επιπλέον κόστος στα ONT και OLT. Επιπλέον για κάθε τμήμα δεδομένων των 48-bytes έχουμε σπατάλη εύρους 5-bytes. Αντίθετα το Ethernet είναι φτιαγμένο για να καλύψει κίνηση IP και μειώνει δραστικά τις επικεφαλίδες σε σχέση με το ATM

1.5.3 GPON

Το 2003, η FSAN πρότεινε την σύσταση μιας ομάδας εργασίας για τον ορισμό των πρώτων γενικών χαρακτηριστικών του Gigabit PON (GPON), τα οποία θα υποστήριζαν ονομαστικές τιμές γραμμής 1,2 Gbit / s και 2,4 Gbit / s . Αποτέλεσμα της κίνησης αυτής ήταν τον Ιούνιο του ίδιου έτους η ITU-T να επικυρώσει τα standard του GPON γνωστά και ως (ITU-T Recommendations) G984.x (G984.1, G984.2 και G984.3).

Το GPON είναι ένα παθητικό οπτικό δίκτυο, το οποίο επιτρέπει τη μεταφορά δεδομένων με ρυθμό Gbit/sec. Η τοπολογία που χρησιμοποιεί είναι αυτή του P2MP, καθώς 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 μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως EPON, και να μεταδώσει 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) επιτρέποντας την αποδοτικότερη εκμετάλλευση του εύρους ζώνης για την παροχή υπηρεσιών πακέτου από παθητικά δίκτυα υψηλής ταχύτητας.

Κατά τον καινούριο αυτό σχεδιασμό λήφθηκαν υπόψη διάφοροι περιορισμοί όπως το επίπεδο ισχύος, η λήψη δεδομένων σε εκρηκτική μετάδοση (burst mode), ο συγχρονισμός των ρολογιών καθώς επίσης και ζητήματα όπως η μειωμένη πολυπλοκότητα του συστήματος και ο περιορισμός του κόστους. 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). Το GPON συνεπώς είναι ένα πλήρες δίκτυο πρόσβασης σε αντίθεση με το EPON που δεν λαμβάνει υπόψη του το QoS.

Το GPON παρουσιάζει 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 έχει προβλεφτεί 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, επιτρέποντας οικονομικά αποδοτικές υλοποιήσεις.

Στο ρεύμα ανόδου (upstream – από ONU προς το OLT) χρησιμοποιείται μη γραμμική κωδικοποίηση σε συνδυασμό με διόρθωση λαθών. Θα πρέπει να τονίσουμε ότι ο συνδυασμός των δύο αυτών μεθόδων χρησιμοποιείται για πρώτη φορά σε δίκτυο PON με λειτουργία burst mode στο ρεύμα ανόδου. Αυτό γίνεται προκειμένου να υπάρχει μεγαλύτερο απόθεμα ισχύος, για να αυξηθεί η μέγιστη απόσταση καθώς και ο λόγος της διαίρεσης του σήματος της οπτικής ίνας στον οπτικό διαιρέτη. Με αποτέλεσμα την εξυπηρέτηση από το δίκτυο περισσότερων χρηστών.

Το GPON προκειμένου να είναι συμβατό με όλες τις τεχνολογίες PON που προηγήθηκαν, 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. Το 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. Τα GPON υποστηρίζουν 7 διαφορετικά bit rates χρησιμοποιώντας για όλα το ίδιο πρωτόκολλο. Οι δυνατοί συνδυασμοί για το upstream και το downstream κανάλι δίνονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 1.4).

Upstream	Downstream
155 Mbit/s up	1.2 Gbit/s down
622 Mbit/s up	1.2 Gbit/s down
1.2 Gbit/s up	1.2 Gbit/s down
155 Mbit/s up	2.4 Gbit/s down
622 Mbit/s up	2.4 Gbit/s down
1.2 Gbit/s up	2.4 Gbit/s down
2.4 Gbit/s up	2.4 Gbit/s down

Πίνακας 1. 4 Συνδυασμοί bit rate για upstream/downstream κανάλι στα GPON.

Όσον αφορά τη διαίρεση του σήματος της οπτικής ίνας στον οπτικό διαίρετή μία ρεαλιστική υλοποίηση με βάση το κόστος, είναι η διαίρεση 1:64, ενώ παρά το γεγονός αυτό προβλέποντας τις μελλοντικές τεχνολογικές εξελίξεις το TC στρώμα πρέπει να λαμβάνει μέριμνα για διαίρεση 1:128.

Βιβλιογραφία 1 κεφαλαίου

1. Κουρούκλης Ευάγγελος, "Ασφάλεια δικτύων υποδομών οπτικών ινών", πανεπιστήμιο Πειραιώς, 2008.
- 2 .FTTx (Fiber to the Home - Fiber to the Building), <http://www.ebusinessforum.gr>.
3. Κωνσταντίνος Τσούκας Μετρήσεις και προσομοίωση σύγχρονων τηλεπικοινωνιακών δικτύων", Αριστοτέλειο πανεπιστήμιο, Μάρτιος 2010.
4. Γεώργιος Μαυρογόνατου, Νικόλαος Χατζής , "Σχεδιασμός και Υλοποίηση Πρωτοκόλλου MAC για Παθητικά Οπτικά Δίκτυα GPON", Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Ιούλιος 2004.
5. Nicholas Cole, "Certifying High Speed LAN" ,AFL Europe, 2011.
6. Stephen Rackstraw," FEL Splicing Products", Fujikura Europe Ltd ,2011.
7. Glen Kramer, Biswanath Mukherjee, Ariel Maislos," Ethernet Passive Optical Network (EPON)",2011

Κεφάλαιο 2.

2. Διαχείριση Δικτύου

2.1 Τι είναι διαχείριση δικτύων.

Σε ένα δίκτυο με σταθμούς εργασίας (workstations), εξυπηρετητές (servers), δρομολογητές (routers) και κάθε τύπου τηλεπικ/ακό εξοπλισμό, ένας διαχειριστής θα πρέπει να είναι σε θέση να ανιχνεύσει οποιαδήποτε δικτυακή δυσλειτουργία άμεσα και έγκαιρα. Πέραν όμως από τα τεχνικά ζητήματα βλάβης, ο διαχειριστής (administrator) θα πρέπει να μπορεί, να παρακολουθεί σε πραγματικό χρόνο την τηλεπικοινωνιακή κίνηση του δικτύου και τον φόρτο εργασίας ανά σταθμό και ανάλογα να αυξάνει ή να μειώνει τους διαθέσιμους πόρους προκειμένου το δίκτυο να παραμείνει λειτουργικό και αξιόπιστο .

Με μοναδικό περιορισμό το λογικό κόστος και με στόχους, την λειτουργική απόδοση του δικτύου σε πραγματικό χρόνο και την ικανοποίηση των απαιτήσεων των χρηστών, η διαχείριση (δικτύου) δεν είναι τίποτε άλλο από ένα σύνολο μεθόδων οι οποίες αποσκοπούν στην ανάπτυξη ,ολοκλήρωση και συντονισμό του λογισμικού και του ανθρώπινου στοιχείου. Η επιτυχία των μεθόδων αυτών εξαρτάται από την παρακολούθηση, την δοκιμή, την ανάλυση και τον έλεγχο όλων των διαθέσιμων πόρων και στοιχείων του δικτύου .

Ορισμένα «πρότυπα» διαχειρίσεις δικτύων είναι το

- **Μοντέλο Διαδικτύου (IETF) :** Αποτελεί ένα ευρέως διαδεδομένο πρότυπο το οποίο είναι εύκολο στην εφαρμογή του έχοντας ως φιλοσοφία ότι η διαχείριση πρέπει να είναι απλή. Πρωτόκολλα του μοντέλου είναι SNMPv1 (πλήρες), SNMPv2 (πλήρες), SNMPv3 (προτεινόμενο)
- **Μοντέλο OSI/ISO (ISO/ITU-T) :** έχει την φιλοσοφία ότι η διαχείριση πρέπει να είναι ισχυρή. Είναι αντικειμενοστραφές και περίπλοκο με δύσκολη υλοποίηση. Πρωτόκολλο του μοντέλου είναι CMIP
- **Μοντέλο TMN (ITU-T) :** Βασίζεται στο OSI. Ορίζει μόνο αρχιτεκτονική διαχείρισης και υποστηρίζει διαχείριση out-of-band
- **Distributed Management Task Force (DMTF)** DMI (ended), WBEM, CIM

2.1.1 Προβλήματα

Για να μπορέσει κανείς να καταλάβει τι είναι και σε τι αποσκοπεί η διαχείριση ενός τηλεπικοινωνιακού δικτύου, θα πρέπει πρώτα να καταλάβει τον λόγο, για τον οποίο κρίνεται απαραίτητη.

Ο ασφαλέστερος τρόπος είναι, να φέρει στην μνήμη του προβλήματα, τα οποία αντιμετωπίζει κατά την καθημερινή επαφή με το δίκτυο, είτε σαν χρήστης, είτε σαν διαχειριστής του.

Μερικά από τα συνηθέστερα αυτά προβλήματα θα μπορούσαν να είναι

Πρόβλημα απώλειας σύνδεσης: αποτελεί ένα συνηθισμένο τηλεπικοινωνιακό πρόβλημα, που μπορεί να παρουσιαστεί τόσο σε μεγάλα όσο και μικρά δίκτυα. Ο κόμβος δεν είναι σε θέση να συνδεθεί και να συνεχίσει να ανταλλάζει πληροφορίες με το υπόλοιπο δίκτυο.

Πρόβλημα με διπλή διεύθυνση IP: αποτελεί συνηθέστερο πρόβλημα σε μεγάλα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα, στα οποία οι χρήστες ή οι διαχειριστές ενδέχεται να μπορούν να επιλέξουν και μόνοι τους τις IP διευθύνσεις των τερματικών τους. Έτσι πολλές φορές παρουσιάζονται τερματικά με την ίδια διεύθυνση δημιουργώντας προβλήματα στους δρομολογητές και servers του δικτύου.

Προβλήματα διακοπών : πολλές φορές ενδέχεται μεγάλος αριθμός συνδρομητών ενός τηλεπικοινωνιακού δικτύου να επιχειρήσει να κάνει χρήση των υπηρεσιών του, την ίδια ακριβώς χρονική στιγμή με αποτέλεσμα την υπερφόρτωση του και την προσωρινή διακοπή λειτουργίας του.

Παράλληλα, ενέργειες άσχετες με το δίκτυο και τον φορέα αυτού ενδέχεται να επιφέρουν διακοπή στην ηλεκτροδότηση ενός συγκεκριμένου αριθμού σταθμών (του δικτύου) για τέτοιο χρονικό διάστημα, ώστε να τους θέσουν εκτός λειτουργίας στερώντας την δυνατότητα παροχής υπηρεσιών.

Προβλήματα διάρθρωσης (configuration) δικτύου: πρόβλημα που εμφανίζεται συνήθως σε μεγάλης κλίμακας δίκτυα, όπου οι εγκατάσταση νέων εξαρτημάτων όπως εξυπηρετητές ή οι αναβαθμίσεις παλαιότερων θα πρέπει να αφομοιωθούν από το υπάρχον δίκτυο και να παραμετροποιηθούν με τέτοιο τρόπο ώστε να αποδώσουν.

Προβλήματα επιδόσεων: ίσως το σημαντικότερο πρόβλημα για κάθε τύπο δικτύου, κατά το οποίο οι χρήστες δεν μπορούν να λάβουν αξιόπιστα τις υπηρεσίες, τις οποίες τους παρέχει το δίκτυο.

2.2 Συστήματα διαχείρισης δικτύων (NMS)

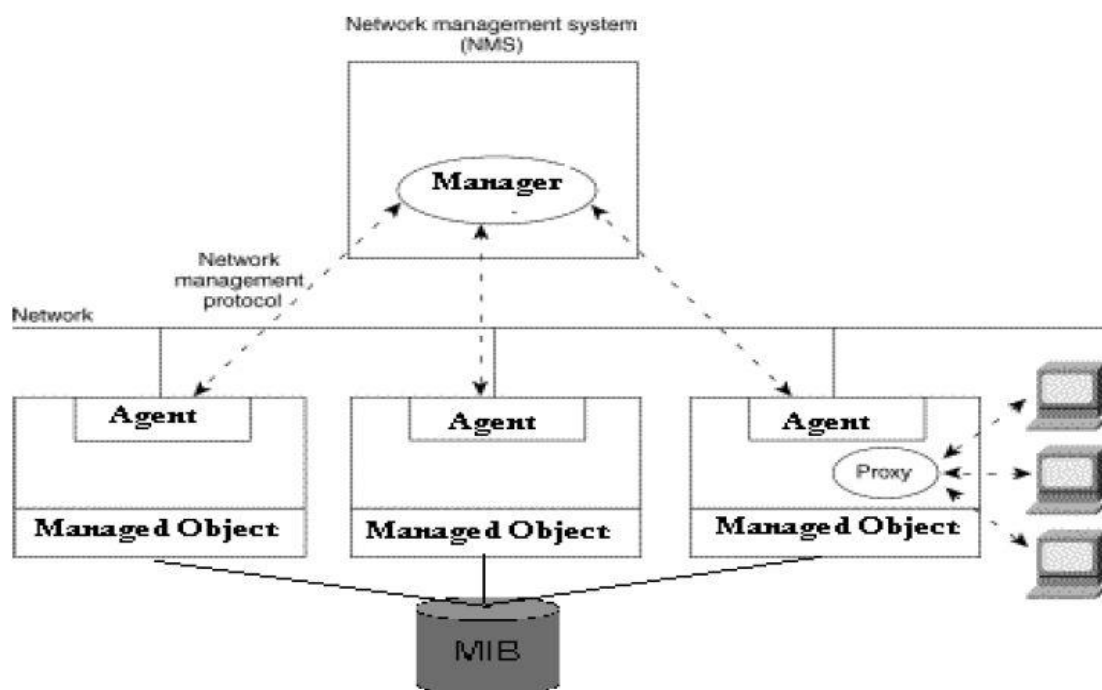
Ένα Σύστημα Διαχείρισης Δικτύων (NMS) είναι μια συλλογή εργαλείων για την παρακολούθηση και τον έλεγχο των δικτύων. Συνήθως, παρέχεται με GUI (Graphical User Interface), μέσω του οποίου μπορούν να γίνουν όλες οι λειτουργίες διαχείρισης.

Τα στάδια για την εξαγωγή της πληροφορίας είναι

1. Ο διαχειριστής (manager) στέλνει αιτήματα διαχείρισης σε έναν ή περισσότερους αντιπροσώπους (agents).
2. Ένας αντιπρόσωπος (agent) εκτελεί τη λειτουργία που ζητήθηκε και επιστρέφει το αποτέλεσμα.
3. Όταν οι agents ανιχνεύουν σφάλματα τα αναφέρουν στον manager.

2.2.1 Αρχιτεκτονική Συστήματος διαχείρισης.

Στην εικόνα 2.1 απεικονίζεται μια τυπική αρχιτεκτονική ενός συστήματος διαχείρισης.



Εικόνα 2.1 Αρχιτεκτονική Συστήματος Διαχείρισης Δικτύου (NMS)

Στο πρώτο επίπεδο της αρχιτεκτονικής αυτής εμφανίζεται

ο Διαχειριστής (Manager) : Ο όποιος αποτελεί το Software για παρακολούθηση και έλεγχο του δικτύου. Μπορεί να συλλέγει, να επεξεργάζεται και να αναλύει την πληροφορία διαχείρισης, ενώ παράλληλα αλληλεπιδρά με τον υπεύθυνο της διαχείρισης (συνήθως τον άνθρωπο) μέσω κατάλληλου interface (GUI, BUI, CLI...). Στέλνει αιτήματα προς τον αντιπρόσωπο εκκινώντας τις ενέργειες για έλεγχο της συμπεριφοράς του δικτύου.

Ενδιάμεσα **ο Αντιπρόσωπος Διαχείρισης (Agent):** Ο όποιος αποτελεί τον μεσάζοντα ανάμεσα σε διαχειριστή και τα υπό διαχείριση αντικείμενα. Συγκεντρώνει τις πληροφορίες και τα στατιστικά από τα αντικείμενα που τελούν υπό διαχείριση επάνω σε δραστηριότητες σχετικές με την επικοινωνία και το δίκτυο και τα αποθηκεύει τοπικά.

Μπορεί να αποκρίνεται σε εντολές του Διαχειριστή, όπως π.χ. να στείλει τα στοιχεία που συγκεντρώσε στο Διαχειριστή, να αλλάξει μια τιμή, να παρέχει πληροφορίες για την εκάστοτε κατάσταση (status) ή να παράγει τεχνητή κίνηση για πραγματοποίηση κάποιου τεστ κ.ά.

Στο προτελευταίο επίπεδο εμφανίζονται **τα Αντικείμενα Υπό διαχείριση (Managed Objects)**. Είναι στοιχεία του δικτύου που τελούν υπό διαχείριση (π.χ. κάρτα δικτύου), στα στοιχεία αυτά είναι απαραίτητη η ύπαρξη ενσωματωμένου αντιπροσώπου διαχείρισης, που περιλαμβάνει ολόκληρο ή και μέρος μίας ή περισσότερων παραμέτρων του στοιχείου που τελεί υπό διαχείριση.

Τα διαχειριζόμενα αντικείμενα μπορεί να έχουν ποικίλα interfaces διαχείρισης

- Κάποια με διαφορετικά πρωτόκολλα διαχείρισης (π.χ. OSI vs. SNMP, XML vs. SNMP)
- Κάποια ιδιόκτητα (proprietary) interfaces διαχείρισης (π.χ. παλιότερα συστήματα)
- Μικρά συστήματα χωρίς δυνατότητα υποστήριξης διαχείρισης (π.χ. modems)

Σε αυτές τις περιπτώσεις οι **Πληρεξούσιοι Αντιπρόσωποι (Proxy Agents)**, χρησιμοποιώντας ιδιόκτητα πρωτόκολλα για επικοινωνία με ιδιόκτητες συσκευές πραγματοποιούν μεταφράσεις μεταξύ των managers και των ιδιόκτητων συσκευών

Η Βάση Πληροφοριών Διαχείρισης (Management Information Base – MIB): Έχει συγκεκριμένη δομή και σημασιολογία (Information Model) και αποθηκεύει ποσοτικά δεδομένα, τμήματα πληροφοριών που σχετίζονται με τα υπό διαχείριση αντικείμενα

Η Αρχιτεκτονική των συστημάτων διαχείρισης διακρίνεται σε

- **Συγκεντρωτική**
- **Ιεραρχική**
- **Κατανεμημένη**

2.3 Εμπορικά Συστήματα διαχειρίσεις Δικτύων

Το δίκτυο ενός τηλεπικοινωνιακού οργανισμού και οι υποδομές αυτού, έχουν γίνει μερικά από τα πιο κρίσιμα στοιχεία της επιχειρηματικής στρατηγικής του. Όλοι οι τηλεπικοινωνιακοί οργανισμοί αντιλαμβάνονται την άμεση και ουσιαστική εξάρτηση της διαθεσιμότητας του δικτύου και της αδιάλειπτης παροχής υψηλής ποιότητας υπηρεσιών, λαμβάνουν έναν αριθμό προληπτικών μέτρων που αποσκοπούν στην όσο το δυνατόν γρηγορότερη πρόβλεψη και επίλυση προβλημάτων, τα οποία μπορεί να προκύψουν ελαχιστοποιώντας τις επιπτώσεις, που αυτά μπορούν να δημιουργήσουν στη παραγωγικότητα αλλά και στα έσοδα τους.

Σύγχρονες σουίτες εργαλείων αξιοποιώντας ένα ισχυρό, προσιτό, αλλά και εύκολο στην χρήση, δικτυακό εργαλείο διασφαλίζουν στους χρήστες (users) που έχουν αναλάβει την επόπτευση του δικτύου, την πρόληψη αλλά και την όσο δυνατόν αμεσότερη ανταπόκριση. Ο χρήστης γνωρίζει την κατάσταση του δικτύου, έτσι ώστε να μπορεί να ανταποκριθεί γρήγορα στις αλλαγές του.

Στη συνέχεια του κεφαλαίου αυτού θα γίνει αναφορά σε μερικά εμπορικά προγράμματα, τα οποία χρησιμοποιούνται από μεγάλους τηλεπικοινωνιακούς οργανισμούς.

2.3.1 Πρόγραμμα WhatsUp gold

Το Whatsup gold αξιοποιώντας πρωτοκόλλα SNMP v1/2/3 και όργανα διαχείρισης (WMI), επιτρέπει την παρακολούθηση και προειδοποίηση (Alert) της κατάστασης της υποδομής του δικτύου και ενημερώνει όταν προκύπτουν θέματα.

Μερικά από τα χαρακτηριστικά του WhatsUp Gold είναι:

- Παρακολούθηση δικτύου σε πραγματικό χρόνο, με άμεσα γραφήματα απόδοσης (εκδόσεις Premium και Distributed)
- Αυτοματοποιούμενη ταχύτατη ανίχνευση δικτύου (network discovery) και αναπαράσταση τοπολογίας σε διαδραστικούς χάρτες
- Στιγμιαία και συνεχής παρακολούθηση και διαχείριση δικτύου, συστημάτων και εφαρμογών
- Windows και web-based management interfaces
- Ειδοποιήσεις για κάθε συμβάν, με οπτική ένδειξη και email
- Απλοποιημένη εγκατάσταση και εύκολη διαχείριση που δεν απαιτεί εξειδικευμένες γνώσεις

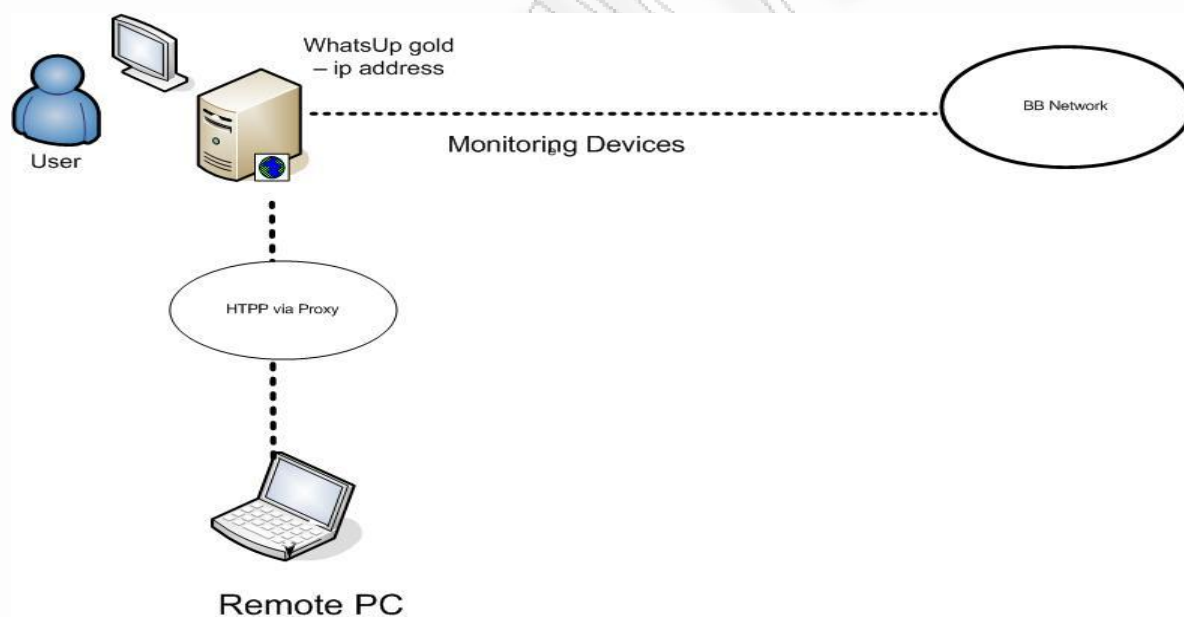
Το WhatsUp Gold WhatsConfigured διαχειρίζεται απευθείας το configuration των δικτυακών συσκευών (switches & routers). Τα configuration όλων των δικτυακών

συσκευών ανακτώνται αυτόματα και αποθηκεύονται στη βάση του WhatsUp, επιτρέποντας αφενός, την παρακολούθηση των αλλαγών που γίνονται στις συσκευές σε πραγματικό χρόνο και αφετέρου, την εφαρμογή αξιόπιστων προηγούμενων configurations, στην περίπτωση που κάποια συσκευή χάσει το configuration της από σφάλμα υλικού ή χρήστη.

Το WhatsUp Gold WhatsConnected κατασκευάζει χάρτες δικτύου βάσει της τοπολογίας των συσκευών. Μπορεί και κατασκευάζει χάρτες βάσει τοπολογίας Layer 2 και 3 αυτόματα, χωρίς παρέμβαση του χρήστη, οι οποίοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν άμεσα για την παρακολούθηση του δικτύου.

