

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΑ
ΤΜΗΜΑ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ
ΠΜΣ ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΑ



ΤΙΤΛΟΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ:

**"ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ, ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΙ ΑΥΤΟΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ ΟΠΤΙΚΩΝ
ΔΙΚΤΥΩΝ FTTH"**

Διπλωματική Εργασία
Μπούγος Παναγιώτης-Χρίστος
A.M: ΜΨΕ2007

Επιβλέπων Καθηγητής: κος Τσαγκάρης Κων/νος

Αθήνα Φεβρουάριος 2023

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Για την ολοκλήρωση της παρούσας Διπλωματικής εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου κο Τσαγκάρη Κων/νο καθώς και το σύνολο των καθηγητών και συμφοιτητών μου του Πανεπιστημίου Πειραιώς που με βοήθησαν την ολοκλήρωση των μεταπτυχιακών σπουδών μου.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κο Κωτούλα Διαμαντή από την εταιρεία COSMOTE για όλη την συμπαράσταση και τη σημαντική βοήθεια που μου πρόσφερε κατά την διάρκεια της υλοποίησης της Διπλωματικής εργασίας καθώς και την κατασκευαστική εταιρεία ERGATIKAT και συγκεκριμένα τον κο Κιούση Κων/νο για τη δυνατότητα που μου έδωσε, για την κατ' ιδίαν επίσκεψη σε πραγματικό χρόνο υλοποίησης έργων FTTH στο πεδίο.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το Fiber-to-the-home (FTTH) γνωρίζει μεγάλη αποδοχή από το κοινό σε όλο τον κόσμο, καθώς και στην Ελλάδα. Η παρούσα διπλωματική εργασία διερευνά τις τεχνολογικές, οικονομικές και στρατηγικές πτυχές του FTTH.

Παρουσιάζονται αναλυτικά οι τρόποι που εκπονούνται μελέτες FTTH και ειδικά η εφαρμογή τους μέχρι τις κατοικίες των συνδρομητών, προσφέροντας σύγχρονες υπηρεσίες που ανταποκρίνονται στις αυξανόμενες ανάγκες των χρηστών.

Στην πρώτη Ενότητα περιγράφεται η σημασία της υλοποίησης ενός δικτύου FTTH καθώς και η λειτουργία των οπτικών ινών και τα χαρακτηριστικά τους. Επίσης, παρουσιάζονται οι αρχιτεκτονικές δικτύων οπτικών ινών (FTTH) που μπορούν να εφαρμοστούν με την νέα τεχνολογία. Στη συνέχεια αναφέρονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της χρήσης τους καθώς και οι τρόποι αντιμετώπισης τους. Στο τέλος της Ενότητας αναλύονται οι τεχνικές FTTH P2P και P2MP.

Στη δεύτερη Ενότητα παρουσιάζεται η εφαρμογή στην περίπτωση χρήσης των δικτύων οπτικών ινών μέχρι το ακίνητο, αναλύοντας το μοντέλο που εφαρμόζεται για την εκπόνηση μιας μελέτης FTTH, σε μια συγκεκριμένη περιοχή. Επιπρόσθετα, στην Ενότητα αυτή περιγράφονται αναλυτικά το μοντέλο καθώς και τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται, ώστε να οδηγηθεί ο μελετητής στην επιτυχή ανάπτυξη ενός τέτοιου δικτύου σε μία περιοχή της χώρας μας. Τέλος, γίνεται αναφορά στα συνηθέστερα είδη πολυσωληνίων.

Στην τρίτη Ενότητα γίνεται παρουσίαση της μεθοδολογίας και των σημαντικότερων κανόνων που πρέπει να ακολουθούνται κατά την εγκατάσταση καλωδίων οπτικής ίνας, προκειμένου αυτά να μην υποστούν οποιαδήποτε φθορά.

Στην τέταρτη Ενότητα αναλύεται βήμα προς βήμα η διαδικασία αυτοψίας, μελέτης και σχεδιασμού ενός νέου δικτύου FTTH. Αρχικά περιγράφονται τα βήματα που ακολουθούνται κατά τη διαδικασία του site survey, της ομαδοποίησης και σχεδιασμού των καμπινών καθώς και του σχεδιασμού των απαιτούμενων οδεύσεων. Στο τέλος της Ενότητας γίνεται αναφορά σε εναλλακτικούς τρόπους του δικτύου, καθώς και στα σημαντικότερα ζητήματα με τα οποία πρέπει να ασχοληθεί ο εκάστοτε φορέας που πραγματοποιεί αυτοψία για την ανάπτυξη ενός δικτύου FTTH.

Τέλος στην Πέμπτη Ενότητα παρουσιάζεται αναλυτικά ο αλγόριθμος που εφαρμόζεται και ο οποίος επιτυγχάνει την εξασφάλιση βιώσιμης επένδυσης, καθώς και ποικίλα άλλα οφέλη σε μια κατασκευή δικτύου FTTH. Επίσης περιγράφονται οι εφαρμογές που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη του προαναφερθέντος αλγορίθμου. Επίσης παρουσιάζονται αποτελέσματα και συμπεράσματα που προκύπτουν κατά τη διάρκεια μιας αποτελεσματικής μελέτης FTTH σε μια περιοχή.

Πίνακας Περιεχομένων

Contents

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	2
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	1
ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	6
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	7
1 ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ FTTH.....	9
1.1 Αρχιτεκτονική Δικτύου FTTH	9
1.2 Αρχιτεκτονική Δικτύου UFBB	13
1.2.1 Ανάπτυξη υπογείου δικτύου σε αστικές (URBAN) περιοχές.....	14
1.2.2 Μεικτή ανάπτυξη υπογείου και εναέριου δικτύου σε ημι-αστικές (SEMI-URBAN) περιοχές	15
1.2.3 Εναέρια ανάπτυξη δικτύου σε αγροτικές (RURAL) περιοχές	17
1.3 Ανάλυση Τεχνικών FTTH.....	19
1.3.1 Point-to-Point (P2P)	19
1.3.2 Αρχιτεκτονικές point-to multipoint (P2MP).....	20
1.4 Εμπορική διάθεση.....	22
2 ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΟΠΤΙΚΗΣ ΙΝΑΣ	23
2.1 Αρχιτεκτονική Ζεύξης Οπτικής Ίνας.....	23
2.2 Δομή Καλωδίου Οπτικής Ίνας	25
2.3 Πλεονεκτήματα και Ιδιαιτερότητες Οπτικής Ίνας.....	27
3 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΔΙΚΤΥΟΥ FTTH	29
3.1 Κατασκευή και λειτουργία Οπτικής Ίνας.....	30
3.2 Κατασκευή και λειτουργία Καμπίνας	31
3.3 Διαμερίσματα Παθητική Καμπίνας	34
3.4 Κατασκευή και λειτουργία Τάφρων/Φρεατίων	36
3.5 Κατασκευή και λειτουργία Πολυσωληνίων	39
4 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΚΑΝΟΝΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΛΩΔΙΩΝ ΟΠΤΙΚΗΣ ΙΝΑΣ.....	41
4.1 Τράβηγμα καλωδίου οπτικής ίνας	41
4.2 Εγκατάσταση καλωδίων οπτικής ίνας.....	43
5 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ FTTH.....	45
5.1 Site Survey (Α ΦΑΣΗ)	45
5.2 Ομαδοποίηση Καμπινών με AUTOCAD.....	47
5.3 Σχεδίαση Καμπίνας AUTOCAD	49
5.4 Εναλλακτικές προτάσεις υλοποίησης	52
5.5 Αυτοψία σε κτίριο συνδρομητή (Β ΦΑΣΗ)	53

5.5.1	Αυτοψία και μελέτη από τον ίδιο πάροχο.....	53
5.5.2	Αυτοψία και μελέτη από διαφορετικό πάροχο.....	54
6	ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΚΩΔΙΚΑ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ	55
6.1	LISP	55
6.2	AUTOLISP	55
6.3	AutoLISP σε περιβάλλον AutoCAD.....	56
6.3.1	Διαδικασία Upload Script σε περιβάλλον AutoCAD.....	57
6.3.2	Διαδικασία Εκτέλεσης (RUN)	58
6.4	Παρουσίαση Κώδικα	58
6.5	Επεξήγηση Κώδικα.....	59
6.6	Αποτελέσματα από περιβάλλον Autocad.....	63
	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	64
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	65

Κατάλογος Εικόνων

<i>Εικόνα I: Παγκόσμια κατανομή χρήσης FTTH</i>	7
<i>Εικόνα II: Χώρες με τη μεγαλύτερη χρήση υπηρεσιών FTTH</i>	8
<i>Εικόνα 1.1: Υλοποίηση FTTH</i>	11
<i>Εικόνα 1.2: Ανάπτυξη δικτύου UFBB σε αστικές περιοχές</i>	15
<i>Εικόνα 1.3: Ανάπτυξη δικτύου UFBB σε ημι-αστικές περιοχές</i>	16
<i>Εικόνα 1.4: Ανάπτυξη δικτύου UFBB σε αγροτικές περιοχές</i>	18
<i>Εικόνα 1.5: Αρχιτεκτονική Point-to-Point</i>	19
<i>Εικόνα 1.6: Αρχιτεκτονική Active Optical Network</i>	20
<i>Εικόνα 1.7: Αρχιτεκτονική Passive Optical Network</i>	21
<i>Εικόνα 2.1: Ολοκληρωμένη δομή οπτικής ζεύξης</i>	24
<i>Εικόνα 2.2: Σύγκριση διαμέτρων πυρήνα & μανδύα σε μονότροπες (αριστερά) και πολύτροπες οπτικές ίνες</i>	26
<i>Εικόνα 2.3: Εξασθένιση σήματος (dB/km) σε μονότροπες και πολύτροπες ίνες, με παράμετρο τη διάμετρο πυρήνα</i>	26
<i>Εικόνα 2.4: Υλοποίηση FTTH</i>	16
<i>Εικόνα 3.1: Ενδεικτικό σχέδιο κατασκευής Δικτύου FTTH</i>	29
<i>Εικόνα 3.2: Feeder Cable</i>	30
<i>Εικόνα 3.3: Optical Distribution Cable</i>	31
<i>Εικόνα 3.4: Διαστάσεις καμπίνας</i>	32
<i>Εικόνα 3.5: Εξωτερική όψη καμπίνας μεγάλης χωρητικότητας FTTH</i>	32
<i>Εικόνα 3.6: Εσωτερική όψη καμπίνας μεγάλης χωρητικότητας FTTH</i>	33
<i>Εικόνα 3.7: Εσωτερική όψη καμπίνας μικρής χωρητικότητας FTTH</i>	33
<i>Εικόνα 3.8: Χώρος εισόδου feeder cable και πολυσωληνίων</i>	34
<i>Εικόνα 3.9: Χώρος τερματισμού feeder cable πολυσωληνίων</i>	35
<i>Εικόνα 3.10: Χώρος passive optical splitters</i>	35
<i>Εικόνα 3.11: Mini-Trenching (μικροτάφρος)</i>	36
<i>Εικόνα 3.12: Micro-Trenching (κάθετης ένθετης οπτικής καλωδίωσης)</i>	37
<i>Εικόνα 3.13: Εξωτερική όψη φρεατίου</i>	38
<i>Εικόνα 3.14: Εσωτερική όψη φρεατίου</i>	38
<i>Εικόνα 3.15: Πολυσωλήνιο 7 miniduct</i>	39
<i>Εικόνα 3.16: Πολυσωλήνιο 4 miniduct</i>	39
<i>Εικόνα 2.17: Πολυσωλήνιο 24 microducts</i>	40
<i>Εικόνα 2.18: Πολυσωλήνιο 9 microducts</i>	40
<i>Εικόνα 2.19: Πολυσωλήνιο 2 microducts</i>	40
<i>Εικόνα 4.1: Απεικόνιση σωστού τρόπου ζετυλίσματος καλωδίου οπτικής ίνας</i>	41
<i>Εικόνα 4.2: Ξετύλιγμα καλωδίου οπτικής ίνας σε πολλά στάδια</i>	42
<i>Εικόνα 5.1: Site Survey</i>	46
<i>Εικόνα 5.2: Ομαδοποίηση Καμπίνας μεγάλης χωρητικότητας</i>	47
<i>Εικόνα 5.3: Ομαδοποίηση Καμπίνας μικρής καμπίνας</i>	48
<i>Εικόνα 5.4: Ομαδοποίηση Καμπινών μεγάλης και μικρής χωρητικότητας</i>	48
<i>Εικόνα 5.5: 1ο Βήμα στην καταγραφή διατάξεων</i>	49
<i>Εικόνα 5.6: 2ο Βήμα: Μέθοδος Mini-Trenching</i>	50
<i>Εικόνα 5.7: 3ο Βήμα: Μέθοδος Micro-Trenching</i>	50
<i>Εικόνα 5.8: 4ο Βήμα: Τοποθέτηση φρεατίων</i>	51
<i>Εικόνα 5.9: Βήμα 5ο- Εγγραφή πολυσωληνίων</i>	51

<i>Εικόνα 6.1: Έναρξη upload AutoLISP σε Autocad.....</i>	<i>57</i>
<i>Εικόνα 6.2: AUTOLISP κώδικας για την αυτόματη ανίχνευση και καταμέτρηση των αναμονών για για μια μελέτη FTTH σε κλειστά πολύγωνα</i>	<i>58</i>
<i>Εικόνα 6.3: Αποτέλεσμα μέτρησης καμπινών μεγάλης καμπίνας.....</i>	<i>63</i>
<i>Εικόνα 6.4: Αποτέλεσμα μέτρησης αναμονών μικρής καμπίνας.....</i>	<i>63</i>

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα Διπλωματική εργασία εκπονήθηκε κατά την χειμερινή περίοδο του Ακαδημαϊκού έτους 2021-2022, στα πλαίσια της λήψης Μεταπτυχιακού Τίτλου Σπουδών του τμήματος Ψηφιακών Συστημάτων, στην κατεύθυνση Ψηφιακές Επικοινωνίες και Δίκτυα (ΨΕΣ) του Πανεπιστημίου Πειραιά (ΠΑΠΕΙ).

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

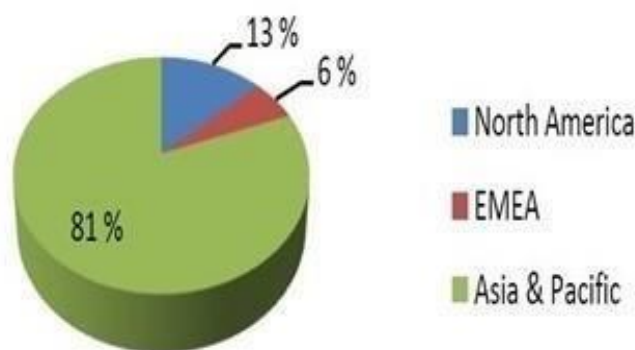
Τα τελευταία χρόνια, στον κλάδο των τηλεπικοινωνιών έχει σημειωθεί μετατόπιση προϊόντων και υπηρεσιών που παραδοσιακά εξυπηρετούνται μέσω καλωδίων χαλκού, σε προϊόντα και υπηρεσίες που απαιτούν την απόδοση που προσφέρει η καλωδίωση οπτικών ινών. Η ζήτηση για αυτά τα προϊόντα και τις υπηρεσίες, που συχνά ονομάζονται υπηρεσίες τριπλής αναπαραγωγής (φωνή, βίντεο και δεδομένα), είναι αυτή που οδηγεί τη βιομηχανία να στραφεί από δίκτυα που βασίζονται στον χαλκό για τη μετάδοση ηλεκτρομαγνητικών σημάτων, σε δίκτυα οπτικών ινών που μεταδίδουν φως.

Επίσης προκειμένου οι πάροχοι υπηρεσιών να ανταποκριθούν σε αυτήν τη ζήτηση, πρέπει να αποσύρουν το εργοστασιακό μοντέλο των χάλκινων καλωδίων. Η ασύρματη σύνδεση δεν είναι σε θέση να διατηρήσει μια τέτοια ανάπτυξη, ενώ η καλωδίωση οπτικών ινών ως δίκτυο πρόσβασης αποτελεί το μέλλον, δημιουργώντας παράλληλα ένα ισχυρό περιβάλλον επιχειρηματικής ανταγωνιστικότητας.

Συνεπώς η εξέλιξη των δικτύων τηλεπικοινωνιών είναι συνεχής και ραγδαία. Τα δίκτυα εξελίσσονται στηριζόμενα σε νέες τεχνολογίες υποδομής και νέα πρότυπα επικοινωνίας. Σήμερα είναι διαθέσιμη μια νέα τεχνολογία υποδομής FTTH που τείνει να αντικαταστήσει τις υπάρχουσες τεχνολογίες, με πολλά οφέλη τεχνολογικά, οικονομικά και κοινωνικά. Παρακάτω περιγράφεται η τοπολογία του νέου δικτύου και τα χαρακτηριστικά του, καθώς και η κύρια ύλη στην οποία βασίζεται, οι οπτικές ίνες.

Η τεχνολογία FTTH έχει γνωρίσει μεγάλη αποδοχή από τους καταναλωτές τα τελευταία χρόνια και ο αριθμός των νοικοκυριών που επιλέγουν τη λύση αυτή συνεχώς αυξάνεται σε παγκόσμιο επίπεδο. Εκτιμάται ότι από τις αρχές του 2008, ήδη 22 εκατομμύρια νοικοκυριά είχαν γίνει συνδρομητές της υπηρεσίας αυτής, βάσει στοιχείων των FTTH συμβουλίων της Ευρώπης και της Βόρειας Αμερικής.

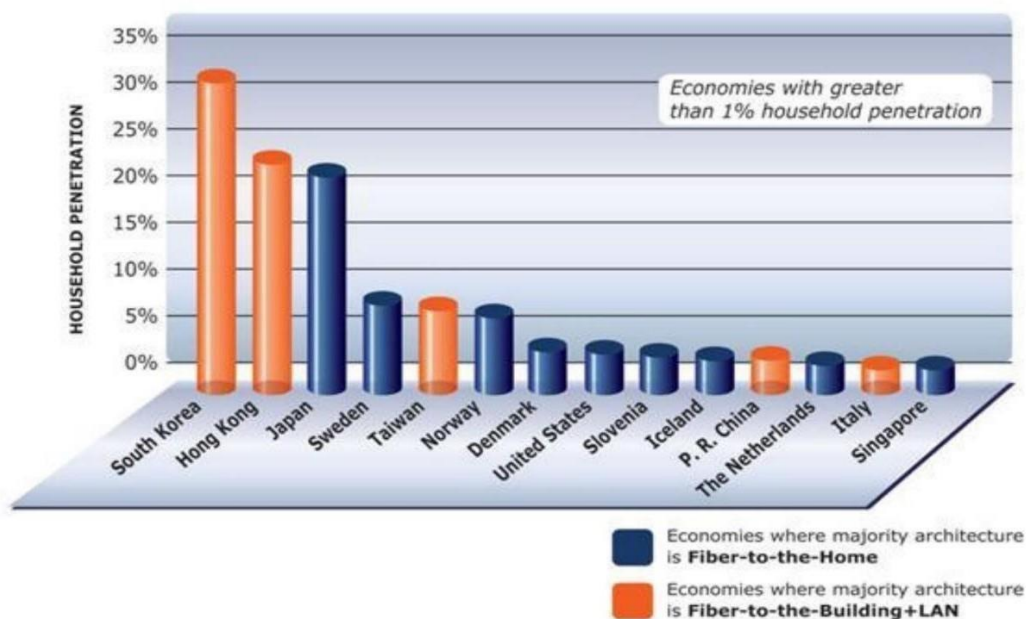
Στο ακόλουθο διάγραμμα φαίνεται ποσοστιαία η εισχώρηση της τεχνολογίας FTTH ανά την υφήλιο. Τα τμήματα του διαγράμματος είναι ομαδοποιημένα ως εξής: (North America), EMEA (Europe, Middle East & Africa) και APAC (Asia & Pacific) [1]



Εικόνα 1: Παγκόσμια κατανομή χρήσης FTTH [1]

Είναι ξεκάθαρο ότι μεγαλύτερη χρήση της υπηρεσίας FTTH γίνεται στην περιοχή της Ασίας. Αξίζει να αναφερθεί ότι σε αρκετές χώρες της Ασίας, όπως αναφέρεται και παρακάτω, καθώς και στην Ιταλία, η οπτική ίνα είναι η πιο καθιερωμένη μέθοδος για υπηρεσίες διαδικτύου, με την υλοποίηση Fiber to the Building (FTTB).

Στο επόμενο διάγραμμα, παρουσιάζονται οι χώρες οι οποίες κάνουν μεγαλύτερη χρήση της τεχνολογίας FTTH, σε ποσοστό του συνολικού αριθμού νοικοκυριών. Παρατηρώντας το διάγραμμα, συμπεραίνουμε ότι ενώ οι 3 πρώτες χώρες με τη μεγαλύτερη ποσοστιαία χρήση ανήκουν στην Ασία (Νότια Κορέα, Χονγκ Κονγκ και Ιαπωνία), ο μεγαλύτερος αριθμός χωρών, έστω και με μικρότερα ποσοστά, ανήκει στην Ευρώπη. Μία άλλη βασική παρατήρηση είναι πως οι Σκανδιναβικές χώρες κατέχουν σημαντική θέση στο διάγραμμα αυτό, με τις Σουηδία, Νορβηγία και Δανία να έχουν την 4η, 6η και 7η θέση αντίστοιχα στην παγκόσμια κατάταξη. [1]



Εικόνα II :Χώρες με τη μεγαλύτερη χρήση υπηρεσιών FTTH / FTTB [1]

1 ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ FTTH

1.1 Αρχιτεκτονική Δικτύου FTTH

Η συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση για ταχύτερες ευρυζωνικές υπηρεσίες από τους οικιακούς και εταιρικούς τελικούς χρήστες, έχει οδηγήσει τους τηλεπικοινωνιακούς παρόχους να τροποποιήσουν τα δίκτυα πρόσβασης τους ή να δημιουργήσουν νέα, με σκοπό η οπτική ίνα να τερματίζει έξω από το κτήριο του τελικού χρήστη. Ο σκοπός της εργασίας είναι η μελέτη ενός FTTH δικτύου σε μια επιλεγμένη περιοχή της Αθήνας, τόσο από πλευράς σχεδίασης όσο και από οικονομικής πλευράς. Η επιλεγμένη περιοχή αφορά ένα μικρό κομμάτι στο Παλαιό Φάληρο. Στην τρέχουσα ενότητα θα αναφερθούμε στην Αρχιτεκτονική του FTTH και την κύρια ύλη που χρησιμοποιείται στην υλοποίηση ενός έργου.

Το FTTH ορίζεται ως η εγκατάσταση και χρήση οπτικών ινών οι οποίες οδεύουν από κεντρικό σημείο απευθείας σε μεμονωμένα κτίρια, όπως κατοικίες, πολυκατοικίες, γραφεία και επιχειρήσεις. Η χρήση των οπτικών ινών παρέχει πρωτοφανή επίπεδα ταχυτήτων πρόσβασης στο διαδίκτυο.

Με την υλοποίηση FTTH μπορούν να επιτευχθούν ταχύτητες σύνδεσης έως και 100 (Mbps) , οι οποίες είναι μεγαλύτερες έως και κατά 20 φορές από τις ταχύτητες ενός τυπικού καλωδίου DSL. Ωστόσο το FTTH σε μεγάλη κλίμακα έχει αυξημένο κόστος, καθώς απαιτεί την εγκατάσταση νέων καλωδίων στους τερματικούς συνδέσμους από υπάρχοντα καλώδια οπτικών ινών σε μεμονωμένους χρήστες.

Τα δίκτυα FTTH παρέχουν υπερταχείες ταχύτητες διαδικτύου που είναι πολύ ταχύτερες από τα παραδοσιακά ευρυζωνικά δίκτυα, επιτρέποντας στους χρήστες να εκτελούν απαιτητικές εργασίες, όπως η ροή βίντεο υψηλής ευκρίνειας, η αναπαραγωγή διαδικτυακών παιχνιδιών και η μεταμόρφωση μεγάλων αρχείων γρήγορα και αποτελεσματικά. Επιπλέον είναι πιο αξιόπιστα από τα παραδοσιακά ευρυζωνικά δίκτυα, καθώς είναι λιγότερο ευαίσθητα στις παρεμβολές και δεν παρουσιάζουν τις επιβραδύνσεις που μπορεί να εμφανιστούν στα παραδοσιακά ευρυζωνικά δίκτυα κατά τη διάρκεια των περιόδων αιχμής της χρήσης.

Συμπερασματικά, η ανάπτυξη δικτύου FTTH αποτελεί σημαντικό βήμα προς την κατεύθυνση της παροχής υψηλής ταχύτητας και αξιόπιστης συνδεσιμότητας στο διαδίκτυο για σπίτια και επιχειρήσεις. Παρόλο που υπάρχουν προκλήσεις στην ανάπτυξη αυτή, όπως το κόστος, ο ανταγωνισμός με τις υπάρχουσες υποδομές, οι τεχνικές προκλήσεις και το χαμηλό ποσοστό υιοθέτησης, τα οφέλη της ταχύτερης και αξιόπιστης συνδεσιμότητας στο διαδίκτυο δεν μπορούν να υπερεκτιμηθούν. Ο προσεκτικός σχεδιασμός και η εξέταση αυτών των προκλήσεων θα είναι ζωτικής σημασίας για την επιτυχία της ανάπτυξης του δικτύου FTTH.

