

**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ  
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΠΛΟΙΑΡΧΩΝ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΥΑΚΙΝΘΟΣ ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ**

**ΘΕΜΑ:**

**Η ΟΠΤΙΚΗ ΙΝΑ ΩΣ ΜΕΣΟ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΤΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ  
Η ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΣΤΑ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΑ  
ΔΙΚΤΥΑ**

**ΤΟΥ ΣΠΟΥΔΑΣΤΗ: ΖΗΤΗΡΙΑΔΗΣ ΑΛΕΞΙΟΣ  
Α.Γ.Μ: 3165**

**Ημερομηνία ανάληψης της εργασίας:  
Ημερομηνία παράδοσης της εργασίας:**

<i>A/A</i>	<i>Όνοματεπώνυμο</i>	<i>Ειδικότης</i>	<i>Αξιολόγηση</i>	<i>Υπογραφή</i>
<i>1</i>				
<i>2</i>				
<i>3</i>				
<b>ΤΕΛΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ</b>				

**Ο ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ ΣΧΟΛΗΣ : ΤΣΟΥΛΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ**

**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ  
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΠΛΟΙΑΡΧΩΝ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΘΕΜΑ : Η οπτική ίνα ως μέσο μετάδοσης της πληροφορίας και η  
χρησιμοποίησή της στα σύγχρονα τηλεπικοινωνιακά  
δίκτυα**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : ΖΗΤΗΡΙΑΔΗΣ ΑΛΕΞΙΟΣ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ  
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΥΑΚΙΝΘΟΣ ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ**

**ΝΕΑ ΜΗΧΑΝΙΩΝΑ  
2017**

**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ  
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΠΛΟΙΑΡΧΩΝ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΘΕΜΑ : Η οπτική ίνα ως μέσο μετάδοσης της πληροφορίας και η  
χρησιμοποίησή της στα σύγχρονα τηλεπικοινωνιακά  
δίκτυα**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : ΖΗΤΗΡΙΑΔΗΣ ΑΛΕΞΙΟΣ**

**ΑΜ : 3165**

**ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ :**

Βεβαιώνεται η ολοκλήρωση της παραπάνω πτυχιακής εργασίας

Ο καθηγητής

## Περίληψη

Τα οπτικά δίκτυα ή δίκτυα οπτικής ίνας (στα οποία τα δεδομένα μετατρέπονται σε bits φωτός, που καλούνται φωτόνια, και στη συνέχεια μεταφέρονται μέσω της ίνας) είναι ταχύτερα από τα παραδοσιακά δίκτυα (στα οποία τα δεδομένα μετατρέπονται σε ηλεκτρόνια και ταξιδεύουν μέσω καλωδίων χαλκού), γιατί σε αντίθεση με τα ηλεκτρόνια, τα φωτόνια δεν επιδρούν το ένα στο άλλο καθώς κινούνται μέσα στην ίνα (γιατί δεν περιέχουν ηλεκτρικό φορτίο), όπως και δεν επηρεάζονται από φωτόνια εκτός της ίνας. Το φως χαρακτηρίζεται από υψηλότερες συχνότητες και συνεπώς από χαμηλότερα μήκη κύματος, με αποτέλεσμα περισσότερα 'bits' πληροφορίας να μπορούν να μεταφερθούν μέσω κάποιου μήκους ίνας, έναντι του ίδιου μήκους καλωδίου χαλκού. Οι οπτικές ίνες χρησιμοποιούνται ευρέως σε δίκτυα επικοινωνιών και επιτρέπουν τη μετάδοση φωτεινών σημάτων σε μεγαλύτερες αποστάσεις και σε υψηλότερο εύρος ζώνης σε σχέση με άλλες μορφές μετάδοσης σημάτων και η ταχύτητα μετάδοσης πλησιάζει αυτή με την οποία διαδίδεται το φως. Τα δίκτυα οπτικών ινών είναι μια κατηγορία ευρυζωνικών δικτύων που υπόσχονται ευέλικτες και ικανές να υποστηρίξουν πληθώρα υπηρεσιών, δικτυακές επικοινωνίες με θεωρητικά απεριόριστη χωρητικότητα. Με την πάροδο των ετών έχουν αναπτυχθεί πολλοί τύποι οπτικών ινών που ο κάθε ένας υποστηρίζει τις ιδιαίτερες απαιτήσεις διάφορων τηλεπικοινωνιακών εφαρμογών. Υπάρχει ιδιαίτερος κλάδος της επιστήμης που ασχολείται με έρευνα για της δυνατότητες και εφαρμογές τους.

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η επεξήγηση της οπτικής ίνας ως προς τη χρήση της στα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα και ο τρόπος λειτουργίας της οπτικής ίνας σε σχέση με το παραδοσιακό τρόπο δικτύωσης, δηλαδή τα μεταλλικά και χάλκινα καλώδια.

Στη συνέχεια θα δούμε ότι τα δίκτυα αναμορφώνονται και εξελίσσονται από παλαιότερες τεχνολογίες, αναβαθμίζονται σταδιακά, χωρίς να σημαίνει ότι οι παλαιότερη τεχνολογία μένει σε αχρηστία αμέσως μετά τις αναβαθμίσεις.

Η εργασία αυτή ολοκληρώνεται με τη χρήση της οπτικής ίνας στην Ελλάδα και την εξέλιξη των δικτύων. Γίνεται αναφορά στους πάροχους και την ευρυζωνικότητας στην Ελλάδα.

## **Κεφάλαιο 1ο**

### **Εισαγωγική ανάλυση της τεχνολογίας των οπτικών ινών**

#### **Εισαγωγή : Το φως ως μέσο επικοινωνίας**

Η ιδέα της χρήσης του φωτός για την επικοινωνία σε μεγάλες αποστάσεις δεν είναι κάτι νέο, αλλά έχει τις ρίζες της στην αρχαιότητα. Οι αρχαίοι Έλληνες άναβαν φωτιές σε ψηλά σημεία, όπως κορυφές βουνών, για να ανταλλάξουν πληροφορίες μεταξύ τους άμεσα, σε αποστάσεις πολλών χιλιομέτρων. Ήταν τότε το ταχύτερο μέσο απομακρυσμένης επικοινωνίας και τελικά φαίνεται ότι ακόμη και σήμερα ισχύει το ίδιο, καθώς δεν υπάρχει τίποτα μέχρι στιγμής που να μπορεί να ξεπεράσει την ταχύτητα του φωτός.

Στα τέλη του 19ου αιώνα και στις αρχές του 20ου οι καπετάνιοι των πλοίων χρησιμοποιούσαν ειδικούς ισχυρούς φακούς τους οποίους αναβόσβηναν, σύμφωνα με τον κώδικα Μορς, επικοινωνώντας άμεσα μεταξύ τους. Αυτός ο τρόπος επικοινωνίας χρησιμοποιήθηκε εν μέρει και στην ξηρά, παρόλο που οι πρώτες συσκευές ενσύρματης επικοινωνίας είχαν κάνει την εμφάνισή τους την εποχή εκείνη.

Σε όλα τα παραπάνω παραδείγματα έχουμε τρία κοινά στοιχεία. Το πρώτο είναι ο αποστολέας του φωτεινού σήματος, το δεύτερο ήταν το μέσο μετάδοσης, δηλαδή ο αέρας και το τρίτο ήταν ο παραλήπτης που το αποκωδικοποιούσε και το μετέτρεπε σε κατανοητή μορφή. Φυσικά οι προαναφερθείσες μέθοδοι είχαν ως σημαντικότερο μειονέκτημα το πρόβλημα της ορατότητας. Το φως μιας φωτιάς ή ενός τεχνητού μέσου δεν μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την επικοινωνία κατά τη διάρκεια της ημέρας, καθώς δεν μπορούσε κανείς να το ξεχωρίσει από το πολύ ισχυρότερο ηλιακό φως. Ακόμη και τη νύχτα όμως, διάφορες συνθήκες όπως η αυξημένη υγρασία ή η ομίχλη, μπορούσαν να καταστήσουν ανέφικτη την παρατήρηση του φωτεινού σήματος σε μεγάλη απόσταση.

Σήμερα η φωτεινή ενέργεια εξακολουθεί να διαδραματίζει κυρίαρχο ρόλο στις τηλεπικοινωνίες και κατ' επέκταση στην καθημερινή μας ζωή. Αν στα προηγούμενα χρόνια το φως μεταδιδόταν μέσω της ατμόσφαιρας, σήμερα αυτό έδωσε τη θέση του στο γυαλί και σε ειδικό ανακλαστικό υλικό που το περιβάλλει. Κάπως έτσι έχουν σχηματιστεί οι οπτικές ίνες, οι οποίες είναι σε θέση να μεταφέρουν πληροφορίες σε αποστάσεις πολλών χιλιομέτρων, αποτελώντας έτσι αναπόσπαστο κομμάτι των σύγχρονων τηλεπικοινωνιών.

## 1.1 Ιστορική αναδρομή στα δίκτυα

Όλα τα τηλεπικοινωνιακά συστήματα μετάδοσης έχουν ένα αντικειμενικό σκοπό: Να επιτυγχάνουν το μεγαλύτερο δυνατό γινόμενο χωρητικότητας-απόστασης (BxL) χωρίς σφάλματα. Γι' αυτό και στα τηλεπικοινωνιακά συστήματα έχουν γίνει πολλές αλλαγές με την πάροδο του χρόνου. Όμως υπάρχουν τρεις βασικές εποχές, που μπορούμε να κατηγοριοποιήσουμε λόγω και της σημασίας τους στην εξέλιξη των τηλεπικοινωνιών. Η πρώτη γενιά, η αναλογική μετάδοση σήματος, που κύριο μέσο ήταν τα μεταλλικά και χάλκινα καλώδια στη μετάδοση και ο έλεγχος της εγκαθίδρυσης καναλιών/ομιλιών γινόταν χειροκίνητα με Ηλεκτρομαγνητική μεταγωγή. Η δεύτερη γενιά, που έκαναν την εμφάνισή τους τα ψηφιακά ηλεκτρικά σήματα, που η μετάδοση γινόταν πάλι μέσω μεταλλικών και χάλκινων καλωδίων, όμως η μεταγωγή και η επεξεργασία ήταν σε ψηφιακή μορφή. Και η Τρίτη γενιά (που διανύουμε και σήμερα) είναι η υβριδική εποχή, με μετάδοση βασισμένη στην οπτική ίνα και έχουμε ψηφιακή ηλεκτρονική μεταγωγή. Οι οπτικές ίνες χρησιμοποιούνται ευρέως στα δίκτυα κορμού λόγω της ικανότητάς τους να μεταφέρουν μεγάλο όγκο δεδομένων με πολύ μικρές απώλειες.

Στο ασύρματο πεδίο επικοινωνιών το Wi-Max είναι μια νέα τεχνολογία για ασύρματη μετάδοση χρήσης last-mile επικοινωνίας που σιγά-σιγά εφαρμόζεται σε πολλές χώρες. Στην Ελλάδα ο ΟΤΕ έχει ξεκινήσει την λειτουργία του Wi-Max από το 2008, αντικαθιστώντας τα ΣΑΡ (Συστήματα Αγροτικής Ραδιοκάλυψης), ώστε να φτάνει σε δυσπρόσιτες περιοχές που δεν μπορούν να καλυφθούν με άλλους τρόπους λόγω γεωγραφίας. Αυτή η τεχνολογία ανέβασε τις επιδόσεις των ασύρματων δικτύων σε πολύ μεγαλύτερο επίπεδο.