Το WhatsUp Gold Netflow Monitor συγκεντρώνει δεδομένα Netflow από switches και routers, καθιστώντας δυνατή την ανάλυση της κίνησης μέσα στο δίκτυο. Παρέχει πολύτιμες πληροφορίες σχετικά με τις εφαρμογές που τρέχουν στο δίκτυο και πόσο bandwidth καταναλώνεται από τους χρήστες.

Ο χρήστης μπορεί να συνδέθει απευθείας ή μέσω remote στο τερματικό, το οποίο τρέχει την εφαρμογή και να συγκεντρώσει τις πληροφορίες που τον ενδιαφέρουν ή να παρατηρήσει την κατάσταση του δικτύου



Εικόνα 2. 2 Τοπολογία Whatsup gold

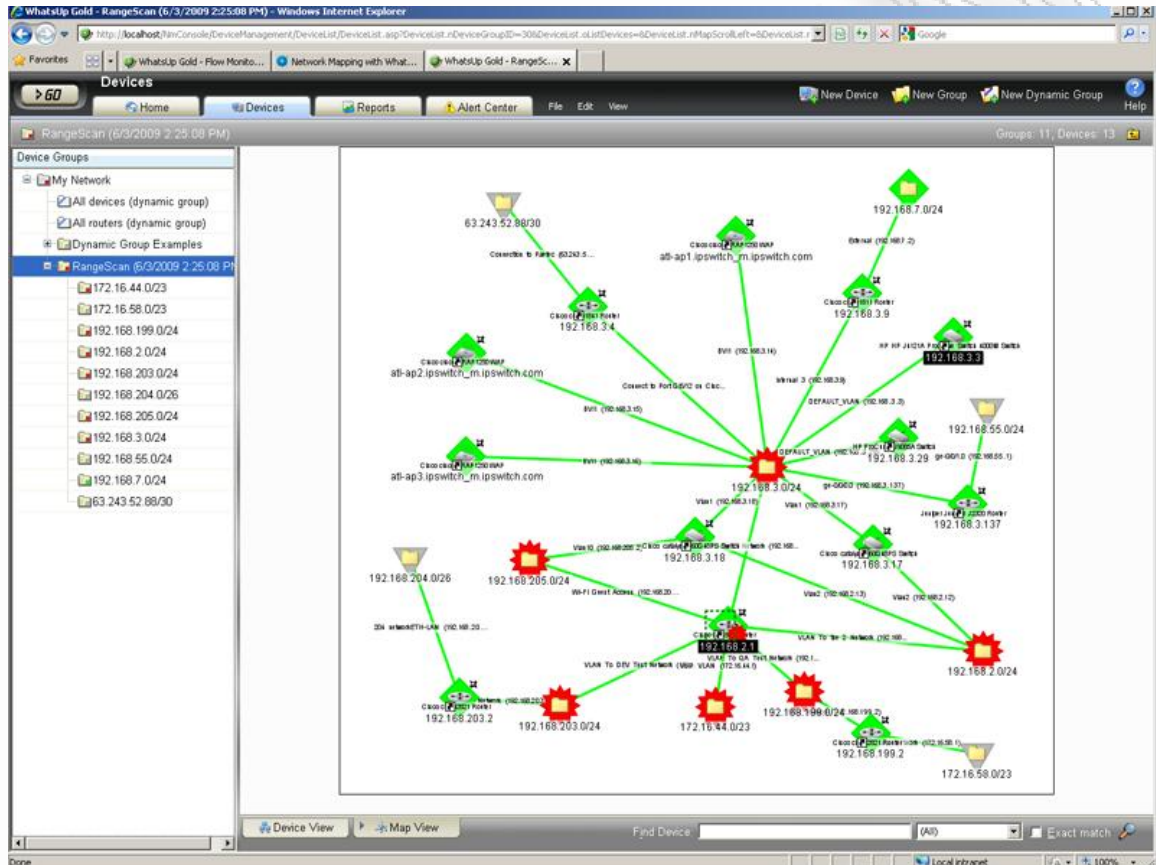
2.3.2 Φιλοσοφία Προγράμματος

Ο χρήστης μέσω του **map view** μπορεί να παρατηρήσει την logical topology του δικτύου, σχεδιασμένη με βάση την physical topology. Εκτός από το map view, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει και το **device view**. Παρουσιάζοντας όλες τις συσκευές του core δικτύου, σε δενδροειδή στοίχιση (Routers, Switches Firewalls).

Κάθε μία συσκευή, χαρακτηρίζεται από 3 διαφορετικά χρώματα, βάση του status:

1. **Κόκκινο:** Όταν υπάρχει απώλεια είτε της διαχείρισης, είτε τη συσκευής.

2. **Κίτρινο:** Το σύστημα έχει κάνει broadcast και βλέπει ότι η συσκευή ή κάποιο element της δεν αποκρίνεται. Όταν ξανακάνει broadcast και δεν αποκριθεί, τότε γυρίζει σε κόκκινο.
3. **Πορτοκαλί:** Η συσκευή είναι out of service λόγω συντήρησης ή εγκατάστασης.



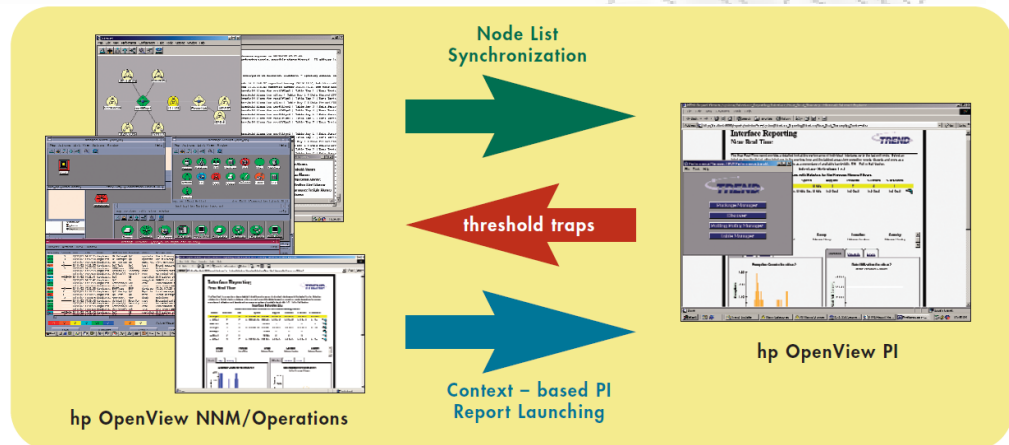
Εικόνα 2. 3 Απεικόνιση δικτύου στο whatusp gold

Κάνοντας δεξί click σε κάποια συσκευή και στη συνέχεια στο Device Status, ο χρήστης μεταφέρεται στο monitor της συσκευής, όπου μπορεί να εντοπίσει, τι Interface είναι συνδεδεμένα στη συσκευή αυτή, ποια από αυτά είναι up ποια down, ενώ παράλληλα από το σημείο αυτό μπορεί να έχει πρόσβαση στην κονσόλα της εκάστοτε συσκευής (αν υπάρχει), web interface (αν υπάρχει). Τέλος, μπορεί να πραγματοποιήσει εντολές ping και traceroute προς τις συσκευές αυτές.

2.3.3 Παρόμοια εργαλεία διαχείρισης

Σήμερα κυκλοφορούν αρκετά τέτοια εργαλεία διαχείρισης δικτύου, είτε για επαγγελματική χρήση (μεγάλα δίκτυα εταιριών, Πανεπιστημίων), είτε για ερασιτεχνική (μικρά δίκτυα). Μερικά από αυτά είναι τα εξής:

- Το OpenView Network Node Manager της HP πρόκειται για μία πλατφόρμα διαχείρισης δικτύου μέσω του πρωτοκόλλου IP βασισμένη στα δεδομένα του πρωτοκόλλου SNMP. Τα προγράμματα OpenView Network Node Manager και Network Node Manager Extended Topology περιλαμβάνουν ευφυή διαγνωστικά εργαλεία, τα οποία διευκολύνουν τον προσδιορισμό και την επίλυση καταστάσεων.



HP OpenView Network Node Manager – Performance Insight integration

Εικόνα 2. 4 HP OpenView Network Node Manager

- Από την εταιρεία Sun Microsystems, τα Solstice Domain, Site Manager και SunNet Manager
- Από την εταιρεία IBM, το Tivoli NetView
- Από την εταιρεία Cisco, το CiscoWorks
- Από την εταιρεία Novell, το ManageWise
- Από την εταιρεία Pure Networks, το Network Magic (διαθέτει περιορισμένες δυνατότητες)

Τα παραπάνω εργαλεία πρέπει να παρέχουν πολλές δυνατότητες ελέγχου και διαχείρισης του δικτύου στον διαχειριστή, αλλά πάντα μέσα από ένα εύκολο και χρηστικό περιβάλλον εργασίας. Δηλαδή, μας ενδιαφέρει να μπορεί ο διαχειριστής να καταλάβει την κατάσταση ενός δικτύου μόνο με μία ματιά στο χάρτη του δικτύου, και από εκεί και πέρα –αν χρειάζεται- να προβεί στις κατάλληλες ρυθμίσεις των συσκευών που ανήκουν στο δίκτυο που ελέγχει και επιτηρεί.

Βιβλιογραφία 2 κεφαλαίου

1. T. Saydam, T.Magedanz, "From Networks and Network Management into Service and Service Management," Journal of Networks and Systems Management, vol. 4, No. 4 (Dec 1996), pp. 345-348].
2. Δρ. Κ. Τσαγκάρης, "Εισαγωγή στη Διαχείριση Τηλεπικοινωνιακών Δικτύων και Υπηρεσιών (Μέρος Α΄)", Π.Μ.Σ Τεχνοοικονομική Διοίκηση Ψηφιακών Συστημάτων, 1η Διάλεξη (Οκτ 2010).
3. Δρ. Κ. Τσαγκάρης, "Εισαγωγή στη Διαχείριση Τηλεπικοινωνιακών Δικτύων και Υπηρεσιών (Μέρος Β΄)", Π.Μ.Σ Τεχνοοικονομική Διοίκηση Ψηφιακών Συστημάτων, 1η Διάλεξη (Οκτ 2010).
4. <http://www.whatsupgold.com/support/>.
5. <http://gr.innova-sa.eu/oss-a-it/ipswitch-whats-up-gold.html>.

Κεφάλαιο 3

3. Συντήρηση και εποπτεία φυσικού μέσου

Όπως προαναφέραμε η εποπτεία και η διαχείριση του ενεργού εξοπλισμού, πρέπει να συνοδεύεται από την άριστη κατάσταση των παθητικών μερών του δικτύου που δεν είναι άλλα από τα οπτικά καλώδια (συνηθέστερα) που αποτελούν το Back bone και μεταφέρουν όλη την ευαίσθητη πληροφορία του δικτύου και κατ' επέκταση του τηλεπικοινωνιακού οργανισμού.

Στην κατεύθυνση αυτή ένας μεγάλος αριθμός τηλεπικοινωνιακών παρόχων επιλέγει την λύση των συμβολαίων συντήρησης ορισμένου χρόνου, όπου ο ανάδοχος είναι υποχρεωμένος να τηρεί κάποιες υποχρεώσεις σχετικές με την συντήρηση του παθητικού εξοπλισμού.

3.1 Το Διεθνές πρότυπο ISO / IEC 11801

Σε μια τηλεπικοινωνιακή εγκατάσταση, η σημασία της καλωδιακής υποδομής (χαλκός-οπτική ίνα) είναι παρόμοια με εκείνη άλλων βασικών χαρακτηριστικών του κτιρίου, όπως η θέρμανση, ο φωτισμός και το ρεύμα. Η κακή ποιότητα των υπηρεσιών λόγω έλλειψης πρόβλεψης σχεδιασμού, χρήσης ακατάλληλων συστατικών, κακής εγκατάστασης ή κακής διαχείρισης μπορεί να απειλήσει την αποτελεσματικότητα ενός οργανισμού.

Το Διεθνές πρότυπο ISO / IEC 11801 προσδιορίζει τα γενικά χαρακτηριστικά των τηλεπικοινωνιακών συστημάτων που είναι κατάλληλα για ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών και καλύπτει τόσο την καλωδίωση χαλκού όσο και οπτικών ινών. Τα χαρακτηριστικά αυτά παρουσιάζονται στους πίνακες της ενότητας αυτής.

Όπως προαναφέραμε και στο προηγούμενο κεφάλαιο ανάλογα με τον τύπο της ίνας αλλά και το μήκος κύματος έχουμε τις παρακάτω μέγιστες επιτρεπτές απώλειες ανά χιλιόμετρο.

Optical fibre type size and grade	Wavelength (nm)	Fibre attenuation coefficient (dB/km)
Multimode 62.5µm (OM1)	850	3.5
	1300	1.5
Multimode 50µm (OM2)	850	3.5
	1300	1.5
Multimode 50µm (OM3)	850	3.5
	1300	1.5
Multimode 50µm (OM4 TBC)	850	1.5
	1300	3.5
Singlemode (OS1)	1310	0.35
	1550	0.21
Singlemode (OS2)	1310	0.35
	1550	0.21

Πίνακας 3. 1 Μέγιστες επιτρεπτές απώλειες οπτικού καλωδίου ανά Km

Παράλληλα με το μήκος της οπτικής ίνας κατά την διάρκεια μια οπτικής διασύνδεσης πραγματοποιούνται συγκολλήσεις οπτικών ινών (Splices) αλλά και ενώσεις κονεκτόρων (Patching) ,οι οποίες αυξάνουν την απώλεια της ζεύξης .Οι συνολικές μέγιστες τιμές παρουσιάζονται στον πίνακα 3.2

Event	Max Loss (dB)
Connector Multimode	0.75
Connector Singlemode	0.75
Splice Multimode	0.30
Splice Singlemode	0.30

Πίνακας 3. 2 Συνολικές απώλειες Splicing & Patching

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να σημειωθεί πως τα στοιχεία που παρατίθενται από τα πρότυπα ISO11801 & EN50173. TIA-568 είναι σχεδόν παρόμοια .Σίγουρα οι τιμές, οι οποίες παρουσιάζονται από τα διάφορα κατασκευαστικά πρότυπα αποτελούν τις μέγιστες αποδεκτές επιτρεπτές τιμές απωλειών. Παρόλα αυτά, ένας ρεαλιστικότερος πίνακας από άποψης μεγίστων τιμών για κάθε τύπο απώλειας που μπορούμε να συναντήσουμε σε μια οπτική ζεύξη είναι ο **πίνακας 3.3**

	Single mode	Multi mode
850nm	N/A	3.5dB/Km
1300nm	N/A	1.0dB/Km
1310nm	$\leq 0.3\text{dB/Km}$	N/A
1550nm	$\leq 0.2\text{dB/Km}$	N/A
1625nm	$\leq 0.15\text{dB/Km}$	N/A
Splices (typical 0.05dB Max)	Mechanical or Fusion Splice Losses 0.1dB Max. Video 0.3dB Max. Voice/Data	
Connectors (typical 0.2~0.3dB Max)	0.75dB Max 0.5dB Average.	

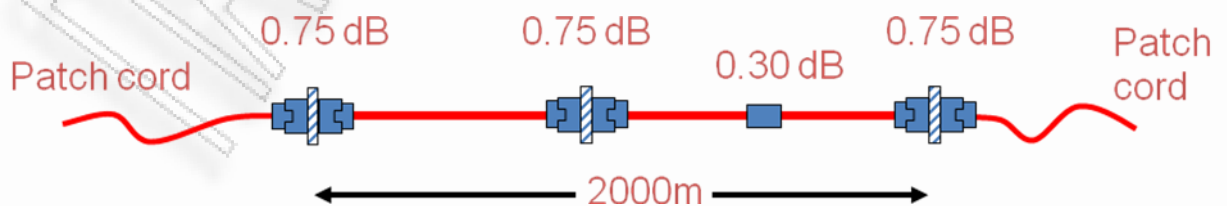
Πίνακας 3. 3 Ενδεικτικές τιμές απωλειών πεδίου

3.2 Υπολογισμός απωλειών οπτικής ζεύξης

Θεωρητικά κάνοντας χρήση των μέγιστων επιτρεπτών ορίων που μας υποδεικνύουν τα διάφορα πρότυπα κατασκευής, μπορούμε να υπολογίσουμε τις μέγιστες απώλειες της ζεύξης μας. Τι γίνεται όμως στο πεδίο, εκεί όπου δεν είμαστε σίγουροι για το ακριβές μήκος των καλωδίων ή για τις ακριβείς απώλειες των παθητικών μερών (Connectors ,Splicing , απωλίες καλωδίου) .

3.2.1 Θεωρητικός υπολογισμός συνολικών απωλειών οπτικής ζεύξης

Στην εικόνα 3.1 που ακολουθεί παρουσιάζεται μια οπτική ζεύξη, η οποία λειτουργεί στα 1300nm και έχει μήκος 2Km.



Εικόνα 3. 1 Οπτική ζεύξη

Στη ζεύξη αυτή έχουμε τρεις ενώσεις με connectors (patching) καθώς και μια οπτική κόλληση. Οι συνολικές μέγιστες απώλειες διαμορφώνονται σύμφωνα με τα παραπάνω ως εξής

Connector dB	= 0.75 x 3	2.25 dB
Splice dB	= 0.3 x 1	0.3 dB
Length dB	= 1.0 x 2km	2.0 dB/km
Total:		= 4.55dB

Αν στη παραπάνω οπτική ζεύξη είχαμε κάποιο παθητικό οπτικό διαχωριστή (Splitter) τότε οι απώλειες μας θα προσαρμόζονταν σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα

Splitting ratio	No.of users	Power Per user (%)	Loss Calculation (dB)	Insertion loss (dB)
1:2	2	50	-3.01	-3
1:4	4	25	-6.02	-6
1:8	8	12	-9.03	-9
1:16	16	6.25	-12.04	-12
1:32	32	3.13	-15.04	-15
1:64	64	1.56	-18.07	-18
1:128	128	0.78	-21.08	-21

Πίνακας 3. 4 Απώλειες Οπτικού σήματος από τη χρήση διαχωριστή

3.2.2 Υπολογισμός συνολικών απωλειών οπτικής ζεύξης με την χρήση Optical Time-Domain Reflectometer OTDR (υπολογισμός πεδίου)

Το OTDR είναι ένα όργανο που χρησιμοποιείται ευρέως για τον έλεγχο ποιότητας εγκατεστημένων ή προς εγκατάσταση καλωδίων και τον ευρύτερο χαρακτηρισμό τους, όσον αφορά τις απώλειες που εμφανίζουν κατά το μήκος τους. Είναι ιδιαίτερα χρήσιμο στην διαδικασία εύρεσης σημείων που προκαλούν τη διακοπή μίας ζεύξης ή την υπερβολική υποβάθμισή της από πλευράς ισχύος. Ένα τυπικό OTDR εικονίζεται στην εικόνα 3.2



Εικόνα 3. 2 OTDR

Συγκεκριμένα η χρησιμότητά τους αναδεικνύεται σε μια σειρά από μετρήσεις όπως:

1. Μέτρηση αποστάσεων
2. Μέτρηση εξασθένησης οπτικών ινών, οπτικών ζεύξεων, συγκολλήσεων και συνδέσεων
3. Ανίχνευση τοπικών διαταραχών εξασθένησης
4. Μέτρηση ανακλάσεων σε συνδέσεις ή στο τέλος μίας οπτικής ζεύξης.

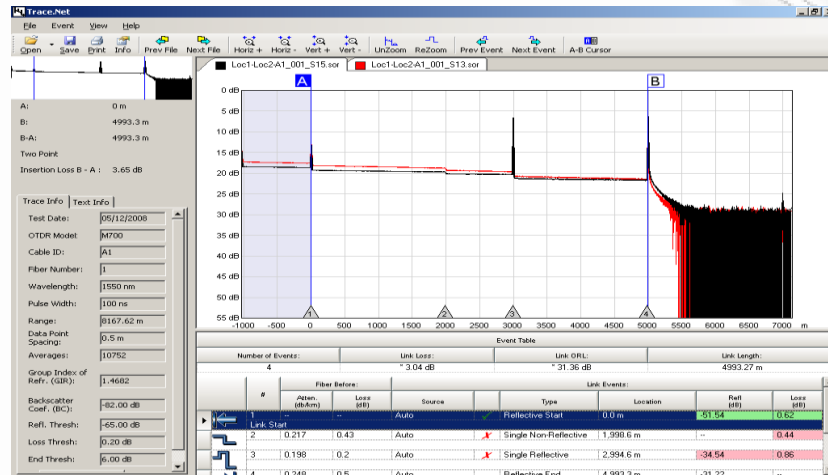
Στο σημείο αυτό θα πρέπει να αναφέρουμε ότι το κατ'εξοχήν αξιόπιστο όργανο υπολογισμού της ακριβούς απώλειας μιας οπτικής ζεύξης, δεν είναι άλλο από το Power meter, το οποίο υπολογίζει την συνολική απώλεια υστερώντας όμως στον εντοπισμό προβλημάτων διακοπής αλλά και υποβάθμισης της οπτικής ζεύξης.

3.2.2.1 Αρχή Λειτουργίας του OTDR

Όπως προκύπτει και από το όνομα του οργάνου, το OTDR (**Optical Time-Domain Reflectometer**) λειτουργεί με βάση τη διάδοση φωτός κατά τη διάρκεια συγκεκριμένου χρονικού διαστήματος.

Μία γεννήτρια σχετικά στενών ηλεκτρικών παλμών (π.χ. 0.01μs έως 0.1μs) παράγει τους παλμούς αυτούς ανά συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα. Οι παλμοί αυτοί οδηγούν μία διοδική πηγή Laser, η οποία παράγει μία διαμορφωμένη δέσμη φωτός που στέλνεται μέσω ενός κατευθυντικού συζεύκτη στην οπτική ίνα. Λόγω των εγγενών ανωμαλιών που χαρακτηρίζουν την οπτική ίνα αλλά και λόγω ασυνεχειών (συνδετήρες, συγκολλήσεις, τέλος μίας ζεύξης) κατά τη διάδοση, συγκεκριμένη ποσότητα φωτός θα επιστρέψει στο όργανο μέσω σκέδασης Rayleigh ή ανακλάσεων. Η επιστρεφόμενη δέσμη θα ανιχνευθεί από μία φωτοδίοδο χιονοστιβάδας (Avalanche Photodiode, APD) και το ηλεκτρικό σήμα που θα παραχθεί από αυτή ενισχύεται από ενισχυτική βαθμίδα και γίνεται αντικείμενο επεξεργασίας από εσωτερικό μικροϋπολογιστή. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται πολλές φορές και έτσι τα αποτελέσματα που προβάλλονται στην οθόνη του οργάνου προκύπτουν από στατιστική επεξεργασία. Η ισχύς του σήματος απεικονίζεται στον κάθετο άξονα του οργάνου και η απόσταση, που έχει υπολογισθεί από το χρόνο διάδοσης στον οριζόντιο.

Το σύστημα συντεταγμένων απεικονίζεται μαζί με άλλα χρήσιμα στοιχεία στην οθόνη του οργάνου. Στην επόμενη εικόνα απεικονίζεται ένα πρότυπο της μέτρησης που διενεργεί το OTDR. Στην επόμενη παράγραφο θα δούμε με ποιο ακριβώς τρόπο μπορεί και εξάγει συμπεράσματα για τα διάφορα μεγέθη που καλείται να αξιολογήσει.



Εικόνα 3. 3 Διάγραμμα OTDR

3.2.2.2 Μέτρηση Απόστασης ίνας

Με τη χρήση ενός OTDR είναι δυνατό να προσδιοριστεί το μήκος μίας οπτικής ζεύξης με ιδιαίτερα υψηλή ακρίβεια. Η μέτρηση αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική επίσης, για να προσδιορισθεί το σημείο διακοπής μίας ζεύξης ή εισαγωγής υψηλής εξασθένησης. Η μέτρηση επιτυγχάνεται έμμεσα μέσω της παρακάτω σχέσης:

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

Εξίσωση 2

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 ουσία το όργανο μετράει το χρόνο διάδοσης και επιστροφής της φωτεινής δέσμης και έχοντας μία τιμή του δείκτη διάθλασης **n** υπολογίζει το μήκος με βάση τη σχέση (2). Είναι λοιπόν προφανές ότι η σωστή επιλογή δείκτη διάθλασης παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην ακρίβεια της μέτρησης .

3.2.2.3 Απώλεια Οπτικής Ισχύος – Εξασθένηση

Η απώλεια οπτικής ισχύος σε ένα διάστημα μπορεί να υπολογιστεί αφαιρώντας τα επίπεδα ισχύος των δύο σημείων που ορίζουν το διάστημα με βάση την απλή σχέση.