Σε ορισμένες περιοχές της Ελλάδας χρησιμοποιείται η υπηρεσία «FTTX», η οποία αφορά προς το παρόν στην εγκατάσταση και χρήση καλωδίου οπτικών ινών στα καφάο, που είναι εγκατεστημένα σε κοντινή απόσταση από σπίτια ή επιχειρήσεις. Η σύνδεση από τα καφάο στους τελικούς χρήστες γίνεται με χρήση χάλκινων μέσων. (Εικόνα 3) Το κύριο πλεονέκτημα της ίνας για τερματισμό μέχρι τον χρήστη (σπίτι, γραφείο κτλ) είναι η παροχή ταχύτερων συνδέσεων και μεγαλύτερης χωρητικότητας, ενώ το βασικότερο μειονέκτημα όπως αναφέραμε, είναι το κόστος εγκατάστασης. [2]

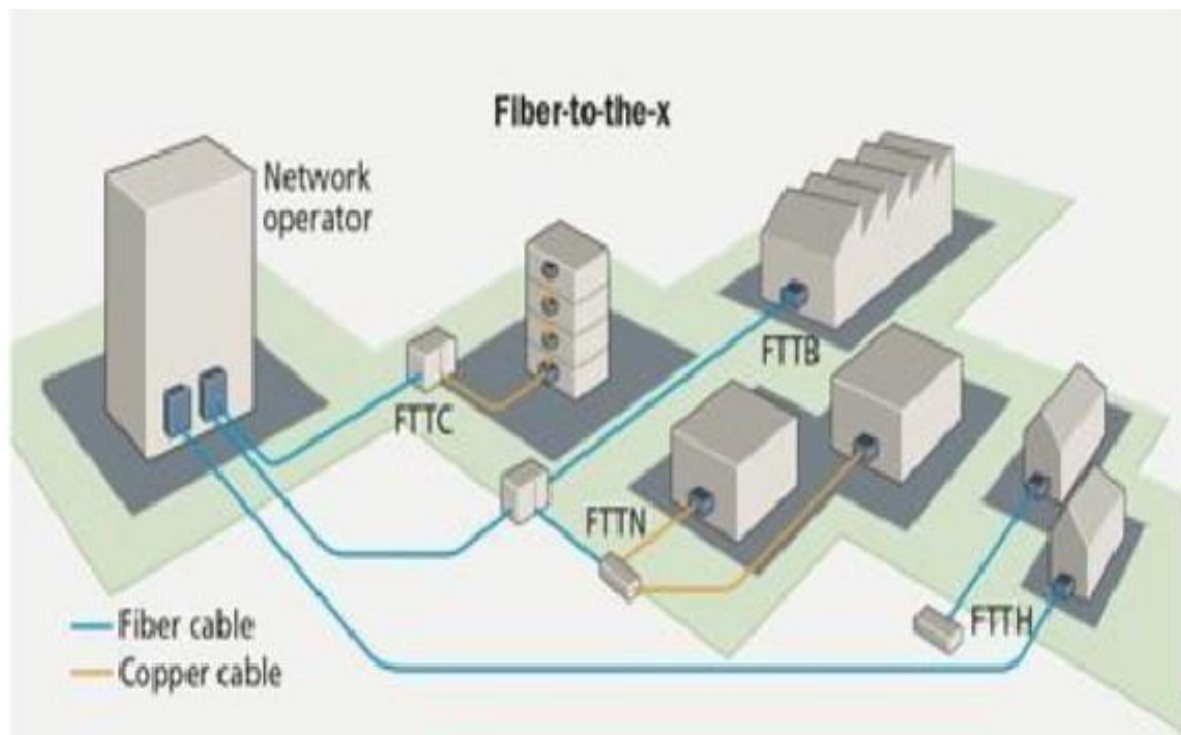
Το FTTX είναι ένας γενικευμένος όρος για διάφορες διαμορφώσεις οπτικών ινών: FTTN/FTTC/FTTB/FTTH. Όσο πιο κεντρικά βρίσκεται το σημείο που τερματίζει η ίνα ως προς τους τελικούς χρήστες, τόσο πιο οικονομική είναι η υλοποίηση, αλλά και τόσο μικρότερο είναι και το εύρος ζώνης, καθώς ο τερματισμός γίνεται με χάλκινα μέσα. Η σημαντικότερη παράμετρος που αλλάζει μεταξύ των διαφορετικών υλοποιήσεων, από τις οποίες δίνεται και η ονομασία στο X (N:Node, C:Curb, B:Building, H:Home) είναι η τελική απόσταση από τον χρήστη, δηλαδή μέχρι ποιο σημείο τερματίζει η οπτική ίνα. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 3, στις περιπτώσεις FTTB και FTTH, οπτική ίνα φτάνει μέχρι τους χρήστες [2] , [3]

Η ανάπτυξη του δικτύου FTTX έχει πολλά πλεονεκτήματα, όπως:

- **Συνδεσιμότητα υψηλής ταχύτητας:** Τα δίκτυα FTTX παρέχουν ταχύτερες ταχύτητες διαδικτύου που είναι πολύ ταχύτερες από τα παραδοσιακά ευρυζωνικά δίκτυα, επιτρέποντας στους χρήστες να εκτελούν απαιτητικές εργασίες, όπως η ροή βίντεο υψηλής ευκρίνειας, η αναπαραγωγή διαδικτυακών παιχνιδιών και η μεταφόρτωση μεγάλων αρχείων γρήγορα και αποτελεσματικά.
- **Αξιοπιστία:** Τα δίκτυα FTTX είναι πιο αξιόπιστα από τα παραδοσιακά ευρυζωνικά δίκτυα, καθώς είναι λιγότερο ευαίσθητα στις παρεμβολές και δεν παρουσιάζουν τις επιβραδύνσεις που μπορεί να εμφανιστούν με τα παραδοσιακά ευρυζωνικά δίκτυα κατά τη διάρκεια των περιόδων αιχμής της χρήσης.
- **Μελλοντική βιωσιμότητα:** Η τεχνολογία των οπτικών ινών είναι εξαιρετικά επεκτάσιμη και μπορεί να υποστηρίξει μελλοντικές εξελίξεις στην τεχνολογία του διαδικτύου, καθιστώντας την επένδυση με ασφάλεια για το μέλλον για σπίτια και επιχειρήσεις.
- **Εξοικονόμηση κόστους:** Μακροπρόθεσμα, τα δίκτυα FTTX μπορούν να οδηγήσουν σε εξοικονόμηση κόστους για τους χρήστες, καθώς προσφέρουν ταχύτερη και πιο αξιόπιστη συνδεσιμότητα στο διαδίκτυο που επιτρέπει στους χρήστες να εργάζονται και να παίζουν πιο αποτελεσματικά.
- **Βελτιωμένη ανταγωνιστικότητα:** Η ανάπτυξη δικτύου FTTX μπορεί να βελτιώσει την ανταγωνιστικότητα μιας περιοχής, καθιστώντας την πιο ελκυστική για τις επιχειρήσεις και συμβάλλοντας στην προώθηση της οικονομικής μεγέθυνσης και ανάπτυξης.

Ωστόσο, υπάρχουν επίσης αρκετά μειονεκτήματα για την ανάπτυξη του δικτύου FTTX, όπως:

- **Κόστος:** Η ανάπτυξη του δικτύου FTTX μπορεί να είναι δαπανηρή, ιδίως σε περιοχές που απαιτούν την εγκατάσταση υπόγειων καλωδίων οπτικών ινών.
- **Ανταγωνισμός με την υπάρχουσα υποδομή:** Σε ορισμένες περιπτώσεις, τα υφιστάμενα ευρυζωνικά δίκτυα μπορεί να παρέχουν επαρκή συνδεσιμότητα, καθιστώντας δύσκολο για τα δίκτυα FTTX να αποκτήσουν έρεισμα στην αγορά.
- **Τεχνικές προκλήσεις:** Η ανάπτυξη δικτύου FTTX μπορεί να είναι τεχνικά δύσκολη, ιδίως σε περιοχές με δύσκολο έδαφος και περιορισμένη υποδομή.
- **Ποσοστό υιοθέτησης:** Προκειμένου να αποσβεστεί το κόστος ανάπτυξης του δικτύου FTTX, απαιτείται υψηλό ποσοστό υιοθέτησης, το οποίο μπορεί να μην επιτευχθεί σε περιοχές με χαμηλή πυκνότητα πληθυσμού



Εικόνα 1.1: Υλοποίηση FTTX [2]

Όπως περιγράψαμε παραπάνω, η κατασκευή ενός FTTH δικτύου έχει ως σκοπό την παροχή υψηλών ταχυτήτων με χρήση οπτικής ίνας μέχρι τον χώρο του πελάτη και αφορά, όπως θα δούμε και στη συνέχεια, κυρίως σε περιοχές που δεν υφίσταται υποδομή FTTC (NGA) με τις ταχύτητες να περιορίζονται κάτω από τα 50 Mbps.

Παρακάτω παρουσιάζονται τα 2 είδη δικτύων. Δίνεται έμφαση στο δίκτυο FTTH, για το οποίο γίνεται πιο λεπτομερής ανάλυση.

- Δίκτυο Fiber-to-the-Cab FTTC (NGA)

Η οπτική ίνα ξεκινά από τον πάροχο υπηρεσιών και τερματίζει στην εξωτερική καμπίνα που εξυπηρετεί σχεδόν μια ολόκληρη γειτονιά. Από την καμπίνα μέχρι τον τελικό χρήστη υπάρχει καλώδιο χαλκού και γι αυτό υπάρχει και μείωση της ταχύτητας.

- Δίκτυο Fiber-to-the-home FTTH

Η οπτική ίνα ξεκινά από το πάροχο υπηρεσιών, καταλήγει σε μια παθητική καμπίνα και έπειτα συνεχίζει μέχρι τον τελικό χρήστη (διαμερίσματα πολυκατοικιών, επιχειρήσεις κλπ).

1.2 Αρχιτεκτονική Δικτύου UFBB

Η αρχιτεκτονική UFBB (Ultra Fast BroadBand) αποτελεί μια λύση για την παροχή συνδέσεων υψηλής ταχύτητας στους τελικούς χρήστες με την δημιουργία ενός ισχυρού δικτύου υποδομών όσο το δυνατόν πιο κοντά στην τοποθεσία τους. Στόχος αυτής της αρχιτεκτονικής είναι προσφέρει ταχύτητες διαδικτύου 100Mbps ή υψηλότερες, με δυνατότητα αναβάθμισης σε 1 Gigabit στο μέλλον, εφασφαλίζοντας στους χρήστες πρόσβαση σε γρήγορη και αξιόπιστη συνδεσιμότητα στο διαδίκτυο.

- Ένα από τα βασικά πλεονετήματα της αρχιτεκτονικής UFBB είναι ότι μπορεί να αναπτυχθεί σε διάφορες περιοχές, συμπεριλαμβανόμενων των αγροτικών, ημιαστικών και αστικών περιοχών.
- Στις αγροτικές περιοχές, η ανάπτυξη ενός δικτύου UFBB μπορεί να συμβάλει στην γεφύρωση του ψηφιακού χάσματος και να φέρει γρήγορο διαδίκτυο σε απομακρυσμένες κοινότητες.
-
- Σε ημιαστικές περιοχές, το δίκτυο μπορεί να αναπτυχθεί σε συνδυασμό με ένα υπόγειο δίκτυο, παρέχοντας στους κατοίκους γρήγορη και αξιόπιστη συνδεσιμότητα.
-
- Σε αστικές περιοχές, όπου η ανάπτυξη υπόγειου δικτύου μπορεί να μην είναι δυνατή λόγω στενών δρόμων, σκαλοπατιών ή ειδικών αποκαταστάσεων, το δίκτυο UFBB μπορεί να αναπτυχθεί ως εναέριο δίκτυο, παρέχοντας στους κατοίκους μια εναλλακτική λύση για συνδεσιμότητα υψηλής ταχύτητας.

Η ανάπτυξη ενός δικτύου UFBB και ενός συγκλινόμενου εναέριου δικτύου έχει πολλά οφέλη για τις κοινότητες. Η συνδεσιμότητα υψηλής ταχύτητας στο διαδίκτυο θα υποστηρίξει την ανάπτυξη των επιχειρήσεων, της εκπαίδευσης και της επικοινωνίας, προωθώντας την οικονομική ανάπτυξη και την ευημερία. Θα δώσει την δυνατότητα στους κατοίκους να έχουν πρόσβαση σε μια σειρά διασικτυακών υπηρεσιών και πληροφοριών, βελτιώνοντας την ποιότητα ζωής τους. Επιπλέον, θα αποτελέσει τη βάση για μελλοντικές τεχνολογικές εξελίξεις, όπως οι έξυπνες πόλεις και το Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT), που θα βασίζονται σε γρήγορη και αξιόπιστη συνδεσιμότητα στο Διαδίκτυο.

Συμπερασματικά, η αρχιτεκτονική UFBB αποτελεί λύση για την παροχή ευρυζωνικών συνδέσεων υψηλής ταχύτητας σε τελικούς χρήστες σε διάφορες περιοχές, συμβάλλοντας στη γεφύρωση του ψηφιακού χάσματος και στην προώθηση της οικονομικής ανάπτυξης και ευημερίας.

1.2.1 Ανάπτυξη υπογείου δικτύου σε αστικές (URBAN) περιοχές

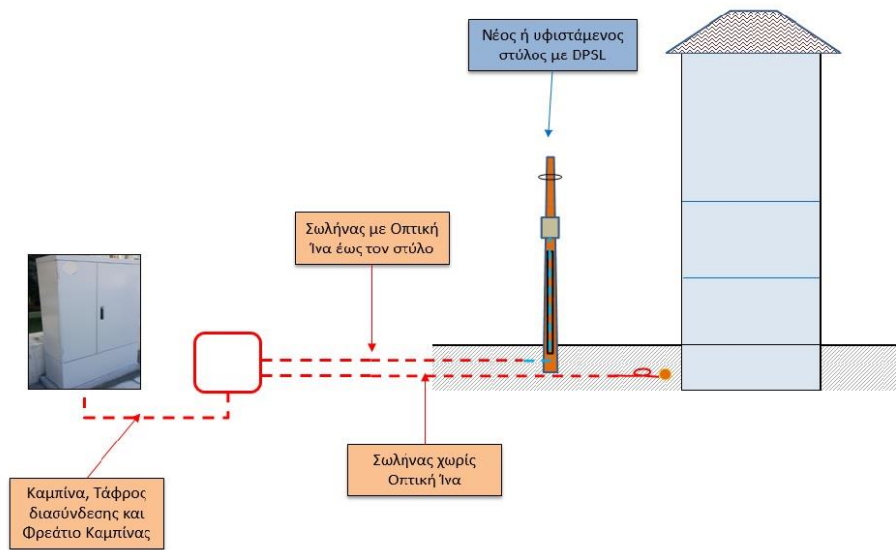
Η ανάπτυξη του δικτύου UFBB (Ultra Fast BroadBand) στις αστικές περιοχές είναι ένα σημαντικό βήμα προς την κατεύθυνση της εξασφάλισης της πρόσβασης των κατοίκων σε γρήγορη και αξιόπιστη συνδεσιμότητα στο διαδίκτυο. Η ανάπτυξη αυτή έχει πολλά πλεονεκτήματα:

- Βελτίωση της ποιότητας ζωής: Με γρήγορη και αξιόπιστη συνδεσιμότητα στο διαδίκτυο, οι κάτοικοι των αστικών περιοχών θα μπορούν να έχουν πρόσβαση σε μια σειρά διαδικτυακών υπηρεσιών και πληροφοριών, βελτιώνοντας την ποιότητα ζωής τους.
- Ενίσχυση της τοπικής οικονομίας: Η ανάπτυξη δικτύου UFBB σε αστικές περιοχές μπορεί να συμβάλει στην υποστήριξη της ανάπτυξης των τοπικών επιχειρήσεων, παρέχοντάς τους πρόσβαση σε γρήγορη και αξιόπιστη συνδεσιμότητα στο διαδίκτυο. Αυτό μπορεί να επιτρέψει στις επιχειρήσεις να επεκτείνουν την ηλεκτρονική τους παρουσία, να προσεγγίσουν ένα ευρύτερο κοινό και να αυξήσουν τις πωλήσεις τους.
- Προσέλκυση νέων επιχειρήσεων: Η γρήγορη και αξιόπιστη συνδεσιμότητα στο διαδίκτυο μπορεί επίσης να προσελκύσει νέες επιχειρήσεις σε αστικές περιοχές, συμβάλλοντας στην οικονομική ανάπτυξη και εξέλιξη.
- Υποδομές που διασφαλίζουν το μέλλον: Η ανάπτυξη ενός δικτύου UFBB σε αστικές περιοχές παρέχει τα θεμέλια για μελλοντικές τεχνολογικές εξελίξεις, όπως οι έξυπνες πόλεις και το Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT), που θα βασίζονται σε γρήγορη και αξιόπιστη συνδεσιμότητα στο διαδίκτυο.

Ωστόσο, υπάρχουν επίσης προκλήσεις (μειονεκτήματα) για την ανάπτυξη του δικτύου UFBB σε αστικές περιοχές, όπως:

- Κόστος: Η ανάπτυξη ενός δικτύου UFBB σε αστικές περιοχές μπορεί να είναι δαπανηρή, ιδίως σε πυκνοκατοικημένες περιοχές όπου η υποδομή μπορεί να χρειαστεί να εγκατασταθεί υπόγεια.
- Ανταγωνισμός με την υπάρχουσα υποδομή: Οι αστικές περιοχές ενδέχεται να έχουν ήδη καθιερωμένα ευρυζωνικά δίκτυα, γεγονός που καθιστά δύσκολο για ένα νέο δίκτυο να αποκτήσει έρεισμα στην αγορά.
- Τεχνικές προκλήσεις: Η ανάπτυξη ενός δικτύου UFBB σε αστικές περιοχές μπορεί να είναι τεχνικά δύσκολη, ιδίως σε πυκνοκατοικημένες περιοχές όπου μπορεί να υπάρχει περιορισμένος χώρος για την εγκατάσταση υποδομής.

Εν κατακλείδι, η ανάπτυξη δικτύου UFBB σε αστικές περιοχές μπορεί να αποφέρει σημαντικά οφέλη, συμπεριλαμβανομένης της βελτίωσης της ποιότητας ζωής, της υποστήριξης των τοπικών επιχειρήσεων και της θεμελίωσης μελλοντικών τεχνολογικών εξελίξεων. Ωστόσο, υπάρχουν επίσης προκλήσεις για την ανάπτυξη αυτή, όπως το κόστος, ο ανταγωνισμός με τις υπάρχουσες υποδομές και οι τεχνικές προκλήσεις. Ο προσεκτικός σχεδιασμός και η εξέταση αυτών των προκλήσεων θα είναι ζωτικής σημασίας για την επιτυχία της ανάπτυξης του δικτύου UFBB σε αστικές περιοχές.



Εικόνα 1.2: Ανάπτυξη δικτύου UFBB σε αστικές περιοχές

1.2.2 Μεικτή ανάπτυξη υπογείου και εναέριου δικτύου σε ημι-αστικές (SEMI-URBAN) περιοχές

Η ανάπτυξη τόσο υπόγειου όσο και εναέριου δικτύου UFBB (Ultra Fast BroadBand) σε ημιαστικές περιοχές είναι ένα κρίσιμο βήμα για την παροχή στους κατοίκους πρόσβασης σε γρήγορη και αξιόπιστη συνδεσιμότητα στο διαδίκτυο. Η προσέγγιση αυτή έχει πολλά πλεονεκτήματα:

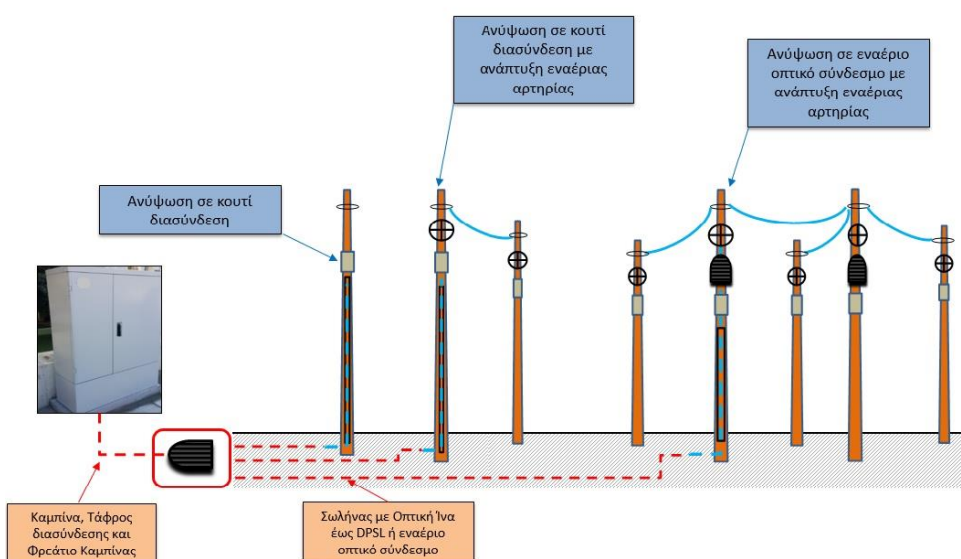
- **Ευελιξία:** Με την ανάπτυξη τόσο υπόγειων όσο και εναέριων δικτύων UFBB, οι εταιρείες τηλεπικοινωνιών μπορούν να παρέχουν πιο ευέλικτες λύσεις για την κάλυψη των ειδικών αναγκών των ημιαστικών περιοχών. Για παράδειγμα, ένα εναέριο δίκτυο μπορεί να είναι πιο κατάλληλο σε περιοχές με λιγότερα κτίρια και υπόγειες εγκαταστάσεις κοινής ωφέλειας, ενώ ένα υπόγειο δίκτυο μπορεί να είναι πιο κατάλληλο σε περιοχές με μεγαλύτερη πυκνότητα κτιρίων και εγκαταστάσεων κοινής ωφέλειας.
- **Βελτίωση της ποιότητας ζωής:** Με γρήγορη και αξιόπιστη συνδεσιμότητα στο διαδίκτυο, οι κάτοικοι σε ημιαστικές περιοχές θα μπορούν να έχουν πρόσβαση σε μια σειρά από διαδικτυακές υπηρεσίες και πληροφορίες, βελτιώνοντας την ποιότητα ζωής τους. Αυτό περιλαμβάνει πρόσβαση σε εκπαιδευτικούς πόρους, τηλεϊατρική και ψυχαγωγία.
- **Ενίσχυση των τοπικών επιχειρήσεων:** Η ανάπτυξη δικτύου UFBB σε ημιαστικές περιοχές μπορεί να συμβάλει στην υποστήριξη της ανάπτυξης των τοπικών επιχειρήσεων, παρέχοντάς τους πρόσβαση σε γρήγορη και αξιόπιστη συνδεσιμότητα στο διαδίκτυο. Αυτό μπορεί να επιτρέψει στις επιχειρήσεις να επεκτείνουν την ηλεκτρονική τους παρουσία, να προσεγγίσουν ένα ευρύτερο κοινό και να αυξήσουν τις πωλήσεις τους.

- Προσέλκυση νέων επιχειρήσεων: Η γρήγορη και αξιόπιστη συνδεσιμότητα στο διαδίκτυο μπορεί επίσης να προσελκύσει νέες επιχειρήσεις στις ημιαστικές περιοχές, συμβάλλοντας στην οικονομική ανάπτυξη και εξέλιξη.

Ωστόσο, υπάρχουν επίσης προκλήσεις (μεινεκτήματα) για την ανάπτυξη τόσο του υπόγειου όσο και του εναέριου δικτύου UFBB σε ημιαστικές περιοχές, όπως:

- Κόστος: Η ανάπτυξη δικτύων UFBB, τόσο υπόγειων όσο και εναέριων, μπορεί να είναι δαπανηρή, ιδίως σε περιοχές με συνδυασμό αστικών και αγροτικών υποδομών.
- Ανταγωνισμός με τις υπάρχουσες υποδομές: Οι ημιαστικές περιοχές μπορεί να έχουν ήδη καθιερωμένα ευρυζωνικά δίκτυα, γεγονός που καθιστά δύσκολο για ένα νέο δίκτυο να αποκτήσει θέση στην αγορά.
- Τεχνικές προκλήσεις: Η ανάπτυξη δικτύων UFBB, τόσο υπόγειων όσο και εναέριων, μπορεί να είναι τεχνικά δύσκολη, ιδίως σε περιοχές με συνδυασμό αστικών και αγροτικών υποδομών.

Συμπερασματικά, η ανάπτυξη τόσο υπόγειου όσο και εναέριου δικτύου UFBB σε ημιαστικές περιοχές παρέχει μια ευέλικτη λύση για την ικανοποίηση των ειδικών αναγκών των περιοχών αυτών και μπορεί να αποφέρει σημαντικά οφέλη, συμπεριλαμβανομένης της βελτίωσης της ποιότητας ζωής, της υποστήριξης των τοπικών επιχειρήσεων και της θεμελίωσης για μελλοντικές τεχνολογικές εξελίξεις. Ωστόσο, υπάρχουν επίσης προκλήσεις για την ανάπτυξη αυτή, όπως το κόστος, ο ανταγωνισμός με τις υπάρχουσες υποδομές και οι τεχνικές προκλήσεις. Ο προσεκτικός σχεδιασμός και η εξέταση αυτών των προκλήσεων θα είναι ζωτικής σημασίας για την επιτυχία της ανάπτυξης του δικτύου UFBB σε ημιαστικές περιοχές.