Τα παραδοσιακά δίκτυα αναπτύχθηκαν για υπηρεσίες πάνω στην αναλογική φωνή. Για μια μεγάλη περίοδο, το εύρος ζώνης που χρειαζόταν για να υπάρξει μια σύνδεση απ' άκρη σ' άκρη (end-to-end) ήταν τα 4 kHz (εύρος ζώνης ακουστικότητας του ανθρώπινου αυτιού). Αν και υπήρχε η ψηφιακή μετατροπή του σήματος στα 64Kbps (DS-0) με πολυπλεξία χρόνου αυτό ξαναμετατρέποταν σε αναλογικό για να μπορέσει να είναι συμβατό με τις τότε αναλογικές συσκευές τηλεφωνίας. Κάποια παραδείγματα δικτύων, που χρησιμοποιούνται και σήμερα, είναι του συνεστραμμένου ζεύγους όπως πχ τα UTP,STP ή και τα ομοαξονικά καλώδια που χρησιμοποιούνται για την καλωδιακή τηλεόραση (Community Antenna TV - CATV).

Το Ίντερνετ εφευρέθηκε στα τέλη της δεκαετίας του '60 στα ερευνητικά ινστιτούτα των ΗΠΑ και ήταν η ωθητήρια δύναμη για τη χρήση της τεχνολογίας γνωστής σήμερα ως xDSL. Αν και το διαδίκτυο χρησιμοποιήθηκε στην αρχή κυρίως για ερευνητικούς, ακαδημαϊκούς και στρατιωτικούς σκοπούς, για κοινή χρήση δεδομένων έγινε για πρώτη φορά γνωστό με την χρήση του e-mail, που ανακαλύφθηκε γύρω στην δεκαετία του 70'. Με την

εμφάνιση του Worldwide Web (www) που αναπτύχθηκε στο εργαστήριο CERN στην Ελβετία, άρχισε και έμπαινε στην καθημερινή ζωή των ανθρώπων σ' όλο τον κόσμο. Στις αρχές της δεκαετίας του '90 χρειάστηκε να χρησιμοποιηθούν τα 56 kbps ως πρώτη ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων.

## **1.2 Επεξήγηση του όρου της οπτικής ίνας**

Οι οπτικές ίνες αποτελούν μια μέθοδο μετάδοσης πληροφοριών με την μορφή παλμών φωτός και γι' αυτό η τεχνολογία τους είναι πιο περίπλοκη από αυτήν των χάλκινων καλωδίων. Η φωτεινή πηγή είναι είτε laser είτε κάποιο είδος LED . Τα καλώδια οπτικών ινών χρησιμοποιούν συγκεκριμένα μήκη κύματος φωτός. Το μήκος κύματος μιας συγκεκριμένης πηγής φωτός είναι το μήκος, υπολογισμένο σε nanometers, μεταξύ δύο συνεχόμενων κορυφών ενός κύματος φωτός που εκπέμπει η πηγή.

Η χρήση παλμών φωτός για μεταφορά πληροφοριών εξυπηρετεί τους ίδιους στόχους με το χάλκινο καλώδιο, που μεταφέρει ηλεκτρικά σήματα. Οποιοσδήποτε τύπος ηλεκτρικού σήματος που μπορεί να μετατραπεί σε παλμούς φωτός μπορεί να μεταδοθεί μέσα σε ένα καλώδιο οπτικών ινών. Τα καλώδια οπτικών ινών έχουν παρόμοια συστατικά στην κατασκευή τους με τα χάλκινα καλώδια. Η κύρια διαφορά είναι ότι τα καλώδια οπτικών ινών χρησιμοποιούν γυαλί για μετάδοση παλμών φωτός, ενώ τα χάλκινα καλώδια χρησιμοποιούν κάποια μορφή χάλκινου αγωγού για μετάδοση ηλεκτρικών σημάτων. Τα καλώδια οπτικών ινών έχουν επίσης κάποια μορφή προστατευτικού μονωτικού υλικού που καλύπτει τις γυάλινες οπτικές ίνες και ένα περίβλημα που καλύπτει όλη την συγκρότηση του καλωδίου. Ορισμένα καλώδια οπτικών ινών περιλαμβάνουν μια θωράκιση καλωδίου. Οι θωρακίσεις είναι ένα προαιρετικό συστατικό και περιλαμβάνονται μόνο σε μερικούς τύπους καλωδίων οπτικών ινών.

## **1.3 Ενσύρματες επικοινωνίες και ο ρόλος των οπτικών ινών**

Η εποχή, την οποία διανύουμε, έχει χαρακτηριστεί δικαίως από πολλούς ως η εποχή της πληροφορίας. Οι μορφές πληροφόρησης που κατακλύζουν εδώ και κοντά έναν αιώνα την ανθρωπότητα είναι πολλές και ποικίλες. Η τηλεφωνία, το ραδιόφωνο, η τηλεόραση, το Internet κ.α. είναι μερικές από τις δυνατότητες επικοινωνίας και μεταφοράς πληροφορίας που πλαισιώνουν την καθημερινή μας ζωή. Η ανάπτυξη νέων μορφών πληροφόρησης και η περαιτέρω βελτίωση των δυνατοτήτων των ήδη γνωστών μορφών καθίσταται στις μέρες μας

ως επιτακτική ανάγκη καθώς είναι γεγονός ότι η τάση της ανθρωπότητας για συνεχή και γρήγορη πληροφόρηση αυξάνει σε καθημερινή βάση. Χαρακτηριστική απόδειξη αυτής της ανάγκης είναι η ραγδαία εξάπλωση του Διαδικτύου που έχει εκπλήξει ακόμα και τους πιο αισιόδοξους αναλυτές. Πέρα όμως από την ραγδαία εξάπλωση η συνεχής αύξηση των χρηστών καθώς και του χρόνου χρήσης του Διαδικτύου αποτελούν τον βασικότερο λόγο για τις ραγδαίες αλλαγές, που συμβαίνουν στην βιομηχανία των τηλεπικοινωνιών, καθώς η ανάγκη αυτή συντελεί στη συνεχή ανάπτυξη νέων τεχνολογιών και στην κατασκευή δικτύων με πολύ υψηλές ταχύτητες μετάδοσης. Οι σημαντικότεροι παράγοντες, που έχουν συντελέσει στη συνεχή αναζωογόνηση αυτής της ανάγκης, είναι :

- Η εκπληκτική ανάπτυξη του Διαδικτύου (Internet) και του Παγκόσμιου Ιστού (World Wide Web) αναφορικά με τον αριθμό των χρηστών, αλλά κυρίως με το χρόνο χρήσης και κατ' επέκταση το εύρος ζώνης που αντιστοιχεί σε καθένα από αυτούς.

- Η συνεχής βελτίωση της παροχής υπηρεσιών με ταυτόχρονη ανάπτυξη εφαρμογών ιδιαίτερα φιλικών προς τους χρήστες όλων των ηλικιών και ιδιαιτεροτήτων.

- Η εμφάνιση εφαρμογών πολυμέσων και επικοινωνιών με ξεχωριστά και πολλές φορές πρωτοποριακά χαρακτηριστικά που κυριολεκτικά δίνουν νέες διαστάσεις σε ήδη υπάρχοντες μορφές διασκέδασης και ψυχαγωγίας.

- Η δυνατότητα ανάπτυξης εφαρμογών εμπορίου αλλά και αξιόπιστων υπηρεσιών ενημέρωσης και εξυπηρέτησης των χρηστών με υψηλά επίπεδα ασφάλειας και λειτουργικότητας.

- Οι υποσχέσεις των εταιριών για συνεχή βελτίωση του Διαδικτύου τόσο ως προς την αύξηση των ταχυτήτων μετάδοσης όσο και προς τις παρεχόμενες υπηρεσίες και τα επίπεδα ασφάλειας.

- Η αυξανόμενη ανάπτυξη τεχνολογιών ευζωνικής πρόσβασης, όπως για παράδειγμα η ψηφιακή συνδρομητική γραμμή (Digital Subscriber Line10DSL) και τα καλωδιακά modem, τα οποία μπορούν να προσφέρουν εύρος ζώνης της τάξης των μερικών Mb/s ανά χρήστη.

- Η συνεχής δικτύωση επιχειρήσεων με γραμμές μεταφοράς πολύ υψηλών ταχυτήτων. Τα δίκτυα αυτά χρησιμοποιούνται ευρέως είτε για εσωτερική αλληλοσύνδεση των διαφόρων τμημάτων της επιχείρησης, είτε για επικοινωνία διαφορετικών επιχειρήσεων μεταξύ τους.

- Η μείωση του κόστους παροχής εύρους ζώνης. Η μείωση αυτή είναι αποτέλεσμα αφενός της προόδου των τηλεπικοινωνιών, και αφετέρου της καταργήσεως του μονοπωλίου μεμονωμένων παροχέων υπηρεσιών(service providers), ως αποτέλεσμα της απελευθέρωσης του χώρου. Η εισροή πολλών ακόμα χρηστών, σύμφωνα με τις αναλύσεις, θα οδηγήσει σε ακόμα μεγαλύτερη μείωση του κόστους παροχής εύρους ζώνης.



- Οι αλλαγές στον τύπο της τηλεπικοινωνιακής κίνησης, καθώς τα τελευταία χρόνια τα δίκτυα κατακλύζονται από πληροφορίες δεδομένων. Μεγάλες τηλεπικοινωνιακές εταιρίες αναφέρουν ετήσια αύξηση στη μετάδοση δεδομένων της τάξης του 100%. Η αντίστοιχη αύξηση για τη μετάδοση φωνής είναι μόλις 10%ετησίως.

Η ανάγκη για όλο και μεγαλύτερη αύξηση των ταχυτήτων μετάδοσης, δηλαδή μεγαλύτερου εύρους συχνοτήτων, οδήγησε στην χρήση της οπτικής ίνας αντί του καλωδίου χαλκού. Η οπτική ίνα παρέχει σημαντικότερα πλεονεκτήματα σε σχέση με το απλό χάλκινο καλώδιο που χρησιμοποιείται εδώ και δεκαετίες στις ενσύρματες επικοινωνίες. Ορισμένα από αυτά τα πλεονεκτήματα αλλά και τα μειονεκτήματα είναι:

- Το τεράστιο εύρος ζώνης. Η οπτική ίνα παρέχει εύρος συχνοτήτων για μετάδοση περίπου ίσο με 25THz ή 25000GHz στην φασματική περιοχή του 1.5μm. Το εύρος αυτό είναι 1000 φορές μεγαλύτερο από ολόκληρο το διαθέσιμο φάσμα ραδιοσυχνοτήτων.

- Οι μικρές απώλειες κατά την διάδοση του σήματος. Η οπτική ίνα σε σχέση με το χάλκινο καλώδιο παρουσιάζει περιορισμένες απώλειες γεγονός που επιτρέπει την μετάδοση δεδομένων σε μεγάλες αποστάσεις χωρίς να είναι αναγκαία η ενδιάμεση ενίσχυση του σήματος. Αλλά ακόμα και στην περίπτωση που απαιτείται ενίσχυση και αναγέννηση του σήματος δεδομένων η διαδικασία λαμβάνει χώρα σπανιότερα.