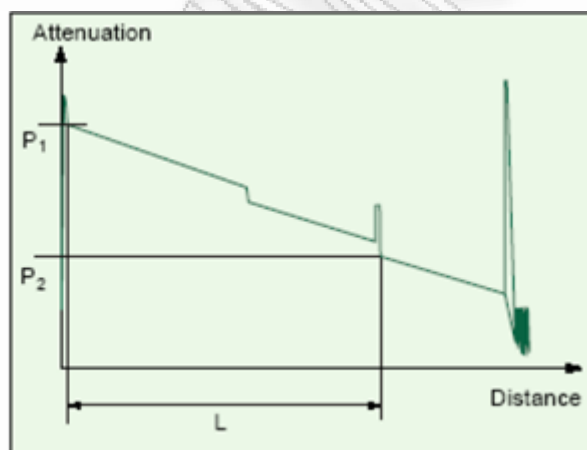
$$A = P_1 - P_2 \text{ (dB)}$$

Εξίσωση 3

Η εξασθένηση αντίστοιχα υπολογίζεται διαιρώντας με το αντίστοιχο διάστημα

$$\alpha = \frac{P_1 - P_2}{L} \text{ (dB/km)}$$

Εξίσωση 4



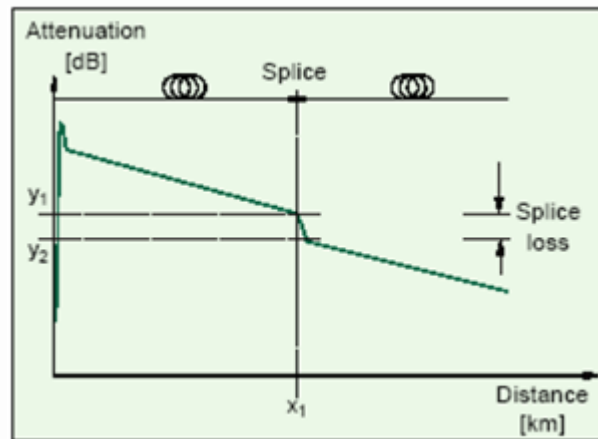
Εικόνα 3. 4 Υπολογισμός της εξασθένησης στην οπτική ζεύξη

3.2.2.4 Μέτρηση της Εξασθένησης σε μία συγκόλληση ή ένα συνδετήρα

Όπως φαίνεται σε προηγούμενες εικόνες στην οθόνη του OTDR φαίνεται πώς εξασθενεί η ισχύς σε ένα τμήμα οπτικής ζεύξης. Αν η ζεύξη περιέχει συγκολλήσεις ή συνδέσεις, αυτές θα εμφανιστούν σαν «γόνατα» στην καμπύλη, όπως και στην εικόνα 3.5.

Η απώλεια της συγκόλλησης ή της σύνδεσης μπορεί να προσδιοριστεί μετρώντας την υποβάθμιση της ισχύος στα δύο σημεία του «γονάτου».

$$A(\text{συγκόλλησης}) = y_1 - y_2$$



Εικόνα 3. 5 Υπολογισμός απωλειών συγκόλλησης

3.3 Συντήρηση Δικτύου

Η προληπτική συντήρηση σε συνδυασμό με την προγραμματισμένη συντήρηση / επέμβαση των εγκαταστάσεων και του εξοπλισμού, στοχεύει στο να ελεγχθεί η κατάσταση του δικτύου και της υποδομής μέσω των περιοδικών επιθεωρήσεων περιοχών και διαδρομών προκειμένου να

- προβλεφθούν πιθανές ελαττωματικές καταστάσεις λόγω της κανονικής φθοράς ή εξαιρετικών γεγονότων (αστικές εργασίες, ακραίος καιρός κ.λπ.)
- να βελτιωθεί η ζωή του εξοπλισμού και να ελαχιστοποιηθούν η Διορθωτική Συντήρηση και οι τυχόν διακοπές του Συστήματος.

Και μπορεί να περιλαμβάνει κατ' ελάχιστο

- την επιθεώρηση και συντήρηση του δικτύου,
- τον καθαρισμό φρεατίων και την οπτική επιθεώρηση διαδρομών,
- έλεγχο εργασιών τρίτων
- μετρήσεις Optical (OTDR) .

Ο ανάδοχος μια τέτοιας σύμβασης θα πρέπει να είναι σε θέση 24 ώρες το 24ωρο να καλύψει τις ανάγκες ενός ιδιαίτερα απαιτητικού συμβολαίου με το ανάλογο υψηλό κόστος για την εταιρία.

Το σύνολο των τηλεπικοινωνιακών παρόχων επιλεγεί τη λύση των συμβολαίων συντήρησης προκειμένου, να μπορέσει να διατηρήσει το φυσικό δίκτυο του σε μια καλή κατάσταση λειτουργίας. Παρόλα αυτά, στις μέρες μας έχουν αναπτυχτεί

αξιόλογα συστήματα τα οποία μπορούν και ενημερώνουν τον χρήστη άμεσα για την κατάσταση και την «φθορά» του φυσικού μέσου που δεν είναι άλλο από την οπτική ίνα .Σε μερικά τέτοια συστήματα θα αναφερθούμε στην συνέχεια του κεφαλαίου .

3.4 Συστήματα απομακρυσμένου έλεγχου οπτικών δικτύων

Στις μέρες μας η χωρητικότητα και η ταχύτητα ορίζονται ως οι δυο λέξεις κλειδιά για την ανάπτυξη δικτύων, τα οποία θέλουν να παρέχουν από οικιακή πρόσβαση στο Internet έως ασφαλείς B2B εφαρμογές. Οι σύγχρονοι μηχανικοί δικτύων , θέτοντας ως προτεραιότητα τους την ασφάλεια (του δικτύου), βρίσκονται καθημερινά αντιμέτωποι με την εκθετική αύξηση της τηλεπικοινωνιακής κίνησης , η οποία απαιτεί ελάχιστους χρόνους αποκατάστασης.

Είναι πλέον αυτονόητο ότι η αύξηση του ανταγωνισμού για την εξασφάλιση όσο το δυνατόν περισσότερων τηλεπικοινωνιακών πελατών, προϋποθέτει δέσμευση για την αξιοπιστία του δικτύου. Τα στοιχεία δείχνουν ότι στην Αμερική οι κυρώσεις από τα διαστήματα διακοπής (downtime) φθάνουν τα \$ 10 000 ανά κανάλι ανά λεπτό. Επομένως για μια σύνδεση με 80-κανάλια και για μόλις μία ώρα, η απώλεια για τον οργανισμό θα μπορούσε να ανέλθει σε 48 εκατομμύρια δολάρια.

Εύκολα αποδεικνύεται λοιπόν, ότι οι εταιρίες μπορούν να αποσβέσουν την επένδυση των RFTS (Remote Fiber Test systems) σχεδόν από την πρώτη διακοπή καλωδίων και να διατηρήσουν τους πελάτες τους ικανοποιημένους.

3.5 Πλεονεκτήματα από την χρήση συστημάτων απομακρυσμένου έλεγχου οπτικών δικτύων

Σίγουρα η χρήση ενός τέτοιου συστήματος μπορεί να επιφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα για τον οργανισμό, αναφορικά θα μπορούσαμε να επισημάνουμε τα παρακάτω:

Ποιότητα των υπηρεσιών : Οι σύγχρονοι τηλεπικοινωνιακοί πάροχοι ανακαλύπτουν ότι το QoS (Ποιότητα των υπηρεσιών) στο επίπεδο της υπηρεσίας μπορεί να τους βοηθήσει στην απόκτηση μεγάλων και ισχυρών συμβολαίων, αλλά και σε μια ηγετική θέση στον κλάδο των τηλεπικοινωνιών . Η συνεχής παρακολούθηση του οπτικού δικτύου που αποσκοπεί στην όσο το δυνατόν καλύτερη παροχή υπηρεσιών, επιφέρει ένα στρατηγικό πλεονέκτημα στον οργανισμό, και εγγυάται την καλή λειτουργία του δικτύου του μέσω προληπτικών συντηρήσεων με λιγότερα λάθη και μικρότερο μέσο χρόνο για την επιδιόρθωση (MTTR).

Ασφάλεια των δικτύων : Η Συνεχής εποπτεία –παρακολούθηση του δικτύου μπορεί να αποτρέψει και να σταματήσει την είσοδο μη διαπιστευμένων χρηστών (hackers) σε ένα οπτικό δίκτυο. Όποιος επιχειρεί να αξιοποιήσει (παγιδεύσει) παράνομα μια οπτική ίνα, η οποία παρακολουθείται θα προκαλέσει κάποιο είδος απώλειας στην ζεύξη της ίνας αυτής . Η τιμή αυτή της απώλειας θα εντοπιστεί από την μονάδα OTDR του συστήματος επίβλεψης και αφού συγκριθεί με την τιμή, την οποία έχουμε ορίσει ως αναφορά ,και διαπιστωθεί ότι η τιμή αυτή δεν συνδέεται με κάποιο άλλο

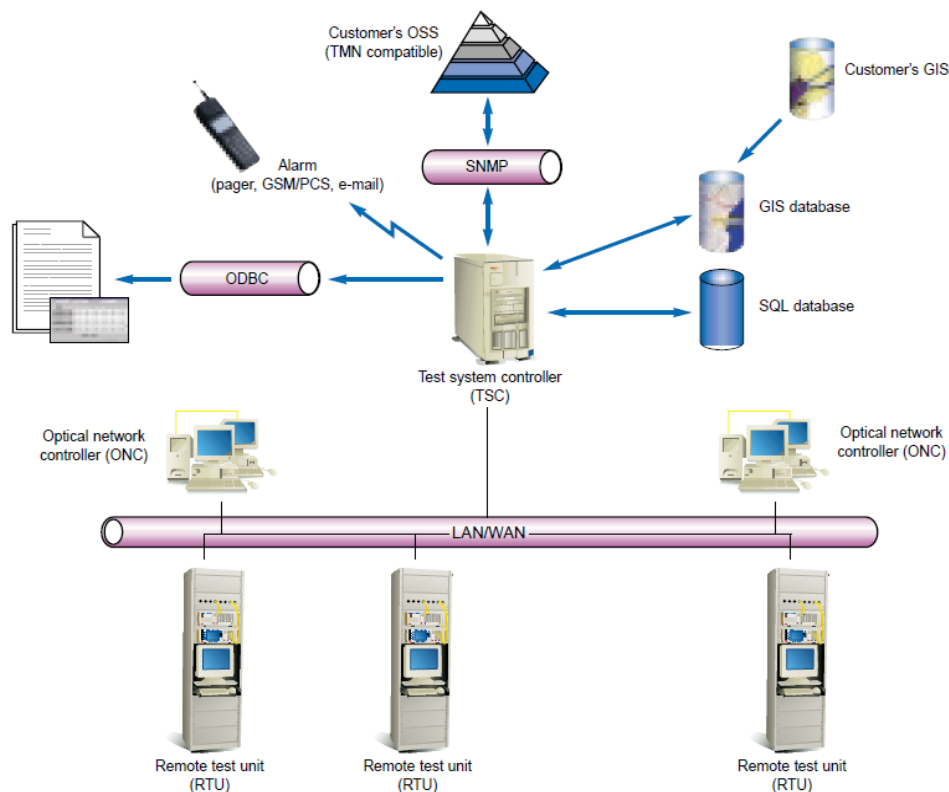
φαινόμενο στο δίκτυο , τότε ένας συναγερμός θα σημάνει και θα ενημερωθούμε άμεσα για την επίθεση.

Προληπτική συντήρηση : Επειδή η προληπτική συντήρηση είναι ζωτικής σημασίας στη διατήρηση ενός ελάχιστου διαστήματος διακοπής (downtime) στο δίκτυο. Με τις πληροφορίες που συγκεντρώνονται μέσω ενός συστήματος απομακρυσμένου έλεγχου, το προσωπικό συντήρησης μπορεί να διορθώσει μικρά προβλήματα πριν μετατραπούν σε μεγαλύτερα.

Μεγιστοποίηση της παραγωγικότητας : Μπορεί να απελευθερώσει το εξειδικευμένο προσωπικό της εταιρίας από άσκοπες ενέργειες, όπως την εύρεση του μήκους και του ονόματος του προβληματικού καλωδίου, βοηθώντας τους να επικεντρωθούν σε ζητήματα, τα οποία μπορούν και χειρίζονται καλύτερα όπως οι μέθοδοι –ενέργειες για την γρηγορότερη επίλυση του προβλήματος.

3.6 Πώς λειτουργούν τα συστήματα απομακρυσμένου έλεγχου οπτικών δικτύων

Η γενική αρχιτεκτονική λειτουργίας των συστημάτων απομακρυσμένου έλεγχου οπτικών δικτύων είναι πανομοιότυπη για το σύνολο των εφαρμογών, διατηρώντας πάντοτε κάποιες μικρές διαφοροποιήσεις στο Hardware αλλά και software του συστήματος. Τα βασικά χαρακτηριστικά των συστημάτων αυτών θα αναλύσουμε στην ενότητα αυτή.



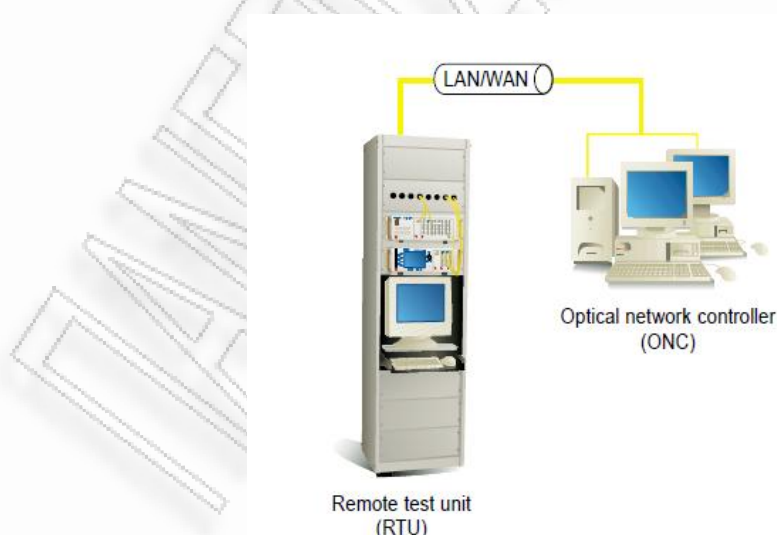
Εικόνα 3. 6 Αρχιτεκτονική RFTS

Τα RTUs (Remote Test Units) : Οι απομακρυσμένες μονάδες ελέγχου- δοκιμών (remote test units,) τοποθετούνται σε στρατηγικά σημεία του δικτύου προκειμένου, να καλύψουν όσο το δυνατόν μεγαλύτερη έκταση του . Κάθε RTU αποτελείται από ένα OTDR και ένα οπτικό δρομολογητή (switch) που συνδέει τις επιμέρους ίνες στο OTDR.

Test system controller Κάθε αναφορά (report) από το RTU δρομολογείται προς τον κεντρικό σταθμό (server) γνωστό και ως εκλεκτή συστήματος δοκιμών (test system controller TSC). Ο TSC αποθηκεύει το σύνολο των πληροφοριών από τα RTUs σε μια σχεσιακή βάση δεδομένων για περαιτέρω επεξεργασία ή τη δημιουργία SQL ερωτημάτων . Ο TSC παρέχει επίσης τη δυνατότητα επικοινωνίας των RTUs με τους οπτικούς ελεγκτές δικτύου (optical network controllers ONCs) για τους χρήστες οπουδήποτε στον τομέα αυτό.

Ανώτερα και κατώτερα όρια : Όταν το σύστημα μας ξεκινήσει την λειτουργία του, σε κάθε ίνα αποδίδεται η ανώτερη και κατώτερη τιμή απώλειας του OTDR . Αν κατά την εξέλιξη μιας OTDR μέτρησης το όριο αυτό παραβιαστεί, το σύστημα μας αυτομάτως δημιουργεί ένα alarm, το οποίο το δρομολογεί απευθείας στην ομάδα συντήρησης. Ο συναγερμός μπορεί να περιλαμβάνει και άλλες πληροφορίες, όπως η ημερομηνία και η ώρα του συμβάντος , η οπτική απόσταση από τη βλάβη, η τιμή της απώλεια, το κεντρικό γραφείο (Central Office), το όνομα των καλωδίων που εμπλέκονται κλπ.

24/7 monitoring : Κάθε ίνα που συνδέεται με έναν οπτικό δρομολογητή, παρακολουθείται από το OTDR 24 ώρες την ημέρα, 7 ημέρες την εβδομάδα. Κάθε κυματομορφή (trace) που απορρέει από το OTDR συγκρίνεται με μια προκαθορισμένη, που έχουμε ορίσει σαν αναφορά (reference trace), η οποία αντιπροσωπεύει την φυσιολογική κατάσταση λειτουργία της εν λόγω ίνας.



Εικόνα 3. 7 Διασύνδεση RTU με ONC

3.7 Ενσωμάτωση συστημάτων με το GIS συστήματα του οργανισμού

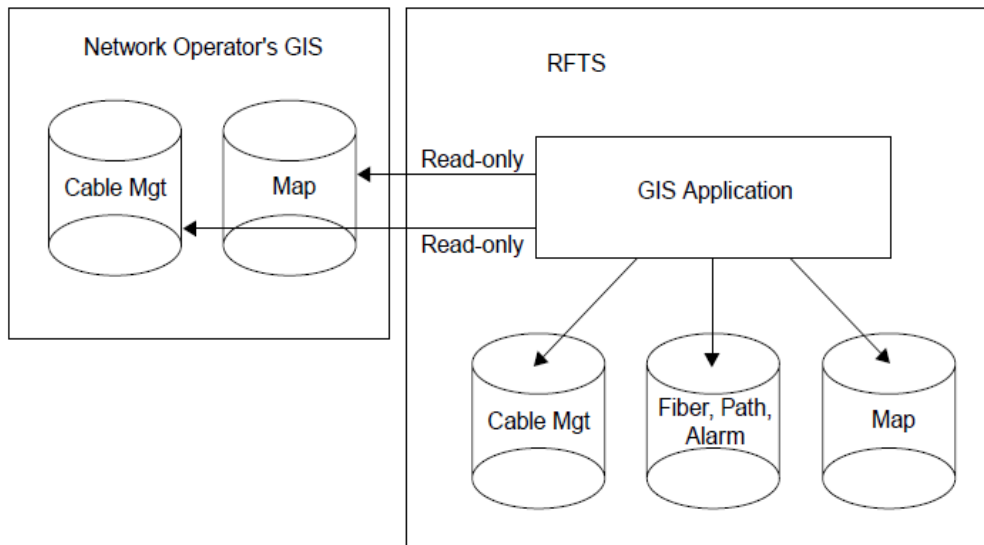
Σημαντικό πλεονέκτημα των εφαρμογών αυτών αποτελεί το γεγονός, ότι ένα σημαντικό μέρος των πληροφοριών μπορεί και πρέπει να εμφανίζεται γραφικά με τη χρήση γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών (GIS).

Ζητούμενο των RFTS συστημάτων είναι η ικανότητα να αλληλεπιδράσουν με τη γεωγραφική βάση δεδομένων του φορέα εκμετάλλευσης δικτύου. Ένα RFTS σύστημα πρέπει πάντα να σχεδιάζεται με μια ανοικτή αρχιτεκτονική αρκετά ευέλικτη, ώστε να μπορεί εύκολα να ενσωματωθεί και να συγχρονιστεί με ένα υπάρχον σύστημα υποστήριξης λειτουργίας (**Operation Support Systems, OSS**) και μια υπάρχουσα γεωπληροφορική (geomantic) βάση δεδομένων (συλλογή, αποθήκευση, επεξεργασία και παροχή γεωγραφικών πληροφοριών).

Η ενσωμάτωση ενός GIS συστήματος μας επιτρέπει να επεξεργαστούμε και να διαχωρίσουμε το δίκτυο μας με μια μόνο ματιά . Παρέχει μία εξαιρετικά ακριβή χαρτογράφηση των δεδομένων, η οποία περιλαμβάνει, παγκόσμιο σύστημα προσδιορισμού θέσης (GPS) ,συντεταγμένες των δικτυακών υποδομών καθώς και τη χαρτογράφηση των RTUs, και των οπτικών των καλωδίων του δικτύου, εμφανίζοντας στη οθόνη Alarms και στατιστικά.

Η υπάρχουσα GIS βάση δεδομένων του φορέα εκμετάλλευσης του δικτύου **πρέπει να** περιλαμβάνει δύο διαφορετικές βάσεις δεδομένων. Μια για τη διαχείριση καλωδίων, όπου ο διαχειριστής του δικτύου καταγράφει την αρχή και το τέλος μιας καλωδιακής διαδρομής καθώς και τα σημεία συγκόλλησης με τον αριθμό και το όνομα των οπτικών ινών που συγκολλούνται. Ενώ η δεύτερη **πρέπει να** περιλαμβάνει ένα φυσικό χάρτη, όπου ο διαχειριστής του δικτύου αντιστοιχίζει τις φυσικές θέσεις των διαφορετικών στοιχείων του δικτύου όπως ,καλώδια, φρεάτια, τα σημεία των POPs, τα κεντρικά γραφεία, τις οπτικές ενώσεις, τους οπτικούς ενισχυτές κλπ. Καθώς και ονόματα των δρόμων, τα κτίρια, ποτάμια, λίμνες, κλπ.

Η πρόσβαση στη GIS βάση δεδομένων που πρέπει να έχει ο χρήστης του RFTS πρέπει να είναι μόνο για ανάγνωση. Αυτό θα εμποδίσει κάθε τροποποίηση των δεδομένων που ήδη υπάρχουν, ενώ θα διευκολύνει την άμεση ανάγνωση και ενημέρωση των αλλαγών στο σύνολο των GIS δεδομένων .



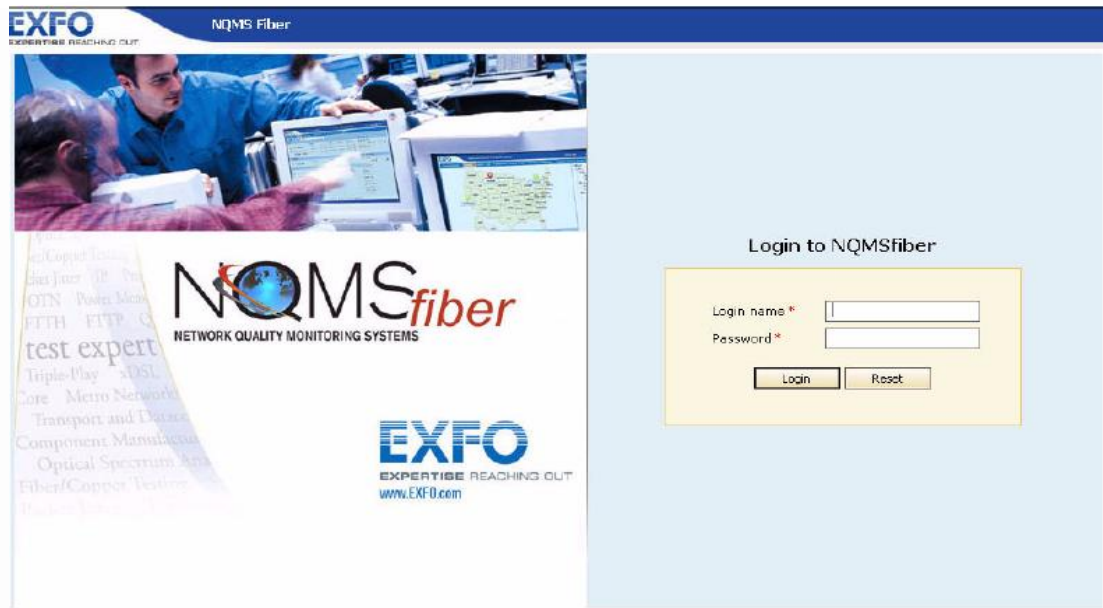
Εικόνα 3. 8 Ένταξη GIS

Ένα συχνό πρόβλημα κατά την ενσωμάτωση του RFTS στην υπάρχουσα βάση δεδομένων GIS του διαχειριστή δικτύου είναι όταν οι δύο βάσεις δεδομένων δεν διαθέτουν συμβατές μορφές δεδομένων. Στις περιπτώσεις αυτές, το RFTS πρέπει να μετατρέψει τα δεδομένα από GIS του διαχειριστή δικτύου σε μορφή που είναι συμβατή με το format του .

Αυτό μπορεί να γίνει με δύο τρόπους, είτε μετατρέποντας τα δεδομένα του RFTS με τέτοιο τρόπο, ώστε να μπορούν να διαβαστούν από το format της αρχιτεκτονικής της βάσης του διαχειριστή ,είτε μετατρέποντας τη βάση δεδομένων του διαχειριστή στη μορφή που χρησιμοποιείται από το GIS του RFTS .