Εικόνα 1.3: Ανάπτυξη δικτύου UFBB σε ημι-αστικές περιοχές

1.2.3 Εναέρια ανάπτυξη δικτύου σε αγροτικές (RURAL) περιοχές

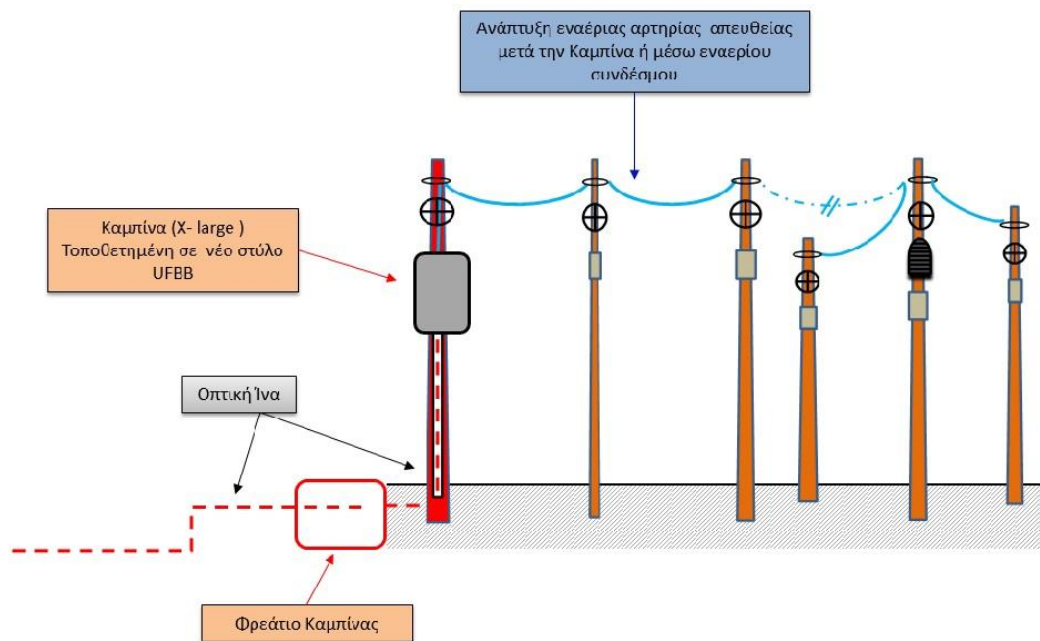
Η ανάπτυξη του δικτύου UFBB (Ultra Fast BroadBand) στις αγροτικές περιοχές είναι ένα κρίσιμο βήμα για τη γεφύρωση του ψηφιακού χάσματος και την παροχή στους κατοίκους πρόσβασης σε γρήγορη και αξιόπιστη συνδεσιμότητα στο διαδίκτυο. Η προσέγγιση αυτή έχει πολλά πλεονεκτήματα:

- Βελτίωση της ποιότητας ζωής: Με γρήγορη και αξιόπιστη συνδεσιμότητα στο διαδίκτυο, οι κάτοικοι των αγροτικών περιοχών θα μπορούν να έχουν πρόσβαση σε μια σειρά διαδικτυακών υπηρεσιών και πληροφοριών, βελτιώνοντας την ποιότητα ζωής τους. Αυτό περιλαμβάνει πρόσβαση σε εκπαιδευτικούς πόρους, τηλεϊατρική και ψυχαγωγία.
- Ενίσχυση των τοπικών επιχειρήσεων: Η ανάπτυξη δικτύου UFBB σε αγροτικές περιοχές μπορεί να συμβάλει στην υποστήριξη της ανάπτυξης των τοπικών επιχειρήσεων, παρέχοντάς τους πρόσβαση σε γρήγορη και αξιόπιστη συνδεσιμότητα στο διαδίκτυο. Αυτό μπορεί να επιτρέψει στις επιχειρήσεις να επεκτείνουν την ηλεκτρονική τους παρουσία, να προσεγγίσουν ένα ευρύτερο κοινό και να αυξήσουν τις πωλήσεις τους.
- Προσέλκυση νέων επιχειρήσεων: Η γρήγορη και αξιόπιστη συνδεσιμότητα στο διαδίκτυο μπορεί επίσης να προσελκύσει νέες επιχειρήσεις στις αγροτικές περιοχές, συμβάλλοντας στην οικονομική μεγέθυνση και ανάπτυξη.
- Βελτιωμένη πρόσβαση στην τηλεϊατρική: Με γρήγορη και αξιόπιστη συνδεσιμότητα στο διαδίκτυο, οι κάτοικοι των αγροτικών περιοχών θα έχουν καλύτερη πρόσβαση σε υπηρεσίες τηλεϊατρικής, επιτρέποντάς τους να λαμβάνουν ιατρική περίθαλψη χωρίς να χρειάζεται να διανύουν μεγάλες αποστάσεις.

Ωστόσο, υπάρχουν επίσης προκλήσεις για την ανάπτυξη του δικτύου UFBB σε αγροτικές περιοχές, όπως:

- Κόστος: Η ανάπτυξη δικτύου UFBB σε αγροτικές περιοχές μπορεί να είναι δαπανηρή λόγω των τεράστιων αποστάσεων και της χαμηλής πυκνότητας πληθυσμού.
- Ανταγωνισμός με τις υπάρχουσες υποδομές: Οι αγροτικές περιοχές ενδέχεται να έχουν ήδη καθιερωμένα ευρυζωνικά δίκτυα, γεγονός που καθιστά δύσκολο για ένα νέο δίκτυο να αποκτήσει έρεισμα στην αγορά.
- Τεχνικές προκλήσεις: Η ανάπτυξη δικτύου UFBB σε αγροτικές περιοχές μπορεί να είναι τεχνικά δύσκολη, ιδίως σε περιοχές με δύσκολο έδαφος και περιορισμένη υποδομή.
- Χαμηλή πληθυσμιακή πυκνότητα: Η χαμηλή πληθυσμιακή πυκνότητα στις αγροτικές περιοχές μπορεί να καταστήσει δύσκολο για τις εταιρείες τηλεπικοινωνιών να αποσβέσουν το κόστος ανάπτυξης δικτύου UFBB.

Εν κατακλείδι, η ανάπτυξη δικτύου UFBB σε αγροτικές περιοχές είναι ένα κρίσιμο βήμα προς τη γεφύρωση του ψηφιακού χάσματος και την παροχή στους κατοίκους πρόσβασης σε γρήγορη και αξιόπιστη συνδεσιμότητα στο διαδίκτυο. Αν και υπάρχουν προκλήσεις για την ανάπτυξη αυτή, όπως το κόστος, ο ανταγωνισμός με τις υπάρχουσες υποδομές, οι τεχνικές προκλήσεις και η χαμηλή πυκνότητα πληθυσμού, τα οφέλη της γρήγορης και αξιόπιστης σύνδεσης στο διαδίκτυο στις αγροτικές περιοχές, δεν μπορούν να υπερεκτιμηθούν. Ο προσεκτικός σχεδιασμός και η εξέταση αυτών των προκλήσεων θα είναι ζωτικής σημασίας για την επιτυχία της ανάπτυξης του δικτύου UFBB στις αγροτικές περιοχές.



Εικόνα 1.4: Ανάπτυξη δικτύου UFBB σε αγροτικές περιοχές

1.3 Ανάλυση Τεχνικών FTTH

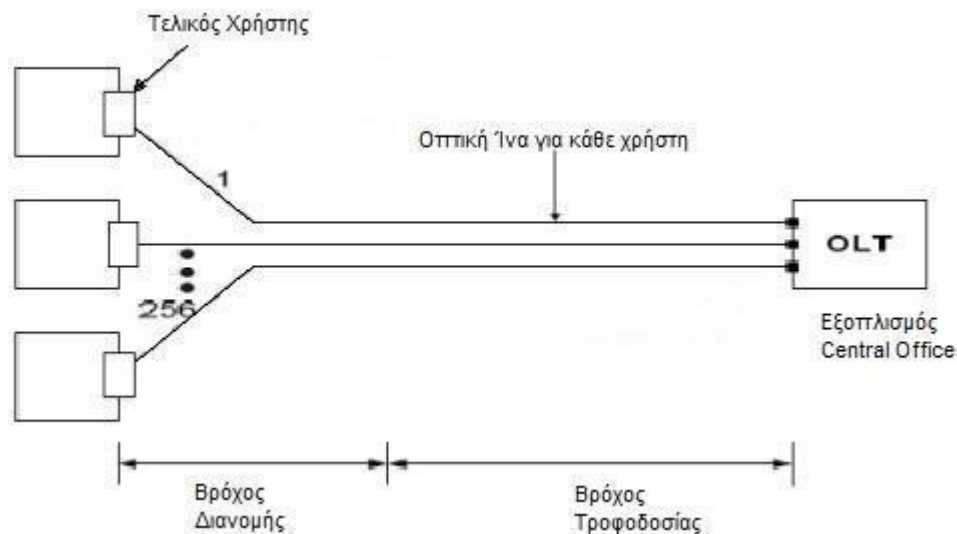
Στο σημείο αυτό, θα παρουσιάσουμε τις διάφορες αρχιτεκτονικές για δίκτυα FTTH. Κατά τον σχεδιασμό ενός δικτύου FTTH, είναι πολύ σημαντικό να αποφασιστεί ποια αρχιτεκτονική θα υιοθετηθεί. Οι 3 αρχιτεκτονικές που παρουσιάζουν το μεγαλύτερο ενδιαφέρον και θα αναλυθούν στη συνέχεια είναι οι εξής:

-Αρχιτεκτονική point-to-point (P2P),

-Τα 2 είδη point-to multipoint (P2MP) αρχιτεκτονικής: Active Optical Network (AON), και Passive Optical Network (PON). [1]

1.3.1 Point-to-Point (P2P)

Στην αρχιτεκτονική αυτή, όπως φαίνεται και από την ονομασία, υπάρχουν ξεχωριστές γραμμές οπτικών ινών που οδεύουν μέσω του OLT (Optical Line Termination) ή Central Office προς κάθε χρήστη. Στο επόμενο διάγραμμα απεικονίζεται η υλοποίηση P2P.



Εικόνα 1.5: Αρχιτεκτονική Point-to-Point (P2P) [1]

Η αρχιτεκτονική P2P εμφανίζει ορισμένα πλεονεκτήματα αλλά και ξεκάθαρα μειονεκτήματα. Το βασικότερο πλεονέκτημα είναι ότι υπάρχει η δυνατότητα να εκμεταλλευτούμε πλήρως τη χωρητικότητα της κάθε γραμμής, ώστε να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις ταχύτητας κάθε χρήστη. Εκτός αυτού, η ύπαρξη ξεχωριστής οπτικής γραμμής για κάθε χρήστη, παρέχει μεγαλύτερη ευελιξία στην παροχή των προσφερόμενων υπηρεσιών, καθώς πρακτικά δεν υπάρχει περιορισμός. [1]

Η επιλογή (διαστασιολόγηση) κεντρικού εξοπλισμού για το OLT εξαρτάται από τον αριθμό των τελικών χρηστών. Πέρα από το κόστος που απαιτείται για τον εξοπλισμό αυτό, υπάρχουν απαιτήσεις σε χώρο και σε κατανάλωση ενέργειας. Ένα άλλο μειονέκτημα της αρχιτεκτονικής αυτής, είναι η ανάγκη για ύπαρξη πολλών γραμμών οπτικών ινών, που συνεπάγεται αυξημένες ανάγκες εγκατάστασης και συντήρησης. . [1]

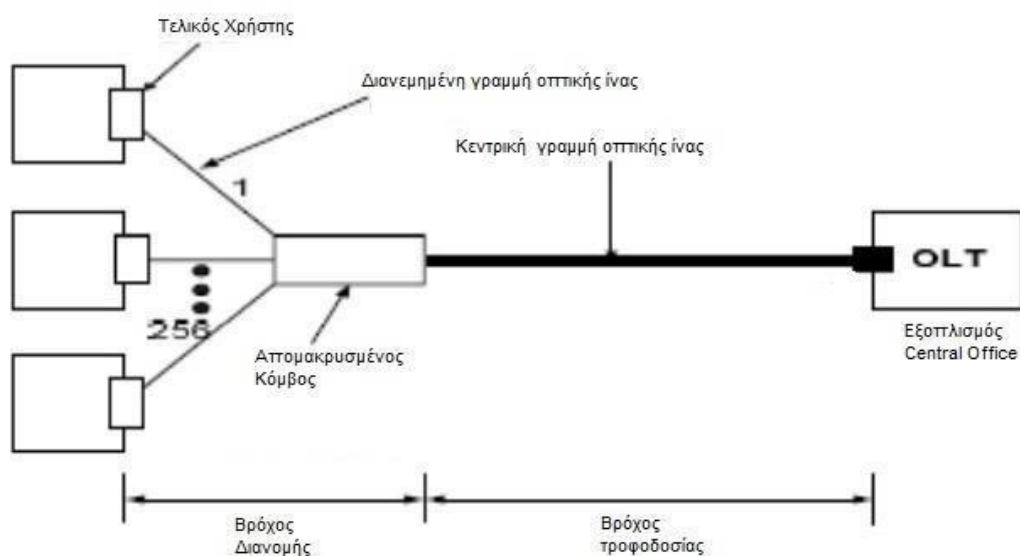
1.3.2 Αρχιτεκτονικές point-to multipoint (P2MP)

1) Active Optical Network (AON)

Το βασικό χαρακτηριστικό αυτής τη αρχιτεκτονικής, είναι πως υπάρχει μία μοναδική κοινόχρηστη γραμμή οπτικής ίνας η οποία μεταφέρει όλα τα δεδομένα από το κεντρικό σημείο (Central Office) προς έναν απομακρυσμένο κόμβο, ο οποίος είναι εγκατεστημένος σε κοντινή απόσταση από τους τελικούς χρήστες. Η κεντρική αυτή οπτική γραμμή μπορεί να εξυπηρετήσει από 4 έως χιλιάδες χρήστες,

Η αρχιτεκτονική AON είναι γνωστή και ως Active Ethernet Network, καθώς ο εξοπλισμός που απαιτείται για τις υπηρεσίες τηλεόρασης, τηλεφωνίας και Internet πρέπει να είναι συνδεδεμένος μέσω Ethernet.

Ο απομακρυσμένος κόμβος περιέχει ενεργό ηλεκτρονικό εξοπλισμό, ο οποίος επεξεργάζεται τα πακέτα δεδομένων που αποστέλλονται από το Central Office (OLT) προς αυτόν, και προωθεί τα πακέτα προς τους αντίστοιχους τελικούς χρήστες. Από τον κόμβο έως τους χρήστες (ή από τον κόμβο προς την καμπίνα, και από την καμπίνα προς τους χρήστες) οδεύουν μεμονωμένες γραμμές, καθεμία από τις οποίες καταλήγει σε κάθε χρήστη. Η υλοποίηση της αρχιτεκτονικής AON απεικονίζεται στο επόμενο διάγραμμα: [1]

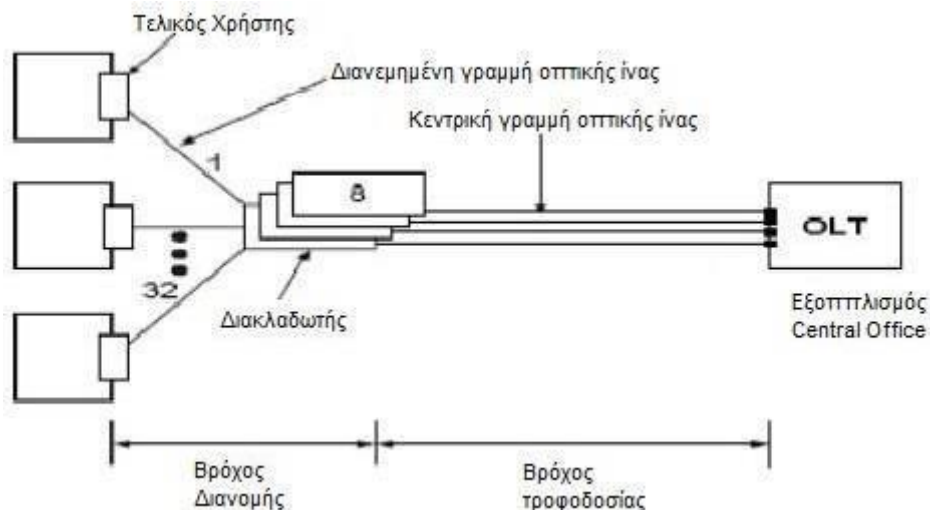


Εικόνα 1.6: Αρχιτεκτονική Active Optical Network [1]

Το σημαντικότερο πλεονέκτημα της αρχιτεκτονικής AON σε σχέση με την αρχιτεκτονική P2P είναι ότι γίνεται χρήση μίας μόνο κεντρικής οπτικής γραμμής μέχρι τον κόμβο, για τους χρήστες μίας συγκεκριμένης περιοχής κάτι που μειώνει δραματικά το κόστος καλωδίωσης. Υπάρχει επίσης μεγαλύτερη ευελιξία ως προς τη διαστασιολόγηση εξοπλισμού, με βάση το πλήθος των χρηστών. Ωστόσο, η αρχιτεκτονική αυτή έχει αυξημένες απαιτήσεις ως προς την κατασκευή, παροχή ενέργειας και συντήρηση των κόμβων. Επίσης, τα υλικά κατασκευής των κόμβων και καμπινών έχουν υψηλές προδιαγραφές, ώστε να μπορούν να προσφέρουν αδιάλειπτη λειτουργία και προστασία του ηλεκτρονικού εξοπλισμού σε όλες τις περιβαλλοντολογικές συνθήκες.

2) Passive Optical Network (PON)

Στην αρχιτεκτονική αυτή, ο κόμβος με τον ενεργό ηλεκτρονικό εξοπλισμό αντικαθίσταται από έναν παθητικό διακλαδωτή (splitter). Ο διακλαδωτής χαρακτηρίζεται ως παθητικός, καθώς απλώς μεταδίδει τα δεδομένα τα οποία λαμβάνει. Όπως στην αρχιτεκτονική AON, έτσι και εδώ υπάρχει μία κεντρική οπτική γραμμή για τη μεταφορά της πληροφορίας έως τον διακλαδωτή. Η υλοποίηση της αρχιτεκτονικής AON απεικονίζεται στο επόμενο διάγραμμα: [1]



Εικόνα 1.7: Αρχιτεκτονική Passive Optical Network [1]

Η διαδικασία διαλογής των δεδομένων και διανομής στον αντίστοιχο χρήστη πραγματοποιείται από τον εξοπλισμό δικτύου των τελικών χρηστών ONUs (Optical user Network Unit). Λόγω της λειτουργίας επεξεργασίας δεδομένων, ο εξοπλισμός δικτύου της αρχιτεκτονικής PON κοστίζει περισσότερο από τον αντίστοιχο εξοπλισμό της αρχιτεκτονικής AON.

Για τη σωστή λειτουργία ενός δικτύου PON, πρέπει να γίνεται χρήση κάποιας τεχνικής πολλαπλής πρόσβασης, ώστε να μην υπάρχει το φαινόμενο σύγκρουσης δεδομένων, καθώς όπως αναφέραμε, αυτά μεταδίδονται μέσα από μία κοινή οπτική γραμμή, από το OLT μέχρι το splitter. Υπάρχουν 4 βασικές τεχνικές multi-access για τα δίκτυα οπτικών ινών, τις οποίες και αναφέρουμε ονομαστικά: [2]

Time Division Multiplexing (TDM)

- Wavelength Division Multiplexing (WDM)
- SubCarrier Multiplexing (SCM)
- Optical Code Division Multiplexing (OCDM)

1.4 Εμπορική διάθεση

Όπως αναφέραμε και αναλύσαμε παραπάνω, οι επενδύσεις για δίκτυα νέας γενιάς έχουν ξεκινήσει και προχωρούν, τώρα έφτασε η ώρα της εμπορικής αξιοποίησης. Οι τηλεπικοινωνιακοί πάροχοι που δραστηριοποιούνται στη Ελλάδα είναι ο ΟΤΕ (Οργανισμός Τηλεπικοινωνιών Ελλάδος Α.Ε.), η Vodafone (Vodafone - Παναφον Α.Ε.) και η WIND (WIND ΕΛΛΑΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ ΑΝΩΝΥΜΗ ΕΜΠΟΡΙΚΗ ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ). Ο ΟΤΕ, που είναι ο κυρίαρχος πάροχος, έχει αποφασίσει να εγκαταστήσει και να λειτουργήσει περισσότερες καμπίνες και σε πολύ περισσότερα αστικά κέντρα (ΑΚ) ανά την επικράτεια, σε σχέση με τις Wind και Vodafone, για τη μετάβαση αρχικά σε NGA δίκτυα και στην σε FTTH δίκτυα. Η εγκατάσταση καμπινών έχει πάρει την έγκριση της ΕΕΤΤ (Εθνική Επιτροπή Τηλεπικοινωνιών και Ταχυδρομείων).

Για τη μετάβαση σε NGA δίκτυα, όλα τα χρόνια όλοι οι πάροχοι είτε εγκαθιστούν και παρέχουν VDSL σε απόσταση μικρότερη των 500 μέτρων από το ΑΚ, είτε τοποθετούν νέες καμπίνες, όταν η απόσταση από το ΑΚ είναι μεγαλύτερη. Με το πέρασμα των χρόνων όλοι οι πάροχοι ανταγωνίζονται για να προσελκύσουν όσο το δυνατόν περισσότερους χρήστες των υπηρεσιών για ταχύτητες σύνδεσης παραπάνω από αυτό που έχει την δυνατότητα να προσφέρει το δίκτυο NGA σε 100 και 200 Mbps, με δυνατότητα αναβάθμισης σταδιακά 1 Gbps. Όλο αυτό πρόκειται να επιτευχθεί μέσω της τεχνολογίας Fiber to the Home (FFTH).

Οι τηλεπικοινωνιακοί πάροχοι έχουν ήδη διαμορφώσει τα σχετικά εμπορικά πακέτα για την διάθεση υπηρεσιών FTTH, ενώ συνεχίζουν την υλοποίηση των επενδυτικών τους προγραμμάτων για την ένταξη όλο και περισσότερων περιοχών στα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα νέας γενιάς. Στα επόμενα χρόνια όλο και περισσότερες περιοχές ανά την Ελλάδα θα διαθέτουν υποδομές FTTH, αντικαθιστώντας το δίκτυο NGA. Η παροχή σύνδεσης στο διαδίκτυο σε υπερυψηλή ταχύτητα στους πολίτες που κατοικούν σε περιοχές όπου αναπτύσσονται από τους τηλεπικοινωνιακούς παρόχους οι υποδομές αυτές, υλοποιείται με τη μέθοδο κουπονιού (voucher) και θα έχουν την δυνατότητα να επιλέξουν την υπηρεσία που τους ενδιαφέρει. Η παροχή του κουπονιού γίνεται με πολύ απλό τρόπο, αρκεί να επισκεφθούν ένα κατάστημα παρόχου που θα επιλέξουν για να το εξαργυρώσουν και να αποκτήσουν την υπηρεσία που καλύπτει καλύτερα τις ανάγκες τους.

Πιο συγκεκριμένα, ο όμιλος ΟΤΕ είναι ο μεγαλύτερος επενδυτής σε νέες τεχνολογίες και υποδομές στην Ελλάδα. Το επενδυτικό πλάνο του Ομίλου έως σήμερα ήταν 2 δισ. Ευρώ και περιελάμβανε τη δημιουργία ενός εκτεταμένου δικτύου αρχιτεκτονικής Fiber to the home, όπου κάλυψε πάνω από 1 εκατομμύριο συνδρομητές. Το νέο επενδυτικό πλάνο του Ομίλου πρόκειται να ξεπεράσει τα 3 δισ. Ευρώ και έχει ως στόχο να ξεπεραστούν οι 3 εκατομμύρια συνδρομητές έως το 2027. Το δίκτυο εκτός από νοικοκυριά θα καλύπτει με οπτική ίνα και εγκαταστάσεις μεγάλης κοινωνικής σημασίας, όπως πανεπιστημιακά ιδρύματα, βιομηχανικά πάρκα, δημόσια κτήρια κλπ.

Επίσης η Vodafone και η Wind, από το καλοκαίρι του 2017 υλοποιούν μεγάλο επενδυτικό πλάνο ανάπτυξης FTTH δικτύων νέας γενιάς σταθερής και κινητής σε πολλές περιοχές της χώρας. Έχουν δαπανηθεί κεφάλαια ύψους 500 εκατ. ευρώ και άνω, αναβαθμίζοντας προϊόντα και υπηρεσίες καθώς και το δίκτυο των καταστημάτων τους.

2 ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΟΠΤΙΚΗΣ ΙΝΑΣ

2.1 Αρχιτεκτονική Ζεύξης Οπτικής Ίνας

Το κύριο πλεονέκτημα που παρουσιάζουν οι οπτικές ίνες, σε σχέση με οποιοδήποτε άλλο σύστημα τηλεπικοινωνιών είναι η δυνατότητα μεταφοράς μεγαλύτερου όγκου πληροφοριών σε μεγαλύτερες αποστάσεις και σε συντομότερο χρονικό διάστημα. Εκτός αυτού, δεν επηρεάζονται από παρεμβολές ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και μπορούν να μεταδίδουν πληροφορίες με χαμηλότερο θόρυβο και μικρότερο αριθμό σφαλμάτων. Εκτός από τη μετάδοση δεδομένων, οι οπτικές ίνες χρησιμοποιούνται και σε ένα πλήθος άλλων εφαρμογών, οι οποίες δεν δύναται να υλοποιηθούν με μεταλλικούς αγωγούς, όπως διάφορες επιστημονικές εφαρμογές, αισθητήρες, ιατρικές/ χειρουργικές χρήσεις, φωτισμό αντικειμένων κ.α.