- Χαμηλό κόστος. Η δημιουργία ενός καλωδίου οπτικών ινών είναι πιο συμφέρουσα οικονομικά, σε σχέση με ένα χάλκινο καλώδιο ίδιας απόστασης και δυνατοτήτων. Αυτό ωφελεί αρχικά τους πάροχους υπηρεσιών τηλεπικοινωνιών, οι οποίοι με μικρότερο κόστος παρέχουν ποιοτικές υπηρεσίες. Τελικά αυτό μειώνει και τις ανάγκες απόσβεσης εξόδων των παροχών, επομένως ωφελεί και τον καταναλωτή, που επιβαρύνεται με μικρότερες χρεώσεις για τις υπηρεσίες που χρησιμοποιεί.

- Μικρές απαιτήσεις σε ενέργεια. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι δεν παρατηρούνται σημαντικές απώλειες σήματος, καθώς και στον τρόπο μετάδοσης δεδομένων, δηλαδή με τη χρήση φωτεινής δέσμης, που απαιτεί πολύ μικρότερη κατανάλωση ενέργειας, σε σχέση με το ηλεκτρικό σήμα.

- Αμιγώς ψηφιακό σήμα, που εξασφαλίζει υψηλότερη ποιότητα επικοινωνίας και αποφυγή προβλημάτων που θα προέκυπταν σε μια αναλογική μετάδοση. Στον κόσμο της ψηφιακής πληροφορίας, τα δεδομένα αναπαρίστανται από τους αριθμούς 0 και 1, οι οποίοι ονομάζονται bits. Το 0 ισοδυναμεί με την κατάσταση «κλειστό» και το 1 με την κατάσταση «ανοικτό». Μια ακολουθία 8 bits σχηματίζουν 1 ψηφιακή λέξη που λέγεται byte ή octet. Οι οπτικές ίνες μεταδίδουν τις φωτεινές αναλαμπές με υψηλή αξιοπιστία, μεταφέροντας τα bytes με πολύ μικρότερες αλλοιώσεις σε σχέση με αυτές ενός κοινού καλωδίου δικτύου, ή μιας ασύρματης σύνδεσης δεδομένων.

- Υψηλή διαθεσιμότητα, που οφείλεται κυρίως στην ανθεκτική κατασκευή των σύγχρονων οπτικών καλωδίων, που μειώνει στο ελάχιστο το ενδεχόμενο εξωτερικής ζημιάς.

- Μικρές διαστάσεις και βάρος, καθώς ένα μικρό και ελαφρύ καλώδιο οπτικών ινών, μεταφέρει πολύ περισσότερα δεδομένα από ένα μεγαλύτερο και πιο βαρύ χάλκινο καλώδιο. Έτσι, απαιτείται πολύ λιγότερος χώρος για την υλοποίηση ενός δικτύου οπτικών ινών.

- Τέλος στα πλεονεκτήματα συγκαταλέγονται και οι τεχνικές πολυπλεξίας που μπορούν να αυξήσουν σημαντικά την αποδοτικότητα της οπτικής ίνας επιτρέποντας την ταυτόχρονη μετάδοση πληροφορίας μέσω πολλών διαφορετικών καναλιών. Οι δύο τεχνικές πολυπλεξίας είναι η WDM(πολυπλεξία κατά μήκος κύματος) και OTDM (πολυπλεξία στο χρόνο).

- Μειονεκτήματα που παρουσιάζουν οι οπτικές ίνες είναι οι παραμορφώσεις που μπορεί να υποστεί το μεταδιδόμενο οπτικό σήμα εξαιτίας φαινομένων διασποράς, μη γραμμικότητας και διπλοθλαστικότητας. Η επίδραση όμως αυτών των φαινομένων επιλύεται χρησιμοποιώντας συγκεκριμένη ίνα, για αντιστάθμιση της διασποράς, μειώνοντας την μεταδιδόμενη ισχύς, για τις μη γραμμικότητες και φροντίζοντας να μην τσαλακωθεί η ίνα κατά την εγκατάσταση της, για την διπλοθλαστικότητα. Το εύρος ζώνης είναι αναμφισβήτητο ο βασικότερος λόγος εξάπλωσης της οπτικής ίνας παρόλα αυτά δεν μπορούμε να αμελήσουμε και τα υπόλοιπα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει σαν καλώδιο. Το γεγονός όμως ότι η οπτική ίνα παρουσιάζει μεγάλο εύρος ζώνης και ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πολύ υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης (υπάρχουν αυτή την στιγμή εμπορικά διαθέσιμα συστήματα που λειτουργούν στα 10Gbps και σε λίγο καιρό θα υπάρχουν και τα αντίστοιχα στα 40Gbps) δεν σημαίνει ότι εν τέλει μπορούμε να έχουμε πρακτικά τέτοιους ρυθμούς. Ο λόγος είναι ότι σε κάθε κόμβο το οπτικό σήμα πρέπει να μετατρέπεται σε ηλεκτρικό και να επεξεργάζεται καθώς δεν υπάρχει η δυνατότητα επεξεργασίας του στην οπτική μορφή. Αυτό προσθέτει σημαντική καθυστέρηση στην διαδικασία της μετάδοσης ενώ αν προσθέσουμε και το γεγονός ότι τα ηλεκτρονικά δεν μπορούν να δουλέψουν σε τόσο υψηλούς ρυθμούς οδηγούμαστε στην διαπίστωση ότι μένουν ανεκμετάλλευτες οι δυνατότητες που μας παρέχει η οπτική ίνα.

Για την αντιμετώπιση αυτού του σοβαρού προβλήματος η τεχνολογία προωθεί την δημιουργία και ανάπτυξη διατάξεων επεξεργασίας οπτικού σήματος σε ρυθμούς αντίστοιχους των ρυθμών μετάδοσης. Οι διατάξεις αυτές πρέπει να πραγματοποιούν όλες τις αναγκαίες ενέργειες που θα καθιστούν δυνατή την μετάδοση οπτικού σήματος χωρίς τη ενδιάμεση παρεμβολή ηλεκτρονικών. Οι διατάξεις αυτές θα παρέχουν δυνατότητες ενίσχυσης, αναγέννησης, μεταγωγής και επεξεργασίας του οπτικού σήματος. Απώτερος στόχος είναι η δημιουργία των αμιγώς οπτικών δικτύων, δηλαδή δικτύων όπου όλες οι λειτουργίες θα πραγματοποιούνται σε οπτικό επίπεδο εξασφαλίζοντας ταχύτητα και λειτουργικότητα.

Αναφορικά ως προς αυτή κατεύθυνση έχει παρουσιαστεί μεγάλη εξέλιξη και τα δεδομένα είναι ενθαρρυντικά για το μέλλον.

Η εμφάνιση των φτηνών οπτικών ενισχυτών ίνας ερβίου που παρουσιάζουν ικανοποιητικό κέρδος σε ένα αρκετά μεγάλο φάσμα συχνοτήτων καθώς και η ύπαρξη πολυπλεκτών / αποπολυπλεκτών σε συνδυασμό με διατάξεις αναγέννησης, μετατροπής μήκους κύματος αλλά και των πρώτων οπτικών πυλών που βασίζονται σε συμβολόμετρα αποτελούν την καλύτερη παρακαταθήκη για το μέλλον της φωτονικής τεχνολογίας. Σήμερα η έρευνα επικεντρώνεται στην δημιουργία και βελτίωση εκείνων των επιμέρους διατάξεων που στο μέλλον θα είναι η βάση για την δημιουργία των πρώτων αμιγώς οπτικών δικτύων.

## **Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>** **Οι οπτικές ίνες**

### **2.1 Δομή οπτικής ίνας**

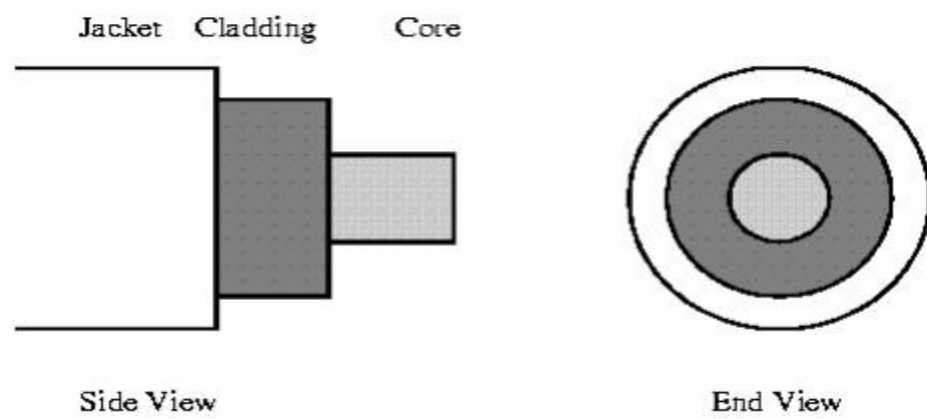
Ένα οπτικό σύστημα μετάδοσης έχει τρία στοιχεία: την πηγή φωτός, το μέσο μετάδοσης και τον ανιχνευτή. Ο ανιχνευτής δημιουργεί έναν ηλεκτρικό παλμό όταν πέφτει πάνω του φως. Συνδέοντας μία πηγή φωτός στο ένα άκρο οπτικής ίνας και έναν ανιχνευτή στο άλλο, έχουμε ένα μονοκατευθυντικό σύστημα μετάδοσης, που δέχεται ένα ηλεκτρικό σήμα, το μετατρέπει σε παλμούς φωτός και το μεταδίδει και τέλος το ξαναμετατρέπει σε ηλεκτρικό σήμα στη λήψη.

Αυτό το σύστημα μετάδοσης θα παρουσίαζε διαρροές φωτός και θα ήταν πρακτικά άχρηστο εάν δεν υπήρχε μία ενδιαφέρουσα αρχή της φυσικής. Όταν μία ακτίνα φωτός περνά από ένα μέσο σε άλλο, για παράδειγμα από γυαλί σε αέρα, η ακτίνα διαθλάται (στρίβει) στη διαχωριστική επιφάνεια γυαλιού/αέρος. Η ποιότητα της διάθλασης εξαρτάται από τις ιδιότητες των δύο μέσων και συγκεκριμένα από τους δείκτες διάθλασής τους. Για γωνίες πρόσπτωσης μεγαλύτερες από μία συγκεκριμένη κρίσιμη τιμή, το φως διαθλάται πίσω στο γυαλί και δεν διαφεύγει στο αέρα. Κατά συνέπεια μία ακτίνα φωτός προσπίπτουσα με γωνία

ίση ή μεγαλύτερη της κρίσιμης τιμής παγιδεύεται εντός της ίνας και μπορεί να διαδοθεί για πολλά χιλιόμετρα, σχεδόν χωρίς καμία απώλεια.

Η οπτική ίνα (optic fiber) αποτελείται από τρία ομοαξονικά στρώματα υλικού (Σχήμα 1):

- ❖ τον πυρήνα (core) αποτελούμενο από γυαλί, μέσα στον οποίο διαδίδεται το οπτικό σήμα
- ❖ την επίστρωση (cladding) αποτελούμενη από γυαλί με δείκτη διάθλασης μικρότερο από αυτόν του πυρήνα και
- ❖ το λεπτό πλαστικό προστατευτικό κάλυμμα (jacket) της οπτικής ίνας



Σχήμα 1

Η ίνα περιβάλλεται από ένα παχύ εξωτερικό κάλυμμα (buffer) που είναι κατασκευασμένο από πλαστικό και χρησιμοποιείται για την πρόσθετη προστασία της. Λόγω του ότι ο δείκτης διάθλασης του πυρήνα είναι μεγαλύτερος από αυτόν της επίστρωσης οι ακτίνες που προσπίπτουν στην επίστρωση με γωνία μεγαλύτερη της οριακής ανακλώνται με γωνία ίση με τη γωνία πρόσπτωσης. Έτσι το οπτικό σήμα 'παγιδεύεται' μέσα στον πυρήνα και οδεύει με διαδοχικές αντανάκλασεις προς το άλλο άκρο της οπτικής ίνας.