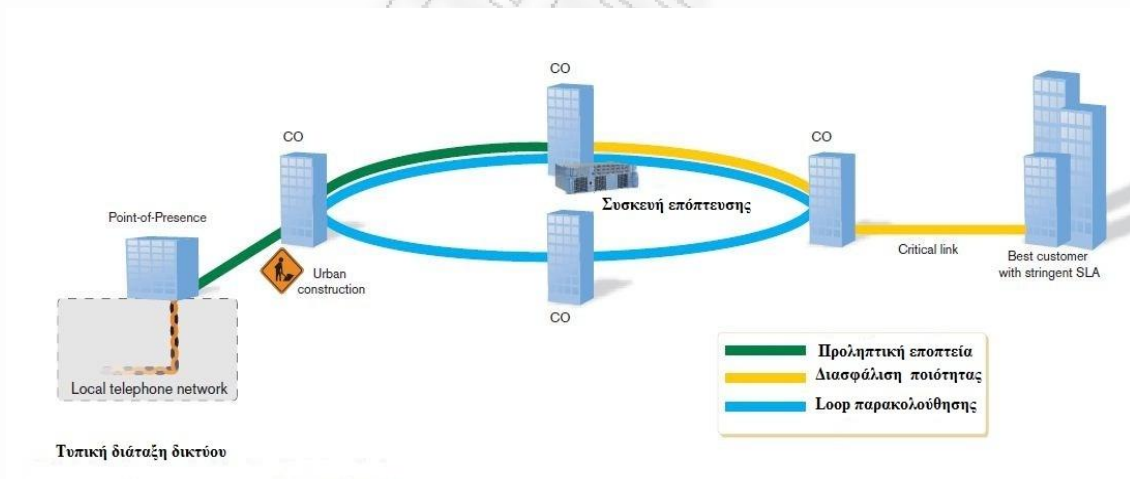
3.8 NQMSfiber System της EXFO

Το NQMSfiber Network Quality Monitoring System αποτελεί ένα εμπορικό σύστημα απομακρυσμένου ελέγχου οπτικών δικτύων της εταιρίας EXFO ,που επιτρέπει τον εντοπισμό γεγονότων τη στιγμή που συμβαίνουν.



Εικόνα 3. 9 Αρχική οθόνη NQMSfiber

Το σύστημα μπορεί και διαχειρίζεται τα καλώδια και το δίκτυο οπτικών ινών αδιάλειπτα 24/7 τοποθετώντας σε κομβικής σημασίας θέσεις του δικτύου απομακρυσμένες μονάδες έλεγχου (remote test units RTUs).



Εικόνα 3. 10 Τοπολογία δικτύου με την χρήση μιας RTU

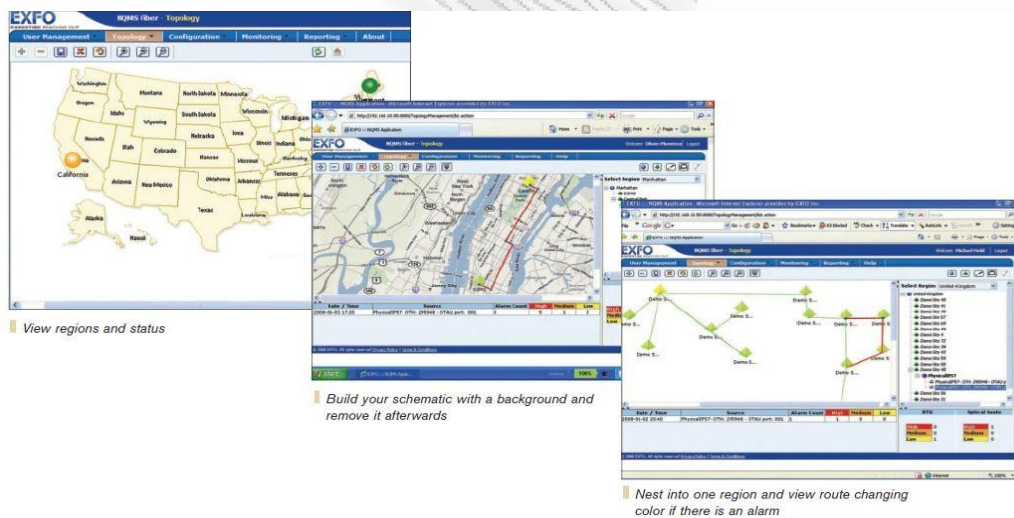
Προσφέρει δυνατότητες όπως:

- Παρακολούθηση των οπτικών διαδρομών και των εξαρτημάτων που παράγει
- Διαχείριση των alarms : Όταν οι μετρήσεις υπερβαίνουν τα όρια που έχουν δημιουργηθεί, προκύπτουν ελαττώματα που παράγεται από το RTUs alerts που δημιουργούν EMS. Οι κοινοποιήσεις μπορούν να σταλούν σε συγκεκριμένους χρήστες.

- Δυνατότητα δικαιωμάτων πρόσβασης και διαχωρισμού των χρηστών καθώς και δημιουργία ομάδας χρηστών.
- Εργαλεία που βοηθούν στη δημιουργία αναφορών βασισμένα στις πηγές στοιχείων.

Ενώ διαθέτει 5 προηγμένες λειτουργίες όπως

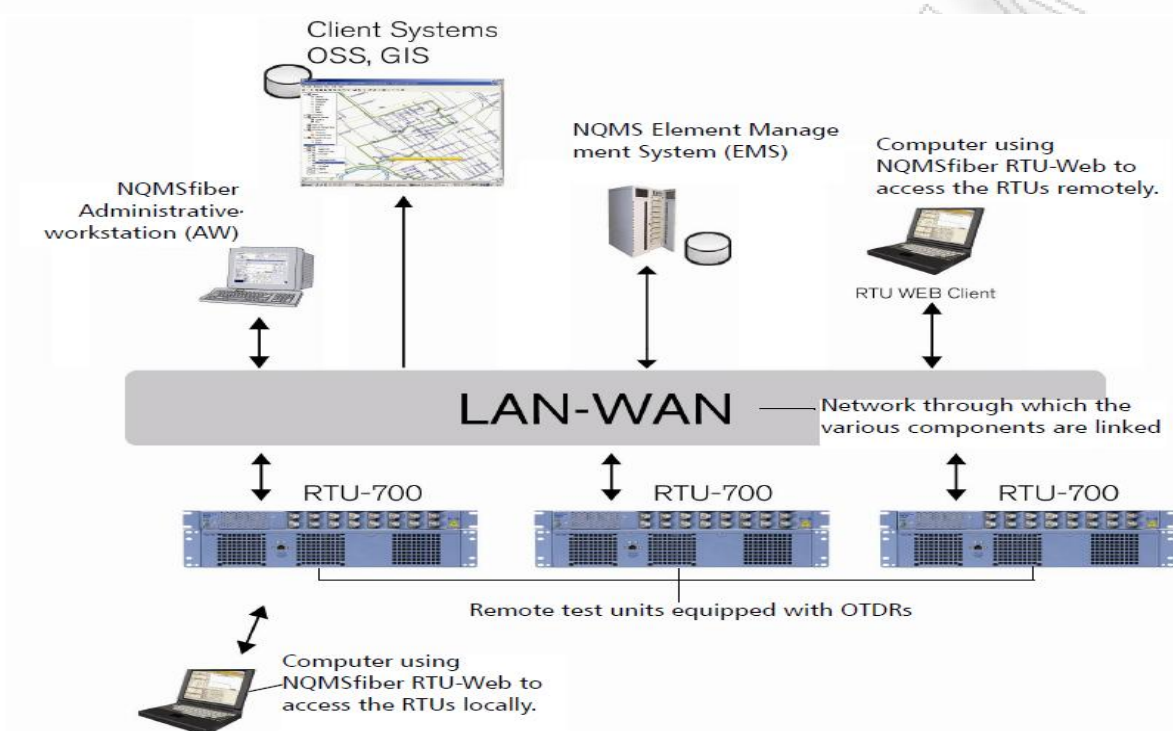
- Διαχείριση συναγεμών
- Υποβολή αναφορών
- Πλήρη κατάσταση του δικτύου μέσω σχηματική προβολής.
- Ενσωματώνει λειτουργικές δραστηριότητες αλλά και δραστηριότητες, οι οποίες αφορούν γεγονότα συντήρησης στα υπάρχοντα συστήματα διαχείρισης δικτύου.
- Για την χαρτογράφηση του δικτύου ,τα as-built σχέδια και τα on-map σφάλματα βασίζεται σε γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών (GIS) παρέχοντας μια αξιόπιστη τεκμηρίωση του δικτύου.



Εικόνα 3. 11 Απεικόνιση χαρτογράφησης δικτύου NQSMfiber

3.8.1 Αρχιτεκτονική συστήματος

Στην εικόνα που ακολουθεί απεικονίζεται η συνολική αρχιτεκτονική του συστήματος



Εικόνα 3. 12 Αρχιτεκτονική συστήματος

Ο πίνακας που ακολουθεί παρουσιάζει περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τις κύριες συνιστώσες του συστήματος

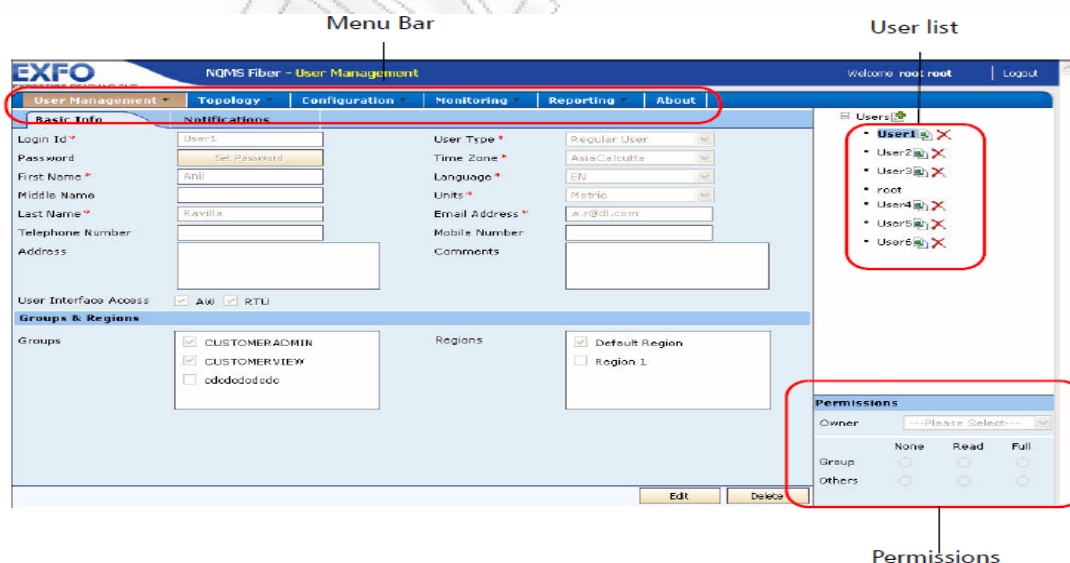
Μέρος	Περιγραφή
Στοιχείο ελέγχου συστήματος (Element Management System (EMS))	Ο κεντρικός server του συστήματος, ο οποίος στέλνει τις πληροφορίες παραμετροποίησης- διαμόρφωσης (configuration data) συμπεριλαμβανομένων των set up των δοκιμών στα RTU και συλλέγει τις εξαγόμενες από αυτά πληροφορίες. Το EMS διαχειρίζεται επίσης την επικοινωνία μεταξύ των RTUs και των απομακρυσμένων χρηστών.
Απομακρυσμένες μονάδες ελέγχους (Remote Test Unit (RTU))	Η συσκευή, η οποία τοποθετείτε σε κομβικά σημεία του δικτύου έχοντας την ευθύνη των μετρήσεων Κάθε RTU Περιλαμβάνει. <ul style="list-style-type: none"> υπολογιστή (THC) ο οποίος δέχεται τις εντολές από το EMS σχετικά με το πώς και πότε να εκτελέσει τις OTDR δοκιμές. Και επιστρέφει τα αποτελέσματα στον EMS. μια οπτική συσκευή (OTH) που φιλοξενεί μία μονάδα

	<p>OTDR και έναν οπτικό δρομολογητή (optical switch) με 8 ή 16 θύρες παρακολούθησης.</p> <p>Ένας THC μπορεί να ελέγξει πολλές ΟΤΗ ταυτόχρονα. Μπορεί να δημιουργήσει πολλαπλές οπτικές διαδρομές συνδυάζοντας dark και live ίνες (dark fiber είναι ένα εφεδρικό ζεύγος ινών, το οποίο δεν χρησιμοποιείτε για μετάδοση ενώ μια live fiber χρησιμοποιείται για τη μετάδοση πληροφορίας.)</p>
Administrative Workstation (AW)	Αντιπροσωπεύει το περιβάλλον εργασίας του χρήστη για NQMSfiber. παρέχοντας δικαιώματα και εργασίες πρόσβασης στις εφαρμογές
Οπτικό ανακλασίμετρο Optical Time Domain Reflectometer (OTDR)	EXFO όργανο μέτρησης, το οποίο σας επιτρέπει να βρεθούν λάθη και γεγονότα όπως σύνδεσμοι ή συγκολλήσεις.

Πίνακας 3. 5 Συνιστώσες συστήματος

3.8.2 Περιβάλλον εφαρμογής

Ο χρήστης κάνοντας διπλό κλικ στο εικονίδιο της εφαρμογής, το οποίο βρίσκεται στην επιφάνεια εργασίας μεταφέρεται στην αρχική οθόνη του προγράμματος, η οποία του ζητά να συμπληρώσει το username και το password. Κάθε χρήστης διαχωρίζεται από κάποιον άλλο βάσει δικαιωμάτων. Τον προσδιορισμό κάθε χρήστη καθορίζει ο διαχειριστής του συστήματος .Μετά από μια επιτυχή σύνδεση εμφανίζεται η οθόνη NQMSfiber User Management



Εικόνα 3. 13 Κυρίως οθόνη εφαρμογής

Το NQMSfiber παρουσιάζει μια δομή μενού που επιτρέπει στον χρήστη να έχει πρόσβαση στις λειτουργίες του συστήματος.



Εικόνα 3. 14 Menu Administrator

Ο χρήστης ανάλογα με τα δικαιώματα χρήσης, τα οποία διαθέτει μπορεί και μεταβάλλει κάθε μία από τις ακόλουθες παραμέτρους:

- Μέσος Συντελεστής helix (%):
- IOR
- RBS
- Διαμόρφωση των αποδεκτών ορίων συνολικών απωλειών ,απωλειών των Event κλπ
- Παραμέτρους που αφορούν το Remote access των χρηστών (παραμονή εισόδου κλπ)
- Γενικές παραμέτρους του συστήματος
- Γενικές παραμέτρους των δοκίμων (Tests)

Parameter Name	Factory Default	Current Default	
Main Connection Regular Frequency (min)	30	30	<input type="checkbox"/>
Main Connection Redial Attempts	3	3	<input type="checkbox"/>
Main Connection Manual Session Length (min)	10	10	<input type="checkbox"/>
Backup Connection Regular Frequency (min)	60	60	<input type="checkbox"/>
Backup Connection Redial Attempts	3	3	<input type="checkbox"/>
Backup Connection Manual Session Length (min)	10	10	<input type="checkbox"/>

Permissions

Owner:

	None	Read	Full
Group	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Others	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

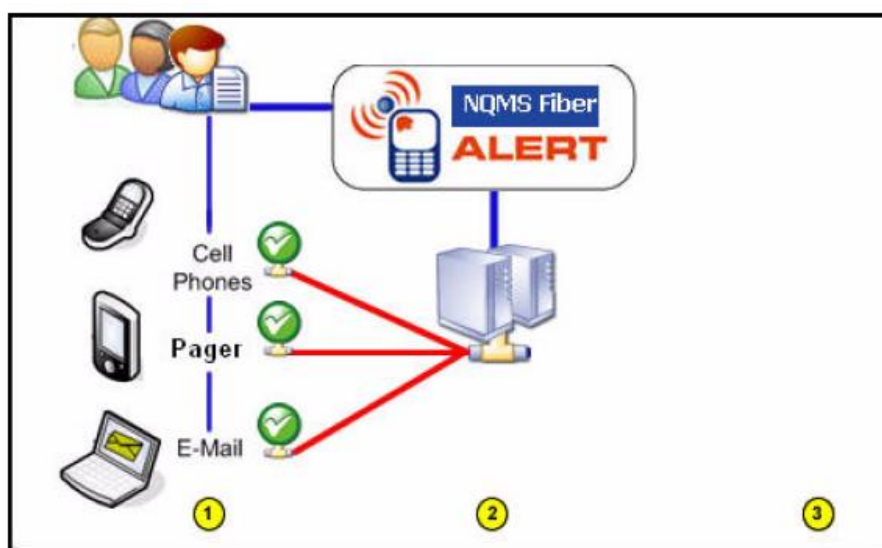
Εικόνα 3. 15 Επεξεργασία Remote παραμέτρων

3.8.3 Ρύθμιση κοινοποιήσεων

Κάθε φορά που δημιουργείται μια προειδοποίηση το σύστημα οφείλει να ενημερώσει τους χρήστες. Το NQMSfiber δίνει τη δυνατότητα να ρυθμίσουμε το κανάλι επικοινωνίας που θα χρησιμοποιηθεί για την αποστολή αυτών των ειδοποιήσεων.

Οι διάφοροι τρόποι κοινοποιήσεως είναι οι εξής:

1. **Email:** ένα μορφοποιημένο μήνυμα ηλεκτρονικού ταχυδρομείου (HTML) αποστέλλεται και περιέχει όλες τις σημαντικές παραμέτρους του συναγερμού και τις λεπτομέρειες της ειδοποίησης.
2. **Σύντομο Email:** αποστέλλεται ένα απλό ηλεκτρονικό μήνυμα κειμένου που περιέχει μερικές επιλεγμένες παραμέτρους συναγερμού.
3. **GIS Email:** αποστέλλει ένα μήνυμα ηλεκτρονικού ταχυδρομείου σε μορφή XML εστί ώστε οποιοδήποτε σύστημα GIS να μπορεί να αναγνωρίσει και να επεξεργαστεί εύκολα.
4. **Pager:** αποστέλλει ένα μήνυμα μπίπερ, το οποίο περιέχει ορισμένες επιλεγμένες παραμέτρους συναγερμού.
5. **SNMP:** αποστέλλει μια SNMP παγίδα από τη συγκεκριμένη διεύθυνση IP. Το εξωτερικό σύστημα λαμβάνει την παγίδα, και στη συνέχεια ερμηνεύει και επεξεργάζεται τα δεδομένα.

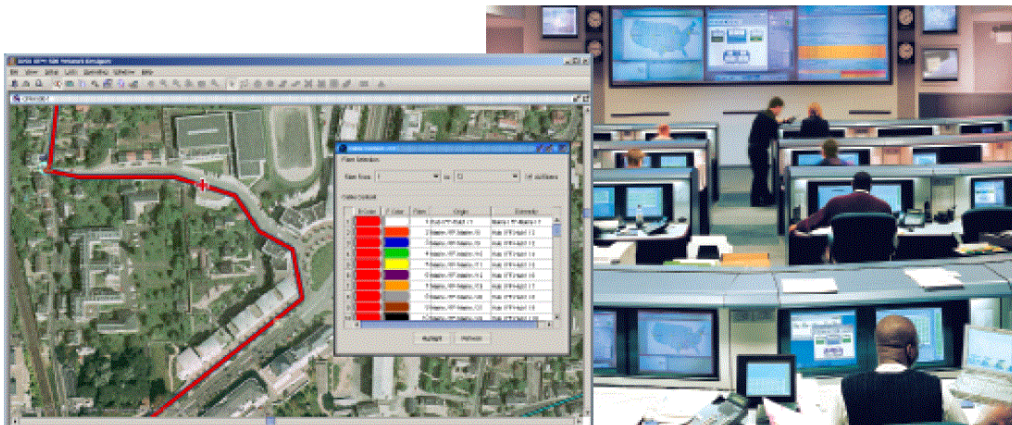


Εικόνα 3. 16 Alarms

3.9 ONMS (Optical Network Management Solution) της JDSU

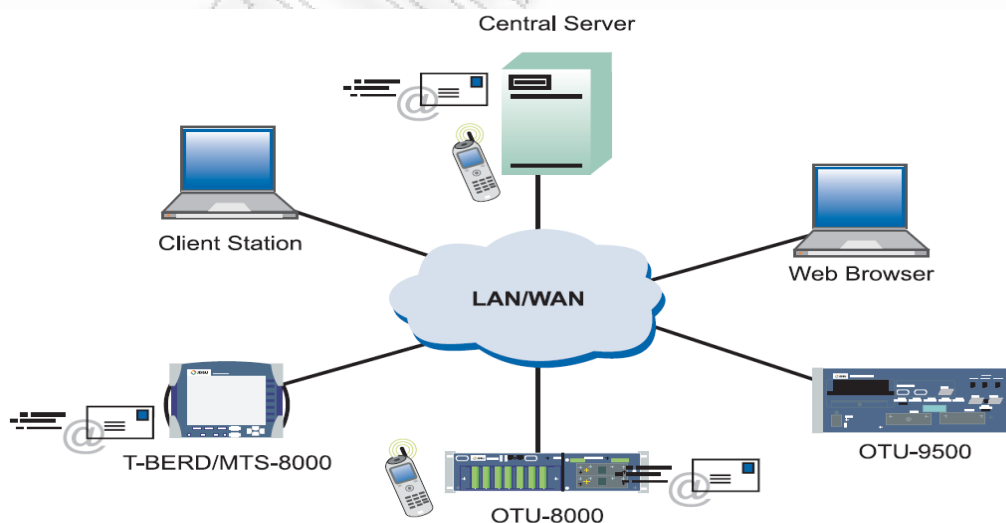
Το ONMS (Optical Network Management Solution) αποτελεί την εμπορική εφαρμογή της εταιρία JDSU. Είναι ένα απομακρυσμένο σύστημα ελέγχου οπτικών δικτύων (RFTS), το οποίο αποτελείται από απομακρυσμένες μονάδες δοκιμών (RTUs) με ενσωματωμένο OTDR. Οι RTU έχουν σαν σκοπό να εντοπίζουν τα σφάλματα των οπτικών ινών του δικτύου και να τα εμφανίζουν στον χάρτη GIS του Κέντρου Διαχείρισης Δικτύων (NOC).

Το ONMS περιλαμβάνει επίσης λογισμικό καταγραφής των οπτικών καλωδίων για την αποτελεσματική διαχείριση των εξωτερικών οπτικών δικτύων.



Εικόνα 3. 17 Απεικόνιση προβλήματος και θέσης βλάβης στο ONMS της JDSU

Η αρχιτεκτονική του ONMS συστήματος δεν διαφέρει από αυτή του συστήματος της Exfo



Εικόνα 3. 18 Αρχιτεκτονική συστήματος ONMS

Όπως παρουσιάζεται στην εικόνα 3.18 τα συστατικά στοιχεία της αρχιτεκτονικής αυτής είναι :

RTUs: Οι OTU-8000 απομακρυσμένες μονάδες δοκιμής εγκαθίστανται σε στρατηγικά σημεία σε όλο το οπτικό δίκτυο .Κάθε μονάδα περιλαμβάνει έναν οπτικό δρομολογητή (Switch), ο οποίος συνδέει τις μεμονωμένες ίνες, σε μία ή περισσότερες οπτικές μονάδες, (OTDR), για τη μέτρηση και την αρχική επεξεργασία των δεδομένων.

Κεντρικός Διακομιστής (Central Sever): Στην καρδιά του ONMS συστήματος βρίσκεται η κεντρική βάση δεδομένων του διακομιστή (server) που αποθηκεύει και διαχειρίζεται όλες τις πληροφορίες του συστήματος. Τα δεδομένα από τον εκάστοτε τομέα επόπτευσης των OTU-8000s, αντιστοιχίζονται στην κεντρική βάση δεδομένων και σε συνδυασμό με τα αρχεία δρομολόγησης και το γεωγραφικών σύστημα πληροφοριών της εταιρίας, επιτρέπουν στις ομάδες συντήρησης να αποκτήσουν πρόσβαση στις ακριβείς λεπτομέρειες για το είδος και τη θέση του σφάλματος.

Σταθμοί Χρηστών (Client stations): Οι Client σταθμοί παρέχουν πρόσβαση σε όλα τα δεδομένα του συστήματος. Υποστηρίζουν, επίσης, την εγκατάσταση και την τεκμηρίωση των δομών του δικτύου παρέχοντας την διαχείριση των alarms και τις αναφορές για διαθεσιμότητα του δικτύου.