Η χρήση της τεχνολογίας των οπτικών ινών με σκοπό τη μεταφορά της ολοένα και αυξανόμενης πληροφορίας, αποτελεί πλέον μονόδρομο. Για να αξιοποιηθεί όμως σωστά αυτή η τεχνολογία πρέπει να υπάρξει ένα δίκτυο σταθερό και ικανό να παρέχει ικανοποιητικά μεγάλο εύρος ζώνης που να μπορεί να ανταπεξέλθει στις ανάγκες των χρηστών.

Στο σημείο αυτό θα παρουσιάσουμε την αρχιτεκτονική της οπτικής ίνας. Μία ζεύξη οπτικής ίνας αποτελείται από τα τρία κάτωθι βασικά στοιχεία:

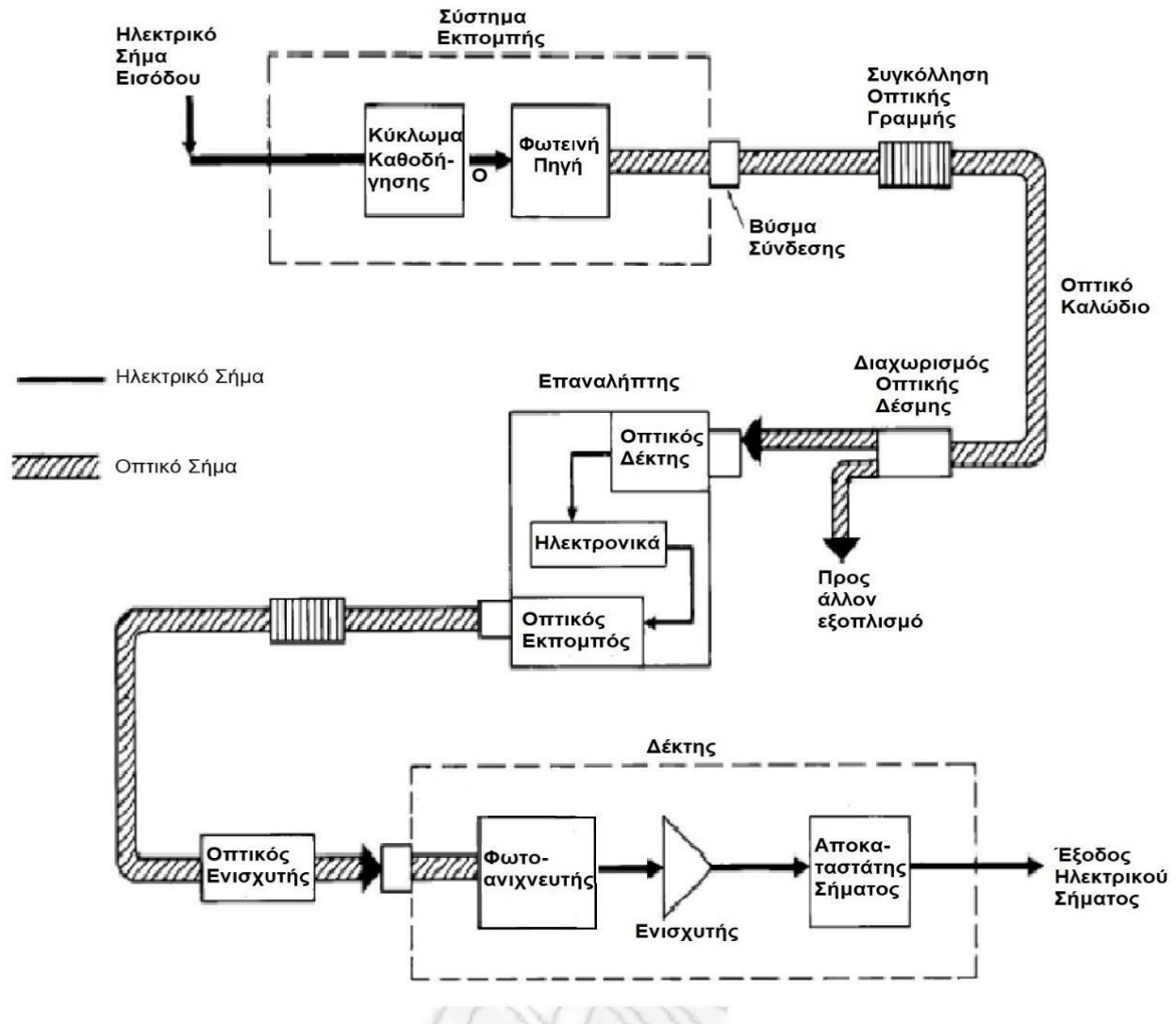
A) Φωτεινή πηγή (laser ή LED) η οποία βρίσκεται στο ένα άκρο με κάποιο συνδετικό βύσμα ή κάποιον άλλο μηχανισμό για τη σύνδεση της ίνας. Η πηγή αυτή παραλαμβάνει το σήμα και μετατρέπει την ηλεκτρική πληροφορία που έχει λάβει σε οπτική.

B) Την ίνα από σημείο σε σημείο. Εδώ περιλαμβάνονται το καλώδιο, τα βύσματα και οι σύνδεσμοι. Η βασική λειτουργία της ίνας είναι να μεταφέρει το φως στον προορισμό του.

Γ) Τον φωτοανιχνευτή, ο οποίος βρίσκεται στο άλλο άκρο, με κάποιο αντίστοιχο βύσμα σύνδεσης. Το στοιχείο αυτό έχει ως ρόλο τη μετατροπή του οπτικού σήματος σε ηλεκτρικό, μία διαδικασία που στην ουσία ένα αντίγραφο των εισερχόμενων ηλεκτρικών δεδομένων. Ο φωτοανιχνευτής υποστηρίζεται από επιπλέον ηλεκτρονικά εξαρτήματα τα οποία τον βοηθούν να επιτελεί τη λειτουργία του.

Σε ό,τι αφορά στη γραμμή μετάδοσης, τα βασικά στοιχεία είναι η μονάδα του εκπομπού/μεταδότη, η οποία αποτελείται από την οπτική πηγή και το συνδεδεμένο σε αυτήν κύκλωμα καθοδήγησης, η γραμμή της ίνας και η μονάδα του δέκτη. Η τελευταία αποτελείται από τον φωτοανιχνευτή, τον ενισχυτή και το κύκλωμα αποκατάστασης σήματος. Επιπλέον, στη γραμμή περιέχονται και βύσματα σύνδεσης (ή συνδετήρες), εξοπλισμός σύζευξης (ή συζεύκτες), διαχωριστές και επαναλήπτες. Τέλος, κατά μήκος της οπτικής ίνας υπάρχουν συγκολλήσεις, ώστε να επιτευχθεί το απαιτούμενο μήκος της γραμμής.

Τα στοιχεία που αναφέρθηκαν παραπάνω, καθώς και η μεταξύ τους σύνδεση παρουσιάζονται στην Εικόνα 1.1. Όπως φαίνεται στο διάγραμμα της Εικόνας, αρχικά το ηλεκτρικό σήμα μετατρέπεται σε οπτικό από τη φωτεινή πηγή και έπειτα μεταφέρεται μέσω της οπτικής ίνας



Εικόνα 2.1: Ολοκληρωμένη δομή οπτικής ζεύξης

Όταν η γραμμή εκτείνεται σε μεγάλες αποστάσεις, εγκαθίστανται επαναλήπτες κατά μήκος της, με σκοπό την ενίσχυση του σήματος. Κάθε επαναλήπτης αποτελείται από έναν δέκτη, έναν πομπό και τα απαραίτητα ηλεκτρονικά υποστήριξης. Το σήμα που εισέρχεται στον επαναλήπτη από την ίνα, προκειμένου να ενισχυθεί, μετατρέπεται σε ηλεκτρικό και έπειτα από την ενίσχυση μετατρέπεται ξανά σε οπτικό. Συνεπώς, το καλώδιο που περιβάλλει την οπτική ίνα, εκτός από την προστασία που της παρέχει, εμπεριέχει και ηλεκτρικά καλώδια τα οποία είναι απαραίτητα για την τροφοδοσία των κυκλωμάτων των επαναληπτών.

2.2 Δομή Καλωδίου Οπτικής Ίνας

Οι οπτικές ίνες κατά κανόνα έχουν στο κέντρο τον πυρήνα, ο οποίος μεταδίδει το οπτικό σήμα. Στην ουσία εγκλωβίζει τις ακτίνες φωτός και τις οδηγεί στο τέλος της διαδρομής. Όσο στενότερος είναι ο πυρήνας, όπως είναι λογικό, τόσο ταχύτερα μεταδίδεται το φως. Ο πυρήνας περιβάλλεται από ένα γυάλινο στρώμα. Το στρώμα αυτό συγκρατεί το φως μέσα στον πυρήνα και το εμποδίζει να διασκορπιστεί και να χάσει την ισχύ του. Έτσι η δέσμη φωτός ανακλάται στο ακέραιο κατά μήκος της οπτικής ίνας χωρίς απώλειες. Το γυάλινο στρώμα με τη σειρά του περιβάλλεται από το εξωτερικό προστατευτικό υλικό, το οποίο προστατεύει την ίνα από τις περιβαλλοντολογικές συνθήκες (θερμοκρασία, υγρασία) και από μηχανικές καταπονήσεις.

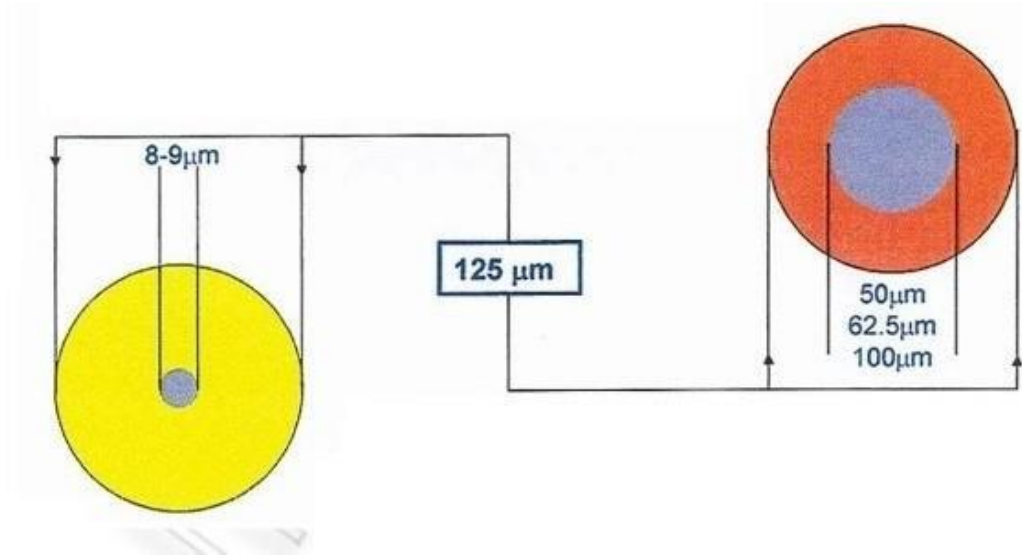
Για την κατασκευή του στρώματος (μανδύα) που περικλείει τον πυρήνα, συνήθως χρησιμοποιείται λιωμένο γυαλί από πυρίτιο, αν και σε ορισμένες περιπτώσεις χρησιμοποιούνται πλαστικές ίνες. Το εξωτερικό προστατευτικό υλικό, το οποίο χαρακτηρίζεται και ως απομονωτής, είναι κατασκευασμένο από πλαστικό. Σε εφαρμογές τηλεπικοινωνιών όμως, χρησιμοποιούνται γυάλινες οπτικές ίνες οι οποίες μπορεί να είναι είτε μονότροπες είτε πολύτροπες. Οι μονότροπες ίνες βρίσκουν εφαρμογή στην πλειονότητα των τηλεπικοινωνιακών συστημάτων και στην καλωδιακή τηλεόραση, ενώ οι πολύτροπες χρησιμοποιούνται κυρίως στα τοπικά δίκτυα ηλεκτρονικών υπολογιστών (LANs).

Οι μονότροπες ίνες, συγκριτικά με τις πολύτροπες, έχουν μικρότερη διάμετρο πυρήνα και επιτρέπουν τη διέλευση μεγαλύτερου εύρους συχνοτήτων. Οι πολύτροπες ίνες, λόγω του μεγαλύτερου μεγέθους πυρήνα έχουν μεγαλύτερο χρόνο διάδοσης σημάτων, ωστόσο παρουσιάζουν το πλεονέκτημα ευκολότερης σύζευξης με χαμηλού κόστους φωτεινές πηγές, όπως π.χ. τα LED.

Σε ό,τι αφορά στις πλαστικές οπτικές ίνες που αναφέραμε παραπάνω, αυτές έχουν μεγάλη διάμετρο πυρήνα και μπορούν να κοπούν εύκολα με τα κατάλληλα εργαλεία, καθώς και να συνδεθούν εύκολα με χαμηλού κόστους βύσματα. Είναι ιδιαίτερα βολικές για μικρές διαδρομές, από τον δρόμο μέχρι τον τελικό χρήστη και για εσωτερικούς χώρους. Ωστόσο δεν είναι κατάλληλος για μεγάλες διαδρομές, καθώς έχουν μεγάλες απώλειες ισχύος και χαμηλό εύρος διέλευσης συχνοτήτων σε σχέση με τις γυάλινες ίνες.

Στο σημείο αυτό θα εξηγήσουμε τι ακριβώς σημαίνει μονότροπη και πολύτροπη ίνα. Σε μία οπτική ίνα, υπάρχουν διάφορες γωνίες με τις οποίες μπορεί το φως να εισέλθει και να δημιουργήσει διαφορετικές γωνίες πρόσκρουσης στο γυάλινο στρώμα, οι οποίες ονομάζονται τρόποι. Ο αριθμός των τρόπων αυξάνει όσο αυξάνεται η διάμετρος του πυρήνα. Οι μονότροπες ίνες έχουν διάμετρο πυρήνα 8-9 μm , ενώ οι πολύτροπες ξεκινούν από διάμετρο πυρήνα 50 μm και μπορεί να φτάσουν μέχρι 100 μm . Στις τηλεπικοινωνίες χρησιμοποιούνται μόνο μονότροπες ίνες.

Τα παραπάνω χαρακτηριστικά των μονότροπων και πολύτροπων ινών φαίνονται συγκεντρωμένα στην Εικόνα 1.2 που ακολουθεί. Συγκρίνοντας τη διάμετρο πυρήνα και μανδύα στους δύο τύπους ινών, συμπεραίνουμε ότι στις πολύτροπες ίνες ο πυρήνας έχει μεγάλο πυρήνα, σε συγκρίσιμο μέγεθος με αυτό του μανδύα, ενώ στις μονότροπες ίνες, ο πυρήνας έχει αρκετά μικρότερη διάμετρο από τη διάμετρο του αντίστοιχου μανδύα. Έπειτα από την Εικόνα, ακολουθεί ένα Σήμα που δείχνει την πληροφορία για την απώλεια σήματος (εξασθένηση) ανά km, για καθέναν από τους 2 προαναφερόμενους τύπους οπτικών ινών, με παράμετρο τη διάμετρο πυρήνα (σε nm).



Εικόνα 2.2: Σύγκριση διαμέτρων πυρήνα & μανδύα σε μονότροπες (αριστερά) και πολύτροπες οπτικές ίνες



Εικόνα 2.3: Εξασθένηση σήματος (dB/km) σε μονότροπες και πολύτροπες ίνες, με παράμετρο τη διάμετρο πυρήνα

2.3 Πλεονεκτήματα και Ιδιαιτερότητες Οπτικής Ίνας

Αφού αναλύσαμε τη δομή του καλωδίου της ίνας, καθώς και τα υλικά με τα οποία το καλώδιο συνεργάζεται, προκειμένου να δημιουργηθεί μία ολοκληρωμένη ζεύξης, θα παρουσιάσουμε συγκεντρωτικά τα πλεονεκτήματα της χρήσης της, καθώς και τις ιδιαιτερότητες στην εγκατάσταση και λειτουργία της, οι οποίες αποτελούν τροχοπέδη στην απόλυτα ευρεία χρήση της.

Το δίκτυο Fiber-to-the-home (FTTH) με την τεχνολογία οπτικών ινών έχει γνωρίσει μεγάλη άνθιση στις σύγχρονες τηλεπικοινωνίες. Η τεχνολογία των οπτικών ινών παρουσιάζει πληθώρα πλεονεκτημάτων, κάτι που κάνει τη χρήση τους στα δίκτυα νέας γενιάς ιδιαίτερα σημαντική. Με την εγκατάσταση της οπτικής ίνας σε κάθε διαμέρισμα, προσφέρονται στον πελάτη τα εξής πλεονεκτήματα:

- Παρέχουν τη δυνατότητα στην ταυτόχρονη λήψη τηλεοπτικών καναλιών υψηλής ευκρίνειας, υπηρεσιών τηλεφωνίας, πρόσβαση πολύ υψηλών ταχυτήτων στο Internet καθώς και καινοτόμων υπηρεσιών όπως τηλε-εκπαίδευση και τηλεργασία.
- Σε σχέση με τα καλώδια χαλκού, η οπτική ίνα μεταδίδεται χωρίς απώλειες από μερικές δεκάδες μέχρι και μερικές εκατοντάδες χιλιόμετρα.
- Σε ένα δίκτυο FTTH υπάρχει η δυνατότητα τοποθέτησης επιπλέον οπτικών ινών από τις εκτιμώμενες ανάγκες, για ενδεχόμενη μελλοντική τους χρήση. Αναβαθμίζεται η ανταγωνιστικότητα σε επίπεδο αγοράς των τηλεπικοινωνιακών παρόχων, με προσφορές νέων πακέτων συνδέσεων υπερυψηλών ταχυτήτων σε ανταγωνιστικές τιμές.
- Δημιουργούνται νέες θέσεις εργασίας υψηλής εξειδίκευσης.
- Αξιοποίηση σε έργα δικτύων και υποδομών πρόσβασης επόμενης γενιάς.

Ακολούθως, θα πρέπει να αναφερθούν και τα μειονεκτήματα που παρουσιάζει ένα δίκτυο FTTH με τη χρήση των οπτικών ινών.

- Το κόστος κατασκευής ενός τέτοιου δικτύου είναι αρκετά μεγάλο.
- Επίσης αρκετά μεγάλο κόστος απαιτεί η εγκατάσταση των οπτικών ινών σε σχέση με τα καλώδια χαλκού, καθώς δεν πρέπει να λυγίζουν σε μεγάλο βαθμό και για τον λόγο αυτό θα πρέπει να εγκαθίστανται με τέτοιον τρόπο ώστε να έχουν ελαφριά κλίση.
- Παρατηρείται δυσκολία στην υλοποίηση των συνδέσεων των οπτικών ινών καθώς απαιτείται υψηλή προσαρμογή και ευθυγράμμιση της φωτεινής πηγής.

- Είναι απαραίτητη η αγορά και η διαμόρφωση ενός εξειδικευμένου modem για την μετατροπή οπτικών σημάτων. Ορισμένοι πάροχοι προσφέρουν αυτόν τον εξοπλισμό προς ενοικίαση ή πώληση σε μειωμένη τιμή.
- Σε περίπτωση διακοπής ή βλάβης της οπτικής ίνας, ο χρήστης μόνο χάνει την πρόσβαση όχι μόνο στο διαδίκτυο, αλλά και στην τηλεόραση, στο τηλέφωνο και γενικά σε όποια υπηρεσία έχει συνδρομή μέσω της ίνας.

3 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΔΙΚΤΥΟΥ FTTH

Η κατασκευή ενός δικτύου FTTH περιλαμβάνει τις 3 κάτωθι φάσεις:

Α΄ ΦΑΣΗ

- Τοποθέτηση παθητικών οπτικών καμπινών
- Δημιουργία υποδομής σωληνίσκων επί του οδοστρώματος με κάλυψη όλων των οικοδομικών τετραγώνων της περιοχής και τερματισμός σωληνίσκων σε αναμονή επί του πεζοδρομίου

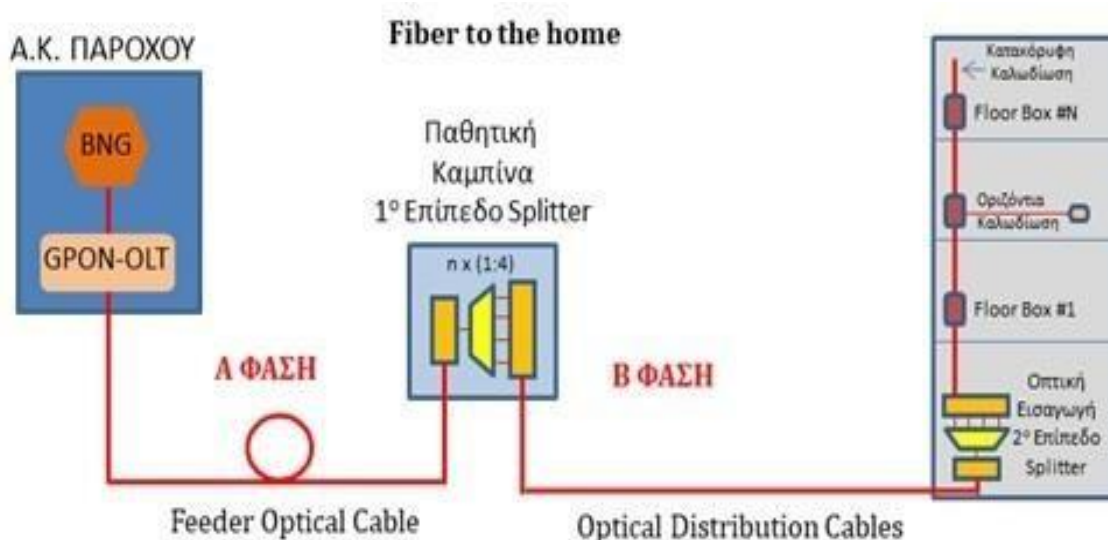
Β΄ ΦΑΣΗ

- Εισαγωγή ενός δισωληνίου εντός κτηρίου ή ανύψωση του επί στύλου
- Τοποθέτηση οπτικής εισαγωγής εντός κτηρίου (BEP) ή οπτικού box επί στύλου.
- Κατασκευή εσωτερικής καλωδίωσης κτιρίων:
 - Κατακόρυφη καλωδίωση με κουτιά διασύνδεσης (floorboxes)
- Κατασκευή εξωτερικής, εναέριας, καλωδίωσης από το οπτικό box έως το κτίριο.

Γ΄ ΦΑΣΗ

- Οριζόντια καλωδίωση μεταξύ floor box και οπτικής υποδοχής διαμερίσματος
- Εγκατάσταση ONT και σύνδεση με την τερματική διάταξη διαμερίσματος

Οι φάσεις που παρουσιάστηκαν για την κατασκευή υποδομής δικτύου FTTH αποτυπώνονται στην παρακάτω Εικόνα:



Εικόνα 3.1: Ενδεικτικό σχέδιο κατασκευής Δικτύου FTTH

3.1 Κατασκευή και λειτουργία Οπτικής Ύψας

Οι οπτικές ίνες μεταδίδουν φωτεινά σήματα σε μεγάλες αποστάσεις με μηδενικές σχεδόν απώλειες, ενώ η ταχύτητα μετάδοσης πλησιάζει αυτή με την οποία διαδίδεται το φως. Επίσης, η οπτική ίνα περιβάλλεται από μια ειδική επίστρωση υλικού που ονομάζεται cladding ή buffer και βοηθά στη συνεχή ανάκλαση της δέσμης φωτός μέσα στην οπτική ίνα, καθώς αποτρέπει το φαινόμενο της διάθλασης προς την εξωτερική επίστρωση. Με αυτόν τον τρόπο η οπτική ίνα εγκλωβίζει τη δέσμη του φωτός και την οδηγεί από το ένα άκρο στο άλλο.

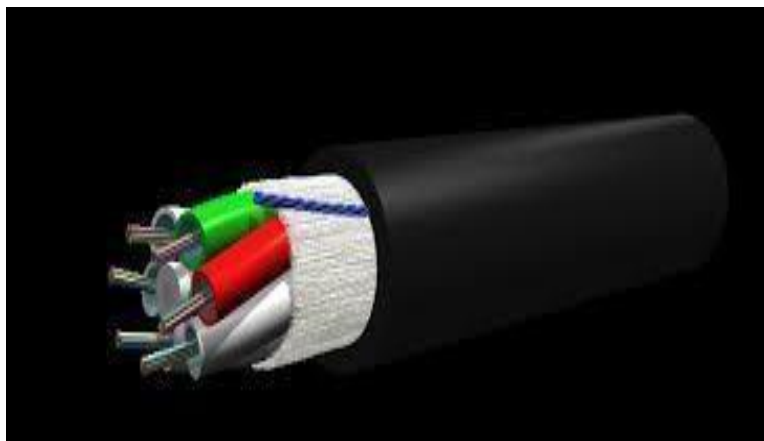
Η επίστρωση περιβάλλεται από ένα πλήθος συνθετικών ινών οι οποίες προστατεύουν την ίνα έναντι μηχανικών καταπονήσεων, όπως από πιθανά τραβήγματα, ή ενδεχόμενο σπάσιμο του γυαλιού, το οποίο αποτελεί και τον πυρήνα της ίνας. Τέλος όλα τα παραπάνω περικλείονται σε ένα εξωτερικό πλαστικό περίβλημα καθιστώντας τη γραμμή της οπτικής ίνας πιο ανθεκτική.

Όπως αναφέραμε και στην προηγούμενη ενότητα, οι οπτικές ίνες μπορούν κατηγοριοποιηθούν, με βάση τον τρόπο που μεταδίδεται το σήμα σε μονότροπες και πολύτροπες. Οι μονότροπες οπτικές ίνες είναι αρκετά μικρές και τα κύματα φωτός ταξιδεύουν σε ευθεία γραμμή με αποτέλεσμα να καλύπτουν μεγάλες αποστάσεις, ενώ στις πολύτροπες οπτικές ίνες τα κύματα φωτός ταξιδεύουν ανακλώμενα υπό διαφορετικές γωνίες.