## 2.2 Δομή καλωδίου οπτικών ινών

Η δομή ενός καλωδίου οπτικών ινών είναι τέτοια, ώστε να αποτρέπει τις εξωτερικές φθορές, αλλά και την απώλεια σήματος, που θα προέκυπτε κατά τη διαρροή της φωτεινής ακτινοβολίας στο εξωτερικό του. Τα τμήματα ενός καλωδίου οπτικών ινών από το κέντρο προς το εξωτερικό του, είναι τα εξής:

- **Πυρήνας:** Βρίσκεται στο κέντρο του καλωδίου. Αποτελείται από μία δέσμη οπτικών ινών, που αναλαμβάνουν τη μετάδοση των φωτεινών σημάτων.
- **Εσωτερική επένδυση:** Είναι το υλικό που αντανακλά εσωτερικά το φως, εκμηδενίζοντας παράλληλα το ποσοστό διαφυγής του στο εξωτερικό του καλωδίου.
- **Εξωτερική επένδυση:** Ανθεκτικό υλικό, που αποτελείται από καουτσούκ για μικρά καλώδια οικιακής χρήσης, ή από ατσάλι για μεγαλύτερα, που χρησιμοποιούνται σε εξωτερικό περιβάλλον. Προστατεύει το καλώδιο από ζημιές που θα προέκυπταν από τους διάφορους εξωτερικούς παράγοντες.



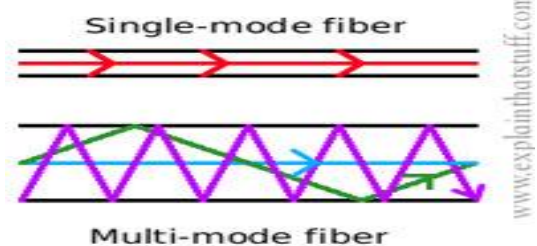
**Καλώδιο οπτικής ίνας**

## 2.3 Τύποι οπτικών ινών

Υπάρχουν οι οπτικές ίνες απλού τύπου και οι πολλαπλού τύπου. Στις οπτικές ίνες απλού τύπου (single-mode) (Σχήμα 2), τα κύματα φωτός ταξιδεύουν σε ευθεία γραμμή και μπορούμε να στείλουμε δεδομένα σε μεγάλες αποστάσεις.

Οι οπτικές ίνες πολλαπλού τύπου (multi-mode) (Σχήμα 2), είναι πιο "χοντρές" από τις απλού τύπου, αλλά μπορούν να στείλουν παράλληλα, σε ξεχωριστό μονοπάτι, πολλά κύματα φωτός.

Το κάθε κύμα φωτός, εισέρχεται στην οπτική ίνα υπο ελαφρώς διαφορετική γωνία σε σχέση με τα άλλα, και ακολουθεί το δικό του μονοπάτι μέσα της, μέσω των διαδοχικών ανακλάσεων στο περίβλημα.



**Σχήμα 2**

Αυτό συμβαίνει παράλληλα με πολλά κύματα φωτός (όλα σε διαφορετική γωνία σε σχέση με τα άλλα) κι έτσι μπορούμε να στείλουμε παράλληλα, τεράστιο όγκο δεδομένων!

## **2.4 Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα οπτικών ινών**

Οι οπτικές ίνες έχουν περισσότερα πλεονεκτήματα απότι μειονεκτήματα.

Πλεονεκτήματα οπτικών ινών:

- 1) μπορούν να μεταφέρουν παράλληλα πολύ μεγαλύτερο όγκο δεδομένων σε σχέση με το χάλκινο καλώδιο,
- 2) η μεταφορά των δεδομένων γίνεται γρηγορότερα,
- 3) είναι λιγότερο ευάλωτα τα δεδομένα που ταξιδεύουν μέσα τους, σε παρεμβολές
- 4) είναι πολύ πιο λεπτές και ελαφρύτερες από το χάλκινο καλώδιο.
- 5) τα δεδομένα μεταδίδονται ψηφιακά: άρα πιο γρήγορη κωδικοποίηση - αποκωδικοποίηση δεδομένων, σχεδόν καθόλου απώλειες δεδομένων.

Μειονεκτήματα οπτικών ινών:

- 1) είναι πιο ακριβές,
- 2) είναι πιο δύσκολη η εγκατάστασή τους,
- 3) είναι πιο εύθραυστες,
- 4) δεν μπορούμε να τις λυγίζουμε πολύ, θα πρέπει να τις εγκαθιστούμε με ελαφριά κλίση, γιατί αλλιώς θα έχουμε απώλειες.

## **Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup> Κατηγορίες ινών**

### **3.1 Τρόποι εκπομπής και μετάδοσης στις οπτικές ίνες**

Η εκπομπή του οπτικού σήματος σε οπτική ίνα γίνεται από πηγή LED (light Emmiting Diode) ή LASER (Light Amplification by Stimulated Emission off Radiation), και τα μήκη κύματος του φωτός, που η οπτική ίνα είναι σχεδιασμένη να μεταφέρει, ποικίλουν από 800nm μέχρι 1500nm. Οι οπτικές ίνες διαφοροποιούνται, κατ'αρχήν, από τον τρόπο

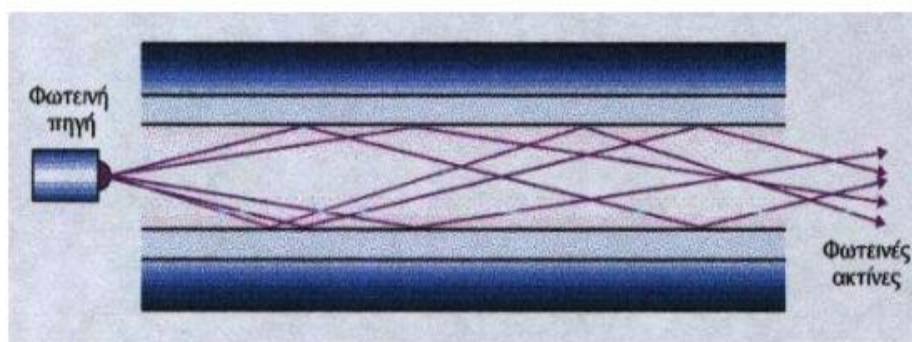
μετάδοσης του σήματος σε αυτές. Η πρώτη βασική διάκριση είναι μεταξύ των πολύτροπων και μονότροπων οπτικών ινών.

### 3.1.1 Πολύτροπες οπτικές ίνες (Multimode fiber optics)

Ο τρόπος αναφοράς των μεγεθών για τις οπτικές ίνες είναι να αναφέρουμε πρώτα τη διάμετρο του πυρήνα (γυαλιού) και στη συνέχεια τη διάμετρο της επίστρωσης (cladding). Οι μετρήσεις των παραπάνω μεγεθών γίνονται σε 10<sup>-6</sup> μέτρα. Οι πολύτροπες οπτικές ίνες έχουν τυπικά μεγέθη 50μm/ 125 μm, 62,5/125, 85/125 ή 100/140. Ο συνηθέστερος τύπος, ο οποίος κυκλοφορεί, είναι ο 62,5/125. Η ολική διάμετρος της οπτικής ίνας συμπεριλαμβανομένων των ενισχυτικών συνθετικών ινών και του εξωτερικού περιβλήματος φτάνει τα 900μm. Η αρχή μετάδοσης σε πολύτροπη οπτική ίνα είναι ότι οι διάφορες ακτίνες του οπτικού σήματος ανάλογα με την είσοδο τους στην οπτική ίνα ταξιδεύουν ανακλώμενες υπό διαφορετικές γωνίες, όπως φαίνεται στα σχήματα 3,4. Αυτός ο τρόπος μετάδοσης ονομάζεται πολύτροπος (multimode), επειδή έχουμε πολλούς δρόμους μετάδοσης, που αντιστοιχούν στις διαφορετικές γωνίες ανάκλασης. Οι πολύτροπες οπτικές ίνες διακρίνονται σε δυο κατηγορίες: τις διακριτού βήματος (step index) και τις βαθμιαίου βήματος (graded index).

#### Μετάδοση οπτικής ίνας διακριτού δείκτη (step index)

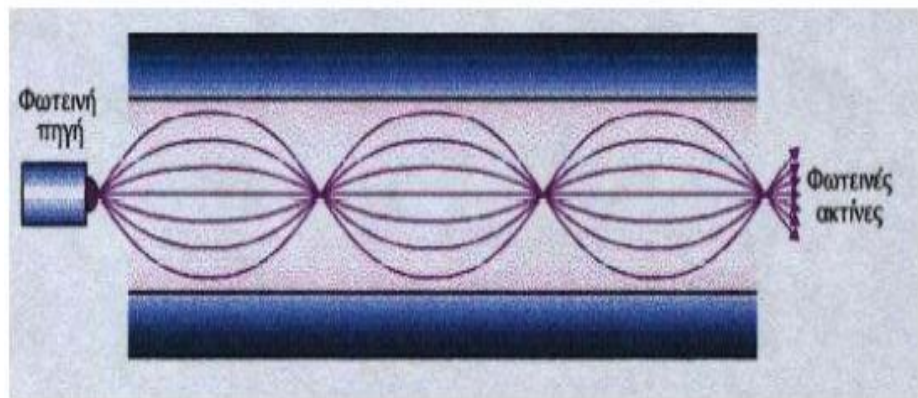
- Στις ίνες αυτές συμβαίνει απότομη μεταβολή του δείκτη διάθλασης μεταξύ της κεντρικής ίνας και του υλικού επίστρωσης. Στην περίπτωση αυτή, η πορεία των ακτίνων εμφανίζεται στο Σχήμα 3.



Σχήμα

### Μετάδοση οπτικής ίνας βαθμιαίου δείκτη (graded index)

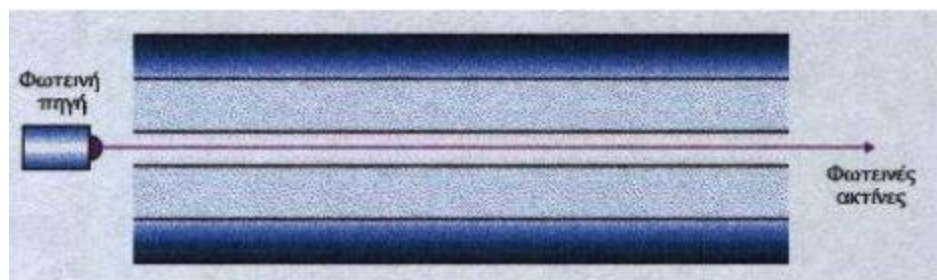
Οι ίνες αυτές χαρακτηρίζονται από βαθμιαία μεταβολή του δείκτη διάθλασης του υλικού της κεντρικής ίνας. Συμβαίνει βαθμιαία μείωση όσο απομακρυνόμαστε από το κέντρο προς την εξωτερική επιφάνεια του γυαλιού. Η πορεία των ακτινών σε μια τέτοια ίνα είναι αυτή, που φαίνεται στο Σχήμα 4.