Βιβλιογραφία 3 κεφαλαίου

1. International Standard ISO/IEC 11801, "Information technology –Generic cabling for customer premises", Second edition 2002-09.
2. Nicholas Cole, "Certifying High Speed LAN" ,AFL Europe, 2011.
3. Stephen Rackstraw, " FEL Splicing Products", Fujikura Europe Ltd ,2011
4. Δημήτρης Συβρίδης , "Οπτικές επικοινωνίες και δίκτυα -Εργαστηριακές ασκήσεις OTDR Fusion Splicer", Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών ,Δεκέμβριος 2004.
5. Exfo Electro-Optical Engineering , "Remote fiber test System, Fibervisor ,The next stage in quality of service", Canada
6. Exfo Electro-Optical Engineering , "NQMSfiber System , The ultimate plug-and-play remote fiber test system (RFTS)" , Canada 2009-11
7. Exfo Electro-Optical Engineering , "NQMSfiber System ,Network Quality Monitoring System user Guide ",Canada 2008-10
8. www.exfo.com
9. JDSU, "Remote Testing, Network Monitoring, and Service Provisioning Solution for High-Quality Network Performance", January 2011.
10. www.jdsu.com
11. Pierre Talbot, B. Eng., and Benoît Masson, Eng., RFTS Product Manager, Portable and Monitoring Division , "RFTS Integration into an Existing GIS Database", Exfo application Note.

Κεφάλαιο 4

4. Οικονομικά και στατιστικά στοιχεία σχετικά με την κατασκευή δικτυακών υποδομών

Όπως και γενικότερα, έτσι και στην περίπτωση των ευρυζωνικών δικτύων, το αντίστοιχο κόστος χωρίζεται σε δύο μέρη, το κόστος κατασκευής του δικτύου, γνωστό και ως CAPEX (από την σύμπτυξη των όρων Capital Expense) και το κόστος λειτουργίας και συντήρησης του δικτύου γνωστό και ως OPEX (από την σύμπτυξη των όρων Operational Expense).

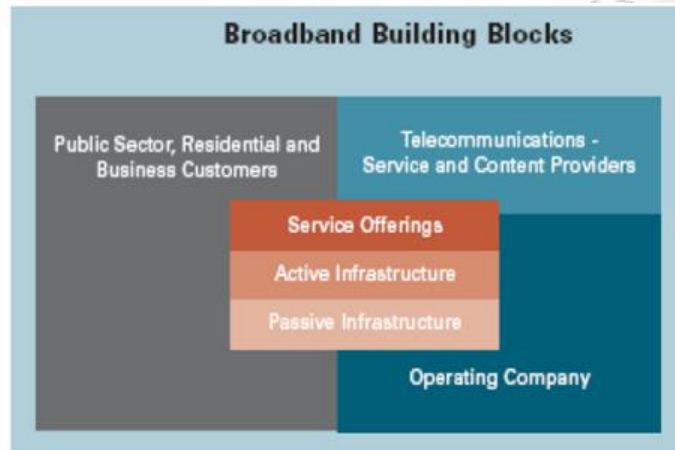
Παράλληλα το ποσό της χρηματοδότησης του δικτύου εξαρτάται σημαντικά από το ποσό, το οποίο είναι διατεθειμένοι οι χρήστες του δικτύου να πληρώσουν για την χρήση και αυτό θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη, ώστε να υπάρχει υψηλή διείσδυση και κατά συνέπεια χαμηλό CAPEX και OPEX ανά διασυνδεδεμένο χρήστη.

Για την χρηματοδότηση δημιουργίας ευρυζωνικών δικτυακών υποδομών υπάρχουν διάφορες δυνατότητες:

- **Επιχορήγηση** (εθνική, κοινοτική κ.λπ) – ιδανική περίπτωση γιατί δεν απαιτεί αποπληρωμή.
- **Μακρόχρονος δανεισμός** – οι δημοτικές αρχές θεωρούνται αξιόπιστες και μπορούν να πάρουν μακροχρόνια δάνεια.
- **Μετοχικό κεφάλαιο** – ο χρηματοδότης θα λάβει ως «ανταμοιβή» μέρος της επιχείρησης. Συνήθως στα δημοτικά δίκτυα αυτό δεν ξεπερνά το 5~10%.
- **Δημοτική και ιδιωτική σύμπραξη (Public Private Partnership - PPP):** Σε αυτή την περίπτωση η δημοτική αρχή μοιράζεται το κόστος δημιουργίας του δικτύου με μία ή περισσότερες ιδιωτικές εταιρείες. Συνήθως η υποδομή του δικτύου παραμένει στην δημοτική αρχή, ενώ οι υπηρεσίες παρέχονται από τις ιδιωτικές εταιρείες για μια σχετικά μεγάλη χρονική περίοδο ώστε να αποσβέσουν την επένδυσή τους. Ενώ είναι μια ελκυστική επιλογή, στην πράξη είναι δύσκολο να επιτευχθεί για δημοτικά δίκτυα.

4.1 Συστατικά ενός ευρυζωνικού δικτύου

Προτού όμως αναλύσουμε τους παραπάνω όρους καλό είναι να κάνουμε ένα διαχωρισμό των στοιχείων από τα οποία αποτελείτε ένα ευρυζωνικό δίκτυο. Σύμφωνα με την εικόνα 4.1 τα συστατικά μέρη ενός τέτοιου δικτύου είναι :



Εικόνα 4. 1 Συστατικά στοιχεία μητροπολιτικού δικτύου

- **Η Παθητική υποδομή (Passive Infrastructure):** Αποτελεί την φυσική υποδομή, η οποία χρησιμοποιείται για την παροχή ευρυζωνικής πρόσβασης. Συστατικά μέρη της υποδομής αυτής είναι οι αγωγοί (σωληνώσεις), τα φρεάτια, τα καλώδια οπτικών ινών και οι οπτικοί καταναμητές.
- **Η Ενεργή υποδομή (Active Infrastructure):** Η ενεργή υποδομή αποτελείται από στοιχεία, τα οποία χρησιμοποιούνται για την μετάδοση δεδομένων πάνω από την παθητική υποδομή. Τέτοια στοιχεία είναι π.χ. μεταγωγείς και δρομολογητές.
- **Η Παροχή υπηρεσιών (Service Offerings):** Είναι οι υπηρεσίες, οι οποίες παρέχονται στους πελάτες, όπως για παράδειγμα πρόσβαση στο Διαδίκτυο με υψηλές ταχύτητες (10 Mbps ή περισσότερο), high definition TV, τηλεφωνία με χρήση βίντεο, βίντεο κατά απαίτηση κ.λπ.
- **Η Εταιρεία λειτουργίας του δικτύου:** Η εταιρεία αυτή εκμεταλλεύεται την παθητική υποδομή, και ίσως και την ενεργή υποδομή του δικτύου. Ανάλογα με το επιχειρηματικό μοντέλο, η εταιρεία αυτή προσφέρει υπηρεσίες πρόσβασης σε άλλες εταιρείες, οι οποίες παρέχουν υπηρεσίες στους πελάτες ή μπορεί να παρέχει και η ίδια απευθείας υπηρεσίες στους πελάτες. Επίσης η εταιρεία αυτή μπορεί να είναι ο ιδιοκτήτης της παθητικής υποδομής ή μπορεί να έχει σχετικό συμβόλαιο με τον ιδιοκτήτη της υποδομής.
- **Οι Πάροχοι τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών και πάροχοι περιεχομένου:** Οι εταιρείες που παρέχουν υπηρεσίες και περιεχόμενο στους τελικούς χρήστες.

- **Ο Δημόσιος τομέας, οικιακοί και εταιρικοί χρήστες:** Αποτελούν τους τελικούς χρήστες και αποτελούνται από όλες τις επιχειρήσεις, τους κατοίκους και τους οργανισμούς του δημόσιου τομέα στην περιοχή, την οποία εξυπηρετεί το ευρυζωνικό δίκτυο.

4.2 Τι ορίζεται ως CAPEX

Ως CAPEX ορίζονται οι δαπάνες/κόστη που σχετίζονται με την κατασκευή ή την επέκταση του πάγιου ενεργητικού (δηλαδή των σταθερών πόρων, όπως για παράδειγμα η υποδομή του δικτύου), οι δαπάνες/κόστη υπόκεινται σε αποσβέσεις (μείωση κατά τη διάρκεια της οικονομικής ζωής ενός προγράμματος/έργου). Αφήνοντας μια υπολειμματική αξία που συνδέεται σε αυτές .

Η ανάλυση του CAPEX βασίζεται γενικά στις φυσικές και λογικές απαιτήσεις, σε πόρους. Η κατασκευή ενός δικτύου, η υλοποίηση δικτυακών συσκευών, και η απόκτηση συστημάτων λογισμικού (ή υλικού) που επιτρέπουν τις ιδιαίτερες προσφορές υπηρεσιών, περιλαμβάνουν σημαντικά χρηματικά ποσά για την αγορά απαραίτητων συσκευών ή ενός πληροφοριακού συστήματος.

Γενικά θα αναφέραμε ότι, στα ευρυζωνικά δίκτυα το CAPEX αποτελείται από τα παρακάτω:

- **Παθητικός εξοπλισμός** (σωληνώσεις, μικρο-σωληνώσεις, φρεάτια, οπτικές ίνες, κατανεμητές, κ.λπ.).
- **Ενεργός εξοπλισμός** (μεταγωγείς, δρομολογητές, transceivers κ.λπ.).
- **Εργασίες** (εκσκαφές, συγκολλήσεις, αποκαταστάσεις κ.λπ.).

Προκειμένου να κρατηθεί χαμηλά το CAPEX θα πρέπει να ληφθούν υπόψη κάποια σημαντικά κριτήρια όπως :

- Ο προσεκτικός σχεδιασμός του δικτύου (planning).
- Ο προσεκτικός σχεδιασμός σχετικά με τα απαιτούμενα υλικά (logistics).
- Η χρήση ευέλικτων τεχνικών (π.χ. υλοποίηση του δικτύου με χρήση μικρο-σωληνώσεων).
- Η ισχυρή διείσδυση του δικτύου οδηγεί σε μείωση του CAPEX/πελάτη.

4.3 Τι ορίζεται ως OPEX

Ως OPEX ορίζονται οι δαπάνες/κόστη που είναι απαραίτητες για τη διεύθυνση της επιχείρησης ή του εξοπλισμού, και απολύτως αναγκαίες για να διατηρήσουν τις προσφερόμενες υπηρεσίες συνεχώς και αδιάλειπτα ενεργές. Αυτές οι δαπάνες δεν προορίζονται για να επεκτείνουν το πάγιο ενεργητικό και δεν υπόκεινται σε αποσβέσεις. Η πραγματοποίησή τους δεν ακολουθείτε από καμία υπολειμματική αξία (residual value).

Στην πραγματικότητα, τα όρια ανάμεσα στο CAPEX και το OPEX δεν είναι πάντα σαφώς καθορισμένα. Ορισμένες δαπάνες, όπως εκείνες που είναι σχετικές με το λογισμικό, είναι στα όρια ανάμεσα στο CAPEX και το OPEX, επειδή συσχετίζονται και με το ένα και με το άλλο.

Τα κόστη για την αγορά συστημάτων υλικού και λογισμικού ορίζονται ως CAPEX, αλλά η λειτουργία και η συντήρηση αυτών των συστημάτων, οι δαπάνες που σχετίζονται με το εργατικό δυναμικό και οι (περιοδικές) δαπάνες ανανέωσης αδειών (license costs) συμπεριλαμβάνονται στο OPEX.

Έτσι λοιπόν, στα ευρυζωνικά δίκτυα, το OPEX συμπεριλαμβάνει τα παρακάτω:

- **Κόστος το οποίο σχετίζεται με τον χρήστη**, για παράδειγμα κεντρική προετοιμασία (όπως βάσεις δεδομένων, χρεώσεις, ενεργοποίηση port, κ.λπ.), εγκατάσταση εξοπλισμού (κόστος το οποίο υφίσταται μόνο μία φορά), χρέωση (επαναλαμβανόμενο κόστος), κέντρο λειτουργίας δικτύου (επαναλαμβανόμενο κόστος), κ.λπ..
- **Κόστος το οποίο σχετίζεται με τον εξοπλισμό**, για παράδειγμα προληπτική συντήρηση (επαναλαμβανόμενο κόστος), αντιμετώπιση λαθών και προβλημάτων (επαναλαμβανόμενο κόστος), κατανάλωση ενέργειας (επαναλαμβανόμενο κόστος), κόστος χρήσης χώρων (επαναλαμβανόμενο κόστος), κ.λπ..

Και στην περίπτωση του OPEX προκειμένου να κρατηθεί χαμηλά θα πρέπει να ληφθούν υπόψη τα παρακάτω:

- Χρήση self service portals
- Χρήση outsourcing για τις υπηρεσίες που έχουν σχέση με το περιεχόμενο
- Χαμηλή κατανάλωση ενέργειας
- Ισχυρή διεύθυνση του δικτύου, η οποία οδηγεί σε μείωση του OPEX/πελάτη
- Χρήση «ασφαλών» πολιτικών στην εγκατάσταση οπτικών ινών (π.χ. υλοποίηση του δικτύου με χρήση μικρο-σωληνώσεων)

- Χρήση εξοπλισμού με μεγάλη διάρκεια ζωής. Αυτό σχετίζεται και με το CAPEX, καθώς ενδεχόμενη χρήση τέτοιου εξοπλισμού μεγαλώνει το CAPEX.

Ολοκληρώνοντας την ενότητα θα παρουσιάσουμε έναν αριθμό σχετικών με την εργασία στοιχείων OPEX, τα οποία καλύπτουν ένα μεγάλο αριθμό σχετικών ρόλων, όπως τον διαχειριστή υπηρεσιών, τον διαχειριστή δικτύων, τον υπεύθυνο υπηρεσιών, τον πάροχο υπηρεσιών κ.λπ..

1. Συντήρηση του εξοπλισμού και των συσκευών (υποδομών γενικότερα)
Περιλαμβάνει τα ακόλουθα:

- Όλες τις επαναλαμβανόμενες δαπάνες που είναι περιοδικά απαραίτητες για την απρόσκοπτη λειτουργία δικτύων και υπηρεσιών.
- Την προληπτική συντήρηση και επιδιόρθωση.
- Οι νέες επενδύσεις (επανεπενδύσεις) λόγω ξεπερασμένου εξοπλισμού, αντιμετωπίζονται ως CAPEX. Με τον όρο επανεπένδυση εννοούμε την μετάβαση σε νεότερη έκδοση του εξοπλισμού, συνήθως με αναβαθμισμένες λειτουργικότητες.
- Το κόστος απόσυρσης (δηλαδή ο παροπλισμός του παλαιού εξοπλισμού) μπορεί να θεωρηθεί ως OPEX ή να περιληφθεί στο CAPEX.

2. Υπεργολαβίες συντήρησης (maintenance outsourcing) Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο περιλαμβάνει για παράδειγμα ετήσιες δαπάνες από τον πάροχο στον προμηθευτή εξοπλισμού μετά την αγορά του εξοπλισμού (συμφωνία συντήρησης και περιοδικές δαπάνες αδειών).

3. Διαχείριση υπηρεσιών : Περιλαμβάνει τα ακόλουθα:

- Διαχείριση προϊόντων (από αρμόδιο πρόσωπο).
- Επίβλεψη και έλεγχος των υπηρεσιών και της ποιότητας.
- Διαχείριση SLA.

4. Διαχείριση δικτύων : Περιλαμβάνει τα ακόλουθα:

- Διαχείριση θεμάτων που αφορούν αστοχίες, ρυθμίσεις, λογιστική, απόδοση και ασφάλεια (Faults, Configuration, Accounting, Performance, and Security, FCAPS).
- Επίβλεψη και έλεγχος των στοιχείων του δικτύου.
- Λειτουργία συστημάτων υποστήριξης λειτουργίας (Operation Support Systems, OSS)

Πολλά από τα παραπάνω στοιχεία μπορούν επίσης να δοθούν ως υπεργολαβίες (outsourced), οπότε το OPEX για αυτά σημαίνει την πληρωμή σε εξωτερικούς παράγοντες.

4.4 Παράγοντες και μοντέλα OPEX

Η παρούσα ενότητα προσδιορίζει τους κύριους παράγοντες αναφέροντας απλούς τύπους για τον υπολογισμό των δαπανών OPEX, για τα στοιχεία που καθορίστηκαν προηγουμένως.

4.4.1 Συντήρηση του εξοπλισμού και των Συσκευών

Οι δαπάνες συντήρησης έχουν οριστεί ως όλες οι σχετικές δαπάνες για την επίλυση των φυσικών προβλημάτων στο δίκτυο, όπως

- οι αποκοπές οπτικών ινών ή
- η αστοχία εξοπλισμού.

Μπορεί να υπολογιστεί ως το συνολικό ποσό των δαπανών για την αντικατάσταση συσκευών και εξοπλισμού και των δαπανών για την πληρωμή του προσωπικού συντήρησης. Το πρώτο μέρος καλύπτει τις δαπάνες των αστοχιών των δικτυακών συσκευών και των βλαβών του εξοπλισμού, ενώ το δεύτερο περιλαμβάνει τις δαπάνες εργασίας και εξαρτάται προφανώς από τον απαραίτητο αριθμό προσωπικού. Αυτές οι δαπάνες μπορούν να υπολογιστούν ως δαπάνες εργατικού δυναμικού. Επομένως, για κάθε αναλυθέν πρόγραμμα, θα ήταν χρήσιμο να αξιολογηθεί

- **ο χρόνος μεταξύ των αστοχιών και**
- **ο χρόνος απασχόλησης που απαιτείται κατά μέσο όρο για να επισκευαστεί ένας δεδομένος τύπος εξοπλισμού.**

Αυτά τα στοιχεία θα πρέπει να δοθούν από τους κατασκευές και τους προμηθευτές εξοπλισμού.

Ωστόσο, μια εναλλακτική λύση είναι η χρήση ενός μοντέλου που υλοποιήθηκε στα πλαίσια του ευρωπαϊκού έργου AC226-OPTIMUM.

Τα κόστη συντήρησης διαχωρίζονται σε δύο ομάδες **M1** και **M2**, οι οποίες είναι μέρη των παραδοσιακών δαπανών OA&M (Operation, Administration & Maintenance-Λειτουργία, Διαχείριση και Συντήρηση), όπως φαίνεται στο εικόνα 4.2.

- **M1:** Αντιπροσωπεύει το κόστος των συσκευών/τμημάτων που χρειάζονται επισκευή. Αυτό το συστατικό οδηγείται από τις επενδύσεις.
- **M2:** Αντιπροσωπεύει το κόστος της εργασίας επισκευής.

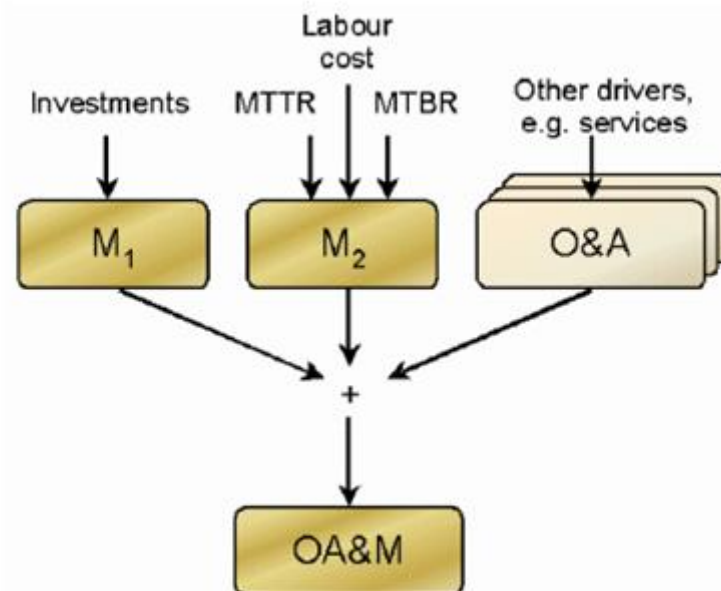
Οι συνολικές δαπάνες συντήρησης που απαιτούνται από οποιοδήποτε μοναδιαίο τμήμα το έτος i είναι:

$$M_i = (M_1 + M_2)_i = ((V_{i-1} + V_i)/2) * (P_i * R_{class} + P_1 * (MTTR/MTBR))$$

Εξίσωση 5

όπου:

- Το V_i είναι ο όγκος εξοπλισμού το έτος i
- Το P_i είναι η τιμή του στοιχείου δαπανών το έτος i
- Το R_{class} είναι το ποσοστό δαπανών συντήρησης
- Το P_1 είναι το κόστος μιας ώρας απασχόλησης
- MTTR (Mean Time To Repair) είναι ο μέσος χρόνος για την επισκευή του εν λόγω στοιχείου δαπανών
- MTBR (Mean Time Between Repairs) είναι ο μέσος χρόνος μεταξύ των αστοχιών του εν λόγω στοιχείου δαπανών



Εικόνα 4. 2 Το μοντέλο συντήρησης του έργου Optimum

4.4.2 Άδειες λογισμικού, υπεργολαβίες Συντήρησης

Αυτό το στοιχείο καλύπτει τις ετήσιες δαπάνες του χειριστή προς τον προμηθευτή λογισμικού, μετά την αγορά του τελευταίου (δαπάνες συμφωνίας και αδειών συντήρησης).

Η σχετική σύμβαση συντήρησης λογισμικού με τους προμηθευτές περιλαμβάνει ετήσιες αμοιβές ή/και αναβαθμίσεις που υπολογίζονται με βάση:

- Το χρόνο απασχόλησης για την αναβάθμιση (χρόνος αναβάθμισης)
- Τη συχνότητα αναβαθμίσεων (Frequency of upgrades - FOU)
- Τον αριθμό στοιχείων δικτύων που ελέγχονται

Με βάση τα παραπάνω προκύπτουν οι παρακάτω σχέσεις:

Κόστος συντήρησης λογισμικού = ετήσιο κόστος (παράγοντες: πελάτες, κόμβοι, δικτυακή κίνηση κ.λπ.).

ή/και

Κόστος συντήρησης λογισμικού = χρόνος αναβάθμισης * κόστος χρόνου απασχόλησης * FOU * αριθμό στοιχείων δικτύων που ελέγχονται.

4.4.3 Διαχείριση δικτύων

Στην συγκεκριμένη περίπτωση το βασικό στοιχείο είναι το πλήθος των δικτυακών συσκευών. Άρα το:

Κόστος διαχείρισης δικτύων = F(πλήθος προσωπικού, πλήθος συστημάτων διαχείρισης δικτύων, πλήθος δικτυακών συσκευών).

4.5 Ποινικές ρήτρες από μη τήρηση χρόνων αποκατάστασης

Παράλληλα με όλα αυτά τα μοντέλα που περιγράψαμε στην προηγούμενη ενότητα και άμεσα εξαρτώμενες από την τήρηση δεικτών ποιότητας, οι εταιρίες εκμετάλλευσης των δικτύων επιβαρύνουν τους ετήσιους οικονομικούς τους προϋπολογισμούς και με επιπλέον έξοδα, τα οποία απορρέουν από τις ποινικές ρήτρες εταιρικών συμβολαίων, που διασφαλίζουν τους πελάτες-χρήστες του δικτύου από την παρατεταμένη ή αδικαιολόγητη διακοπή παροχής υπηρεσιών.

Από το 2008 η EETT εκπόνησε σχέδιο Εισήγησης για την έκδοση Κοινής Υπουργικής Απόφασης, η οποία θα προσδιορίζει τις ελάχιστες υποχρεώσεις των τηλεπικοινωνιακών παρόχων για τη διασφάλιση της ακεραιότητας δημόσιων τηλεφωνικών δικτύων και διαθεσιμότητας δημόσιων τηλεφωνικών υπηρεσιών σε σταθερές θέσεις.

Το σχέδιο Εισήγησης περιλαμβάνει τις ελάχιστες υποχρεώσεις, με τις οποίες θα πρέπει να συμμορφώνονται οι πάροχοι έτσι ώστε να διασφαλίζεται η λειτουργία των δημόσιων σταθερών τηλεφωνικών υπηρεσιών σε κάθε περίπτωση, ακόμα και σε περίπτωση καταστρεπτικής βλάβης ή ανωτέρας βίας. Ενδεικτικά αναφέρονται οι ακόλουθες υποχρεώσεις:

- Διενέργεια αξιολόγησης διακινδύνευσης (risk assessment),
- Κατάρτιση σχεδίων επιχειρησιακής συνέχειας (business continuity plan),
- Κατάρτιση σχεδίου εκτάκτων συνθηκών,
- Ενίσχυση της ανθεκτικότητας του δικτύου μέσω μέτρων εφεδρείας εξοπλισμού και τροφοδοσίας ισχύος, φυσικής ασφάλειας, συντήρησης και αποκατάστασης της λειτουργίας του δικτύου,
- Διασφάλιση της ακεραιότητας και διαθεσιμότητας της πληροφορίας η οποία είναι απαραίτητη για την παροχή των υπηρεσιών,
- Διασφάλιση της αδιάκοπης πρόσβασης σε υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης.