Στην περίπτωση μιας μελέτης FTTH υπάρχουν δύο είδη δικτύων, χρησιμοποιώντας διαφορετικού τύπου οπτικής ίνας.

- Feeder Optical Cable (Κύριο Δίκτυο)

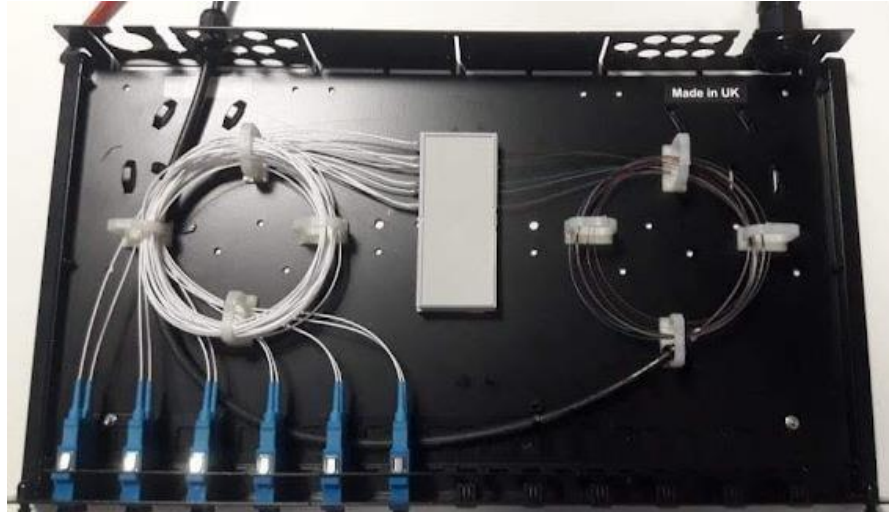
Το Κύριο Δίκτυο αφορά στην ένωση μέσω συγκεκριμένης οπτικής ίνας η οποία τοποθετείται μέσω σωληνίσκων από το Αστικό Κέντρο του παρόχου έως την παθητική καμπίνα. Κάθε ίνα ενός feeder cable είναι συνδεδεμένη σε μια έξοδο του OLT(Optical Line Termination). Η οπτική ίνα που χρησιμοποιείται στο κύριο δίκτυο, είναι πιο ανθεκτική από του Δικτύου Διανομής και είναι συνήθως 96 ή 24 ινών.



Εικόνα 3.2: Feeder Cable

- Optical Distribution Cable (Δίκτυο Διανομής)

Το Δίκτυο Διανομής αφορά στην ένωση της παθητικής καμπίνας με τον πελάτη με χρήση καλωδίων 4 ή 12 οπτικών ινών μέχρι τις οπτικές εισαγωγές και boxes και χρήση καλωδίων μικρότερης χωρητικότητας μέχρι τον τερματισμό στον ONT (Optical Network Terminal). Το καλώδιο οπτικής ίνας του Δικτύου Διανομής είναι πιο λεπτό έχοντας ως σκοπό τη διέλευση του μέσω των πολυσωληνίων, με αποτέλεσμα να είναι και πιο εύθραυστο.

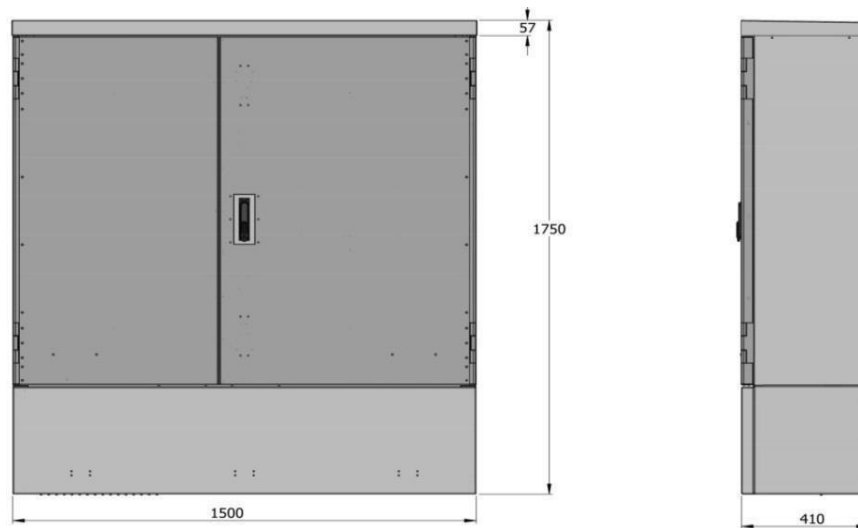


Εικόνα 3.3: Optical Distribution Cable

3.2 Κατασκευή και λειτουργία Καμπίνας

Ένα σημαντικό κομμάτι στην ανάπτυξη ενός δικτύου FTTH είναι η τοποθέτηση της καμπίνας μεταξύ του κυρίου δικτύου και του δικτύου διανομής. Σε αυτό το σημείο πραγματοποιείται και το 1ο επίπεδο Splitter.

Η τοποθέτηση των παθητικών καμρινών γίνεται στο πεζοδρόμιο και χρησιμοποιούνται παθητικοί διαμεριστές (passive splitters) με λόγο διαμερισμού 1:4 ή 1:32. Οι συγκεκριμένες παθητικές καμρίνες χωρίζονται σε 2 κατηγορίες ανάλογα με τους συνδρομητές που θέλουμε να εξυπηρετήσουμε σε μια περιοχή. Η 1η καμρίνα είναι μεγάλης χωρητικότητας και έχει τη δυνατότητα να εξυπηρετήσει έως 96 αναμονές, ενώ 2η καμρίνα είναι μικρότερης χωρητικότητας, με δυνατότητα εξυπηρέτησης έως 48 αναμονές και είναι συνήθως κατασκευής του οίκου RAYCAP.

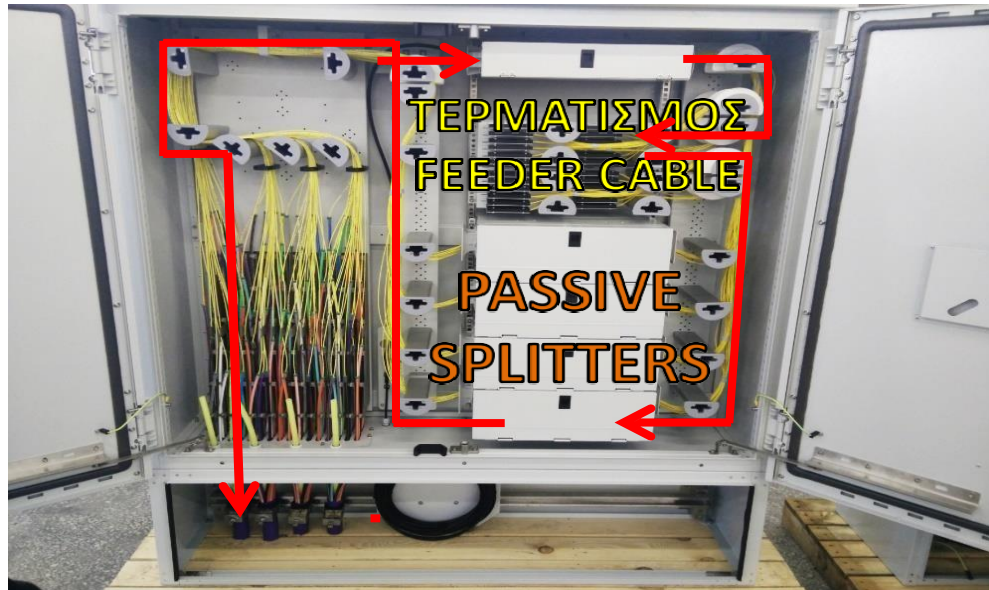


Εικόνα 3.4: Διαστάσεις καμπίνας



Εικόνα 3.5: Εξωτερική όψη καμπίνας μεγάλης χωρητικότητας FTTH

Στο σημείο αυτό παρουσιάζεται αναλυτικά, με τη βοήθεια της παρακάτω εικόνας, η δομή και ο τρόπος λειτουργίας μιας παθητικής καμπίνας. Η παρακάτω καμπίνα είναι μεγάλης χωρητικότητας. Παρατηρούμε ότι εισέρχονται 4 πολυσωλήνια και όπως προαναφέραμε μπορεί να εξυπηρετήσει έως 96 αναμονές ($4 \times 24 = 96$).



Εικόνα 3.6: Εσωτερική όψη καμπίνας μεγάλης χωρητικότητας FTTH

Όπως επίσης προαναφέραμε, υπάρχει και η καμπίνα μικρής χωρητικότητας στην οποία εισέρχονται 2 πολυσωλήνια και μπορεί να εξυπηρετήσει έως 48 αναμονές ($2 \times 24 = 48$), η δομή της οποίας παρουσιάζεται στην εικόνα που ακολουθεί.

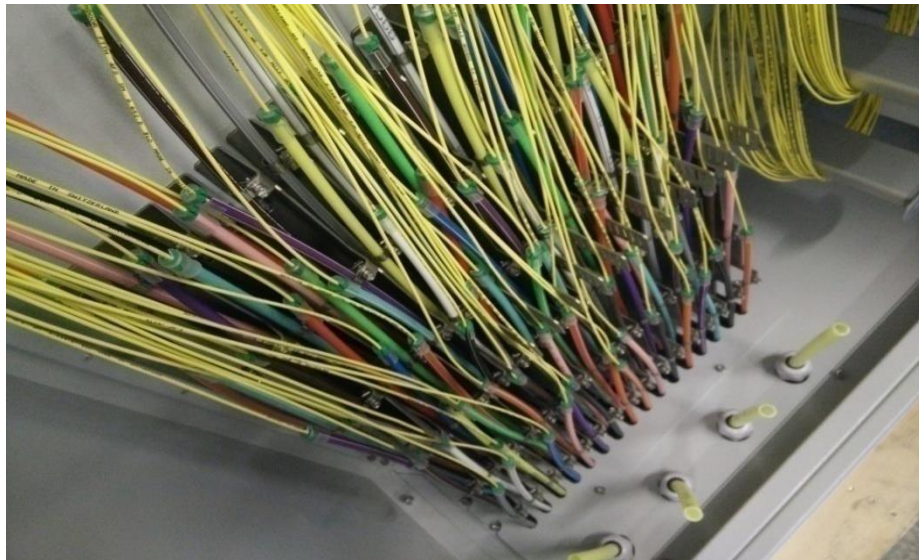


Εικόνα 3.7: Εσωτερική όψη καμπίνας μικρής χωρητικότητας FTTH

3.3 Διαμερίσματα Παθητική Καμπίνας

Η εσωτερική διάταξη της κάθε καμπίνας που χρησιμοποιείται σε ένα δίκτυο FTTH χωρίζεται σε 3 τμήματα τα οποία παρουσιάζονται παρακάτω.

- A) Χώρος εισόδου του feeder cable και οργάνωσης των πολυσωληνίων για το δίκτυοδιανομής
- Εισέρχονται 4 πολυσωλήνια με 24 microducts 7/4 και 1 miniduct 14/10 το καθένα
 - Τα πολυσωλήνια που εισέρχονται στην καμπίνα ανοίγονται και οργανώνονται σε διαφορετικά μήκη ώστε να είναι πιο εύκολα διαχειρίσιμα.
 - Τα συγκεκριμένα πολυσωλήνια τα οποία θα δούμε και ποιο αναλυτικά παρακάτω ονομάζονται A,B,C,D



Εικόνα 3.8: Χώρος εισόδου feeder cable και πολυσωληνίων

B) Χώρος τερματισμού του feeder cable

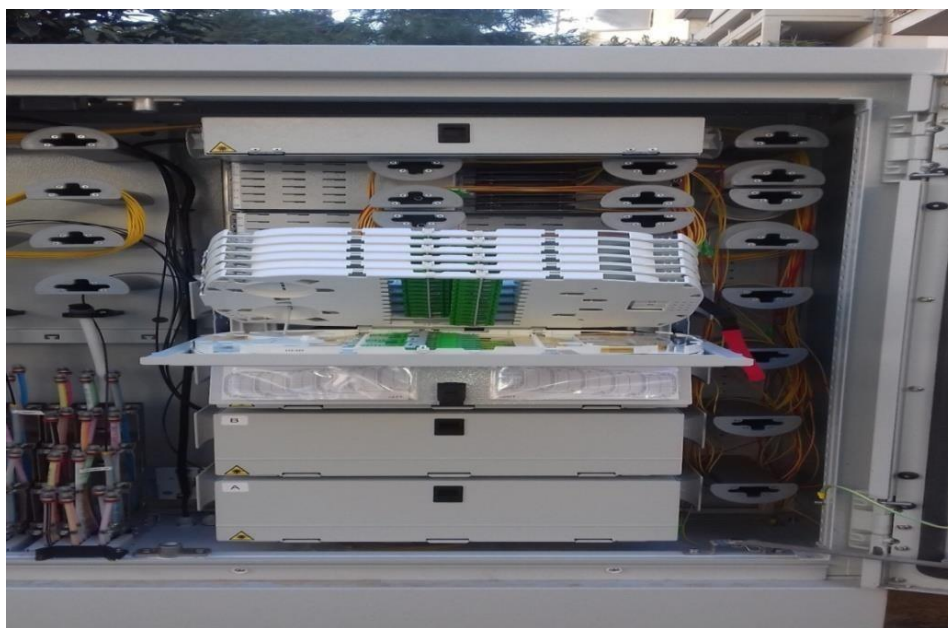
- Το feeder cable ανάλογα με το μέγεθος του, δηλαδή αναλόγως ποια καμπίνα πρόκειται να χρησιμοποιήσουμε στο έργο μας τερματίζει σε δύο κασέτες χωρητικότητας 12 οπτικών ινών η κάθε μία.
- Κάτω από τις κασέτες υπάρχει χώρος για αποθήκευση της περίσσειας των καλωδίωνεισόδου των passive splitters που συνδέονται με τις ίνες του feeder cable



Εικόνα 3.9: Χώρος τερματισμού feeder cable

Γ) Χώρος παθητικών οπτικών διαμερισμάτων (passive optical splitters)

- Αποτελεί τον χώρο για την τοποθέτηση προκαλωδιωμένων παθητικών διαμεριστών επιθυμητού λόγου διαμερισμού (π.χ. 1:4, 1:32)



Εικόνα 3.10: Χώρος passive optical splitters

3.4 Κατασκευή και λειτουργία Τάφρων/Φρεατίων

Ένα εξίσου πολύ σημαντικό κομμάτι στην ανάπτυξη υπόγειων υποδομών σε ένα δίκτυο FTTH είναι η κατασκευή των τάφρων και φρεατίων μέσα από τα οποία περνάει το σύνολο των οπτικών καλωδίων. Η τάφρος περιλαμβάνει την υποδομή εκείνη μέσα στην οποία εγκαθίστανται όλες οι σωληνώσεις ενός υπόγειου δικτύου. Σε ένα δίκτυο FTTH, το μεγαλύτερο ποσοστό του συνολικού κόστους κατασκευής τουοφείλεται στα έργα εκσκαφής, όπως η δημιουργία τάφρων και φρεατίων. Γι αυτόν τον λόγο ο ακριβής καθορισμός του τύπου τάφρων και γενικά όλων των υπόγειων υποδομών είναι πολύ σημαντικός τόσο στο αρχικό στάδιο του προϋπολογισμού του έργου, όσο και στη φάση της κατασκευής, ώστε να μην παρουσιαστούν μελλοντικά προβλήματα στις νέες αλλά και στις υφιστάμενες υπόγειες εγκαταστάσεις. Σε όλα τα δίκτυα FTTH, για μείωση του συνολικού κόστους κατασκευής, τα καλώδια τρέχουν κάτω από τα πεζοδρόμια ή τους δρόμους, σε τάφρους που χρησιμοποιούν το οδικό δίκτυο ως ένα φυσικό οδηγό για την προσέγγιση των πελατών.

Στη συνέχεια θα αναλύσουμε τις δύο μεθόδους κατασκευής τάφρων που χρησιμοποιούνται από τους κατασκευαστές δικτύου FTTH:

1. Μέθοδος Mini-Trenching (μικροτάφρος M/T): Η συγκεκριμένη μικροτάφρος αποτελείται από τομές ανοικτού τύπου στην άκρη του δρόμου ή στα πεζοδρόμια (σε ειδικές περιπτώσεις). Υλοποιείται με χρήση μηχανημάτων τύπου trencher. Το είδος των μηχανημάτων αυτών έχει ειδικό τροχό διάνοιξης και κατασκευάζει τάφρους τυποποιημένων διαστάσεων, αναλόγως το πλήθος των πολυσωληνίων που πρόκειται να εισέλθουν σε αυτές. Μετά την τοποθέτηση των πολυσωληνίων γίνεται η πλήρωση του χαντακιού, ενώ η τελευταία στρώση περιλαμβάνει την τελική αποκατάσταση της επιφάνειας του ασφαλτικού στην αρχική του μορφή.



Εικόνα 3.11: Mini-Trenching (μικροτάφρος)

2. Μέθοδος Micro-Trenching (κάθετης ένθετης οπτικής καλωδίωσης). Η συγκεκριμένη μέθοδος πραγματοποιείται με μικρές εγκοπές σε ρηχό βάθος μέσω μιας λεπτής κοπής με "τροχό". Δε χρησιμοποιεί αυλάκωμα μέσω των οδοστρωμάτων και των πεζοδρομίων και έτσι δεν επηρεάζει το οδόστρωμα, ενώ μόλις τοποθετηθεί ο αγωγός η τομή αποκαθίσταται σχεδόν αμέσως, καλυπτόμενη με τα κατάλληλα υλικά αποκατάστασης. Η μέθοδος micro-trencher αλλάζει τον τρόπο που τοποθετούνται τα καλώδια οπτικών ινών, συνδυάζοντας την ευκολία και την ταχύτητα τοποθέτησης. Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιείται κυρίως όταν θέλουμε να διασχίσουμε κάθετα έναν δρόμο, αφήνοντας στο πεζοδρόμιο την αναμονή με το σωληνάκι που έχει συνδεθεί με το πολυσωλήνιο όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 3.12: Micro-Trenching (κάθετης ένθετης οπτικής καλωδίωσης)

Κατά τη διάρκεια της κατασκευής του έργου, δηλαδή τόσο κατά μήκος του δικτύου όσο και σε κάθε κομβικό σημείο του, κατασκευάζονται φρεάτια που εξυπηρετούν στην ένωση των τάφρων που αναφέραμε παραπάνω. Με αυτόν τον τρόπο όλες οι σωληνώσεις συνδέονται μεταξύ τους για την επιτυχή προέλευση της οπτικής ίνας από την παθητική καμπίνα έως τον συνδρομητή. Αναλόγως του πλήθους πολυσωληνίων που πρέπει να συνδεθούν, αντίστοιχη θα είναι και η χωρητικότητα των φρεατίων που θα κατασκευαστούν.

Στην παρακάτω εικόνα παρατηρούμε την εξωτερική πλευρά ενός φρεατίου:



Εικόνα 3.13: Εξωτερική όψη φρεατίου

Η επόμενη εικόνα μας δείχνει τη δομή των ενώσεων μεταξύ των πολυσωληνίων στο εσωτερικό ενός φρεατίου.



Εικόνα 3.14: Εσωτερική όψη φρεατίου

3.5 Κατασκευή και λειτουργία Πολυσωληνίων

Τα πολυσωλήνια αποτελούν ένα απαραίτητο κομμάτι κατά το στάδιο κατασκευής ενός δικτύου FTTH, καθώς χρησιμοποιούνται για την διέλευση των οπτικών ινών για το Κύριο Δίκτυο και κυρίως για το Δίκτυο Διανομής.

Τα πολυσωλήνια που χρησιμοποιούνται για το Κύριο Δίκτυο ως υποδομές από το Αστικό Κέντρο του παρόχου έως την καμπίνα είναι 2 ειδών και διαχωρίζονται ως εξής, με βάση τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους:

- Πολυσωλήνιο άμεσης ταφής με **7 miniduct 14/10mm** (μεγάλη διάμετρος:43mm, ελάχιστη ακτίνα στρέψης: 43cm)



Εικόνα 3.15: Πολυσωλήνιο 7 miniduct

- Πολυσωλήνιο άμεσης ταφής με **4 miniduct 14/10mm** (μεγάλη διάμετρος:43mm, ελάχιστη ακτίνα στρέψης: 43cm)



Εικόνα 3.16: Πολυσωλήνιο 4 miniduct

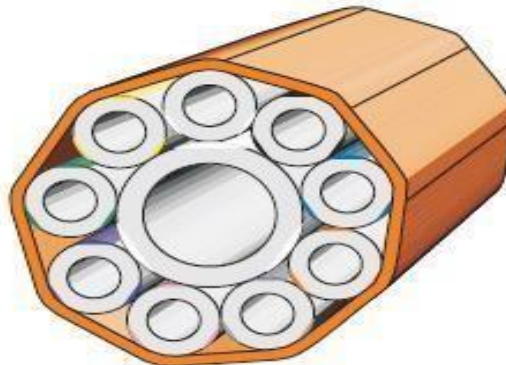
Αντίστοιχα, τα πολυσωλήνια που χρησιμοποιούνται για το Δίκτυο Διανομής ως υποδομές της καμπίνας έως το πεζοδρόμιο για την αναμονή των σωληνίσκων είναι τα εξής:

- Πολυσωλήνιο άμεσης ταφής με 24 microducts 7/4mm (εξωτερική/εσωτερική διάμετρος) και 1 miniduct 14/10mm (μεγάλη διάμετρος:43mm, ελάχιστη ακτίνα στρέψης: 43cm)



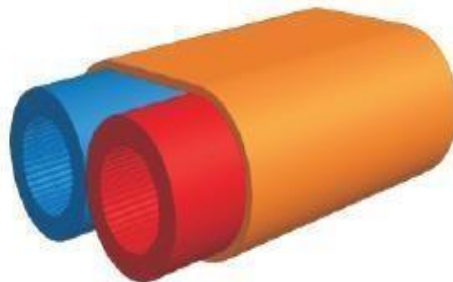
Εικόνα 3.17: Πολυσωλήνιο 24 microducts

- Πολυσωλήνιο άμεσης ταφής με 9 microducts 7/4mm (εξωτερική/ εσωτερική διάμετρος) και 1 miniduct 14/10mm (μεγάλη διάμετρος:29.5mm, ελάχιστη ακτίνα στρέψης: 29.5cm)



Εικόνα 2.18: Πολυσωλήνιο 9 microducts

- Δισωλήνιο άμεσης ταφής με **2 microducts 7/4mm** (μεγάλη/ μικρή διάσταση 15.5/8.5mm, ελάχιστες ακτίνες στρέψης 15.5/8.5mm)



Εικόνα 2.19: Πολυσωλήνιο 2 microducts

4 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΚΑΝΟΝΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΛΩΔΙΩΝ ΟΠΤΙΚΗΣ ΙΝΑΣ

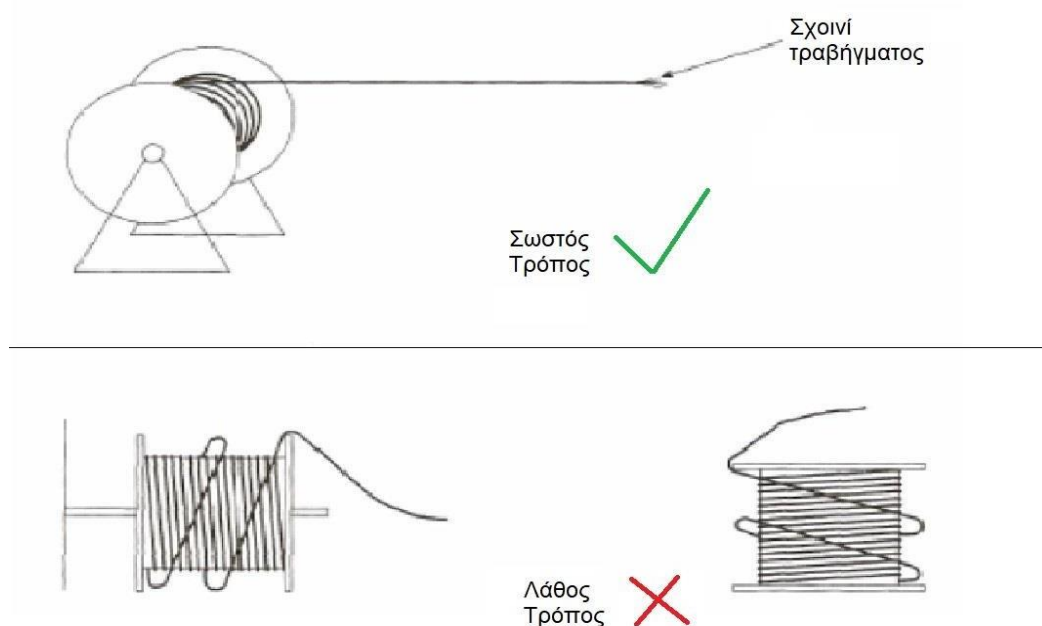
Πριν εισέλθουμε στην ανάλυση των μελετών και του σχεδιασμού για νέες εγκαταστάσεις FTTH, που θα γίνει στην επόμενη Ενότητα, θα παρουσιάσουμε τις βασικές τεχνικές και τους πιο σημαντικούς κανόνες εγκατάστασης οπτικών καλωδίων, ώστε οι εγκαταστάσεις να γίνονται με τον προβλεπόμενο τρόπο και να αποφεύγονται πάσης φύσεως ζημιές στο ιδιαίτερα ευαίσθητο καλώδιο της ίνας, που μπορεί να οδηγήσουν σε σημαντική απώλεια σήματος ή σε καταστροφή του.