Σχήμα 4

### 3.1.2 Μονότροπες οπτικές ίνες (single mode fiber optics)

Στις μονότροπες οπτικές ίνες η διάμετρος της κεντρικής ίνας είναι πολύ μικρή και πλησιάζει περίπου το επίπεδο του μήκους κύματος του εκπεμπόμενου σήματος. Στην περίπτωση αυτή, έχουμε έναν μόνο δυνατό τρόπο μετάδοσης του οπτικού σήματος, τον αξονικό. Η πορεία των ακτινών σε μια τέτοια οπτική ίνα φαίνεται στο Σχήμα 5. Η κεντρική ίνα στις μονότροπες οπτικές ίνες έχει διάμετρο από 5μm έως 10μm με συνηθέστερη τιμή τα 8,3 μm.



Σχήμα 5



### 3.2 Χαρακτηριστικά και επιδόσεις

Οι επιδόσεις μιας οπτικής ίνας συνδέονται με τον τρόπο μετάδοσης του σήματος στην ίνα, με το αν, δηλαδή, η ίνα είναι πολύτροπη ή μονότροπη και με το μήκος κύματος του φωτός, που εκπέμπεται από την πηγή. Στις μονότροπες οπτικές ίνες χρησιμοποιούνται μήκη κύματος μεταξύ των 1310 nm και των 1550 nm. Στις πολύτροπες οπτικές ίνες έχουμε μήκη κύματος από 850 nm έως 1300 nm. Θα πρέπει να τονίσουμε, ότι για δεδομένη εγκατάσταση, θα πρέπει να χρησιμοποιείται μόνο ένας τρόπος μετάδοσης και μόνο ένα συγκεκριμένο μήκος κύματος από τις πηγές σε όλη την έκταση της εγκατάστασης.

Οι οπτικές ίνες μπορούν να μεταφέρουν σήματα με πολύ μεγάλο εύρος ζώνης σε μεγάλες αποστάσεις με πολύ μικρή εξασθένηση του σήματος. Οι πολύτροπες οπτικές ίνες μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε αποστάσεις, που υπερβαίνουν τα 3Km, ενώ οι μονότροπες οπτικές ίνες μπορούν να υπερβούν τα 10 Km.

Υπάρχουν, όμως, και άλλοι παράγοντες, οι οποίοι περιορίζουν τις παραπάνω αποστάσεις μετάδοσης. Τέτοιοι παράγοντες είναι το εύρος ζώνης της πηγής και του δέκτη των σημάτων σε μια οπτική ίνα, και η χρωματική διασπορά του μεταδιδόμενου σήματος μέσα στην οπτική ίνα, η οποία διασπορά αυξάνεται με την απόσταση και εξασθενίζει το σήμα.

Επίσης, επιβαρυντικός παράγων είναι η χρήση συνδέσμων και διακλαδωτών στην πορεία των οπτικών ινών. Θα πρέπει να σημειώσουμε, ότι στις πολύτροπες οπτικές ίνες είναι πιο ανεκτό να χρησιμοποιήσουμε συνδετήρες και διακλαδωτές απ,ότι στις μονότροπες.

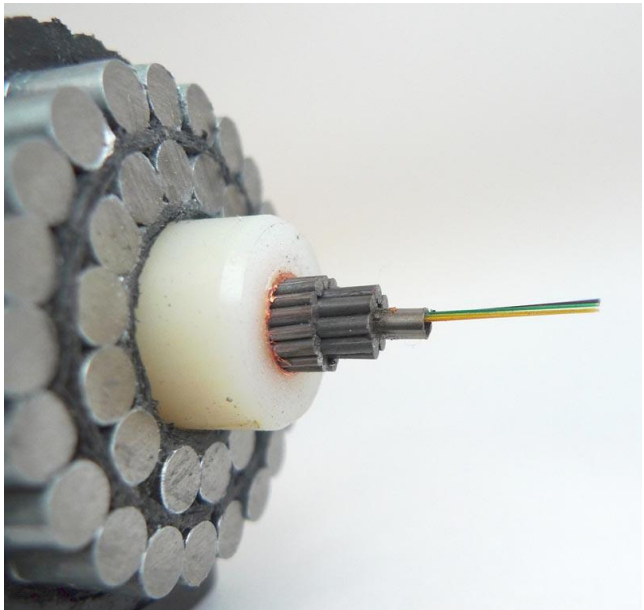
Επίσης, στις πολύτροπες οπτικές ίνες μπορούν να χρησιμοποιηθούν χαμηλού κόστους πηγές LED, ενώ οι μονότροπες οδηγούνται συνήθως από πηγή LASER. Τυπική τιμή εξασθένησης σήματος για μια 62,5/125 πολύτροπη οπτική ίνα είναι 3,5 dB/Km για σήμα με μήκος κύματος 850 nm και 1.0 dB/Km για μήκος κύματος 1300nm. Τυπικό μέγεθος εξασθένησης σήματος για μονότροπη οπτική ίνα είναι 0,5 dB/Km στα 1310 nm και 0,4 dB/Km στα 1550nm.

## Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup>

### Υποθαλάσσια καλώδια τηλεπικοινωνιών που συνδέουν τον κόσμο

#### 4.1 Υποβρύχια καλώδια

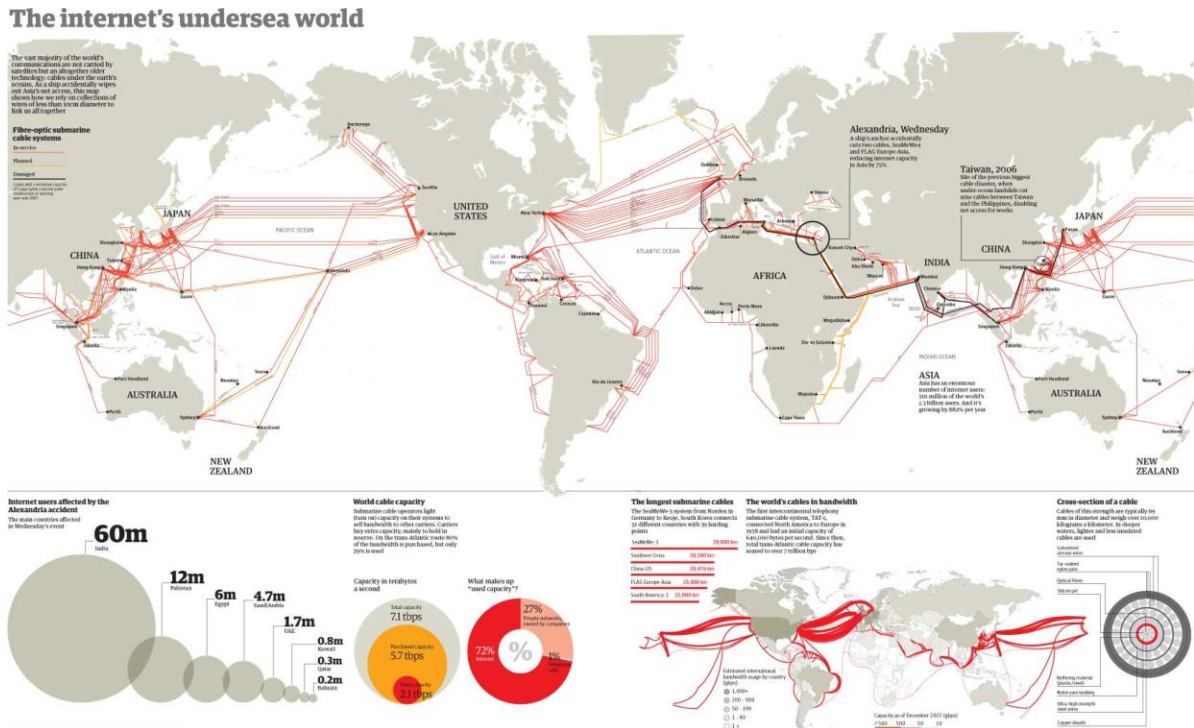
Αυτό που βλέπετε στο Σχήμα 6 είναι ένα υποβρύχιο καλώδιο τηλεπικοινωνιών. Με διάμετρο 69 χιλιοστά (2,7 ίντσες), μεταφέρει το 99% του συνόλου του διεθνούς traffic (που συμπεριλαμβάνει Internet, τηλεφωνία και προσωπικά δεδομένα), συνδέοντας κάθε ήπειρο της Γης, με μόνη εξαίρεση την Ανταρκτική. Αυτά τα εκπληκτικά καλώδια οπτικών ινών διασχίζουν τους ωκεανούς για εκατοντάδες χιλιάδες χιλιόμετρα.



Σχήμα 6

Τα υποθαλάσσια καλώδια διασχίζουν όλο τον πλανήτη (Σχήμα 7 Infographic από την εφημερίδα The Guardian), όπως μπορείτε να δείτε και στον παραπάνω χάρτη. Στην ουσία, πρόκειται για ένα capture του [www.submarinemap.com](http://www.submarinemap.com), ενός διαδραστικού site που σας

επιτρέπει να κάνετε zoom, pan και να εντοπίσετε κάθε γνωστό υποβρύχιο καλώδιο στον κόσμο.



Σχήμα 7



Σχήμα 8

Στο Σχήμα 8 (Φωτογραφία από τον Bill Glover, FTL Design @ atlantic-cable.com) είναι το CS Cable Innovator, ένα πλοίο ειδικά σχεδιασμένο για τη μεταφορά καλωδίων

οπτικών ινών και το μεγαλύτερο του είδους του στον κόσμο. Κατασκευασμένο το 1995 από τη φινλανδική Kvaerner Masa, έχει 145 μέτρα μήκος, ενώ είναι ικανό να μεταφέρει έως και 8.500 τόνους καλωδίου οπτικών ινών. Το πλοίο διαθέτει 80 καμπίνες, από τις οποίες 42 είναι για τους αξιωματικούς, 36 για το πλήρωμα και δύο σουίτες. Η κανονική αντοχή του πλοίου στη θάλασσα είναι 42 ημέρες, οι οποίες βέβαια μπορούν να φτάσουν ακόμη και τις 60, με τη βοήθεια υλικοτεχνικής υποστήριξης.