Επιπλέον, το σχέδιο Εισήγησης περιλαμβάνει θέματα έγκαιρης και αποτελεσματικής ενημέρωσης των καταναλωτών σχετικά με γεγονότα, τα οποία απειλούν ή επηρεάζουν την λειτουργία του δικτύου και την παροχή των υπηρεσιών.

Ενδεικτικά τον Ιανουάριο του 2011 η EETT ύστερα από διαπραγματεύσεις με την διοίκηση της VODAFONE συμφώνησε στη θέσπιση κανόνων σχετικά με τους όρους και τις προϋποθέσεις για την διασύνδεση της εταιρίας με άλλους τηλεπικοινωνιακούς παρόχους . Ορίζοντας ποινικές ρήτρες αναφορικά με το χρόνο άρσης βλαβών που οφείλονταν στις ζεύξεις διασύνδεσης, για τις οποίες η VODAFONE αναλαμβάνει την ευθύνη (και το σχετικό κόστος) υλοποίησης.

Στον υπολογισμό αυτού του χρόνου δεν λαμβάνονταν υπόψη οι χρόνοι καθυστέρησης που αποδεδειγμένα δεν οφείλονταν σε υπαιτιότητα της εταιρίας, ενώ από την καταβολή ρητρών εξαιρείται το 5% των περιπτώσεων με τους μεγαλύτερους χρόνους άρσης βλάβης.

Ζεύξη διασύνδεσης 2 Mbps	
Υπέρβαση χρόνου από άρση βλάβης	Ρήτρα
8 έως 12 ώρες	5 % του μηνιαίου μισθώματος *
12 έως 24 ώρες	10 % του μηνιαίου μισθώματος*
24 έως 48 ώρες	20 % του μηνιαίου μισθώματος*
48 έως 72 ώρες	40 % του μηνιαίου μισθώματος*
72 έως 96 ώρες	80 % του μηνιαίου μισθώματος*
96 έως 120 ώρες	100 % του μηνιαίου μισθώματος*
Ανω των 120 ωρών	0.4 % του μηνιαίου μισθώματος* για κάθε επιπλέον ώρα

Πίνακας 4. 1 Ρήτρες ζεύξη διασύνδεσης 2 Mbps

*Το μηνιαίο μίσθωμα όπως εκάστοτε ισχύει και δημοσιεύεται στα αντίστοιχα ΦΕΚ του κοστολογικού ελέγχου του ΟΤΕ.

4.5.1 Χρόνος Αποκατάστασης βλάβης- δείκτης ποιότητας B07

Μια γενική εικόνα των χρόνων αποκατάστασης βλαβών για διάφορες υπηρεσίες του δικτύου, θα προσπαθήσουμε να παρουσιάσουμε στην ενότητα αυτή του κεφαλαίου.

Ο Δείκτης B07 όπως ορίζεται από την EETT (Χρόνος αποκατάστασης βλαβών) εκφράζει το χρόνο από τη στιγμή που μια έγκυρη αναφορά βλάβης λαμβάνεται από τον πάροχο ευρυζωνικής υπηρεσίας, μέχρι τη στιγμή που το/τα στοιχεία της ευρυζωνικής υπηρεσίας ή η ευρυζωνική υπηρεσία εξ ολοκλήρου αποκατασταθεί σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας, όπως ίσχυαν πριν επέλθει η βλάβη.

Ο Δείκτης Ποιότητας B07 εκφράζεται με δύο μεγέθη ως εξής :

i. οι χρόνοι, μετρημένοι σε χρονομετρημένες ώρες, στους οποίους αποκαθίστανται το 80% και το 95% των ταχύτερα επιδιορθωμένων βλαβών που αντιστοιχούν σε έγκυρες αναφορές βλάβης και αφορούν τη γραμμή ευρυζωνικής πρόσβασης.

ii. οι χρόνοι, μετρημένοι σε χρονομετρημένες ώρες, στους οποίους αποκαθίστανται το 80% και το 95% των ταχύτερα επιδιορθωμένων υπολοίπων βλαβών που αντιστοιχούν σε έγκυρες αναφορές βλάβης.

Στην περίπτωση παρόχων υπηρεσίας που δεν διαχειρίζονται τη γραμμή πρόσβασης, στο πρώτο μέγεθος η μέτρηση του χρόνου επιδιόρθωσης κάθε βλάβης συνοδεύεται :

- από το ποσοστό του χρόνου που αφορά απαραίτητες, για την επιδιόρθωση της βλάβης, ενέργειες του Διαχειριστή της γραμμής πρόσβασης
- από το ποσοστό του χρόνου που αφορά απαραίτητες, για την επιδιόρθωση της βλάβης, ενέργειες του ίδιου του παρόχου υπηρεσίας.

Υπόχρεοι παροχής του Δείκτη Ποιότητας B07 είναι οι πάροχοι ηλεκτρονικών επικοινωνιών που παρέχουν ευρυζωνικές υπηρεσίες σε σταθερές θέσεις μέσω ενσύρματων δικτύων τεχνολογιών xDSL.

Απλοί μεταπωλητές υπηρεσιών ηλεκτρονικών επικοινωνιών δεν υποχρεούνται να πραγματοποιούν μετρήσεις και να δημοσιοποιούν αποτελέσματα δεικτών ποιότητας υπηρεσιών.

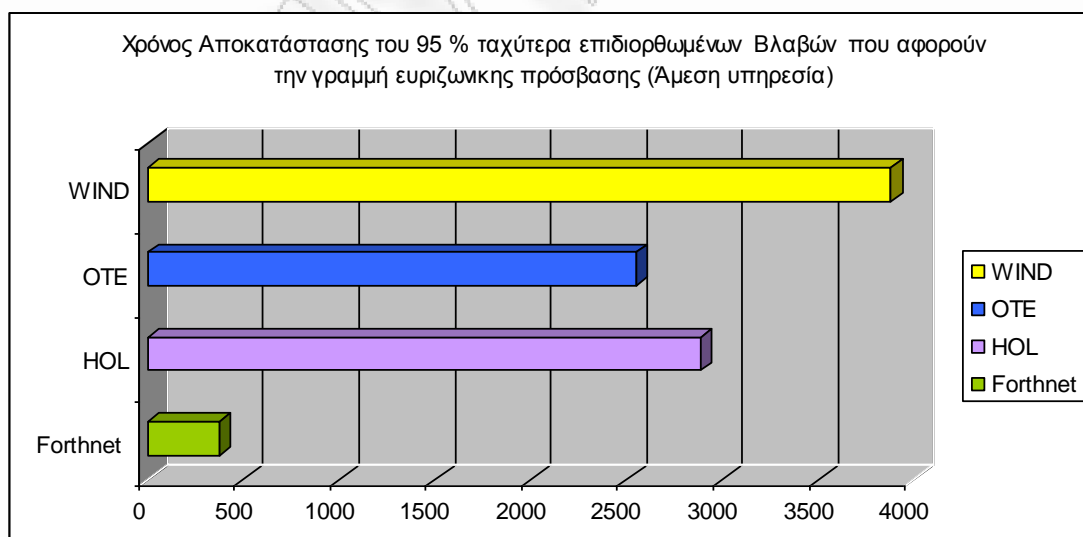
Εικονικοί πάροχοι και γενικότερα μεταπωλητές που λειτουργούν υπό καθεστώς Γενικής Άδειας δεν υποχρεούνται να πραγματοποιούν μετρήσεις δεικτών ποιότητας υπηρεσιών αλλά υποχρεούνται να δημοσιοποιούν το γεγονός αυτό, το όνομα/ονόματα των άλλων παρόχων των οποίων τις υποδομές χρησιμοποιούν καθώς και τα αποτελέσματα των δεικτών ποιότητας των παρόχων αυτών.

Παρομοίως δείκτης ποιότητας αλλά αυτή την φορά για υπηρεσίες σταθερής τηλεφωνίας είναι ο δείκτης F06.

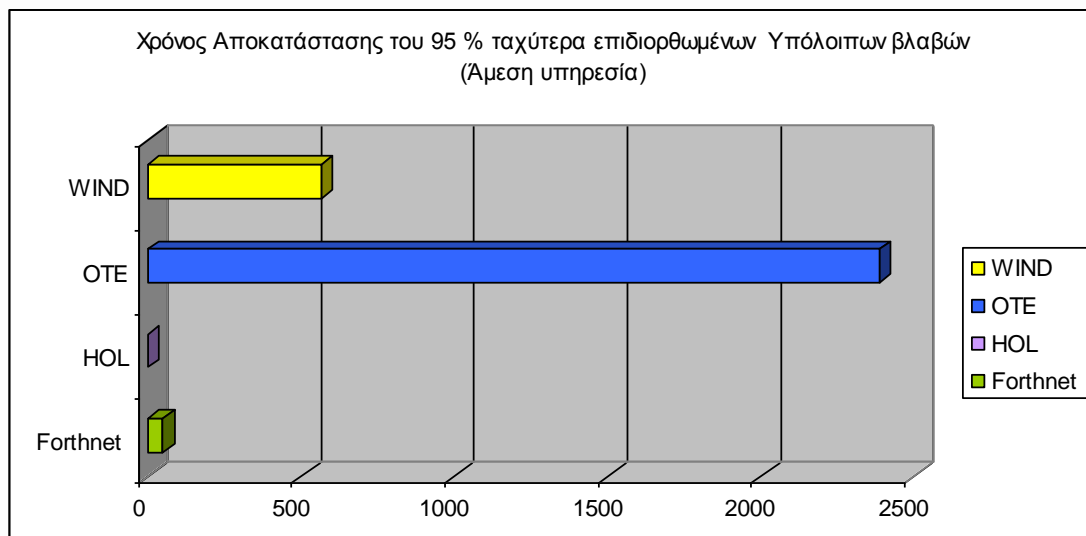
Ο Δείκτης Ποιότητας B07 μετράται και παρουσιάζεται ανά εξάμηνο. Για την χρονική περίοδο 1/7/2010 με 31/12/2010 (B' εξάμηνο του 2010) σύμφωνα με τα στοιχεία τα οποία δημοσίευσε η εθνική επιτροπή τηλεπικοινωνιών & ταχυδρομείων για τέσσερις μεγάλους τηλεπικοινωνιακούς οργανισμούς, ο δείκτης B07 έχει ως εξής.

T.Π	Χρόνος Αποκατάστασης του 95 % ταχύτερα επιδιορθωμένων Βλαβών που αφορούν την γραμμή ευριζωνικής πρόσβασης (Άμεση υπηρεσία)	Χρόνος Αποκατάστασης του 95 % ταχύτερα επιδιορθωμένων Υπόλοιπων βλαβών (Άμεση υπηρεσία)
Forthnet	373,82	50,23
HOL	2889	Δεν παρέχονται
OTE	2553	2389
WIND	3880	567

Πίνακας 4. 2 Στοιχεία ΕΕΤΤ δείκτης ποιότητας Β07



Γράφημα 4. 1 Χρόνος αποκατάστασης 95% βλαβών γραμμής ευριζωνικής πρόσβασης



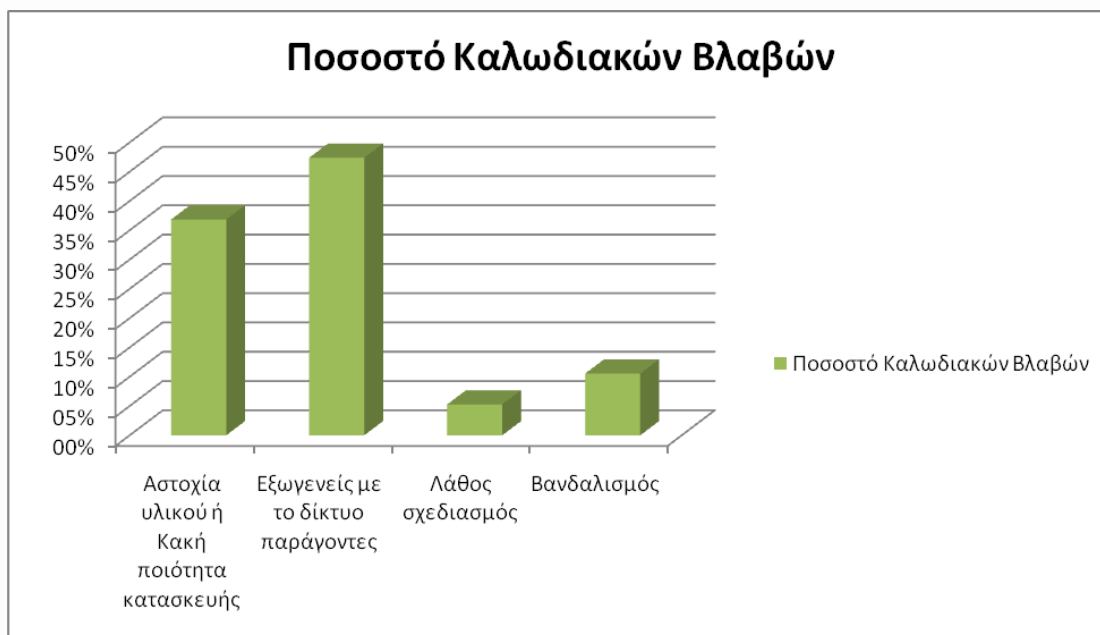
Γράφημα 4. 2 Χρόνος αποκατάστασης 95% υπόλοιπων βλαβών

4.6 Στατιστικά στοιχεία κατασκευής οπτικών Δικτύων

Στην ενότητα αυτή του κεφαλαίου ,θα παρουσιάσουμε διάφορα στατιστικά στοιχεία που σχετίζονται με το έργο της οπτικής διασύνδεσης εταιρικών πελατών διάφορων τηλεπικοινωνιακών οργανισμών.

Τα στοιχεία προέρχονται από τα αρχεία φακέλων έργου κατασκευαστικών εταιριών εξειδικευμένων στην κατασκευή δικτύων οπτικών ινών. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα στοιχεία αφορούν μονό ένα τμήμα του έργου, το οποίο είναι το καλωδιακό και όχι ολόκληρο το έργο (χωματουργικές εργασίες, αδειοδοτήσεις, αντικατάσταση εξοπλισμού, κόστος διακοπής κλπ) καθώς επίσης και ότι τα στοιχεία αυτά δεν προέρχονται από το σύνολο των υπεργολάβων του έργου παρά μόνο από ένα μέρος αυτού.

Όπως παρατηρήθηκε, σε σύνολο Δέκα εννέα (19) πιστοποιημένων βλαβών μετά την παράδοση του έργου, οι οποίες επιδιορθώθηκαν, οι επτά (7) οφείλονταν σε αστοχία υλικού ή κακής ποιότητας κατασκευής ,μία (1) αφορούσε λάθος κατά τον σχεδιασμό , Εννέα (9) αφορούσαν εξωγενείς με το δίκτυο παράγοντες όπως χωματουργικές εργασίες οργανισμών κοινής ωφέλειας, Δημοτικά έργα ,μετατοπίσεις δρόμων ή μικρά ιδιωτικά έργα, ενώ τέλος δυο (2) αφορούσαν βανδαλισμό του εξοπλισμού . Το σύνολο των καλωδιακών βλαβών για το συγκεκριμένο τμήμα του έργου αντιπροσώπευε το 13,77% του μέχρι τότε συνολικού τμήματος των μηνιαίων πιστοποιήσεων των κατασκευαστών.

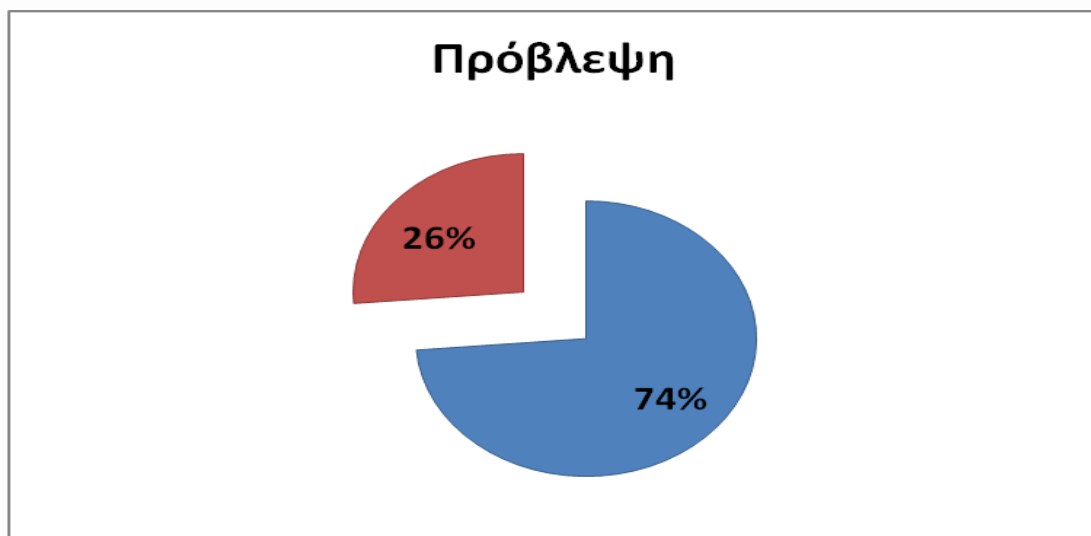


Γράφημα 4. 3 Ποσοστό καλωδιακών βλαβών

Στις περιπτώσεις αποκατάστασης όπου τα αιτία ήταν η αστοχία υλικού ,βανδαλισμοί ή κάποιοι εξωγενής παράγοντες ,οι εργασίες επιβαρύνθηκαν με την προμήθεια νέου τηλεπικοινωνιακού εξοπλισμού, ενώ παράλληλα στις περιπτώσεις λάθος σχεδιασμού και εξωγενών παραγόντων χρειάστηκε καινούργια χάραξη του καναλιού επικοινωνίας. Τέλος σε ορισμένες περιπτώσεις χρειάστηκε η έκδοση νέων αδειών για διεξαγωγή χωματουργικών εργασιών. Όπως ήταν αναμενόμενο το σύνολο των προαναφερθέντων γεγονότων αύξησε κατά πολύ τον χρόνο (εργατοώρες) και το κόστος της αποκατάστασης.

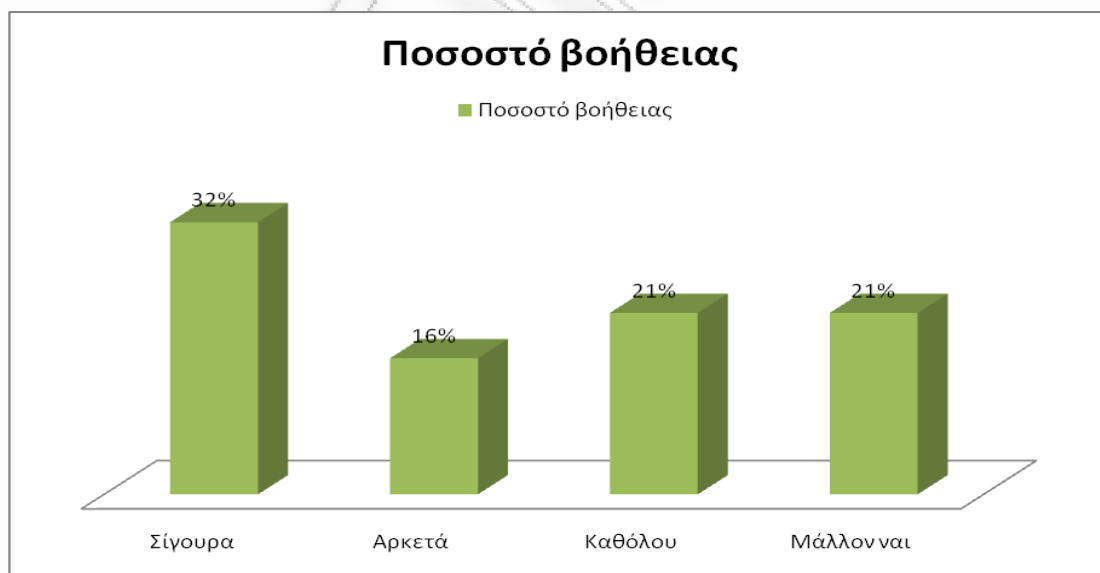
Ένα άλλο στοιχείο της μελέτης αυτής αποτελεί το γεγονός ότι αν και το σύνολο των βλαβών εντοπίστηκε από το σύστημα εποπτείας του οργανισμού , χρειάστηκε η αποστολή ειδικευμένου τεχνικού στις εγκαταστάσεις της εταιρίας (χώρο οπτικού καταναμητή ODF) προκειμένου να πραγματοποιηθούν οι κατάλληλες μετρήσεις και να διαπιστωθεί το ακριβές σημείο της βλάβης ή να διαπιστωθεί η κατάσταση του εξοπλισμού. Γεγονότα, τα οποία επιβάρυναν τον συνολικό χρόνο απόκρισης του συστήματος από μερικά λεπτά ως πολύτιμες ώρες αδρανοποιώντας σημαντικά μέρη του δικτύου.

Το σημαντικό σε αυτή την μελέτη είναι ότι διαπιστώθηκε ότι τουλάχιστον πέντε (5) από τις δέκα εννέα (19) βλάβες θα μπορούσε να είχαν προβλεφτεί και να είχαν επισκευαστεί πολύ νωρίτερα, προκαλώντας τις ελάχιστες δυνατές συνέπειες στη λειτουργικότητα του δικτύου, καθώς αφορούσαν συσσωρευμένες απώλειες, οι οποίες οφείλονταν σε κακή ποιότητα κατασκευής η ελαττωματικό υλικό.



Γράφημα 4. 4 Ποσοστό βλαβών που θα μπορούσε να προβλεφτεί

Στην συνέχεια της μελέτης αυτής το σύνολο των μηχανικών αλλά και τεχνιτών που εργάστηκαν για την αποκατάσταση των προαναφερθέντων βλαβών, ρωτήθηκαν κατά το ποσό ένα αυτόματο γνωσιακό σύστημα θα μπορούσε να μειώσει σημαντικά τον χρόνο αποκατάστασης της βλάβης



Γράφημα 4. 5 Ποσοστό συνεισφοράς γνωσιακού συστήματα RFTS

Συμφώνα με τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής στο 48% των περιπτώσεων κρίνεται απαραίτητη η ύπαρξη συστήματος απομακρυσμένου ελέγχου ενώ μόλις στο 21 % δεν χρειάζεται καθόλου .

Αποτελέσματα, τα οποία αποδεικνύουν έμπρακτα ότι η ύπαρξη ενός τέτοιου συστήματος είναι σημαντική και βοηθά στον γρήγορο εντοπισμό και την επίλυση των δύσκολων καταστάσεων στο δίκτυο .

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΡΡΑΙΑΣ

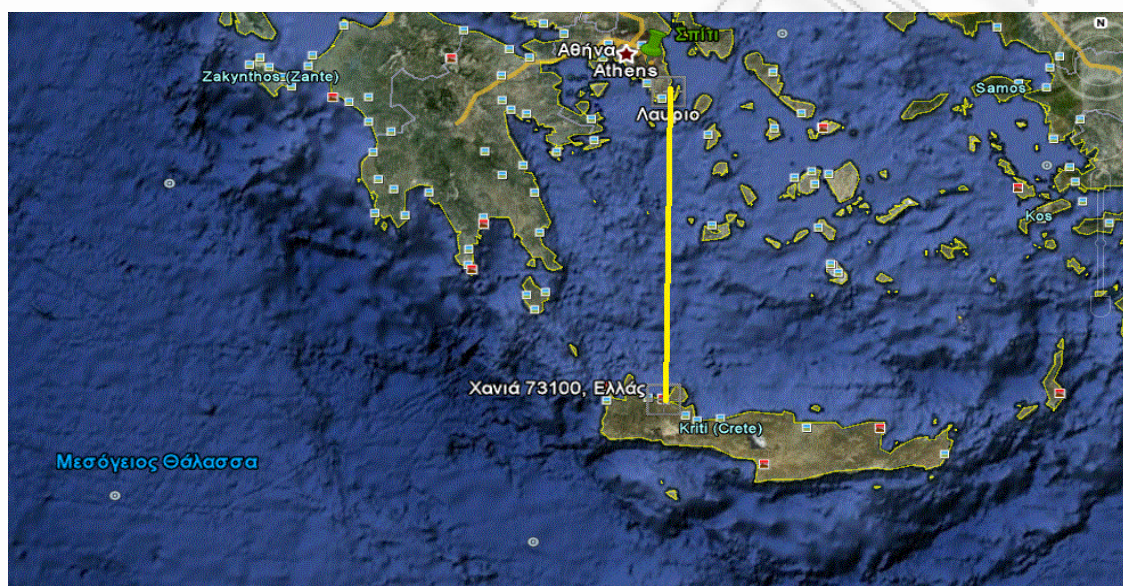
Βιβλιογραφία 4^{ου} κεφαλαίου

1. “Τεχνική υποστήριξη για την κατασκευή μητροπολιτικών ευζωνικών δικτύων οπτικών ινών στην περιφέρεια δυτικής Ελλάδας”, Πακέτο εργασιών 3: Επιχειρησιακό σχέδιο εκμετάλλευσης/αξιοποίησης, Ερευνητικό Ακαδημαϊκό Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών , Πάτρα 2007.
2. Optimized Network Architecture for Multimedia service (OPTIMUM), Final report, 31 August 1998
3. Pari Welling, Markku Lähteenoja, “Economic Issues of Broadband Access Platform Evolution”, Acts Guideline BAE-G2.
4. Εθνική επιτροπή τηλεπικοινωνιών & ταχυδρόμων , “Ετήσια έκθεση της ΕΕΤΤ για το 2008 ως έτος ποιοτικής ευρυζωνικότητας ”, 2008.
5. Εφημερίς της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας, ,τεύχος δεύτερο,Φ20, Αριθμ. αποφ. 581/007 , 18 Ιανουάριου 2011
6. www.eett.gr

Κεφάλαιο 5

5. Σχεδιασμός και ανάπτυξη συστήματος εποπτείας οπτικών ινών υποθαλασσίου καλωδίου.