4.1 Τράβηγμα καλωδίου οπτικής ίνας

Η διαδικασία που ακολουθείται για το πέρασμα των καλωδίων οπτικών ινών, είναι η ίδια ακριβώς που ακολουθείται όπως και σε κάθε άλλη περίπτωση καλωδίων και απεικονίζεται στην επόμενη Εικόνα 3.1. Το καρούλι με το καλώδιο τοποθετείται όσο το δυνατόν πιο κοντά στον σωλήνα-οδηγό. Συνιστάται η χρήση λιπαντικού, κατά κανόνα από φυτικά έλαια, σε όλες τις περιπτώσεις, εκτός να έχουμε μικρές διαδρομές.

Παρότι τα καλώδια οπτικών ινών παρουσιάζουν ομοιότητες εξωτερικά με τα καλώδια χάλκινων αγωγών, έχουν μεγάλες διαφορές ως προς την αντοχή. Ειδικά τα καλώδια οπτικών ινών, μπορούν να υποστούν ζημιά εάν ξετυλιχθούν ή τραβηχτούν με λάθος τρόπο. Εάν τραβηχτεί το εξωτερικό περίβλημα ενός καλωδίου οπτικής ίνας, προκαλείται συμπίεση των ινών και υποβάθμιση των χαρακτηριστικών του. Αυτό συμβαίνει διότι όταν το καλώδιο ξετυλίγεται τραβώντας το εξωτερικό του περίβλημα, η ασκούμενη δύναμη τεντώνει στιγμιαία το περίβλημα, το οποίο όταν επανέλθει στην αρχική του κατάσταση μπορεί να συμπίεσει τις ίνες, προκαλώντας μείωση της απόδοσης τους ως προς τη μετάδοση σήματος.

Τα ίδια αποτελέσματα τα οποία είναι συνήθως μη αναστρέψιμα, μπορεί να προκληθούν εάν γίνει συστροφή του καλωδίου κατά το ξετύλιγμα του. Επίσης, η άσκηση διαμήκουσ δύναμης στο περίβλημα των καλωδίων είναι πιθανό να προκαλέσει προσωρινή επιμήκυνση και κατά συνέπεια συμπίεση των ινών εσωτερικά.



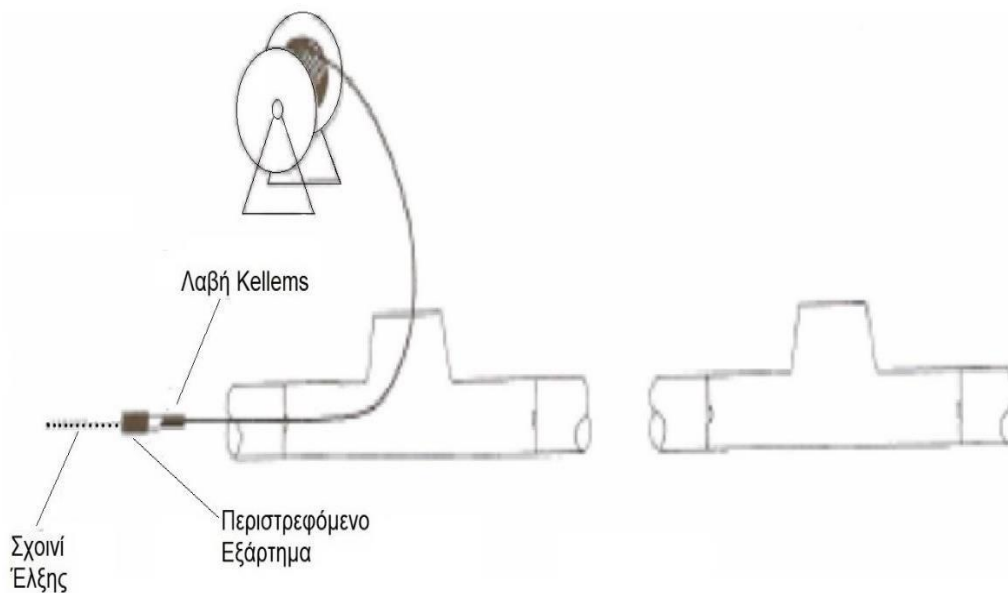
Εικόνα 4.1: Απεικόνιση σωστού τρόπου ξετύλιγματος καλωδίου οπτικής ίνας

Ένας άλλος πολύ σημαντικός παράγοντας που πρέπει να ληφθεί υπ' όψη είναι το όριο αντοχής κάμψης των ινών. Υπό συνθήκες στατικής κατάστασης, συνιστάται ελάχιστη ακτίνα κάμψης ίση με 10 φορές τη διάμετρο του καλωδίου. Ωστόσο υπό συνθήκες φόρτισης, η ακτίνα ελάχιστη κάμψης ανέρχεται σε 20 φορές τη διάμετρο του καλωδίου.

Ένας άλλος λόγος για τον οποίο το καλώδιο μπορεί να υποστεί φθορά, είναι η παρεμβολή του με άλλες εγκαταστάσεις. Εάν πρόκειται για νέα εγκατάσταση, το καλώδιο οπτικών ινών θα πρέπει να περαστεί πρώτο, ενώ τα υπόλοιπα καλώδια της εγκατάστασης πρέπει να τοποθετούνται με μεγάλη προσοχή από πάνω, ώστε να παρέχουν ένα μέσο προστασίας των οπτικών καλωδίων σε περίπτωση που μελλοντικά περαστούν επιπλέον καλώδια με τον ίδιο οδηγό. Πολλές φορές επιλέγεται στην πράξη τα καλώδια της οπτικής ίνας να περαστούν τελευταία, ακόμα και σε νέες εγκαταστάσεις, ώστε να αποφευχθεί ο κίνδυνος φθοράς τους από τη μη προσεκτική εγκατάσταση ανθεκτικότερων καλωδίων.

Τέλος, μία άλλη πιθανή φθορά του οπτικού καλωδίου κατά την εγκατάσταση, είναι οι αιχμηρές γωνίες. Εδώ χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή και καλό θα είναι να αποφεύγονται τέτοιες διαδρομές. Στην περίπτωση που αυτό δεν είναι εφικτό, θα πρέπει να χρησιμοποιείται εξωτερικός σωλήνας.

Σε ό,τι αφορά στη διαδικασία τραβήγματος του καλωδίου, την οποία και παρουσιάσαμε παραπάνω, όταν η διαδρομή είναι μεγάλη, τότε ακολουθούνται περισσότερα στάδια. Τοποθετείται ένα κουτί τραβήγματος στο μέσον της διαδρομής ή σε διαστήματα μελετημένα με κατάλληλες αποστάσεις μεταξύ τους για την εκάστοτε διαδρομή. Το τράβηγμα αρχίζει από την ενδιάμεση θέση. Ένας συνδετικός κρίκος ή μία λαβή Kellems προσαρμόζεται στο ανθεκτικό τμήμα του καλωδίου και έπειτα συνδέεται με το σχοινί τραβήγματος. Προκειμένου να μη ζοριστεί το καλώδιο, στην αρχή τραβιέται μεγαλύτερο μήκος από αυτό που απαιτείται για να καλυφθεί η διαδρομή.



Εικόνα 4.2: Ξετύλιγμα καλωδίου οπτικής ίνας σε πολλά στάδια

4.2 Εγκατάσταση καλωδίων οπτικής ίνας

Οι μέθοδοι εγκατάστασης χάλκινων αγωγών και καλωδίων οπτικών ινών, σε γενικές γραμμές παρουσιάζουν μεγάλες ομοιότητες μεταξύ τους. Στην περίπτωση όμως των οπτικών ινών, υπάρχουν επιπλέον κανόνες που θα πρέπει να τηρούνται πάντοτε, ώστε η εγκατάσταση να γίνει με σωστό τρόπο και να μην τραυματιστούν τα καλώδια. Οι βασικότεροι από αυτούς είναι:

- Ένα καλώδιο οπτικής ίνας δεν πρέπει ποτέ να τραβιέται μόνο του
- Δεν πρέπει σε καμία περίπτωση να κάμπτεται το καλώδιο της ίνας σε μεγάλο βαθμό ή να σχηματίζονται κλειστοί βρόχοι.

Εγκατάσταση εντός αγωγών οδηγών

Σε ό,τι αφορά στην εγκατάσταση καλωδίου ίνας σε οδηγούς (σπιδάλ, κανάλια κτλ.) θα πρέπει αυτά να τοποθετούνται με μεγάλη προσοχή, ώστε να μη συνθλιβόνται. Επιπλέον, για εγκαταστάσεις σε εσωτερικούς χώρους, συνίσταται η χρήση βραδύκαυστων καλωδίων, για ευνόητους λόγους.

Όταν οι οδηγοί είναι εγκατεστημένοι κάθετα, τα καλώδια της ίνας που οδεύουν μέσα σε αυτούς, θα πρέπει να στερεώνονται ανά μικρές αποστάσεις, ίσες μεταξύ τους. Θα πρέπει με άλλα λόγια το βάρος του καλωδίου να στηρίζεται ομοιόμορφα σε όλο το μήκος του ώστε να μην καταπονείται μονομερώς το πάνω μέρος του καλωδίου με όλο το βάρος. Εάν η κατακόρυφη εγκατάσταση είναι σε εσωτερικό χώρο, τα σημεία στήριξης του καλωδίου μπορεί να απέχουν μεταξύ τους έως και 15 m. Σε εξωτερικές εγκαταστάσεις η αντίστοιχη απόσταση των στηριγμάτων συνίσταται να είναι αρκετά μικρότερη. Ιδίως εάν υπάρχουν φορτία ανέμου, η απόσταση μεταξύ των στηριγμάτων δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 1 m.

Όταν το καλώδιο της ίνας πρέπει να οδεύσει σε σωλήνες μεγάλων αποστάσεων, τότε τα τραβήγματα μεγάλων διαδρομών πρέπει να πραγματοποιούνται από ειδικά εργαλεία, που ονομάζονται ελκυστήρες. Οι ελκυστήρες παράλληλα με το τράβηγμα των καλωδίων, παρακολουθούν και τη μηχανική καταπόνηση που ασκείται σε αυτά.

Η χρήση λιπαντικού είναι απαραίτητη κατά τη διαδικασία του τραβήγματος των καλωδίων ινών, πολύ περισσότερο από τα καλώδια χαλκού, καθώς τα πρώτα μπορεί να καταστραφούν ευκολότερα. Χρειάζεται ωστόσο προσοχή, ώστε το λιπαντικό που θα επιλεγθεί να συνεργάζεται καλά με το υλικό του περιβλήματος των καλωδίων. Η πλειονότητα των λιπαντικών του εμπορίου είναι συμβατή με τους πιο συχνά χρησιμοποιούμενους τύπους προβλημάτων, πλην ελαχίστων εξαιρέσεων. Σε εγκαταστάσεις όπου οι σωλήνες δεν ακολουθούν ευθεία διαδρομή θα πρέπει αυτοί να έχουν λιπανθεί καταλλήλως, πριν περάσει από μέσα τους το καλώδιο.

Εάν δε γίνεται χρήση ειδικού οργάνου παρακολούθησης της ασκούμενης τάσης στο καλώδιο, η έλξη θα πρέπει να γίνεται χειροκίνητα. Συνήθως η έλξη εκτελείται από κάποιο κεντρικό φρεάτιο και όπως έχει αναφερθεί, πρέπει να αποφεύγονται οι μεγάλες κάμψεις ή συστροφές του καλωδίου.

Το χειροκίνητο τράβηγμα των καλωδίων πραγματοποιείται με τη χρήση ειδικών εργαλείων. Τα εργαλεία αυτά επιτρέπουν την περιστροφή του καλωδίου ανεξάρτητα από τη γραμμή έλξης, καθώς αυτό τραβιέται μέσα από τους σωλήνες. Υπάρχουν εργαλεία που προσφέρουν μία επιπλέον δικλείδα ασφαλείας, συγκεκριμένα όταν η τάση έλξης ξεπεράσει κάποιο επιτρεπτό όριο, το καλώδιο απελευθερώνεται προκειμένου να μην υποστεί ζημιά και μένει μέσα στη σωλήνωση. Στην περίπτωση αυτή το καλώδιο θα πρέπει να τραβηχτεί πάλι προς την αρχή της σωλήνωσης και να γίνει νέα προσπάθεια όδευσης, με χρήση περισσότερου λιπαντικού στο καλώδιο και εντός του σωλήνα.

Προσαρμογή Εργαλείου Έλξης

Ο πιο σωστός τρόπος έλξης ενός καλωδίου οπτικής ίνας εντός μίας σωλήνωσης, είναι η προσαρμογή του εργαλείου πάνω στο ανθεκτικό περίβλημα του καλωδίου, με τη βοήθεια του κατάλληλου εξαρτήματος προσαρμογής. Κατά τη διαδικασία της προσαρμογής, το εξωτερικό περίβλημα απογυμνώνεται, γι αυτό και απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή, ώστε να αποφευχθεί οποιαδήποτε καταστροφή του ανθεκτικού τμήματος του καλωδίου. Ένα ευρέως χρησιμοποιούμενο εργαλείο για την προσαρμογή πάνω στο περίβλημα του καλωδίου είναι η λαβή (ή πιάστρα) Kellems, η οποία επιτυγχάνει ικανοποιητική έμμεση προσαρμογή σε μεγάλα καλώδια. Η προβλεπόμενη διαδικασία είναι να τεντωθεί η λαβή και να προσαρμοστεί σφιχτά πάνω στο καλώδιο, ώστε να αποφευχθεί μεγάλο ποσοστό της παραμόρφωσης του καλωδίου.

Επιλογή καλωδίων ίνας

Για την επιλογή καλωδίων κατά τη μελέτη, λαμβάνονται υπόψη εξετάζονται διεξοδικά οι ακόλουθοι παράγοντες:

1. Τρέχουσες και μελλοντικές απαιτήσεις εύρους συχνοτήτων μετάδοσης.
2. Αποδεκτό όριο απωλειών.
3. Μήκος γραμμής
4. Οικονομικό κόστος εγκατάστασης.
5. Μηχανικές απαιτήσεις και προδιαγραφές (μηχανική αντοχή, ευκαμψία, , αντίσταση σε ραγίσματα)
7. Πηγή σήματος (απόδοση σύζευξης, ισχύς εξόδου, ευαισθησία λήψης).
8. Βύσματα σύνδεσης και τερματισμού.
9. Απαιτήσεις διαστάσεων καλωδίου.
10. Συνθήκες λειτουργίας (θερμοκρασία, υγρασία, τοποθεσία).
11. Συμβατότητα με τυχόν υπάρχοντα συστήματα.

Κανόνες εγκατάστασης

Εκτός από την επιλογή του κατάλληλου καλωδίου ίνας, υπάρχουν σημαντικοί κανόνες σχετικά με την εγκατάστασή του, που αφορούν κυρίως τη γεινίαση με καλώδια ισχύος, δηλαδή με καλώδια από τα οποία διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα. Οι κανόνες αυτοί περιγράφονται αναλυτικά στο άρθρο 770 του κώδικα NEC, (National Electric Code) και πρέπει να τηρούνται πιστά. Οι βασικότερες προδιαγραφές είναι οι εξής:

- Όταν υπάρχουν καλώδια οπτικής ίνας που διαθέτουν αγωγίμα σώματα, όχι όμως για μεταφορά ηλεκτρικού ρεύματος, εφάπτονται με καλώδια ισχύος, το αγωγίμο σώμα των οπτικών καλωδίων θα πρέπει να γειώνεται και μάλιστα όσο το δυνατόν πλησιέστερα στο σημείο εισόδου των καλωδίων στο κτίριο.
- Οπτικά καλώδια που δε μεταφέρουν ηλεκτρικό ρεύμα, μπορούν να έχουν κοινούς οδηγούς με ηλεκτρικά καλώδια τα οποία λειτουργούν σε τάση μέχρι και 600 V.
- Σύνθετα οπτικά καλώδια, θα πρέπει να χρησιμοποιούνται αυστηρά όπως αναγράφεται στα περιβλήματά τους.

5 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ FTTH

5.1 Site Survey (Α' ΦΑΣΗ)

Για να μπορούμε να σχεδιάσουμε την χωματουργική και την δικτυακή μελέτη FTTH μιας περιοχής, πρέπει πρώτα να πραγματοποιηθεί η διαδικασία του Site Survey της συγκεκριμένης περιοχής.

Συγκεκριμένα, κατά τη διάρκεια του Site Survey σημειώνονται τα παρακάτω:

- Ταυτότητα των κτηρίων της περιοχής για τα οποία πρόκειται να πραγματοποιηθεί η μελέτη. Με τη χρήση ενός tablet ή απλών τυπωμένων σχεδίων καταγράφουμε διευθύνσεις, ορόφους, διαμερίσματα, επαγγελματικούς χώρους, θέσεις εισαγωγής ή box χαλκού για κάθε κτήριο ξεχωριστά.
- Στη συνέχεια γίνεται επιλογή διαδρομής εκσκαφής (MT) δικτύου διανομής οπτικής καμπίνας. Αυτό σημαίνει ότι γίνεται ο απαραίτητος έλεγχος για τυχόν εμπόδια στο έδαφος και επιλογή πλευράς που θα γίνει η εκσκαφή στο οδόστρωμα (προτιμάται η πλευρά με τις περισσότερες αναμονές πάντα εφόσον αυτό είναι εφικτό) καθώς επίσης και η θέση των φρεατίων στις διασταυρώσεις η όπου αλλού κριθεί απαραίτητο.
- Τέλος, γίνεται προσπάθεια εύρεσης πιθανών θέσεων οπτικών καμπινών. Σχεδιάζονται σκαριφήματα κατάλληλων διαστάσεων με τις πιθανές θέσεις τοποθέτησης οπτικών καμπινών.

Στην παρακάτω εικόνα παρατηρείται ένα μέρος την περιοχής που πρόκειται να γίνει μια μελέτη FTTH. Σε τέτοια μορφή παραλαμβάνει ο μελετητής το αρχείο, με το μόνο που καταγράφεται να είναι οι δρόμοι, έτσι ώστε να αρχίσει το Site Survey καταγράφοντας αναλυτικά όσα αναφέρθηκαν παραπάνω.



Εικόνα 5.1: Site Survey

5.2 Ομαδοποίηση Καμπινών με AUTOCAD

Έπειτα από την διαδικασία του Site Survey και την καταγραφή όλων των στοιχείων, περνάμε στην ομαδοποίηση των καμπινών. Με την χρήση του Autocad, αφού έχουμε περάσει το αρχείο και έχουμε κάνει τις απαραίτητες ρυθμίσεις, μετράμε τις αναμονές μας.

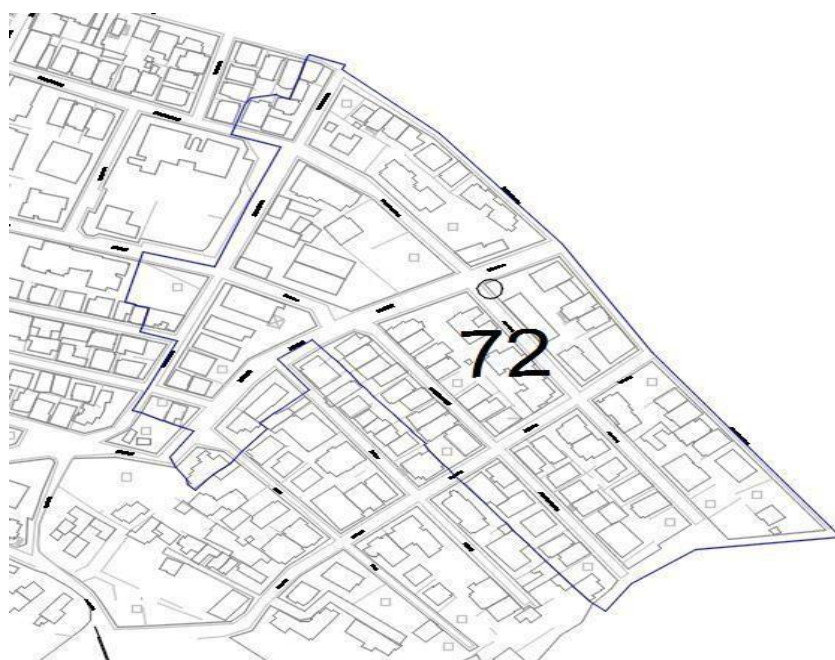
- Η μέτρηση των αναμονών και συνάμα της ομαδοποίησης των καμπινών έχει γίνει με την βοήθεια του κώδικα που υλοποιήθηκε μειώνοντας έτσι κατά το ήμισυ τον χρόνο. Ο κώδικας με τα αποτελέσματα από το Autocad παρουσιάζονται παρακάτω ποιο αναλυτικά.

Όπως αναφέρθηκε στην αρχή προηγούμενη Ενότητα, έχουμε δύο ειδών καμπίνες, την καμπίνα μεγάλης χωρητικότητας που μπορεί να εξυπηρετήσει έως 96 αναμονές και την καμπίνα μικρής χωρητικότητας που έχει την δυνατότητα να εξυπηρετήσει έως 48 αναμονές.

Για να μπορούμε όμως να υλοποιήσουμε μια μελέτη η οποία θα μπορεί να εξυπηρετήσει και μελλοντικές ανάγκες, είμαστε υποχρεωμένοι να αφήνουμε τις κατάλληλες εφεδρείες. Γι αυτόν τον λόγο και στις δύο περιπτώσεις των καμπινών δεν χρησιμοποιείται όλη χωρητικότητα που μπορεί να προσφέρει η κάθε καμπίνα.

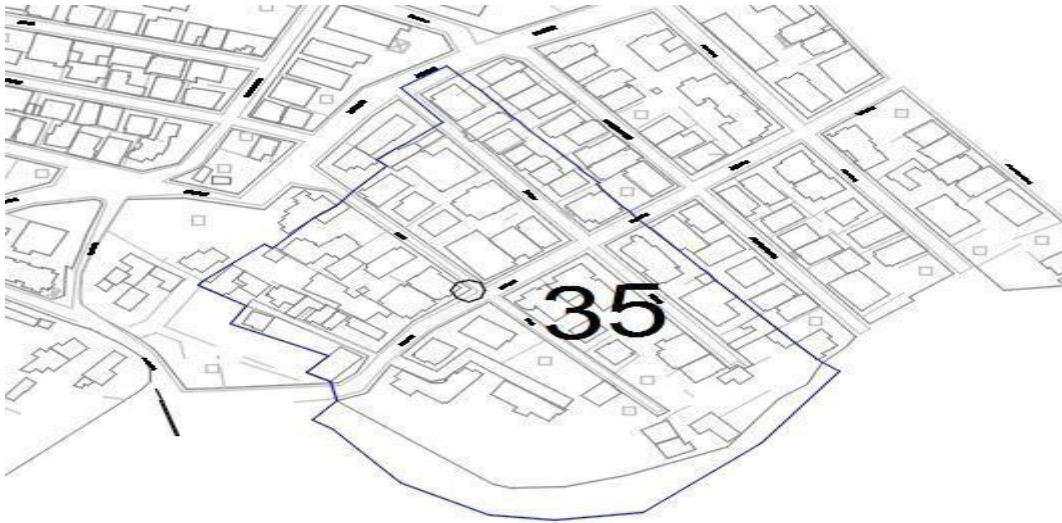
Συνεπώς στην διαδικασία της ομαδοποίησης προκύπτουν δυο περιπτώσεις:

- i. Στην περίπτωση της καμπίνας με τη μεγάλη χωρητικότητα, από τις 96 αναμονές που μπορεί να εξυπηρετήσει, θα αφεθούν εφεδρείες. Στην παρακάτω εικόνα παρατηρείται παρουσιάζεται μια ομαδοποίηση καμπίνας μεγάλης χωρητικότητας, όπου φαίνεται η εγγραφή των αναμονών που περιλαμβάνει, καθώς και η επιλογή της θέσης της συγκεκριμένης καμπίνας.



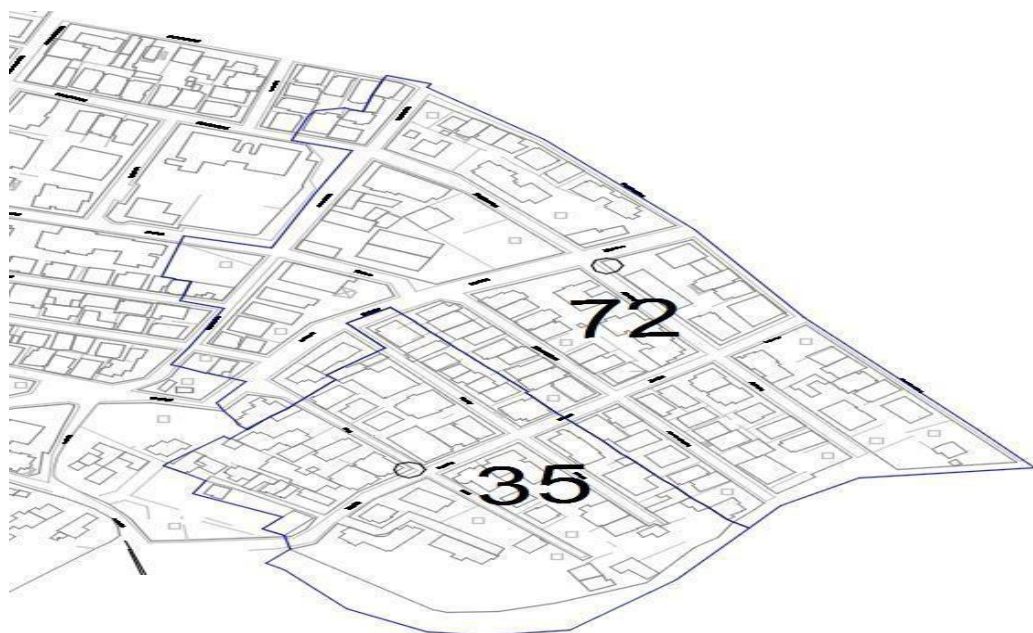
Εικόνα 5.2: Ομαδοποίηση Καμπίνας μεγάλης χωρητικότητας

- ii. Στην περίπτωση της καμπίνας με τη μικρή χωρητικότητα, από τις 48 αναμονές που μπορεί να εξυπηρετήσει θα αφηθούν εφεδρείες. Όπως και στην προηγούμενη περίπτωση, παρατηρείται ο διαχωρισμός και η ομαδοποίηση της συγκεκριμένης καμπίνας.