Σχήμα 9

#### 4.2 Η τεχνολογική εξέλιξη των καλωδίων

Αρχικά, τα υποβρύχια καλώδια ήταν απλές point-to-point συνδέσεις. Με την ανάπτυξη των υποθαλάσσιων διακλαδωτών (SBUs), όμως, πάνω από ένας προορισμός μπορεί να εξυπηρετηθεί από ένα ενιαίο σύστημα καλωδίων. Τα σύγχρονα συστήματα καλωδίων σήμερα (Σχήμα 10) έχουν συνήθως τις οπτικές ίνες τους τοποθετημένες σε έναν αυτοδιορθούμενο δακτύλιο, ενώ διαθέτουν εφεδρικά υποβρύχια τμήματα που ακολουθούν διαφορετικές πορείες στον πυθμένα του ωκεανού, ώστε σε περίπτωση βλάβης κάποιου τμήματος για μη διακόπτεται η σύνδεση. Μέσα στο 2012, οι παροχείς "απέδειξαν με επιτυχία τη μακροπρόθεσμη, χωρίς λάθη, μετάδοση στα 100 Gbps κατά μήκος του Ατλαντικού Ωκεανού" σε διαδρομές έως 6.000 χλμ, κάτι που συνεπάγεται ότι ένα τυπικό καλώδιο μπορεί να μεταφέρει δεκάδες terabits ανά δευτερόλεπτο υποθαλάσσια. Οι ταχύτητες έχουν βελτιωθεί

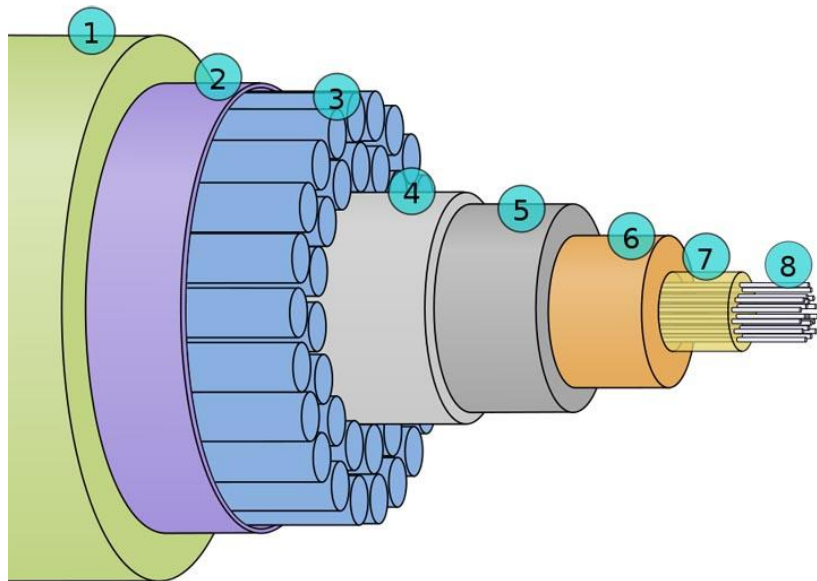
με γρήγορους ρυθμούς τα τελευταία χρόνια... (Ενδεικτικά, μόνο 40 Gbit/s ήταν η ταχύτητα στην εν λόγω γραμμή τρία χρόνια νωρίτερα, τον Αύγουστο του 2009.



Σχήμα10

#### 4.3 Διατομή ενός υποθαλάσσιου καλωδιακού συστήματος επικοινωνιών

Έχει ενδιαφέρον να παρατηρήσει κανείς από τι αποτελείται ένα απλό υποβρύχιο καλώδιο από αυτά που βρίσκονται στους ωκεανούς της γης. Όπως θα δείτε, ένα συνηθισμένο καλώδιο διαθέτει επτά ακόμη στρώματα πάνω από τις οπτικές ίνες.



Σχήμα 11

## **Διάγραμμα (Σχήμα 11)**

1. Εξωτερικός μανδύας πολυαιθυλενίου
2. Ταινία μόνωσης "Mylar"
3. Μονωμένα μεταλλικά (από χάλυβα) σύρματα
4. Αδιάβροχο περίβλημα αργιλίου
5. Πολυάνθρακας
6. Σωληνίσκοι από χαλκό ή αργίλιο
7. Ζελατίνα πετρελαίου
8. Οπτικές ίνες

### **4.4 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τα υποβρύχια καλώδια**

Πώς επηρεάζουν, όμως, τα καλώδια το βυθό των ωκεανών και τους ζωντανούς οργανισμούς που κατοικούν εκεί; Παρά το γεγονός ότι κυριολεκτικά εκατομμύρια χιλιόμετρα καλωδίων επικοινωνιών έχουν τοποθετηθεί στο θαλάσσιο βυθό κατά τον τελευταίο αιώνα, λίγες επιστημονικές εργασίες έχουν τεκμηριώσει τις επιπτώσεις αυτών των καλωδίων στη θαλάσσια ζωή. Μια πρόσφατη μελέτη από ερευνητές του MBARI και του Εθνικού Θαλάσσιου Καταφυγίου Monterey Bay περιγράφει μια μοναδική βιολογική έρευνα του καλωδίου που βρίσκεται στο βαθύ πυθμένα της Κεντρικής California, η οποία διαπίστωσε ότι το καλώδιο είχε μόνο ήσσονος σημασίας επιπτώσεις για τους ζωντανούς οργανισμούς που κατοικούν στο θαλάσσιο πυθμένα. Στην παρακάτω φωτογραφία (Σχήμα 12) βλέπουμε μια ποικιλία θαλάσσιας ζωής που κατοικεί κοντά στο καλώδιο Pioneer Seamount, το οποίο διασχίζει την ηπειρωτική υφαλοκρηπίδα του Half Moon Bay. Οι ζωντανοί οργανισμοί σε αυτή την εικόνα περιλαμβάνουν πολλούς θαλάσσιους αστερίες και ανεμώνες. Για να υπολογίσετε την κλίμακα, το καλώδιο είναι περίπου 3,2 εκατοστά (1,25 ίντσες) σε διάμετρο.



Σχήμα 12

#### 4.5 Πλεονεκτήματα και κόστος υποθαλάσσιων καλωδίων

Σύμφωνα με στατιστικά του 2006, οι δορυφορικές συνδέσεις αντιπροσώπευαν μόλις το 1 τοις εκατό της διεθνούς κίνησης, ενώ το υπόλοιπο μεταφερόταν με υποθαλάσσια καλώδια. Η αξιοπιστία των υποβρυχίων καλωδίων είναι υψηλή, ειδικά όταν (όπως προαναφέραμε) είναι διαθέσιμες πολλαπλές διαδρομές, σε περίπτωση που κάποιο καλώδιο καταστραφεί. Επιπλέον, η συνολική μεταφορική ικανότητα των υποβρυχίων καλωδίων ανέρχεται σε μερικά terabits ανά δευτερόλεπτο, ενώ οι δορυφόροι προσφέρουν συνήθως μόνο megabits ανά δευτερόλεπτο και εμφανίζουν υψηλότερη πιθανότητα για λάθη. Πρέπει να σημειωθεί, ωστόσο, ότι το κόστος τους είναι αρκετά υψηλό, καθώς ένα τυπικό υπερωκεάνιο υποθαλάσσιο καλωδιακό σύστημα κοστίζει αρκετές εκατοντάδες εκατομμύρια δολάρια για την κατασκευή του.

## **Κεφάλαιο 5<sup>ο</sup>**

### **Αρχιτεκτονική δικτύου οπτικής ίνας**

#### **5.1 Τεχνολογία FTTX**

Ο γενικός όρος Fiber to the x (Ινα μέχρι το x) ή FTTx περιγράφει κάθε αρχιτεκτονική δικτύου που χρησιμοποιεί οπτικές ίνες για να αντικαταστήσει ολόκληρο ή μέρος του τοπικού βρόχου που χρησιμοποιείται για την παροχή τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών.

Οι τέσσερις τεχνολογίες που ανήκουν στην οικογένεια FTTx είναι οι εξής:

- Fiber to the Node ή Fiber to the Neighborhood (FTTN) ή Fiber to the Cabinet (FTTCab)
- Fiber to the Curb (FTTC)
- Fiber to the Building (FTTB)
- Fiber to the Home (FTTH)

Στην πράξη η διαφορά ανάμεσα στο FTTN και το FTTC είναι μικρή, και συχνά το δεύτερο θεωρείται υποκατηγορία του πρώτου. Χρησιμοποιείται επίσης ο όρος Fiber to the Premises (FTTP), για τον οποίο όμως υπάρχουν αντικρουόμενοι ορισμοί. Κάποιοι ταυτίζουν το FTTP με το FTTB, άλλοι το ταυτίζουν με το FTTH, και άλλοι το θεωρούν γενικότερο όρο που περιλαμβάνει και το FTTB και το FTTH.

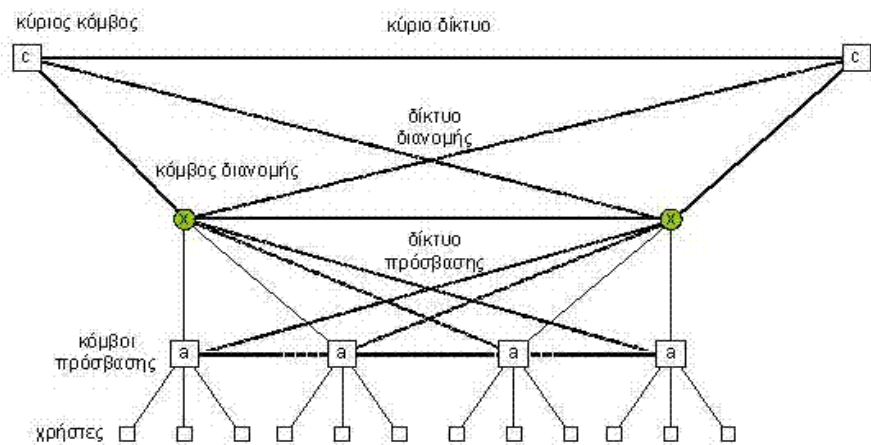
#### **5.2 Οι τεχνολογίες FTTC/FTTB και η αρχιτεκτονική τους**

FTTC/FTTB :

- Η FTTC αρχιτεκτονική αποτελείται από οπτική ίνα στο δίκτυο πρόσβασης μέχρι την μονάδα τερματισμού της οπτικής ίνας, που τοπολογικά βρίσκεται στο κράσπεδο του πεζοδρομίου (FTTC) ή μέχρι ένα συγκεκριμένο κτίριο (FTTB) εξυπηρετώντας μερικές δεκάδες συνδρομητές.
- Το τελευταίο τμήμα μέχρι τη συσκευή του χρήστη έχει τυπικά μήκος περίπου 300 μέτρα και αποτελείται από ομοαξονικό καλώδιο ή δισύρματη τηλεφωνική γραμμή.
- Κάθε χρήστης συνδέεται με το δικό του καλώδιο μέχρι τη μονάδα τερματισμού της οπτικής ίνας, δημιουργώντας μας τοπολογία αστεριού



Προς το παρόν οι οπτικές ίνες χρησιμοποιούνται για την υλοποίηση ευρυζωνικού δικτύου κορμού και διανομής, καθώς είναι ουσιαστικά η μόνη τεχνολογία που μπορεί να υποστηρίξει τη συγκέντρωση ευρυζωνικών συνδέσεων πρόσβασης και να μεταφέρει τις μεγάλες ποσότητες δεδομένων με υψηλό ρυθμό που απαιτεί η παροχή ευρυζωνικών υπηρεσιών από κεντρικά σημεία διανομής προς τους συνδρομητές. Για το λόγο αυτό είναι κοινή περίπτωση ο συνδυασμός υποδομών οπτικών ινών με άλλες ευρυζωνικές τεχνολογίες, όπου η υποδομή οπτικών ινών δημιουργείται και φτάνει μέχρι τις γειτονιές ή τα κτίρια των συνδρομητών και στη συνέχεια χρησιμοποιούνται οι υπόλοιπες τεχνολογίες ευρυζωνικής πρόσβασης για να δημιουργηθεί το δίκτυο πρόσβασης που φτάνει μέχρι το χώρο του χρήστη. Όσον αφορά την αρχιτεκτονική ενός δικτύου οπτικών ινών, σημειώνεται ότι αποτελείται από τρεις βασικές λογικές μονάδες: το δίκτυο κορμού, το δίκτυο διανομής και το δίκτυο πρόσβασης. Η λογική αυτή παρουσιάζεται καλύτερα στο Σχήμα 11.