Στο προτελευταίο αυτό κεφάλαιο θα πραγματοποιήσουμε τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη της εφαρμογής ενός συστήματος εποπτείας οπτικού καλωδίου σε ένα φανταστικό έργο-project, το οποίο είναι υπεύθυνο για την διασύνδεση δυο σημείων στην ελληνική επικράτεια. Τα σημεία αυτά είναι ένας σταθμός διασύνδεσης στο Λαύριο Αττικής – και ένας στα Χανιά της Κρήτης



Εικόνα 5. 1 Απεικόνιση οπτικής ζεύξης μελέτης

Ας υποθέσουμε ότι η απόσταση των δυο αυτών σημείων αγγίζει τα 250 km.

θα εξετάσουμε την εφαρμογή και τη χρήση των κλασικών OTDRs, για τον έλεγχο εξ αποστάσεως της εγκατάστασης ενός υποβρυχίου καλωδίου καθώς και της διαχείρισης των βλαβών. Το σύστημα θα είναι σε θέση ,δευτερόλεπτα μετά την εκδήλωση του κάθε φαινομένου ,να εντοπίσει την όποια εξασθένηση στο σήμα μας καθώς και την χιλιομετρική θέση κάθε κοψίματος- διακοπής του καλωδίου.

Η επιλογή της υποβρυχίας οπτικής διασύνδεσης έγινε επειδή η θάλασσα επιτρέπει στον αναγνώστη την άμεση κατανόηση προβλημάτων, όπως του σωστού εντοπισμού της θέσης του προβλήματος, και της ανάγκης για διατήρηση της ποιότητας της οπτικής ζεύξης, μιας και το κόστος αντικατάστασης ή επισκευής του οπτικού μέσου είναι σχετικά μεγαλύτερο από την αντίστοιχη επίγεια εφαρμογή .

5.1 Σημερινή κατάσταση-προβλήματα.

Για τους φορείς εκμετάλλευσης των δικτύων, μια διασύνδεση ενός νησιού με την ηπειρωτική χώρα μέσω της θαλάσσιας εγκατάστασης οπτικών καλωδίων, αντιπροσωπεύει μια οικονομικά αποδοτική εναλλακτική λύση. Παρόλα αυτά μια τέτοια επένδυση, εξακολουθεί να αντιμετωπίζει εμπόδια , πολλές φορές άσχετα με την φύση της εφαρμογής, τα οποία μπορούν να την μετατρέψουν μη βιώσιμη ή να αυξήσουν κατά πολύ το κόστος κατασκευής, μειώνοντας το περιθώριο κέρδους ή αυξάνοντας το κόστος χρήσης .

5.1.1 Απομακρυσμένοι Σταθμοί

Πολλές φορές η αναγέννηση του οπτικού σήματος στην ακτή ιδιαίτερα στις παράκτιες διαδρομές. παρουσιάζει πλεονεκτήματα .

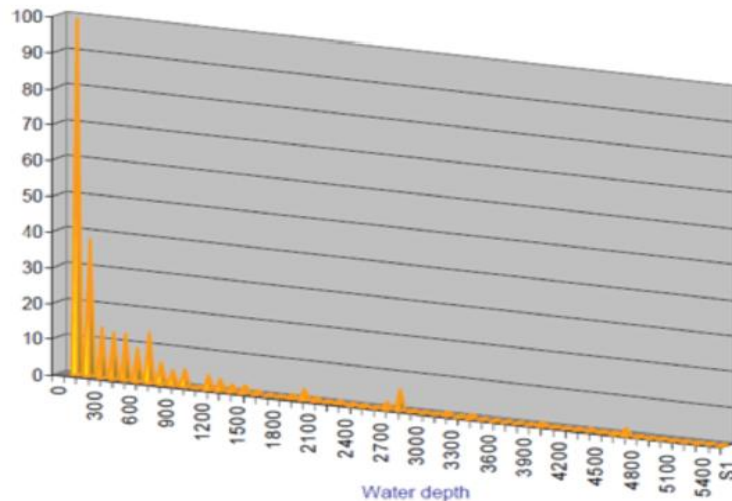
Από την άλλη πλευρά οι απομακρυσμένοι σταθμοί που δημιουργούνται για αυτό τον λόγο ειδικά σε περιπτώσεις όπου τα καλώδια δεν μπορεί να είναι εντελώς κρυμμένα και προστατευμένα υπόκεινται σε βλάβες, είτε από κλέφτες είτε από βανδαλισμούς.

Συνεπώς ο εξοπλισμός, ο οποίος εγκαθίσταται σε αυτά τα μέρη ,δεν πρέπει να είναι σε θέση μόνο να ανιχνεύει και να καθορίζει την ακριβή τοποθεσία του προβλήματος, αλλά θα πρέπει να μπορεί να ενημερώσει άμεσα την κατάλληλη ομάδα ανθρώπων για την βλάβη ή ακόμη καλύτερα να είναι σε θέση να την «προβλέψει».

Ένα μέσο που επιτρέπει την απομακρυσμένη πρόσβαση και δοκιμή μπορεί να ελέγχει συνεχώς μία ή πολλές ίνες, σε ένα ή πολλά καλώδια, δραστηριοποιώντας άμεσα όλους τους εμπλεκόμενους μηχανισμούς σε περίπτωση κακόβουλων επιθέσεων μειώνοντας κατά πολύ τον χρόνο αποκατάστασης.

5.1.2 Υποθαλάσσια οπτικά καλώδια .

Τα υποθαλάσσια οπτικά καλώδια συνήθως βρίσκονται σε σχετικά κοντινή στην ακτή απόσταση και σε μερικά εκατοντάδες μέτρα βάθος γεγονός, το οποίο τα καθίστα ευάλωτα σε κάθε ανθρωπινή δραστηριότητα, όπως αλιεία ,τράτες ή τις άγκυρες των πλοίων. Σύμφωνα με μια μελέτη που αναρτήθηκε στο διαδίκτυο, η κατανομή των επισκευών των οπτικών καλωδίων στην ηπειρωτική Ευρώπη σε συνάρτηση με το αντίστοιχο βάθος για την περίοδο 1995 – 2007 (**εικόνα 5.2**) φανερώνει ότι , κοντά στο 60% των καλωδιακών βλαβών εμφανίστηκε σε βάθος κάτω των 500 m ενώ περίπου 100 βλάβες σε βάθος 50 μέτρων ή λιγότερο.



Εικόνα 5. 2 Γράφημα βλαβών 1995-2007

Παρά την διαθεσιμότητα αποτελεσματικών τεχνολογιών και εργαλείων, η διαδικασία επισκευής ενός καλωδίου παραμένει αρκετά μεγάλη και μπορεί να διαρκέσει από ημέρες έως σε εβδομάδες σε ορισμένες περιπτώσεις. Το γεγονός ότι οι περισσότερες ζημιές καλωδίων πραγματοποιούνται σε κοντινές στις ακτές αποστάσεις οδηγούν στο συμπέρασμα ότι με την χρήση ενός σωστού και εγκύρου συστήματος θα ήταν πιθανή η γρήγορη επισκευή τους ή ακόμη και η προειδοποίηση ότι κάτι πρόκειται να συμβεί.

Αν και η λύση που παρουσιάζεται εδώ από μόνη της δεν θα βελτιώσει δραματικά τα στοιχεία αυτά, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνεργασία με άλλες τεχνολογίες-μεθόδους για να μειώσουν το συνολικό χρόνο, της επισκευής και του εργατικού δυναμικού που συμμετέχει κυρίως για οπτικές δοκιμές, συμβάλλοντας σημαντικά στην αποτροπή γεγονότων όπως η ολοκληρωτική απώλεια της ζεύξης .

5.2 Εξέλιξη στον σχεδιασμό των υποβρυχίων καλωδίων

Οι οπτικές υποβρυχίες ζεύξεις από την φύση τους δεν απαιτούν μανδύα χαλκού ή power feed equipment (PFE) . Αυτό δημιουργεί μια κατάσταση όπου τεχνικές εντοπισμού βλαβών με βάση τον παραλληλισμό βλάβης (ανίχνευση κοψίματος του εξωτερικού μανδύα) δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν .

Παρόλα αυτά, τα περισσότερα υποβρύχια καλώδια ενσωματώνουν ένα ηλεκτρικά αγωγίμο υλικό, (περίβλημα χαλκού ή χάλκινες ταινίες) , το οποίο μέσω μιας συσκευής αλληλεπιδρά με μια ηλεκτρική τάση δημιουργώντας ήχους. Η συσκευή αυτή από την επιφάνεια της θάλασσας (συνήθως πάνω στο πλοίο) μπορεί και παρακολουθεί την υποβρύχια διαδρομή του καλωδίου βοηθώντας στον εντοπισμό της συνέχειας ή της διακοπής της οπτικής ζεύξης.

Στην περίπτωση αυτή η χρήση OTDRs είναι πιθανό να καταστεί ένα πιο κοινό μέσο μέτρησης της οπτικής συνέχειας ,

5.3 Εφαρμογή

Στο σενάριο που ακολουθεί έχουμε μια φανταστική υποθαλάσσια διαδρομή καλωδίων και δυο χερσαίων σημείων εισόδου του οπτικού καλωδίου στην θάλασσα στο Λαύριο και τα Χανιά συνολικής απόστασης 268 χιλιομέτρων. Η απόσταση αυτή αναλύεται ως εξής ,250 km υποθαλάσσια (υπολογισμός βάση Google earth) και 18 Km χερσαία. Το χερσαίο μήκος καλωδίου στην πλευρά των Χανίων είναι 5,5 χιλιόμετρα, ενώ το αντίστοιχο από την πλευρά του Λαυρίου είναι 12,5 χιλιόμετρα . Οι μονάδες δοκιμής θα βρίσκονται σε κάθε τερματικό σταθμό.

Λαύριο										Χανιά
Βάθος	0	15	200	1000	2000	2000	1000	200	15	0
Χλμ θέση	12 500	3 000	6 000	10 000	106 000	106 000	10 000	6 000	3 000	5 500
Οπτικοί Σύνδεσμοι	0	3000	9 000	19 000	125 000	231 000	241 000	247 000	250 000	0

Πίνακας 5. 1 Χιλιομετρικές αποστάσεις ζεύξης

Υποθέτουμε στην περίπτωση του έργου ότι θα κάνουμε χρήση δυο τύπων οπτικών καλωδίου ενός υποβρυχίου και ενός διηλεκτρικού .Ο δεύτερος τύπος καλωδίου θα χρησιμοποιηθεί για την είσοδο και τερματισμό του καλωδίου στα χερσαία κτίρια (Λαύριο-Χανιά)

Τα χαρακτηριστικά της οπτικής ίνας και των δυο καλωδίων θα είναι σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα

Optical Characteristics, ITU-T G.654	Unit	Nominal value	±
Operating wavelength	nm	1550	
Mode field diameter @ 1550 nm	µm	11.8	0.6
Fibre cladding diameter	µm	125	1
Coating diameter, uncoloured fibres	µm	245	10
Mode field/cladding concentricity error	µm	0.8	
Cladding non circularity	%	≤2	
Attenuation @ 1550 nm	dB/km	≤0.173	
Effective area	µm ²	112	
Chromatic dispersion @ 1550 nm	ps/nm·km	≤22	
Polarization Mode Dispersion. PMD	ps/√km	≤0.2	
Fibre proof test level	%	≥1.0 (1s)	

Πίνακας 5. 2 Χαρακτηριστικά ίνας υποθαλάσσιου καλωδίου

Physical Characteristics	Unit	Nominal Value	±
Outer diameter	mm	15.5	-
Weight in air (approximately)	kg/m	0.42	-
Minimum bending diameter, 1 cycle	mm	400	-
Minimum repeated bending diameter	mm	500	-
Operating temperature range	°C	-40 to +70	-
Safe working load	kN	5	-
Breaking load	kN	8	-
Crush Load (IEC 60794-1-2)	kN/100 mm	5	-
Impact Resistance (IEC 60794-1-2)	J/50 mm	50	-
Fibre slack in steel tube	%	0.1	-

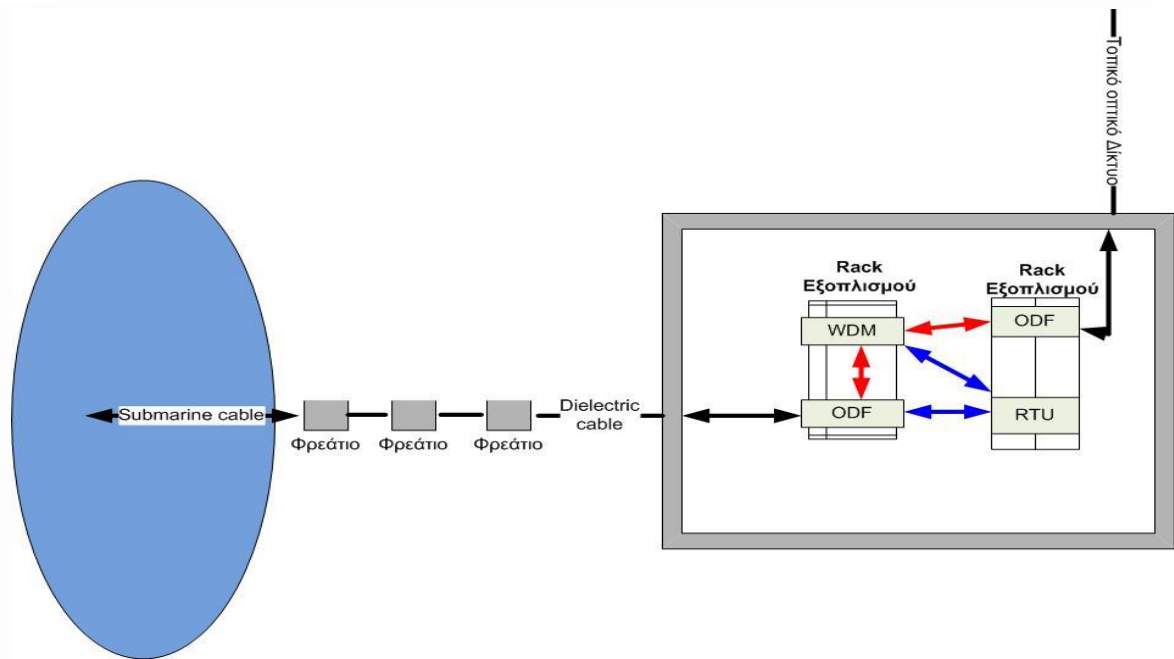
Πίνακας 5. 3 Φυσικά χαρακτηριστικά υποθαλάσσιου καλωδίου

Η τοπολογία του δικτύου μας και στα δυο άκρα θα είναι παρόμοια. Το υποβρύχιο οπτικό καλώδιο θα εξέρχεται από την θάλασσα (εικόνα 5.3), θα συγκολλείται στο πρώτο φρεάτιο με το διηλεκτρικό καλώδιο και στην συνέχεια θα οδεύει στο εσωτερικό του κτιρίου όπου και θα τερματίζεται στον αντίστοιχο οπτικό καταναμητή (εικόνα 5.4) .



Εικόνα 5. 3 Έξοδος καλωδίου από τη θάλασσα

Στην ιδανική περίπτωση, μία ανενεργή ίνα «dark fiber» του καλωδίου προορίζεται να συνδεθεί άμεσα με τη μονάδα ελέγχου μέσω του οπτικού καταναμητή (ODF), προκειμένου να αποφευχθεί η ανάγκη να πάμε επί τόπου, για την διεξαγωγή δοκιμής. Όλες οι άλλες ενεργές ίνες «live fibers» μπορούν να συνδεθούν με τη μονάδα ελέγχου μέσω ενός πολυπλέκτη (FWD) ενώ η δοκιμή των live fibers μπορεί να γίνει ταυτόχρονα με την εκπομπή των προς μετάδοση σημάτων

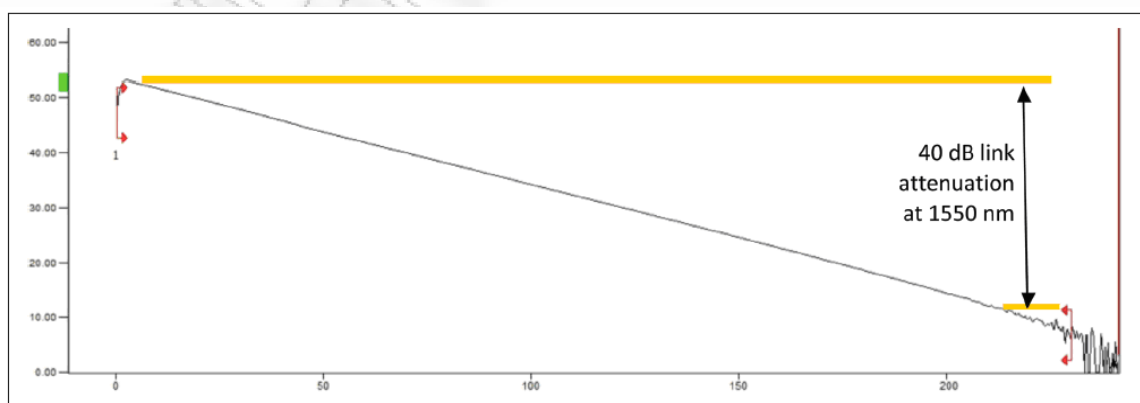


Εικόνα 5. 4 Απεικόνιση χερσαίου δικτύου

Η dark fiber μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παρακολούθηση του καλωδίου και σε περίπτωση κοπής, να μετρηθεί με ακρίβεια το μήκος, στο οποίο εμφανίζεται η βλάβη.

Σε αυτό το παράδειγμα, το σύνολο του καλωδίου μπορεί να ελεγχθεί από τις δύο πλευρές χρησιμοποιώντας ένα μεγαλύτερο εύρος παλμού και διάρκεια ελέγχου περίπου 1 λεπτό ανά ίνα για τη μέτρηση του τέλους της ζεύξης κοντά στα 40 dB εξασθένησης.

Το γράφημα που ακολουθεί παρουσιάζει ένα trace της υποβρύχιας διασύνδεσης μήκους περίπου 300 χλμ



Εικόνα 5. 5 Trace οπτικής ζεύξης

Λαμβάνοντας υπόψη την απώλεια που εισάγεται από το οπτικό switch και το καλώδιο διασύνδεσης (patch cord) καλύπτουμε μια περιοχή μέτρησης με ακτίνα

μεγαλύτερη των 200 km, ενώ λόγω της απόρριψη του σήματος OTDR των 1550 nm από την αντίθετη πλευρά εξ αιτίας της απόστασης που ξεπερνά τα 200 km (ολόκληρη η οπτική ζεύξη είναι περίπου 250km) καθιστά δυνατές τις δοκιμές από την ίδια ίνα από τις δύο πλευρές.

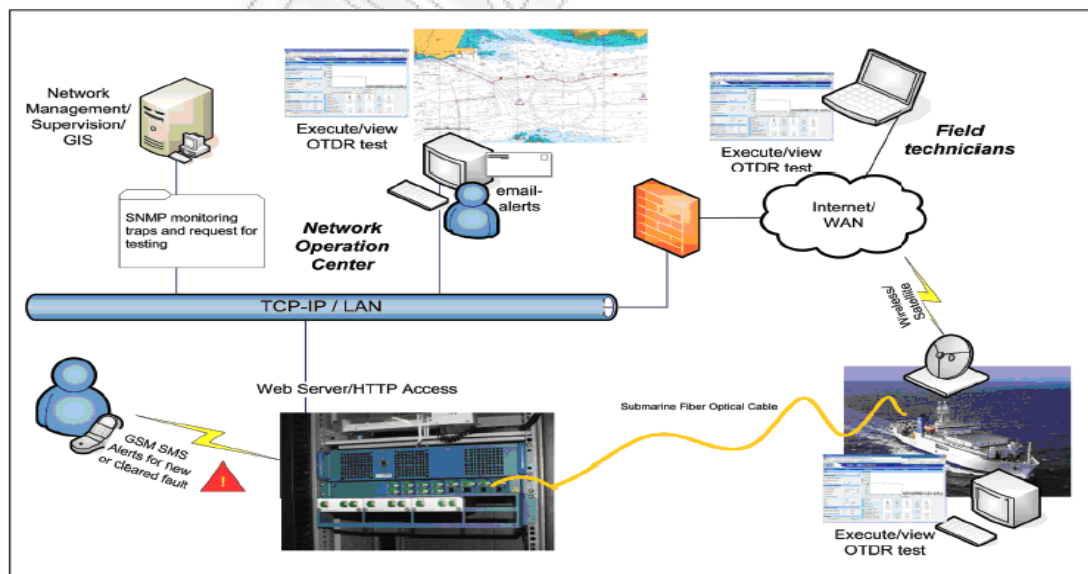
Για τις υποβρύχιες διαδρομές μπορεί να υπάρχει μια σημαντική διαφορά μεταξύ της πραγματικής θέσης των καλωδίων στο θαλάσσιο βυθό και της θέσης του πλοίου, στην επιφάνεια της θάλασσας. Συνεπώς η ακριβή αντιστοίχιση της διαδρομής του πλοίου με αυτή της θέσης του οπτικού καλωδίου στον πάτο της θάλασσας κατά την εγκατάσταση αποτελεί βασική προϋπόθεση ώστε το σύστημα μας να μπορεί να λειτουργήσει με ακρίβεια και αξιοπιστία

5.4 Η απομακρυσμένη σύνδεση - δόκιμη των καλωδίων

Μόλις εγκατασταθεί και συνδεθεί το υποβρύχιο καλώδιο θα πρέπει άμεσα να παρακολουθείται (Monitoring). Η συσκευή συνδέεται σε κάποιο LAN/WAN και μέσω Ethernet/TCP/IP απευθείας στον Web server (Εικόνα 5.4) . Αυτό επιτρέπει σχεδόν από οπουδήποτε στο NOC ή απομακρυσμένους χρήστες να έχουν πρόσβαση στη μονάδα για τη ρύθμιση παραμέτρων ή την πραγματοποίηση δοκιμών .

Αν μια διαδικασία επίβλεψης ξεκινήσει (για μία ή περισσότερες ίνες) οι χρήστες θα μπορούν να λαμβάνουν προγραμματισμένες ειδοποιήσεις, και να ελέγχουν την οπτική υποβάθμιση ή το σπάσιμο της ίνας την οποία επιβλέπουν . Οι προειδοποιήσεις αυτές θα μπορούν ταυτόχρονα να αποστέλλονται άμεσα μέσω SMS στα κινητά τηλεφώνά των ενδιαφερομένων.