Εικόνα 5.3: Ομαδοποίηση Καμπίνας μικρής χωρητικότητας

Παρακάτω παρουσιάζεται ένα παράδειγμα ομαδοποίησης και των δύο παραπάνω περιπτώσεων στην περιοχή που πραγματοποιείται η μελέτη. Παρατηρείται ότι, όπως είναι και λογικό, η καμπίνα της δεύτερης περίπτωσης πρόκειται να καλύψει μικρότερο μέρος της περιοχής. Τέλος, σε μια τέτοια διαδικασία δεν υπάρχει κανόννας για το πώς θα γίνει ο διαχωρισμός των καμπινών, δηλαδή υπάρχει η δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί όποια καμπίνα και όσες φορές κρίνει ο μελετητής απαραίτητο.



Εικόνα 5.4: Ομαδοποίηση Καμπινών μεγάλης και μικρής χωρητικότητας

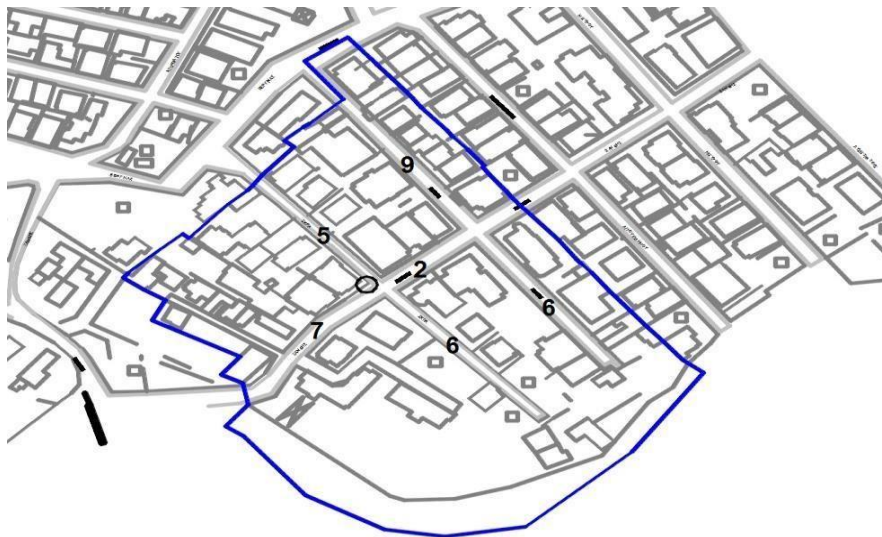
5.3 Σχεδίαση Καμπίνας σε AUTOCAD

Το πιο δύσκολο και απαιτητικό κομμάτι κατά τη διάρκεια μιας μελέτης FTTH είναι η σωστή σχεδίαση καμπίνας σε περιβάλλον AUTOCAD. Υπάρχουν συγκεκριμένα βήματα που πρέπει να ακολουθηθούν έτσι ώστε να μην προκύψουν προβλήματα κατά τη διάρκεια της κατασκευής και γενικά μελλοντικά προβλήματα στη σύνδεση και την εγκατάσταση της οπτικής ίνας στο κτήριο ενός συνδρομητή.

Συνεπώς τα βήματα που πρέπει να ακολουθούν μετά την ομαδοποίηση των αναμονών και των διαχωρισμό των καμπινών είναι τα εξής:

- Το 1ο βήμα περιλαμβάνει την καταγραφή των αναμονών που έχουν σημειωθεί κατά τη διάρκεια του Site Survey σε κάθε δρόμο ξεχωριστά. Με αυτό τον τρόπο ο μελετητής καταλαβαίνει ποια και πόσα πολυσωλήνια πρόκειται να χρησιμοποιήσει.

Στο παρακάτω σχέδιο απεικονίζεται αναλυτικά αυτή η καταγραφή σε μια καμπίνα μικρής χωρητικότητας.



Εικόνα 5.5: 1^ο Βήμα στην καταγραφή διατάξεων

- Στο 2ο βήμα υλοποιείται η μέθοδος Mini-Trenching, δηλαδή ακολουθείται η σχεδίαση της νέας σωλήνωσης MT που πρόκειται να κατασκευαστεί από τη θέση της καμπίνας έως να καλυφθούν όλοι οι δρόμοι και τα κτήρια που πρόκειται να εξυπηρετήσει η συγκεκριμένη καμπίνα.



Εικόνα 5.6: 2^ο Βήμα: Μέθοδος Mini-Trenching

- Στο 3ο βήμα υλοποιείται η μέθοδος Micro-Trenching, δηλαδή γίνεται η σχεδίαση της κάθετης ένθετης νέας σωλήνωσης έως το κτήριο του συνδρομητή.



Εικόνα 5.7: 3^ο Βήμα: Μέθοδος Micro-Trenching

- Στο 4ο βήμα γίνεται η τοποθέτηση φρεατίων στις διασταυρώσεις όλων των δρόμων και μπροστά στην καμπίνα, για την καλύτερη διέλευση των σωλήνων και την ένωση των σωληνίσκων για τη διέλευση της οπτικής ίνας. Τα φρεάτια χρησιμοποιούνται επίσης για τυχόν βλάβες στο δίκτυο, για την ευκολότερη αποκατάσταση των σωληνώσεων.



Εικόνα 5.8: 4^ο Βήμα: Τοποθέτηση φρεατίων

- Στο 5ο και τελευταίο βήμα γίνεται εγγραφή των πολυσωληνίων που εισέρχονται εντός των νέων σωληνώσεων MT που θα κατασκευαστούν. Η εγγραφή των πολυσωληνίων πρέπει να είναι ακριβής, έτσι ώστε να μην παραληφθεί τίποτα που μπορεί να επηρεάσει την κατασκευή και συνεπώς και τη μελλοντική αποκατάσταση των σωληνώσεων.



Εικόνα 5.9: 5^ο Βήμα: Εγγραφή πολυσωληνίων

5.4 Εναλλακτικές προτάσεις υλοποίησης

Σύμφωνα με τα παραπάνω, παρατηρούμε πως η υλοποίηση μιας μελέτης έτσι ώστε να δοθεί στον εργολάβο προς κατασκευή, παίρνει αρκετό χρόνο. Για την εξοικονόμηση χρόνου αλλά και κόπου, παρακάτω προτείνονται κάποιες εναλλακτικές προτάσεις υλοποίησης.

- I. Να γίνει χρήση παθητικών καμπινών μικρότερης χωρητικότητας
- II. Παράλληλη εκσκαφή mini τάφρων και από τις δύο πλευρές του δρόμου για όλο ή ένα τμήμα του έργου έτσι ώστε να μην υπάρχει και απότομη αύξηση του κόστους.
- III. Όδευση τάφρων έκκεντρα στις πλευρές των φρεατίων.
- IV. Κόψιμο των πολυσωληνίων σε κάθε φρεάτιο.
- V. Δημιουργία διαβάσεων με φρεάτια και μια σωλήνα Φ50 στα κάθετα τμήματα επί οδοστρώματος. Εμπλουτισμός του σωλήνα Φ50 ανάλογα με τις απαιτήσεις και την παράλληλη εκσκαφή τάφρου από το απέναντι φρεάτιο μέχρι τα σημεία άφεσης αναμονών.

5.5 Αυτοψία σε κτίριο συνδρομητή (B ΦΑΣΗ)

Μετά τη διαδικασία υλοποίησης μιας μελέτης FTTH, περνάμε στο τελικό στάδιο μιας μελέτης FTTH, όπου ο κάθε συνδρομητής έχει τη δυνατότητα να πραγματοποιήσει αίτηση για τη σύνδεση οπτικής ίνας στον χώρο του. Για να γίνει αυτό πρέπει διενεργηθεί αυτοψία στο κτίριο του πελάτη από τον πάροχο που έχει υλοποιήσει την μελέτη στην συγκεκριμένη περιοχή. Η διενέργεια αυτοψίας πραγματοποιείται από τον εργολάβο με ή χωρίς την παρουσία εργοδότη.

5.5.1 Αυτοψία και μελέτη από τον ίδιο πάροχο

Στην 1η περίπτωση εξετάζεται η διενέργεια αυτοψίας από τον Εργολάβο σε κτίριο, του οποίου χώροι πρόκειται να διασυνδεθούν με το δίκτυο FTTH ίδιου παρόχου, με ή χωρίς την παρουσία του Εργοδότη. Κατά την αυτοψία, εξετάζονται οι εναλλακτικές λύσεις της διασύνδεσης, συμπληρώνεται πρότυπο έγγραφο αυτοψίας από τον πάροχο και καταγράφονται όλες οι εργασίες που προτείνεται να υλοποιηθούν. Με το πέρας της αυτοψίας, υποβάλλεται από τον εργολάβο η έκθεση αυτοψίας για έγκριση από την ελέγχουσα Επιχειρησιακή Μονάδα.

Στην έκθεση αυτοψίας καταγράφονται και τεκμηριώνονται κατ' ελάχιστο:

- Οι κατασκευαστικές προτάσεις συνοδευόμενες από ευκρινή κατασκευαστικά σκαριφήματα και το αναγκαίο φωτογραφικό υλικό.
- Η προμέτρηση των προτεινόμενων εργασιών
- Ο πίνακας των αναγκαίων υλικών
- Το πρότυπο έγγραφο αυτοψίας συμπληρωμένο προτεινόμενο χρονοδιάγραμμα εκτέλεσης των εργασιών και κάθε άλλο στοιχείο που απαιτείται για την μοντελοποίηση του κτιρίου σύμφωνα με τις οδηγίες και προδιαγραφές του Εργοδότη.

Στις εργασίες για τη διενέργεια αυτοψίας περιλαμβάνονται:

- Μετάβαση του συνεργείου στον τόπο της αυτοψίας
- Εντοπισμός της σωλήνωσης με ανιχνευτή καλωδίων και γεννήτρια σήματος προδιαγραφών υπογείου δικτύου, ιδιοκτησίας Εργολήπτη.
- Έλεγχος της σωλήνωσης εισαγωγής με ατσαλίνα για τη διαπίστωση της λειτουργικότητάς της.
- Εντοπισμός της θέσης που καταλήγει η υποδομή του FTTH κλάδου υποδομής (αναμονή σωληνίσκου) με ειδικό ανιχνευτή, ιδιοκτησίας του Εργολήπτη. Σε περίπτωση που δεν υφίσταται αναμονή για το συγκεκριμένο κτίριο η θέση διασύνδεσης του κτιρίου θα καθορίζεται από τον πάροχο κατά την διάρκεια της αυτοψίας.

- Πλήρης έλεγχος του κτιρίου, συμπεριλαμβανόμενων των ακάλυπτων χώρων καθώς και των υφιστάμενων υποδομών για την επιλογή της βέλτιστης κατασκευαστικής λύσης.
- Έλεγχος των αρχιτεκτονικών και Η/Μ κτιρίου εφόσον αυτά είναι διαθέσιμα.
- Επικοινωνία με τον Αιτούντα (πελάτη), την υπηρεσία και τον Διαχειριστή του κτιρίου για την διασφάλιση των αναγκαίων εγγράφων εφόσον απαιτούνται για την απρόσκοπτη εκτέλεση των εργασιών.
- Τέλος, τη σύνταξη και ηλεκτρονική/έγγραφη κατάθεση της έκθεσης αυτοψίας καθώς και όλως των προαναφερθέντων εγγράφων.

5.5.2 Αυτοψία και μελέτη από διαφορετικό πάροχο

Στη 2η περίπτωση εξετάζεται η διενέργεια αυτοψίας από τον Εργολάβο, με ή χωρίς την παρουσία του Εργοδότη, σε κτίριο με το δίκτυο FTTH άλλου παρόχου στο οποίο πρόκειται να διασυνδεθούν πελάτες διαφορετικού παρόχου. Κατά την αυτοψία, όπως και στην 1η περίπτωση, κατά τον ίδιο τρόπο εξετάζονται οι εναλλακτικές λύσεις της διασύνδεσης, συμπληρώνεται πρότυπο έγγραφο αυτοψίας από τον πάροχο και καταγράφονται όλες οι εργασίες που προτείνεται να υλοποιηθούν. Με το πέρας της αυτοψίας, υποβάλλεται από τον εργολάβο η έκθεση αυτοψίας για έγκριση από την ελέγχουσα Επιχειρησιακή Μονάδα.

Αντίστοιχα με την προηγούμενη περίπτωση στην έκθεση αυτοψίας καταγράφονται και τεκμηριώνονται τα εξής:

- Οι κατασκευαστικές προτάσεις συνοδευόμενες από ευκρινή κατασκευαστικά σκαριφήματα και το αναγκαίο φωτογραφικό υλικό.
- Η προμέτρηση των προτεινόμενων εργασιών
- Ο πίνακας των αναγκαίων υλικών

Όλα τα παραπάνω καταγράφονται σύμφωνα με τις οδηγίες του Εργοδότη.

Συνεπώς στις εργασίες για την διενέργεια αυτοψίας περιλαμβάνονται:

- Μετάβαση του συνεργείου στον τόπο της αυτοψίας
- Πλήρης καταγραφή των τεχνικών χαρακτηριστικών του κτιρίου και συλλογή κάθε άλλου στοιχείου που απαιτείται για την μοντελοποίηση του κτιρίου, σύμφωνα με τις οδηγίες και τις προδιαγραφές του Εργοδότη.
- Επικοινωνία με τον Αιτούντα την υπηρεσία για την απρόσκοπτη εκτέλεση των εργασιών
- Σύνταξη και ηλεκτρονική/έγγραφη κατάθεση της έκθεσης αυτοψίας καθώς και όλων των προαναφερθέντων εγγράφων.

6 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΚΩΔΙΚΑ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ

Ο αυτοματισμός στις μέρες μας αποτελεί ένα πολύ σημαντικό εργαλείο έτσι ώστε να εξοικονομείται χρόνος. Για τον λόγο αυτό σε παρακάτω Ενότητα θα παρουσιαστεί ένας κώδικας, ο οποίος θα χρησιμοποιηθεί έτσι ώστε να μειώσει όσο είναι δυνατόν τον χρόνο εκτέλεσης μια μελέτης FTTH, καθώς και η αναλυτική εξήγηση του.

6.1 LISP

Το πρόγραμμα LISP είναι μια συναρτησιακή γλώσσα και το είδος του προγραμματισμού που υπηρετεί ονομάζεται συναρτησιακός προγραμματισμός. Αυτό σημαίνει ότι το βασικό στοιχείο του ενός προγράμματος LISP είναι η συνάρτηση. Επίσης, ένα άλλο χαρακτηριστικό αυτού του είδους προγραμματισμού είναι η έλλειψη πλευρικών επιπτώσεων. Αυτό σημαίνει ότι κάθε συνάρτηση έχει συνήθως ένα αποτέλεσμα, το εξαγόμενο της, και όχι και άλλα δευτερεύοντα. Τέλος, ένα άλλο χαρακτηριστικό είναι η αναδρομική φύση του. Η αναδρομή είναι φυσικό στοιχείο ενός προγράμματος LISP. [4]

Ένα πρόγραμμα LISP δεν είναι τίποτε άλλο από ένα σύνολο συναρτήσεων, όπου η μια συνάρτηση καλεί μια ή περισσότερες συναρτήσεις και τον εαυτό της.

Η αναπαράσταση υπολογιστικών οντοτήτων στη LISP γίνεται με τις συμβολικές εκφράσεις. Αυτές αποτελούν τα δομικά στοιχεία της γλώσσας δηλαδή τα στοιχεία από τα οποία συντίθεται οι προτάσεις LISP. Οι συμβολικές εκφράσεις αναπαριστούν και δεδομένα, δηλαδή μη εκτιμήσιμα στοιχεία. Πιο συγκεκριμένα, μια συμβολική έκφραση που χρειάζεται εκτίμηση ή απλός τύπος.

Επίσης, η LISP δημιουργήθηκε αρχικά ως μια πρακτική μαθηματική σημειολογία για προγράμματα υπολογιστών.. Γρήγορα εξελίχθηκε στην γλώσσα προτίμησης για έρευνα σε τεχνητή νοημοσύνη. Ως μια από τις πρώτες γλώσσες προγραμματισμού, η Lisp πρωτοπόρησε στην εισαγωγή πολλών ιδεών στην επιστήμη υπολογιστών, όπως οι δομές δένδρων, η αυτόματη διαχείριση αποθήκευσης δεδομένων, οι δυναμικοί τύποι, ο αντικειμενοστραφής προγραμματισμός και ο μεταγλωττιστής που μεταγλωττίζει τον εαυτό του. [4] , [5]

6.2 AUTOLISP

Χρησιμοποιείται για τη δημιουργία προγραμμάτων προς χρήση στο Autocad που δεν είναι ενσωματωμένα με το λογισμικό. Σχεδόν όλες οι μη αυτόματες εντολές που χρησιμοποιούνται μπορούν να αυτοματοποιηθούν για να αυξήσουν την παραγωγικότητα. Οι ρουτίνες Lisp μπορούν να κάνουν κάθε λογής παράξενα και υπέροχα πράγματα.

Το AutoLISP είναι μια διάλεκτος της γλώσσας προγραμματισμού Lisp που έχει κατασκευαστεί ειδικά για χρήση με την πλήρη έκδοση του AutoCAD και τα παράγωγά του, τα οποία περιλαμβάνουν το AutoCADMap 3D, το AutoCAD Architecture και το AutoCAD Mechanical. Ούτε η διεπαφή προγραμματισμού εφαρμογής (API) ούτε ο διερμηνέας για την εκτέλεση του κώδικα AutoLISP περιλαμβάνονται στη σειρά προϊόντων AutoCAD LT. Ένα υποσύνολο λειτουργιών AutoLISP περιλαμβάνεται στην εφαρμογή webAutoCAD που βασίζεται σε πρόγραμμα περιήγησης. [4]

6.3 AutoLISP σε περιβάλλον AutoCAD

Το AutoLISP είναι μια μικρή διάλεκτος γλώσσας Lisp με δυναμική εμβέλεια, με αμετάβλητη δομή λίστας και σύμβολα με δυνατότητα ρύθμισης, χωρίς τέτοια κανονικά χαρακτηριστικά Lisp όπως μακροσύστημα, εγκαταστάσεις ορισμού εγγραφών, πίνακες, συναρτήσεις με μεταβλητό αριθμό ορισμάτων ή δεσμεύσεις αδειών. Εκτός από τη βασική γλώσσα, οι περισσότερες από τις πρωτόγονες συναρτήσεις αφορούν τη γεωμετρία, την πρόσβαση στην εσωτερική βάση δεδομένων DWG του AutoCAD ή τον χειρισμό γραφικών οντοτήτων στο AutoCAD. Οι ιδιότητες αυτών των γραφικών οντοτήτων αποκαλύπτονται στο AutoLISP ως λίστες συσχέτισης στις οποίες οι τιμές αντιστοιχίζονται με κωδικούς ομάδας AutoCAD που υποδεικνύουν ιδιότητες όπως σημεία ορισμού, ακτίνες, χρώματα, επίπεδα, τύπους γραμμής κ.λπ. Το AutoCAD φορτώνει τον κώδικα AutoLISP από αρχεία .LSP.

Το λογισμικό AutoCAD συνοδεύεται από μία εξαιρετικά υψηλού επιπέδου γλώσσα προγραμματισμού, την AutoLISP που είναι μια από τις διαλέκτους της LISP. Η LISP έχει δημιουργηθεί το 1958 και βασίστηκε στο λογισμό λάμδα του Alonzo Church, ενώ έχει χρησιμοποιηθεί στο παρελθόν για την ανάπτυξη εφαρμογών τεχνητής νοημοσύνης. [5]

Η διάλεκτος της, που χρησιμοποιείται στο περιβάλλον του AutoCAD δε διαφέρει σημαντικά στη σύνταξη και τη γραμματική από την κοινή (common) LISP την πλέον διαδεδομένη έκδοση που χρησιμοποιείται στα περισσότερα λειτουργικά συστήματα. Η ονομασία της (LISProcessing) προέρχεται από τη μορφή των εντολών που δημιουργούνται σε προγράμματα πηγαίου κώδικα στη LISP, που είναι λίστες με πρώτο μέλος πάντα μια συνάρτηση βιβλιοθήκης ή μια συνάρτηση που έχει δημιουργήσει ο χρήστης. Επίσης οι βασικότερες δομές δεδομένων που μπορεί να επεξεργάζονται από το περιβάλλον μεταφραστή (interpreter) με χρήση των συναρτήσεων της LISP, είναι και αυτές, λίστες.. [5]

Για την πληρέστερη κατανόηση της μορφής και του τρόπου εκτέλεσης των εντολών, δίνεται ένα παράδειγμα μιας απλής εντολής εκτύπωσης κειμένου στη AutoLISP. (princ "Hello World"). Η συγκεκριμένη εντολή μπορεί να εκτελεστεί απ' ευθείας στην προτροπή εκτέλεσης εντολών (Command) του AutoCAD και τυπώνει το κείμενο που σημειώνεται εντός των εισαγωγικών στο παράθυρο.

Η εκτέλεση της παραπάνω εντολής οδηγεί σε ένα αποτέλεσμα λιγάκι διαφορετικό από αυτό που περιμέναμε, καθώς εμφανίζεται κάτω από την εκτέλεση της εντολής δύο φορές (μία φορά εκτός εισαγωγικών και μία εντός) το κείμενο Hello World. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι εντολές της LISP είναι στην ουσία συναρτήσεις που "επιστρέφουν" πάντα ένα αποτέλεσμα και στην προκειμένη περίπτωση αυτό το αποτέλεσμα είναι το αλφαριθμητικό "Hello World" (εντός εισαγωγικών) ενώ νωρίτερα πριν την εμφάνιση της τιμής αυτής εκτυπώνεται και το αλφαριθμητικό Hello World (χωρίς τα εισαγωγικά).

Αν μια εντολή της LISP δεν εκτελεστεί σωστά όπως αναμενόταν (πχ το άνοιγμα ενός αρχείου δεδομένων αποτυγχάνει ή έχει αποτύχει η ανάγνωση μιας γραμμής κειμένου από ένα ανοιχτό αρχείο κειμένου γιατί έχουμε εξαντλήσει τις γραμμές κειμένου προς ανάγνωση και έχουμε φτάσει στο τέλος του αρχείου), η τιμή που επιστρέφει μια συνάρτηση είναι nil (δηλαδή κάτι αντίστοιχο με τη λογική τιμή FALSE κατά την εκτέλεση των λογικών εκφράσεων σε άλλες γλώσσες προγραμματισμού).

Σημαντικό ρόλο παίζουν οι παρενθέσεις στη LISP. Κάθε αριστερή παρένθεση συνοδεύεται υποχρεωτικά και από μία δεξιά, διαφορετικά ο μεταφραστής εμφανίζει σφάλμα (πχ error: extraright paren on input) ή αναμένει με το συμβολισμό -> να συνεχίσουμε με μια νέα σειρά εντολών και σταθερών ή μεταβλητών παραμέτρων για να ολοκληρώσουμε τη δημιουργία ή εκτέλεση της εντολής μας.

Για τη δημιουργία προγραμμάτων από τους χρήστες, το AutoCAD παρέχει ένα πλήρες περιβάλλον μεταφραστή που εξασφαλίζει υψηλή λειτουργικότητα, εργαλεία αποσφαλμάτωσης, παρακολούθησης μεταβλητών και άλλα βοηθήματα. Ο μεταφραστής VisualLisp ενεργοποιείται μέσω της εντολής VLISP ή VLIDE ή μέσω του μενού των εντολών. Ο χρήστης μπορεί να δημιουργήσει τις δικές του εντολές ή ακόμα και ολοκληρωμένα προγράμματα με μενού και πλαίσια διαλόγων.