Σχήμα 13

Το δίκτυο κορμού αποτελείται από έναν αριθμό κόμβων οι οποίοι συνδέονται μεταξύ τους. Σημειώνεται ότι υπάρχει σύνδεση μεταξύ των κύριων κόμβων οι οποίοι βρίσκονται σε κοντινή απόσταση μεταξύ τους.

Το δίκτυο διανομής, παρέχει συνδέσεις σημείου-πολλαπλών σημείων μεταξύ των κυρίων κόμβων και των κόμβων πρόσβασης. Στους κόμβους διανομής μπορεί να τοποθετηθεί ενεργός ή παθητικός εξοπλισμός για το διαχωρισμό του σήματος, οπότε λέμε ότι χρησιμοποιούμε Ενεργό Οπτικό Δίκτυο (AON, Active Optical Network) ή Παθητικό Οπτικό Δίκτυο (PON, Passive Optical Network) αντίστοιχα.

Τέλος, το δίκτυο πρόσβασης, που καταλήγει στις Οπτικές Μονάδες Δικτύου, αποτελεί τον οπτικό τερματισμό του σήματος. Από εκεί κι έπειτα το σήμα γίνεται ηλεκτρικό και μεταφέρεται μέσω χάλκινου καλωδίου στον συνδρομητή. Κάθε ΟΜΔ επικοινωνεί με 20

περίπου χρήστες. Αν αυτό το κομμάτι αναδιαταχθεί έτσι ώστε κάθε ΟΜΔ να επικοινωνεί με έναν χρήστη και μεταφερθεί η ΟΜΔ στο χώρο του χρήστη, θα έχει επιτευχθεί η τεχνολογία Οπτική Ίνα Στο Σπίτι (FTTH). Μέχρι τότε μπορούν να χρησιμοποιούνται οι τεχνολογίες ADSL/VDSL2 στο τελευταίο κομμάτι του δικτύου.

### **5.3 Η τεχνολογία FTTH**

FTTH (Fiber To The Home)

- Η τεχνολογία FTTH (Fiber To The Home) χρησιμοποιεί οπτική ίνα μέχρι το σπίτι. Μπορεί να συνδυαστεί είτε με παθητικό τερματισμό της οπτικής ίνας οπότε έχουμε ένα PON δίκτυο, είτε με ενεργητικό τερματισμό της ίνας.
- Στην τελευταία περίπτωση είναι πιθανό τα σήματα να μεταφέρονται με διαφορετικό μέσο μέχρι την τερματική συσκευή. Τέλος είναι πιθανό οι ενεργοί τερματισμοί της ίνας να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία τοπολογίας αστεριού μέχρι το τερματικό.

### **5.4 Ενεργό Οπτικό Δίκτυο (Active Optical Network, AON)**

Η τεχνολογία AON χρησιμοποιεί διατάξεις ενεργού εξοπλισμού στους κόμβους διανομής. Η διαφορά της τεχνολογίας AON από την PON βρίσκεται στον τρόπο υλοποίησης της διάταξης όπου τερματίζει το δίκτυο διανομής και από την οποία ξεκινούν οι υψηλού εύρους ζώνης συνδέσεις και φτάνουν μέχρι το συνδρομητή. Στην τεχνολογία AON η διάταξη αυτή αποτελείται από ενεργό εξοπλισμό, δηλ. εξοπλισμό που απαιτεί ηλεκτρική τροφοδοσία και εκτελεί έξυπνες εργασίες δρομολόγησης δεδομένων. Ο εξοπλισμός αυτός μετατρέπει το οπτικό σήμα σε ηλεκτρικό και ξανά σε οπτικό οπότε, μέσα από την αναγέννηση, εξαλείφεται η εξασθένηση του οπτικού σήματος. Επίσης η τεχνολογία AON επιτρέπει τη δημιουργία οπτικών δακτυλίων όπου παρέχεται η δυνατότητα προστασίας του δικτύου μέσω της μετάδοσης του σήματος σε δυο διαδρομές (η προστασία συνίσταται στην εξασφάλιση της δυνατότητας μετάδοσης δεδομένων ακόμη και αν εμφανιστεί βλάβη στη μια διαδρομή). Φυσικά απαιτείται από την πλευρά του χρήστη ο κατάλληλος εξοπλισμός τερματισμού των οπτικών ινών (Optical Network Unit ONU) που παρέχει τη θύρα πρόσβασης στο οπτικό δίκτυο.

Τα ενεργά Οπτικά Δίκτυα, είναι μια προσέγγιση, που δεν είναι πολύ διαδεδομένη για το σχεδιασμό των κόμβων διανομής. Οι συνδέσεις point-to-point (P2P) μεταξύ των κύριων κατανομητών και των συνδρομητών, που χρησιμοποιούν κατεξοχήν την τεχνολογία IEEE 802.3ah EFM (Ethernet in the First Mile) για την πρόσβαση στο ευρυζωνικό περιεχόμενο. Οι

συνδέσεις P2P δίνουν στους χρήστες μεγαλύτερο αποκλειστικό εύρος ζώνης, σε σχέση με τα διαμοιραζόμενα συστήματα και τη δυνατότητα πρόσβασης σε περισσότερο υλικό μελλοντικά. Η αναβάθμισή τους γίνεται εύκολα και επηρεάζει ένα χρήστη κάθε φορά και δεν απαιτούνται αλλαγές σε κεντρικές εγκαταστάσεις.

## 5.5 Παθητικό Οπτικό Δίκτυο (Passive Optical Network, PON)

Όπως είπαμε και παραπάνω, τα Παθητικά Οπτικά Δίκτυα, είναι αυτά που στους κόμβους διανομής χρησιμοποιούν παθητικό εξοπλισμό. Συγκεκριμένα χρησιμοποιούν διαχωριστές για την πολλαπλή μετάδοση ενός σήματος σε πολλές Οπτικές Μονάδες Δικτύου, τυπικά 32. Αποτελούνται από έναν Τερματιστή Οπτικής Γραμμής (Optical Line Termination, OLT) στο κεντρικό γραφείο του φορέα παροχής υπηρεσιών και τις οπτικές μονάδες δικτύου (ONUs) κοντά στους τελικούς χρήστες. Αυτό επιτρέπει την εξοικονόμηση σε οπτικές ίνες αλλά και σε εξοπλισμό κυρίων κατανομών, που χρησιμοποιείται στις σημείο-προς-σημείο συνδέσεις.

Τα PONs έχουν μια τοπολογία δέντρου προκειμένου να μεγιστοποιηθεί η κάλυψή τους με χρήση ελάχιστων διαχωριστών, μειώνοντας κατά συνέπεια τις απώλειες οπτικής ισχύος. Αυτό είναι σημαντικό, καθώς το παθητικό δίκτυο διανομής δεν έχει κανέναν ενισχυτή ή αναγεννητή. Υπάρχουν τρεις τυποποιημένες εκδόσεις PON: Ethernet PON (EPON, IEEE 802.3ah), ATM PON και Broadband PON (APON-BPON, ITU-T G.983) και Gigabit PON (GPON, ITU-T G.984). Όλες χρησιμοποιούν δύο μήκη κύματος, ένα για την προς τα κάτω και ένα για την προς τα πάνω μετάδοση δεδομένων. Αυτά τα μήκη κύματος μοιράζονται χρονικά μεταξύ των χρηστών, με πολυπλεξία διαίρεσης χρόνου (TDMA - PONs). Το συνολικό διαθέσιμο εύρος ζώνης ανά χρήστη περιορίζεται έτσι από αυτό το μοίρασμα. Ένα τρίτο μήκος κύματος μπορεί προαιρετικά να χρησιμοποιηθεί για την προς τα κάτω μετάδοση αναλογικής τηλεόρασης (RF). Η Πολυπλεξία Μήκους Κύματος (WDM) μπορεί να χρησιμοποιηθεί στα PON για να αυξήσει τη συνολική χωρητικότητα του δικτύου. Ο πίνακας 6 συγκρίνει μερικά από τα κύρια χαρακτηριστικά των τεχνολογιών PON.

## Κεφάλαιο 6<sup>ο</sup> Οπτική ίνα στην Ελλάδα

### 6.1 Παρόχοι FTTH Internet στην Ελλάδα

Μετά από περίπου ένα χρόνο από την επίσημη ανακοίνωση της πρόθεσης για ανάπτυξη δικτύων FTTH στην Ελλάδα από την Κυβέρνηση, έχουν γίνει συγκεκριμένα βήματα για την υλοποίησή του. Τον σχεδιασμό του έργου διαχειρίζεται διυπουργική επιτροπή και οι επιλογές της θα καθορίσουν το μέλλον του ανταγωνισμού μεταξύ των παρόχων τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών στην Ελλάδα, το επίπεδο νέων ιδιωτικών επενδύσεων στους κατασκευαστικούς και τηλεπικοινωνιακούς κλάδους της ελληνικής βιομηχανίας και κατ'επέκταση την ανάπτυξη της οικονομίας καθώς και την διαθεσιμότητα μελλοντικών καινοτόμων υπηρεσιών σε όσο το δυνατό περισσότερους πολίτες της χώρας.

Μετά από περίπου ένα χρόνο από την επίσημη ανακοίνωση της πρόθεσης για ανάπτυξη δικτύων FTTH στην Ελλάδα από την Κυβέρνηση, παρουσιάστηκε το σχέδιο έργου και στο συνέδριο «FTTH Council Europe» που έγινε στην Δανία στις 11-12 Φεβρουαρίου και προσέλκυσε πάνω από 2000 συμμετέχοντες και 70 εταιρείες που παρουσίαζαν τα προϊόντα τους. Ο Καθηγητής ΕΜΠ κ. Παναγιώτης Τσανάκας, Πρόεδρος του ΕΔΕΤ και Μέλος της ΕΕΤΤ, παρουσίασε τις επιλογές όσον αφορά τον σχεδιασμό για την υλοποίηση του άξονα της στρατηγικής τηλεπικοινωνιών που αφορά στην ανάπτυξη δικτύων πρόσβασης FTTH (η ομιλία και οι σχετικές ανακοινώσεις είχαν σημαντική διεθνή ειδησεογραφική κάλυψη). Είναι επίσης αξιοσημείωτο ότι κατά την διάρκεια του συνεδρίου καταγράφηκε έντονο ενδιαφέρον θεσμικών επενδυτών για το έργο από στελέχη του Οργανισμού «Invest in Greece».