Η διαδικασία δοκιμών αλλά και η παραμετροποίηση του συστήματος, παρέχονται μέσω ενός web browser ενώ η συσκευή μέσω του πρωτοκόλλου SNMP μπορεί να συνδεθεί με το υπόλοιπο σύστημα επίβλεψης της εταιρίας

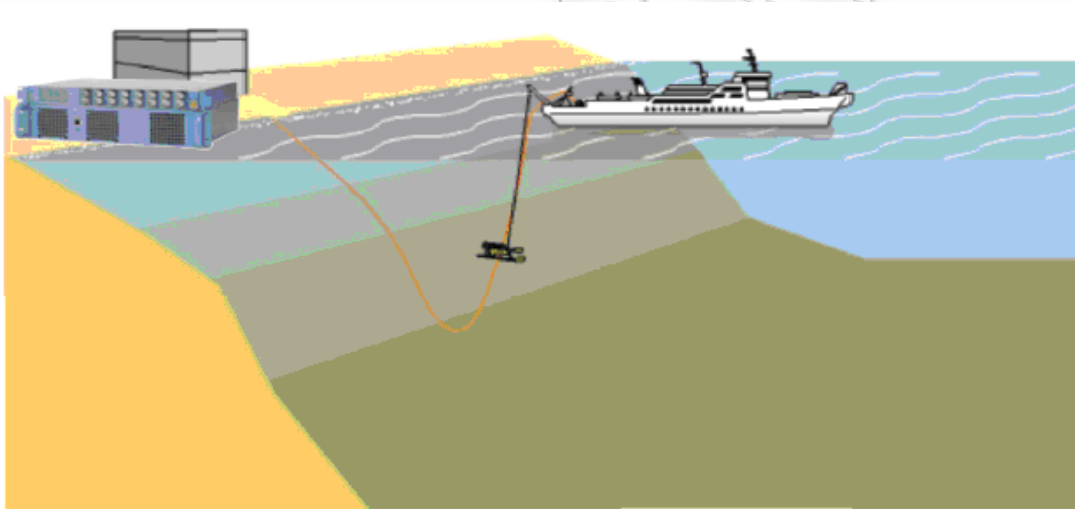


Εικόνα 5. 6 Δυνατότητες απομακρυσμένης σύνδεσης

5.5 Έλεγχος και μέτρηση του καλωδίου κατά την εγκατάσταση

Δεδομένου ότι η μονάδα δοκιμής είναι εξοπλισμένη με ένα εσωτερικό οπτικό Switch, είναι σε θέση να πραγματοποιήσει δοκιμές και να παρατηρεί όλες τις ίνες του καλωδίου κατά την διάρκεια της εγκατάστασης του από το πλοίο. Έτσι από τον τερματικό σταθμό στο σημείο όπου το καλώδιο εισέρχεται στο νερό, μπορούμε να ενημερωθούμε άμεσα για το οποιοδήποτε πρόβλημα προκύψει σταματώντας την διαδικασία εγκατάστασης εξασφαλίζοντας την ακεραιότητα της. Η πρόσβαση στις πληροφορίες του συστήματος επίβλεψης όπως οι πρώτες μετρήσεις OTDR μπορούν να ανακτηθούν από το πλοίο ή από το κέντρο της λειτουργίας του δικτύου, όπως περιγράψαμε πιο πάνω, χρησιμοποιώντας ένα απλό πρόγραμμα περιήγησης.

Στην περίπτωση που το καλώδιο θάβεται στο έδαφος θα μπορούσαμε να ορίσουμε μικρό όρια της τάξεως των 0.05 dB προκειμένου να ελεγχθεί και πάλι η ποιότητα και η ακεραιότητα της εγκατάστασης



Εικόνα 5. 7 Υποβρύχια εγκατάσταση οπτικού καλωδίου

5.6 Σύγκριση οικονομικών στοιχείων έργου

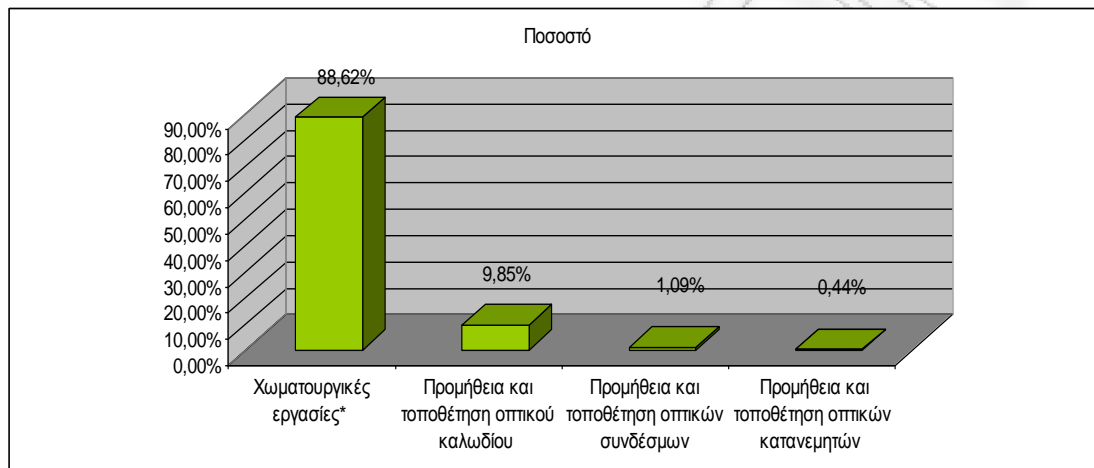
Το έργο μας χωρίζεται σε δυο τμήματα, αυτό της χερσαίας διασύνδεσης και αυτό της υποθαλάσσιας.

Η χερσαία διασύνδεση περιλαμβάνει τις παρακάτω εργασίες-υποέργα

- Αδειες εκσκαφής & χωματουργικές εργασίες
- Προμήθεια και τοποθέτηση οπτικού καλωδίου

- Προμήθεια και τοποθέτηση οπτικών συνδέσμων: Το οπτικό καλώδιο σύμφωνα με τα τεχνικά φυλλάδια του προμηθευτή θα προμηθευτεί σε κουλούρες έως 4km, ενώ σύμφωνα με την μελέτη θα πραγματοποιήσουμε 5 οπτικούς συνδέσμους στα αντίστοιχα φρεάτια
- Προμήθεια και τοποθέτηση οπτικών κατανεμητών : θα κατασκευάσουμε 2 οπτικούς κατανεμητές

Στο γράφημα 5.1 που ακολουθεί παρουσιάζεται το ποσοστό της οικονομικής συνεισφοράς του κάθε μικρού υποέργου στο σύνολο των εργασιών που απαιτούνται για την ολοκλήρωση του χερσαίου τμήματος του δικτύου .

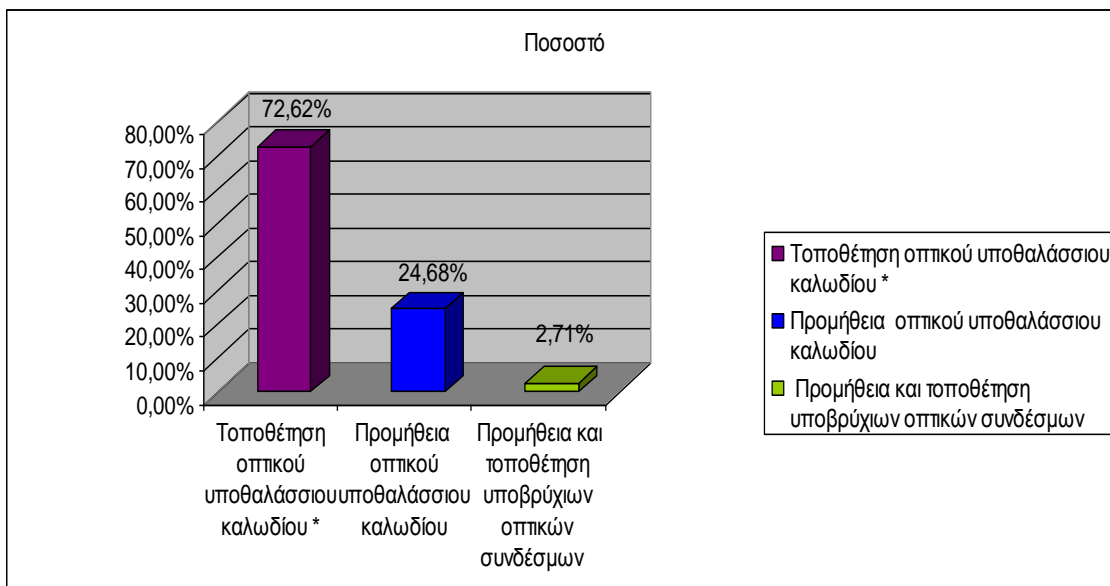


Γράφημα 5. 1 Ποσοστό συνεισφορά εργασιών στο κόστος χερσαίου δικτύου

Στο αντίστοιχο τμήμα της υποθαλάσσιας διασύνδεσης οι εργασίες-υποέργα είναι οι ακόλουθες

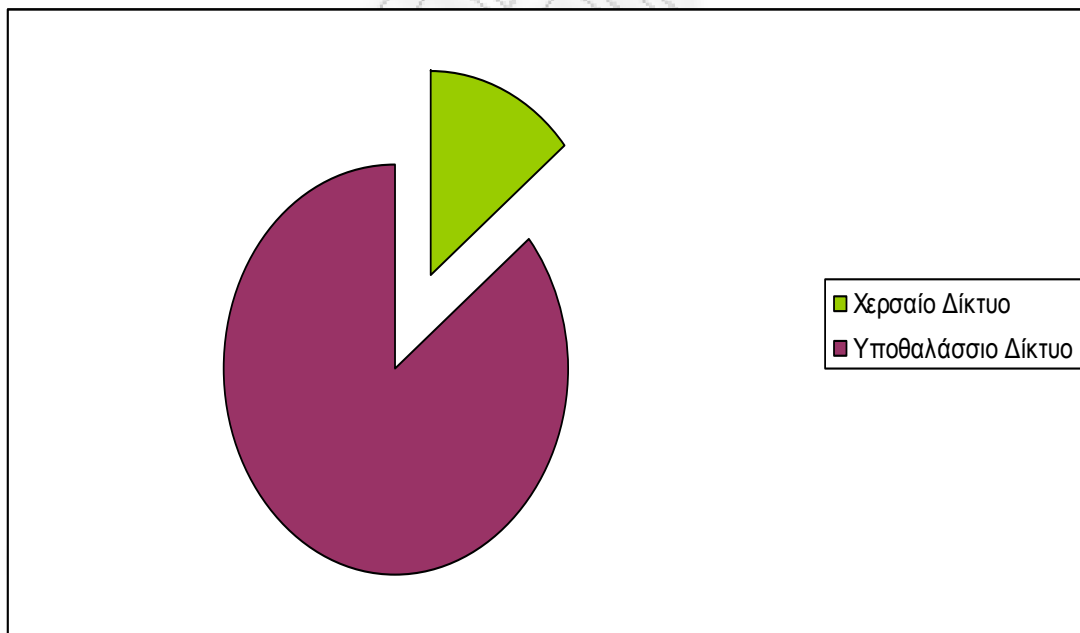
- Άδειες εγκατάστασης & τοποθέτηση οπτικού υποθαλάσσιου καλωδίου
- Προμήθεια οπτικού υποθαλάσσιου καλωδίου
- Προμήθεια και τοποθέτηση υποβρύχιων οπτικών συνδέσμων : Το οπτικό καλώδιο σύμφωνα με τα τεχνικά φυλλάδια του προμηθευτή θα προμηθευτεί σε κουλούρες έως 50km. Σύμφωνα με την μελέτη θα πραγματοποιήσουμε 12 οπτικούς συνδέσμους ,δέκα (10) όπως εμφανίζονται στον πίνακα 5.1 συν 2 στα φρεάτια τα οποία βρίσκονται στη παραλία σύνολο 12.

Το συνολικό υποθαλάσσιο μήκος είναι 250 000 m . Σε αυτή την περίπτωση το γράφημα 5.2 παρουσιάζει την συνεισφορά τις κάθε μιας από τις προαναφερόμενες εργασίες στο συνολικό τίμημα του έργου .



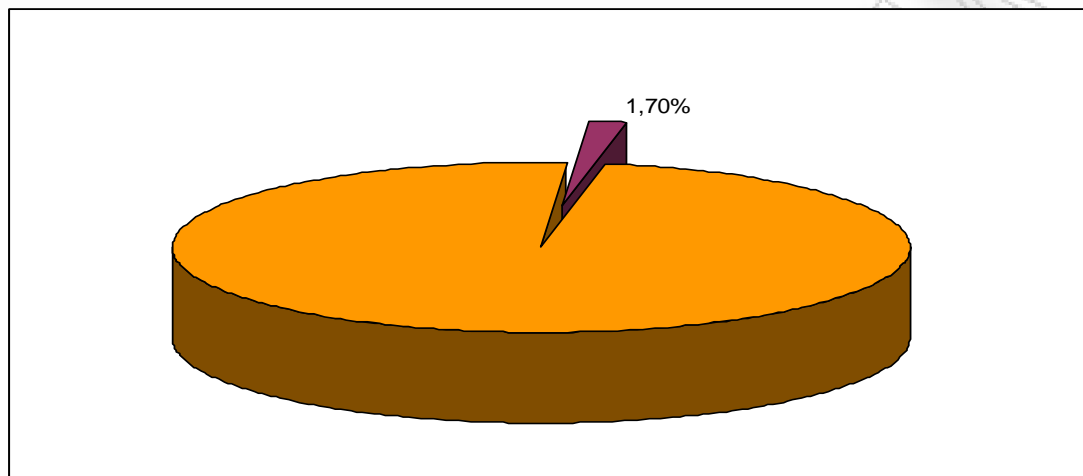
Γράφημα 5. 2 Ποσοστό συνεισφοράς εργασιών στο κόστος υποθαλάσσιου τμήματος δικτύου

Η σύνοψη της συνολικής επένδυσης απεικονίζεται στο γράφημα 5.3 .Όπως γίνεται αντιληπτό το μεγαλύτερο κόστος της επένδυσης καταναλώνεται στην κατασκευή του υποθαλάσσιου δικτύου



Γράφημα 5. 3 Σύγκριση δυο υπό έργων

Το κόστος της επένδυσης ενός γνωστικού συστήματος για τον απομακρυσμένο έλεγχο των οπτικών ινών του δικτύου σύμφωνα με υπολογισμούς ανέρχεται μόνο στο 1.7% τις συνολικής επένδυσης



Γράφημα 5. 4 Ποσοστό κόστους γνωστικού συστήματος σε σχέση με συνολικό κόστος

5.7 Σύνοψη

Συνοψίζοντας όλα τα συμπεράσματα, τα οποία εξήλθαν από τις επιμέρους ενότητες του κεφαλαίου αυτού συμπεραίνουμε ότι, η εγκατάσταση ενός OTDR και ενός οπτικού Switch στον τερματικό σταθμό του καλωδίου μπορεί να εξυπηρετήσει πολλές ανάγκες και εφαρμογές.

Συγκεκριμένα θα μπορούσε να μας επιτρέψει

- Την παρακολούθηση ενός καλωδίου μέχρι 200 χλμ.
- Την αποστολή προειδοποιήσεων και ενημερώσεων σχετικά με πιθανά ζητήματα του καλωδίου σε ένα ή περισσότερα μέλη της ομάδας
- Την μέτρηση του μήκους του καλωδίου, τον υπολογισμό του “scale factor” και πολλών άλλων καλωδιακών παραμέτρων
- Τον έλεγχο του ανοίγματος και των κολλήσεων του οπτικού καλωδίου πριν από την εγκατάσταση του στον βυθό της θάλασσας.
- Τον έλεγχο της ποιότητας κατασκευής σε πραγματικό χρόνο από τον τερματικό σταθμό κατά την διάρκεια εργασιών
- Τον Έλεγχο μιας ανενεργής ίνας για μεγάλο χρονικό διάστημα πριν από την ενεργοποίηση των υπηρεσιών

- Πιο ακριβή υπολογισμό του χρόνου προς επισκευή και τη μείωση της εξάρτησης από τα συνεργεία επισκευής.
- Την επιτάχυνση της αντίδρασης σε περίπτωση κακόβουλων επιθέσεων στα καλώδια.

5.8 Μελλοντική εξέλιξη

Το πλήθος των εκδηλώσεων βλαβών παγκοσμίως , το κόστος επισκευής του υποβρυχίου καλωδίου ,καθώς και το τεράστιο ανθρώπινο δυναμικό, θα αναγκάσει τους φορείς εκμετάλλευσης να διερευνήσουν νέους τρόπους για τη μείωση των εξόδων συντήρησης και υποβρύχιας εγκατάσταση καλωδίων .

Στο μέλλον μια πιο προληπτική προσέγγιση θα επιτρέπει την επιτήρηση μερικών οπτικών ανιχνευτών στο εξωτερικό περίβλημα του καλωδίου, οι οποίοι θα παρέχουν έγκαιρες προειδοποιήσεις για πιθανή βλάβη . Η υγεία και η κατάσταση αυτών των οπτικών ανιχνευτών θα είναι αντιπροσωπευτική για τη γενική κατάσταση του καλωδίου.

Σε μια τέτοια περίπτωση, η επιλογή της εξ αποστάσεως δοκιμής και ελέγχου των ινών που βασίζονται στην τεχνολογία OTDR θα μπορούσε να χρησιμεύσει ακόμα καλύτερα.

Κεφάλαιο 6

6. Συμπεράσματα

Στις μέρες μας οι ανάγκες για Bandwidth συνεχώς και αυξάνουν, από τα μερικά Kbps φτάσαμε σήμερα στα 24 Mbps (στην Ελλάδα) και ευτυχώς συνεχίζουμε. Οι εταιρίες εκμετάλλευσης των τηλεπικοινωνιακών δικτύων πρέπει να καταλάβουν ότι η ποιότητα και η καλή συντήρηση του εξοπλισμού τους αποτελεί μονόδρομο για αυτές,

Μερικές χιλιάδες ευχαριστημένων και «φανατικών» πελατών είναι σίγουρα πολύ καλύτερο από μερικές χιλιάδες μέτρων οπτικών δικτύων, με χαμηλής ποιότητας υλικά και χαμηλής ποιότητας συντήρηση, που λειτουργούν μόνο της καλής ημέρες του χρόνου.

Στο κεφάλαιο αυτό θα προσπαθήσουμε να εξάγουμε τεκμηριωμένα όλα εκείνα τα επιχειρήματα, τα οποία επιβάλουν την χρήση γνωσιακών συστημάτων εποπτείας των οπτικών δικτύων.

6.1 Συνεισφορά στα οικονομικά μεγέθη

Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο της εργασίας αυτής, οι δαπάνες συντήρησης έχουν οριστεί ως όλες οι σχετικές δαπάνες για την επίλυση των φυσικών προβλημάτων στο δίκτυο και μπορούν να υπολογιστούν, ως το συνολικό ποσό των δαπανών για την αντικατάσταση συσκευών και εξοπλισμού και των δαπανών για την πληρωμή του προσωπικού συντήρησης.

6.1.1 Αντικατάσταση συσκευών και εξοπλισμού.

Συμφωνά με τον τύπο του κεφαλαίου τέσσερα

$$M_i = (M_1 + M_2)_i = ((V_{i-1} + V_i)/2) * (P_i * R_{class} + P_i * (MTTR/MTBR))$$

οπου

- Το V_i είναι ο όγκος εξοπλισμού το έτος i
- Το P_i είναι η τιμή του στοιχείου δαπανών το έτος i
- Το R_{class} είναι το ποσοστό δαπανών συντήρησης
- $MTBR$ (Mean Time Between Repairs) είναι ο μέσος χρόνος μεταξύ των αστοχιών του εν λόγω στοιχείου δαπανών

Ένα γνωσιακό σύστημα επόπτευσης σίγουρα δεν θα μπορούσε να βοηθήσει στην πρόβλεψη μιας κακής ποιότητας υλικών, αλλά σίγουρα θα μπορούσε να τις εντοπίσει άμεσα με την είσοδο τους στο δίκτυο και να ενεργοποιήσει όλους τους καταλλήλους μηχανισμούς για την άμεση απόρριψη τους. Ταυτόχρονα στην περίπτωση συνεχόμενων προβλημάτων, υποθετικά θα μπορούσε να αποτρέψει την χρησιμοποίησή τους στο μέλλον.

Εύκολα γίνεται αντιληπτό, ότι η άμεση πρόβλεψη ελαττωματικών συσκευών καθώς και μια πιθανή αποβολή τους δια παντός από το δίκτυο είναι ικανές να μειώσουν το V_i , P_i , R_{class} αυξάνοντας το $MTBR$ και τελικά να μειώσουν σημαντικά της δαπάνες συντήρησης $M1$ της συνάρτησης μας.

6.1.2 Πληρωμή του προσωπικού συντήρησης- ποινικές ρήτρες

Ο έλεγχος της ποιότητας κατασκευής κατά την διάρκεια των εργασιών, είναι σίγουρα ένα γεγονός, το οποίο μπορεί να μειώσει δραστικά τον μέσο χρόνο επισκευής ($MTTR$), ενημερώνοντας άμεσα τους τεχνικούς για την ποιότητα των υπηρεσιών τους.

Παράλληλα παρατηρώντας 24/7 τις επιδόσεις του δικτύου, μπορούμε να εντοπίσουμε την φθορά του εξοπλισμού με ένα πολύ απλό τρόπο, αυτό της συμβολής του στις συνολικές απώλειες της ζεύξης. Συνεπώς θα μπορούμε να αντικαταστήσουμε ένα φθαρμένο υλικό πολύ πριν αυτό γίνει η αιτία απώλειας της ζεύξης μειώνοντας σημαντικά, τον χρόνο συντήρησης και προσδίδοντας έναν πιο ακριβή υπολογισμό του χρόνου προς επισκευή.

Μεταβλητές που στο σύνολο τους μειώνουν τις δαπάνες συντήρησης $M2$ της συνάρτησης μας αλλά και βοηθούν στη δημιουργία ενός αξιόπιστου και ποιοτικού δικτύου, το οποίο απαλλάσσει τους οργανισμούς από ποινικές ρήτρες και χρονοβόρες δικαστικές διαμάχες με δυσαρεστημένους καταναλωτές.

6.1.3 Διαχείριση δικτύων

Σε προηγούμενο κεφάλαιο αναφέραμε πως το κόστος διαχείρισης δικτύων πηγάζει συναρτήσει ορισμάτων όπως, το πλήθος προσωπικού, το πλήθος συστημάτων διαχείρισης δικτύων και το πλήθος δικτυακών συσκευών. Σίγουρα η εφαρμογή ενός συστήματος εποπτείας οπτικών δικτύων δεν μπορεί να μειώσει το κόστος της συνάρτησης αυτής, αφού προκαλεί την αύξηση των ορισμάτων αυτών με μόνη εξαίρεση αυτή του προσωπικού, αφού δεν προϋποθέτει την πρόσληψη επιπλέον προσωπικού επίβλεψης, μιας και το σύστημα μπορεί να ενσωματωθεί στο ήδη υπάρχον λογισμικό και να επιβλέπεται από την ίδια ομάδα.

Όμως, η **έγκυρη** και **έγκαιρη** ενημέρωση των **κατάλληλων** χρηστών οδηγεί στην γρηγορότερη επίλυση του προβλήματος ή στην αποτροπή μιας δυσάρεστης κατάστασης. Πιστεύουμε ότι αντισταθμίζει οποιαδήποτε αύξηση μπορεί να εμφανιστεί, από την χρήση μια τέτοιας εφαρμογής.

6.2 Επίλογος

Στην εργασία αυτή προσπαθήσαμε να παρουσιάσουμε τα οφέλη ενός γνωστικού συστήματος, το οποίο θα είναι σε θέση να παρατηρεί 24 ώρες και 365 μέρες τον χρόνο την ποιότητα του οπτικού καναλιού μας .

Σίγουρα κάποιος δεν μπορεί να ισχυριστεί ότι αυτό το σύστημα είναι σε θέση από μόνο του να επιλύσει όλα τα τυχόν προβλήματα, τα οποία μπορούν να εμφανιστούν και φυσικά κάποιος δεν μπορεί να ισχυριστεί ότι μπορεί να το κάνει μόνο του. Παρόλα αυτά πιστεύουμε πως είναι σίγουρο ότι η συνεργασία του με τα υπάρχοντα συστήματα επόπτευσης των εταιριών, σε συνδυασμό με το πλεονέκτημα του να εντοπίζει ακριβώς την προβληματική περιοχή, μπορεί να συνεισφέρει τα μέγιστα στην γρήγορη και ακριβή από άποψη αποτελεσματικότητας επίλυση σημαντικών δικτυακών προβλημάτων.

Το δίκτυο οπτικών ινών ενός τηλεπικοινωνιακού οργανισμού αποτελεί την τηλεπικοινωνιακή αρτηρία ολόκληρου του συστήματος. **Δεν φτάνει μόνο** να επιβάλουμε όλο και μικρότερα περιθώρια απωλειών στις εργασίες που συντελούνται (κολλήσεις 0.01dB), πρέπει να είμαστε σε θέση να ελέγχουμε και να παρατηρούμε αν αυτά τηρούνται , και πως επιβαρύνουν κάθε στιγμή την ποιότητα της επικοινωνίας μας .Υψηλής τεχνολογίας εξοπλισμός δεν πρόκειται να τεθεί ποτέ σε λειτουργία αν το μέσο που τα τροφοδοτεί δεν είναι σε θέση να το κάνει με τον σωστό τρόπο.