6.3.1 Διαδικασία Upload Script σε περιβάλλον AutoCAD

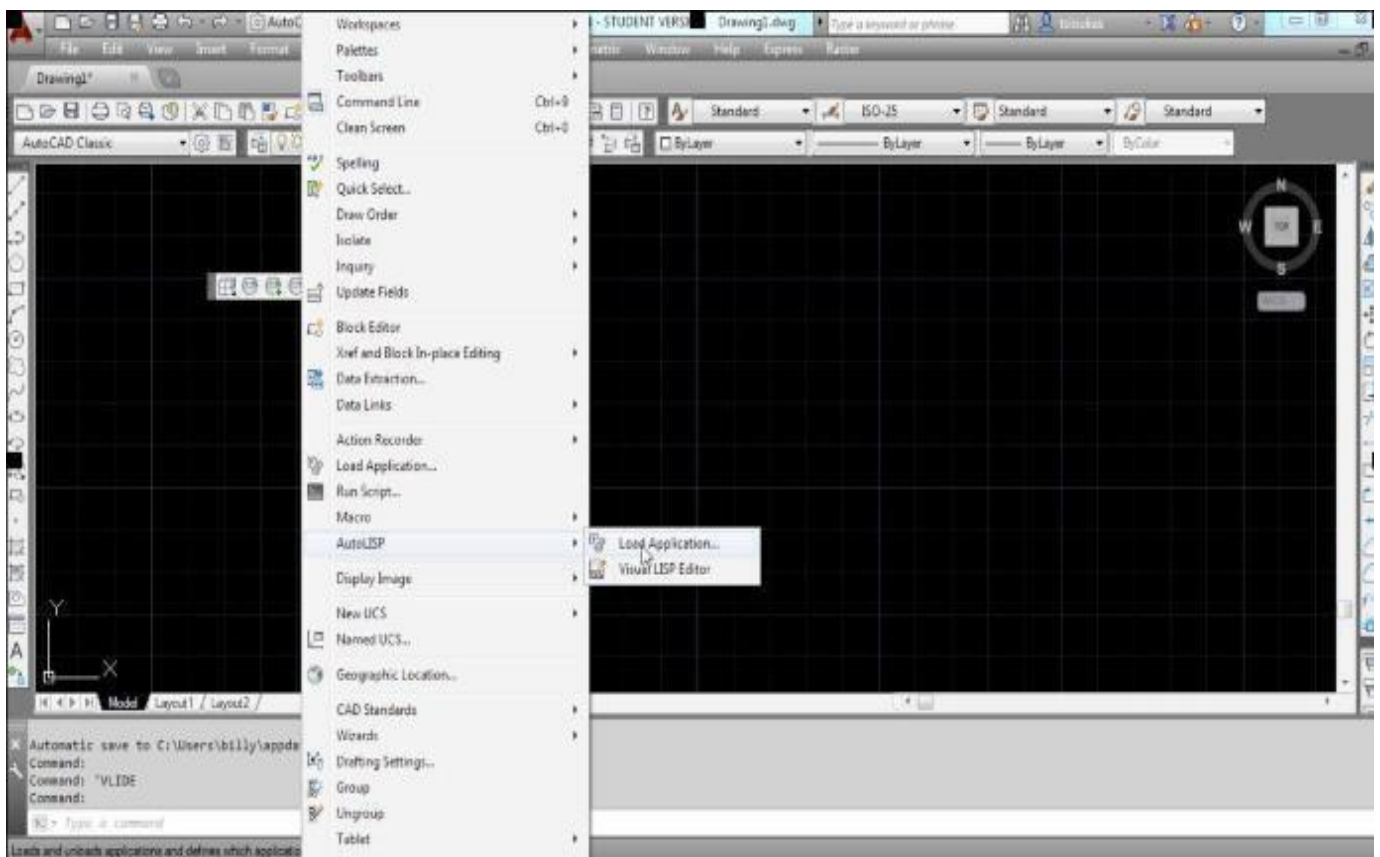
Εκτελέστε την εντολή *APPLOAD*.

Στην περιοχή *StartupSuite*, κάντε κλικ στο κουμπί *Contents*.

Κάντε κλικ στο κουμπί *Προσθήκη*.

Περιηγηθείτε στη θέση του αρχείου *LISP*, επιλέξτε το και στη συνέχεια, κάντε κλικ στο κουμπί *Άνοιγμα*.

Μόλις προστεθούν όλες οι ρουτίνες *LISP* στο *StartupSuite*, κάντε κλικ στο κουμπί *Κλείσιμο*.



Εικόνα 6.1: Έναρξη upload AutoLISP σε Autocad

Το πρόγραμμα AutoLISP μπορεί να φορτωθεί μέσω του μενού *Tools>LoadApplications* ή *Tools>AutoLISP>LoadApplication//*

6.3.2 Διαδικασία Εκτέλεσης (RUN)

Ξεκινήστε τη λειτουργία AutoLISP κάνοντας ένα από τα εξής:

Στη γραμμή εντολών του παραθύρου VisualLISPConsole, εισαγάγετε το όνομα μιας εντολής ή μιας συνάρτησης σε παρένθεση και πατήστε Enter.

Στη γραμμή εντολών του AutoCAD, εισαγάγετε το όνομα μιας εντολής ή μιας συνάρτησης σε παρένθεση και πατήστε Enter.

6.4 Παρουσίαση Κώδικα

Χρησιμοποιήσαμε το notepad++ για να γράψουμε τον κώδικα για την αυτόματη ανίχνευση και καταμέτρηση των αναμονών για μια μελέτη FTTH σε κλειστά πολύγωνα. Το notepad++ μας βοήθησε με τον αυτόματο χρωματισμό των εντολών και μεταβλητών της AUTOLISP.

```

1 (defun c:SWB (/ _pac add ss i e temp )
2   ;; Select Withing Curve
3   ;; Panagiotis Bougos
4
5   (vl-load-com)
6
7   (defun _pac (e / l v d lst)
8     (setq d (- (setq v (/ (setq l (vlax-curve-getDistAtParam e (vlax-curve-getEndParam e))) 100.)))
9     (while (< (setq d (+ d v)) 1)
10      (setq lst (cons (vlax-curve-getPointAtDist e d) lst))
11    )
12  )
13
14
15  (princ "\nSelect closed curves to select object(s) within: ")
16  (if (setq add (ssadd)
17      ss (ssget '((-4 . "<OR"
18                  (0 . "CIRCLE, ELLIPSE")
19                  (-4 . "<AND"
20                    (0 . "**POLYLINE")
21                    (-4 . "s=")
22                    (70 . 1)
23                    (-4 . "AND>")
24                    (-4 . "OR>")
25                  )
26                )
27    )
28      (progn (repeat (setq i (sslength ss))
29                (if (setq temp (ssget "_WP" (_pac (setq e (ssname ss (setq i (1- i)))))))
30                    (repeat (setq i2 (sslength temp)) (ssadd (ssname temp (setq i2 (1- i2))) add))
31              )
32      )
33      (sssetfirst nil add)
34    )
35  )
36  (sssetfirst nil (ssget "_I" '((0 . "INSERT") (2 . "FTTH ANAMONES"))))
37
38
39
40
41
42

```

Εικόνα 6.2: AUTOLISP κώδικας για την αυτόματη ανίχνευση και καταμέτρηση των αναμονών, για μία μελέτη FTTH σε κλειστά πολύγωνα.

Ύστερα ονομάσαμε και αποθηκεύσαμε τον αρχείο SWB με κατάληξη .lsp για να το φορτώσουμε και να το τρέξουμε στο AutoCAD.



6.5 Επεξήγηση Κώδικα

Στον κώδικα θα χρησιμοποιήσουμε συχνά αυτές τις συναρτήσεις της AUTOLISP:

- `setq`

Ορίζει την τιμή ενός συμβόλου ή συμβόλων σε συσχετισμένες εκφράσεις.

Αυτή είναι η βασική λειτουργία ανάθεσης στο AutoLisp. Η συνάρτηση `setq` μπορεί να εκχωρήσει πολλαπλά σύμβολα σε μία κλήση στη συνάρτηση [6] , [12]

- `ssget`

Δημιουργεί ένα σύνολο επιλογής από το επιλεγμένο αντικείμενο.

Τα σύνολα επιλογής μπορούν να περιέχουν αντικείμενα τόσο από το χώρο χαρτιού όσο και από το χώρο μοντέλου, αλλά όταν το σύνολο επιλογής χρησιμοποιείται σε μια λειτουργία, το `ssget` φιλτράρει αντικείμενα από τον χώρο που δεν ισχύουν αυτήν την στιγμή. Τα σύνολα επιλογών που επιστρέφονται από το `ssget` περιέχουν μόνο κύριες οντότητες. [7] , [12]

```
(defun c:SWB (/ _pac add ss i e temp )
  ;; Select Withing Curve
  ;; Panagiotis Bougos
```

Η εντολή `defun` χρησιμοποιείται για τη δήλωση της συνάρτησης, εμείς δηλώσαμε τη συνάρτηση `SWB` και αυτή η εντολή θα χρησιμοποιηθεί και για την εκτέλεση του κώδικα μέσα στο AUTOCAD.

Δεξιά μέσα στην παρένθεση δηλώνουμε τις μεταβλητές και συναρτήσεις που θα χρησιμοποιήσουμε στη συνάρτησή μας.

Τα διπλά ερωτηματικά χρησιμοποιούνται για σχόλια στον κώδικα.

```
(vl-load-com)
```

- Συνάρτηση `vl-load-com`

Αυτή η λειτουργία φορτώνει τις εκτεταμένες λειτουργίες AutoLISP που παρέχονται με το Visual LISP

Εάν οι επεκτάσεις έχουν ήδη φορτωθεί, το `vl-load-com` δεν κάνει τίποτα. [8]

```
(defun _pac (e / l v d lst)
  (setq d (- (setq v (/ (setq l (vlax-curve-getDistAtParam e (vlax-curve-getEndParam e))) 100.)))
  (while (< (setq d (+ d v)) 1)
    (setq lst (cons (vlax-curve-getPointAtDist e d) lst))
  )
)
```

- Συνάρτηση _pac
 - Αυτή η συνάρτηση δέχεται ένα αντικείμενο κλειστής καμπύλης (e) ως είσοδο και επιστρέφει μια λίστα σημείων της καμπύλης.

Στη συνάρτηση αυτή χρησιμοποιούμε τις κάτωθι εντολές της AUTOLISP:

- vlax-curve-getDistAtParam

Επιστρέφει το μήκος του τμήματος της καμπύλης από την αρχή της καμπύλης μέχρι την καθορισμένη παράμετρο. [7]

- vlax-curve-getEndParam

Επιστρέφει την παράμετρο του τελικού σημείου της καμπύλης . [7]

- vlax-curve-getPointAtDist

Επιστρέφει το σημείο (σε WCS) κατά μήκος μιας καμπύλης στην απόσταση που καθορίζεται από τον χρήστη. [9]

- cons

Φτιάχνει λίστα και προσθέτει αντικείμενα μέσα στο lst [7]

Η συνάρτηση _pac χρησιμοποιείται για την εμφάνιση των κορυφών όλων των σχημάτων που έχουμε διαλέξει αποθηκεύοντας μέσα σε μια λίστα.

```
(princ "\nSelect closed curves to select object(s) within: ")
```

Με την **princ** εμφανίζουμε στην οθόνη το μήνυμα που φαίνεται στα εισαγωγικά για να δείξουμε στον χρήστη ότι χρειάζεται να επιλέξει ένα κλειστό σχήμα.

```
(if (setq add (ssadd)
```

Αν έχει επιλεγθεί το σχήμα μπαίνει στο επόμενο κομμάτι κώδικα και αποθηκεύτε το αποτέλεσμα του κώδικα στη μεταβλητή **add**

```
(ssget '(((-4 . "<OR")
          (0 . "CIRCLE, ELLIPSE")
          (-4 . "<AND")
          (0 . "*POLYLINE")
          (-4 . "&=")
          (70 . 1)
          (-4 . "AND>")
          (-4 . "OR>")
        )
)
```

Αυτό σημαίνει ότι διαλέγουμε ανάμεσα σε κύκλο, έλλειψη και κλειστό πολύγωνο.

&= Bitwise Masked Equals (μόνο ακέραιες μονάδες)
Equivalent to: (= filter (logand bit filter))

Example:

```
(ssget '((0 . "LWPOLYLINE") (-4 . "&=") (70 . 1)))
```

Επιλογή κλειστών LWPolyLines.

[10]

Το αποτέλεσμα της επιλογής αποθηκεύεται σε μια μεταβλητή ss. Στη συνέχεια, η συνάρτηση κάνει βρόχο στα αντικείμενα στην ss και καλεί την εμφωλευμένη συνάρτηση _pac για να πάρει τα σημεία της καμπύλης

- o ssname

Επιστρέφει το όνομα αντικειμένου (οντότητα) του ευρετηρίου στοιχείου ενός συνόλου επιλογής. [11]

```
(progn (repeat (setq i (sslength ss))
            (if (setq temp (ssget "_WP" (_pac (setq e (ssname ss (setq i (1- i)))))))
                (repeat (setq i2 (sslength temp)) (ssadd (ssname temp (setq i2 (1- i2))) add))
            )
        )
(sssetfirst nil add)
(sssetfirst nil (ssget "_I" '((0 . "INSERT") (2 . "FTTH ANAMONES"))))
)
```

Παρακάτω αναλύουμε τις συναρτήσεις που χρησιμοποιούνται στο τελευταίο κομμάτι του κώδικα μας.

- (repeat (setq i (sslength ss))

Μια επανάληψη με αριθμό επαναλήψεων όσα είναι και τα αντικείμενα μέσα στο επιλεγμένο σχήμα μας.

- ssget "_WP" (_pac (setq e (ssname ss (setq i (1- i)))))
- ssname ss (setq i (1- i))

Μετά επιλέγουμε από τη λίστα με τα σχήματα που έχουμε ήδη επιλεγμένα το τελευταίο και μικραίνουμε την επανάληψη κατά 1.

- (_pac (setq e (ssname ss (setq i (1- i)))))

Καλούμε τη συνάρτηση _pac με όρισμα το τελευταίο σχήμα και αυτό μας επιστρέφει μια λίστα με σημεία.

- ssget "_WP" (_pac (setq e (ssname ss (setq i (1- i)))))

Από τη λίστα με τα σημεία που επέστρεψε η _pac επιλέγουμε τα αντικείμενα μέσα στο κλειστό πολύγωνο τηςλίστας.

- (if (setq temp (ssget "_WP" (_pac (setq e (ssname ss (setq i (1- i)))))
- Και τα αποθηκεύουμε στο temp.

- (repeat (setq i2 (sslength temp)) (ssadd (ssname temp (setq i2 (1- i2))) add))

Για όσα αντικείμενα υπάρχουν στο temp κάνουμε μια επανάληψη και τα προσθέτουμε στη λίστα add και μειώνουμε την επανάληψη κατά 1.

Μόλις τελειώσουν οι επαναλήψεις θα έχουμε μια λίστα με όλα τα αντικείμενα μέσα στο αρχικό σχήμα που επιλέξαμε:

Και τα εμφανίζουμε σαν επιλογή με την εντολή (sssetfirstniladd).

- (sssetfirst nil (ssget "_I" '((0 . "INSERT") (2 . "FTTH ANAMONES"))))

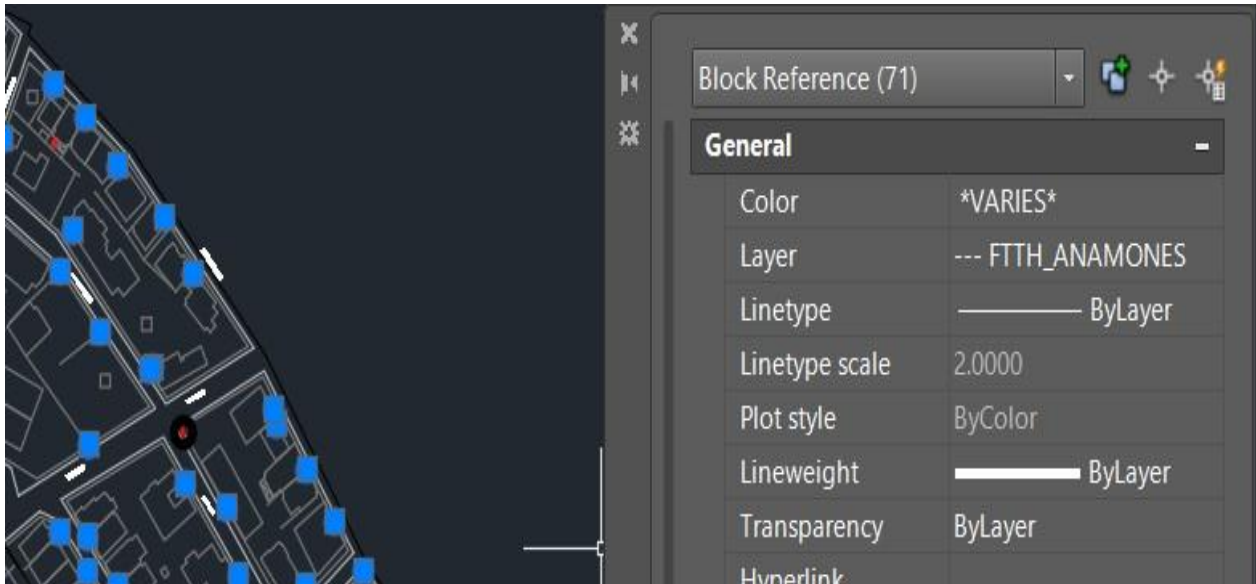
Ύστερα από τα επιλεγμένα αντικείμενα επιλέγουμε μόνο τα block reference με όνομα FTTH ANAMONES. [12]

Ο κώδικας επιλέγει επίσης το πρώτο αντικείμενο "INSERT" με το όνομα του μπλοκ "FTTH ANAMONES". Αυτό το μέρος του κώδικα δεν σχετίζεται με την επιλογή εντός μιας καμπύλης και χρησιμεύει ως πρόσθετη λειτουργία επιλογής μετά την εκτέλεση της κύριας λειτουργίας επιλογής.

Συνοπτικά, ο κώδικας αυτός παρέχει μια προσαρμοσμένη λύση για την επιλογή αντικειμένων εντός μιας κλειστής καμπύλης στο AutoCAD.

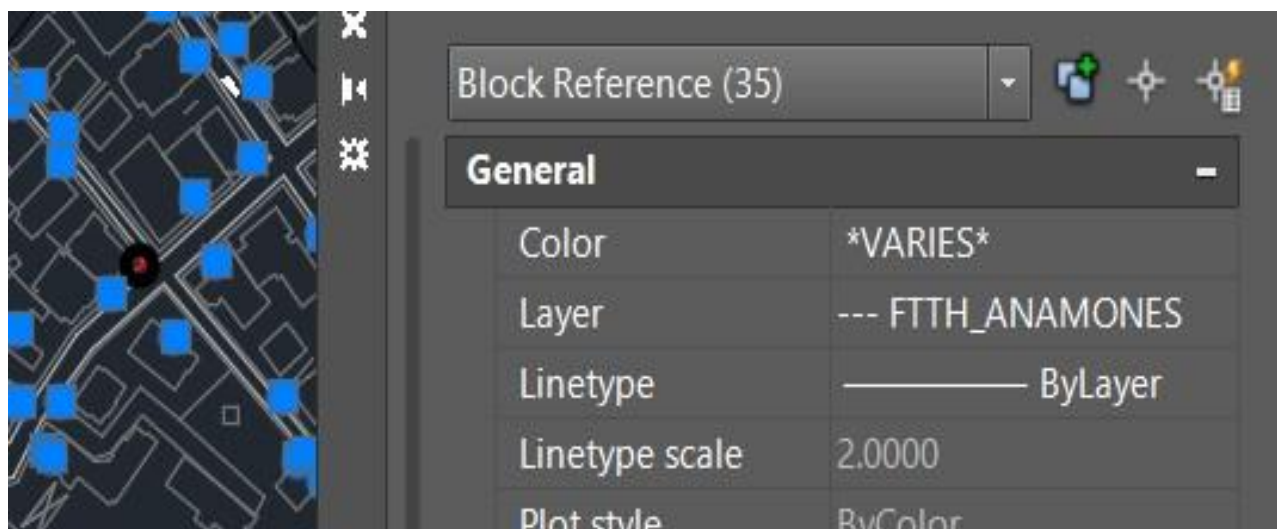
6.6 Αποτελέσματα από περιβάλλον Autocad

- Στην παρακάτω φωτογραφία παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την μέτρηση και εμφάνιση των αναμονών από την μεγάλη καμπύλη με την χρησιμοποίηση του script που υλοποιήθηκε. Όπως παρατηρείται η μέτρηση των αναμονών είναι σωστή όπως εμφανίζεται στην επιλογή Block Reference.



Εικόνα 6.3: Αποτέλεσμα μέτρησης αναμονών μεγάλης Καμπύνας

- Αντίστοιχα στην παρακάτω φωτογραφία παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την μέτρηση και εμφάνιση των αναμονών από την μικρή καμπύλη με την χρησιμοποίηση του script που υλοποιήθηκε. Όπως παρατηρείται η μέτρηση των αναμονών είναι σωστή όπως εμφανίζεται στην επιλογή Block Reference.



Εικόνα 6.4: Αποτέλεσμα μέτρησης αναμονών μικρής Καμπύνας

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η ανάπτυξη του δικτύου FTTH παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα, τόσο ως προς την παροχή υπηρεσιών προς τους πελάτες και την αξιοπιστία, όσο και ως προς τη βιωσιμότητα της μελλοντικά ως επένδυση. Από την άλλη πλευρά, συνανώνται και διάφοροι περιορισμοί τεχνικής και οικονομικής φύσεως και υπάρχει και ο παράγοντας υιοθέτησης της τεχνολογίας αυτής από τους χρήστες, ώστε η επένδυση της ανάπτυξης του δικτύου να μπορεί να θεωρηθεί προσδοφόρα.

Το δίκτυο FTTH αναπτύσσεται συνεχώς, κυρίως στις πιο πυκνοκατοικημένες περιοχές, με τον εξοπλισμό είτε να οδεύει μέχρι τον τελικό χρήστη, είτε μέχρι ένα πιο κεντρικό σημείο και από εκεί και έπειτα να χρησιμοποιείται η υφιστάμενη υποδομή των γραμμών χαλκού. Η ανάπτυξη του δικτύου UFFB (Ultra Fast BroadBand) πραγματοποιείται με διαφορετικές υλοποιήσεις (υπόγειο δίκτυο, εναέριο δίκτυο ή συνδυασμός των δύο) ανάλογα με την περιοχή, με κάθε υλοποίηση να παρουσιάζει αντίστοιχα πλεονεκτήματα αλλά και προκλήσεις.

Στις μέρες μας, η διαδικασία μελέτης, σχεδιασμού αλλά και κατασκευής ενός δικτύου FTTH η οποία και περιγράφεται στην παρούσα Διπλωματική Εργασία, είναι πολύ συγκεκριμένη και ο εργολάβος του κάθε έργου ακολουθεί συγκεκριμένες διαδικασίες από τη μελέτη μέχρι την υλοποίηση. Υπάρχουν βέβαια και τεχνικοί κανόνες και προδιαγραφές που πρέπει να τηρούνται σε κάθε φάση της ανάπτυξης του δικτύου, με τον βασικότερο σκοπό να είναι η αποφυγή φθοράς του καλωδίου της ίνας.

Ο κάθε μελετητής πλέον έχει ως σύμμαχο στο έργο του και την πληροφορική και το πρόγραμμα σχεδιασμού Autocad, με τη βοήθεια του οποίου έχει τη δυνατότητα να υπολογίσει τις αναμονές και να ομαδοποιήσει τις απαιτούμενες καμπίνες, πάνω στο αρχικό σχέδιο. Επίσης μπορεί να σχεδιάσει με ακρίβεια τις οδεύσεις για τα καλώδια καθώς και τα φρεάτια. Όλες αυτές τις δυνατότητες σχεδιασμού και υπολογισμών τις έχει, αρκεί να ξέρει να χειρίζεται την AutoLisp, η οποία αποτελεί μια διάλεκτο της γλώσσας προγραμματισμού Lisp που έχει αναπτυχθεί ειδικά για χρήση με την πλήρη έκδοση του Autocad και τα παράγωγά του. Χρησιμοποιώντας τις κατάλληλες εντολές, ο μελετητής μπορεί να λάβει επιθυμητά αποτελέσματα στην εφαρμογή Autocad, σε ό,τι αφορά στις καμπίνες και στις αναμονές, τα οποία και παρουσιάσαμε στην παρούσα Διπλωματική Εργασία.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] “Fiber to the Home with an Emphasis on Greenfield Developments”, Rushanth Vathanagopalan, Master of Science in Communication Technology, Norwegian University of Science and Technology
- [2] “FIBER TO THE HOME”, ΕΡΓΑΣΙΑ ΕΞΑΜΗΝΟΥ ΓΙΑ ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ ΕΥΡΥΖΩΝΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ, ΒΛΑΧΟΣ ΠΥΡΟΣ ΣΠΥΡΙΔΩΝ, ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ, ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΠΑΤΡΩΝ, ΠΑΤΡΑ 2019
- [3] “ECONOMIC OPTIMIZATION OF FIBER OPTIC NETWORK DESIGN IN ANCHORAGE, Jasen Kintner, B.S., University of Alaska Anchorage, Anchorage, Alaska, May 2016
- [4] Σημειώσεις ΣΥΜΒΟΛΙΚΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ – Κεφάλαιο 2, Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής, Πανεπιστήμιο Πατρών
- [5] <https://el.wikipedia.org/wiki>
- [6] <http://docs.autodesk.com/ACD/2013/ENU/>
- [7] <http://docs.autodesk.com/ACD/2011/ENU/landing.html> (AutoCAD 2011 Help / AutoLISP Functions)
- [8] <https://documentation.help/AutoLISP-Functions/> (AutoCad AutoLISP Functions Documentation)
- [9] <http://docs.autodesk.com/ACD/2014/ENU/> (vlax-curve-getPointAtDist AutoLISP)
- [10] <http://www.lee-mac.com/ssget.html>
- [11] <http://docs.autodesk.com/MAP/2014/FRA/index.html?url=filesACD/GUID-EFB83751-9AC5-4C52-AD3D-D971BC560C15.htm,topicNumber=ACDd30e613853> (AUTODESK AUTOCAD MAP 3D 2014)
- [12] Εφαρμογές Πληροφορικής στην Τοπογραφία, 12η Ενότητα -Προγραμματισμός στην AutoLISP, Τσιούκας Βασίλειος, Αναπληρωτής Καθηγητής