Τον σχεδιασμό του έργου διαχειρίζεται διυπουργική επιτροπή και οι επιλογές της θα καθορίσουν το μέλλον του ανταγωνισμού μεταξύ των παρόχων τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών στην Ελλάδα, το επίπεδο νέων ιδιωτικών επενδύσεων στους κατασκευαστικούς και τηλεπικοινωνιακούς κλάδους της ελληνικής βιομηχανίας και κατ'επέκταση την ανάπτυξη της οικονομίας καθώς και την διαθεσιμότητα μελλοντικών καινοτόμων υπηρεσιών σε όσο το δυνατό περισσότερους πολίτες της χώρας. Ευτυχώς λίγοι είναι αυτοί που δεν βλέπουν ακόμη την αναγκαιότητα να αναπτυχθούν αυτές οι υποδομές στην Ελλάδα και εκφράζουν μόνο αρνητικές θέσεις προσπαθώντας να προασπίσουν τα συμφέροντα τους (και ο ΟΤΕ άλλαξε πλέον θέση που ανακοίνωσε και επισήμως). Οι περισσότεροι παράγοντες της αγοράς τηλεπικοινωνιών στην Ελλάδα σχολιάζουν με ενδιαφέρον τις δυνατές επιλογές και

προτείνουν μικρές ή μεγάλες τροποποιήσεις προκειμένου να προχωρήσει η χώρα στην ανάπτυξη FTTH με τους πιο ευνοϊκούς όρους. Ο βασικός προβληματισμός πλέον εστιάζεται κυρίως στο εάν το συγκεκριμένο μοντέλο ΣΔΙΤ που έχει επιλεγεί είναι το πιο κατάλληλο, καθώς και το πως το σχέδιο της κυβέρνησης θα εξασφαλίσει άμεση έγκριση από την Επιτροπή Ανταγωνισμού της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Εάν δεν υπάρξει κάποιο πρόβλημα με την υποβολή του σχετικού φακέλου στην Επιτροπή αυτή, τότε όπως αναφέρθηκε το φθινόπωρο του τρέχοντος έτους θα έχει προκηρυχτεί το έργο. Ελπίζουμε ότι η σωστή προετοιμασία του φακέλου και οι σχετικές διαβουλεύσεις θα επιτρέψουν την απρόσκοπτη υλοποίηση του χρονοδιαγράμματος.

Βεβαίως παρόλο που βασικές παράμετροι του έργου όπως: ο προϋπολογισμός, η επιλογή του επιχειρηματικού μοντέλου ανάπτυξης των υποδομών και η αρχιτεκτονική του δικτύου έχουν καθοριστεί, υπάρχουν ακόμα πολλά ανοιχτά θέματα. Οι τεχνολογικές λύσεις των τηλεπικοινωνιακών συστημάτων που θα χρησιμοποιηθούν (π.χ. η τεχνολογία WDM-PON που παρουσιάστηκε και στο συνέδριο ως μια καινοτόμος λύση και συνδυάζει τα πλεονεκτήματα της τεχνολογίας PON και της τεχνολογίας point-to-point Ethernet), η διαχείριση κινδύνων που σχετίζονται με το επιλεγμένο χρηματοδοτικό μοντέλο (π.χ. καθορισμός των όρων δανεισμού από την Ευρωπαϊκή Τράπεζα Επενδύσεων, όροι αποπληρωμής της συνεισφοράς του Δημοσίου), οι πιθανές υποχρεώσεις κοστοστρέφειας στην εμπορική εκμετάλλευση των υποδομών (π.χ. ενδεχόμενος καθορισμός μέγιστου τιμήματος ανά σύνδεση), είναι μερικά από τα εκκρεμή αυτά θέματα. Επιπλέον ένας αριθμός άλλων παραμέτρων, όπως η χρηματοδότηση ανάπτυξης εσωτερικής καλωδίωσης οπτικών ινών στις πολυκατοικίες/σπίτια (π.χ. όροι πιθανής κρατικής επιχορήγησης), οι ρυθμιστικές και νομικές παρεμβάσεις που θα βοηθήσουν στην ελαχιστοποίηση του κόστους και στην ταχύτερη υλοποίηση του έργου (π.χ. αποδεσμοποίηση αγωγών/υποδομών που μπορούν να αξιοποιηθούν συμπληρωματικά, δικαιώματα διέλευσης, όροι πρόσβασης σε πολυκατοικίες), καθώς και ο σωστός διαχωρισμός της χώρας σε τρεις ζώνες (π.χ. έτσι ώστε να είναι επενδυτικά ισοδύναμες), θα καθορίσει την προσβασιμότητα των νέων υποδομών σε όσο το δυνατόν περισσότερους καταναλωτές και το τελικό ενδιαφέρον των ιδιωτών επενδυτών αφού προφανώς θα επηρεάσει τα αποτελέσματα των μελετών βιωσιμότητας των επενδύσεων. Ελπίζουμε ότι στο αμέσως επόμενο διάστημα όλα αυτά τα θέματα θα έχουν μελετηθεί διεξοδικά και συγκεκριμένες αποφάσεις θα έχουν ληφθεί και ανακοινωθεί επίσημα. Ο σωστός σχεδιασμός μπορεί να εξασφαλισθεί μόνο μέσω της άμεσης συνεργασίας των δημόσιων και ιδιωτικών φορέων που ενδέχεται να εμπλακούν στο έργο στα πλαίσια ενός δημόσιου διαλόγου.

Τα τελευταία χρόνια, δύο πάροχοι προσφέρουν υψηλής ταχύτητας Internet με οπτικές ίνες στο σπίτι. Δείτε ακολούθως ποιες είναι αυτές οι εταιρείες, τι πακέτα υπηρεσιών προσφέρουν, και ποιες περιοχές υποστηρίζουν αυτή τη στιγμή.

### **Inalan**

Η Inalan είναι ένας τηλεπικοινωνιακός πάροχος FTTH Internet με έδρα τη Μεταμόρφωση Αττικής.

Η εταιρεία συνεργάζεται με τον παγκόσμιο πάροχο διαδικτύου Congent Communications και έχει το δικό της ανεξάρτητο δίκτυο γραμμών που το κατασκευάζει η ίδια.

Τα διαθέσιμα πακέτα υπηρεσιών της Inalan για οικιακούς πελάτες είναι:

- inalan.net (Internet) 100Mbps (download)/100Mbps (upload) με 27€/μήνα
- inalan.net + Phone (100Mbps Internet + VoIP τηλεφωνία) με 27€/μήνα Internet, VoIP αριθμός τηλεφωνίας 2€, 300' προς κινητά και σταθερά 8€, 1500' προς σταθερά και υπεραστικά 11€. Η τηλεφωνία είναι σε συνεργασία με την Yuboto.
- Portal.inalan.tv (Internet TV) 100Mbps + αποκωδικοποιητής με 33€/μήνα

Το κόστος εγκατάστασης είναι 24,80€ και ο εξοπλισμός είναι δωρεάν. Όλες οι τιμές είναι τελικές χωρίς καμία έξτρα χρέωση, όπως ογκοχρέωση κ.τ.λ.

Εάν διαθέτουμε επιχείρηση με αυξημένες απαιτήσεις πρόσβασης στο Internet, η Inalan έχει αναβαθμισμένο πακέτο για εταιρική χρήση.

- Ταχύτητα πρόσβασης έως και 1Gbits
- Παροχή στατικής IP
- Σύνδεση ψηφιακής και IP τηλεφωνίας

Η εταιρεία σταδιακά αναπτύσσεται και το δίκτυο της καλύπτει αυτή τη στιγμή ορισμένες περιοχές της Αττικής.

Πιο συγκεκριμένα, καλύπτει τμήματα από τους δήμους Λυκόβρυσης, Μεταμόρφωσης, Νέας Ιωνίας, και Γαλασίου.

Στο κόκκινο χρώμα στον χάρτη διακρίνουμε την προγραμματισμένη επέκταση του δικτύου τους. Οι επόμενες περιοχές που θα καλυφθούν είναι τμήματα του δήμου Νέας Ιωνίας, Νέου Ηρακλείου, και Αμαρουσίου.

Εάν η κατοικία μας είναι εντός δικτύου και επιθυμούμε να γίνουμε συνδρομητές, επικοινωνούμε μαζί τους στο τηλέφωνο 215 215 2255.

Επίσης, μπορούμε να συμπληρώσουμε και την φόρμα ενδιαφέροντος.

Να τονίσουμε ότι υπάρχει η δυνατότητα να ξεκινήσουν έργα σύνδεσης μέχρι και σε απόσταση 200m από τον κορμό του δικτύου.

Όπως έχει δηλώσει η εταιρεία, αν πέντε κάτοικοι εκδηλώσουν ενδιαφέρον σε μια γειτονιά/διεύθυνση κοντά στον κορμό του δικτύου, θα αρχίσουν έργα σύνδεσης.

### **Forthnet**

Ο γνωστός πάροχος Forthnet έχει δημιουργήσει ένα πιλοτικό δίκτυο FTTH στην Αττική σε ένα τμήμα του δήμου Νέας Σμύρνης.

Όπως αναφέρει η εταιρεία, το έργο πρόκειται να καλύψει σε πρώτη φάση 2000 νοικοκυριά στη συγκεκριμένη περιοχή.

Οι ταχύτητες που προσφέρει η Forthnet είναι 150Mbps download και 50Mbps upload.

Για την περίπτωση που η οικία μας βρίσκεται εντός δικτύου κάλυψης και ενδιαφερόμαστε να μάθουμε πληροφορίες, συμπληρώνουμε την αντίστοιχη φόρμα.

### **Vodafone Ελλάδας και Wind Ελλάς**

Vodafone Ελλάδας και Wind Ελλάς ανακοίνωσαν την υπογραφή μνημονίου συνεργασίας, σύμφωνα με το οποίο θα συνεπενδύσουν στην ανάπτυξη δικτύων οπτικών ινών ανά την Ελλάδα, αναφερόμενες σε υπερυψηλές ταχύτητες, επιπέδου Gigabit/sec.

Στο μνημόνιο αμοιβαίας κατανόησης μεταξύ Vodafone Ελλάδας και Wind Hellas, προβλέπεται η συνεργασία τους, με συγκεκριμένες δεσμεύσεις και χρονοδιάγραμμα, σε επενδύσεις για την υλοποίηση και χρήση δικτύων σταθερής πρόσβασης νέας γενιάς με την χρήση οπτικών ινών. Ωστόσο, οι δεσμεύσεις αυτές και το χρονοδιάγραμμα υλοποίησης των επενδύσεών τους δεν ανακοινώνονται, εντούτοις γίνεται αναφορά στους στόχους της ευρωπαϊκή, ψηφιακής ατζέντας 2020, σύμφωνα με την οποία σε λιγότερο από 4 χρόνια θα πρέπει να απολαμβάνουμε πρόσβαση με ταχύτητες τουλάχιστον 30Mbps όλοι, και το 50% να έχει δυνατότητα για υπερταχεία 100Mbps.

Τα δίκτυα αυτά «θα ανταποκρίνονται πραγματικά στις ανάγκες του μέλλοντος και θα ανοίξουν νέους δρόμους για τους καταναλωτές και τις επιχειρήσεις, προς μια κοινωνία υπερ-υψηλών ταχυτήτων», τη "Gigabit society", αναφέρει στην ανακοίνωσή της η Vodafone.

## 6.2 Η σημασία της Ευρυζωνικότητας στην Ελλάδα

Η ανάγκη για Ευρυζωνικότητα στην Ελλάδα σε συνδυασμό πάντα με τη χρήση προηγμένων Τεχνολογιών Πληροφορίας και Επικοινωνιών (ΤΠΕ), είναι εξίσου δεδομένη όσο και για τις άλλες χώρες. Τα πλεονεκτήματα από την εξάπλωση και χρήση των νέων τεχνολογιών θα αποτελέσουν ουσιαστικό εργαλείο για ανοιχτή και αποτελεσματική διακυβέρνηση, καθώς και για τη βελτίωση της ανταγωνιστικότητας των επιχειρήσεων. Επίσης, θα δημιουργήσουν νέες μορφές εργασίας, νέες δεξιότητες και θα διασφαλίσουν τη συνεχή κατάρτιση και δια βίου μάθηση των πολιτών. Ταυτόχρονα, θα συμβάλλουν στη βελτίωση της ποιότητας ζωής με την παροχή προηγμένων υπηρεσιών υγείας, μεταφορών και προστασίας του περιβάλλοντος. Η εξάπλωση και χρήση της Ευρυζωνικότητας αναμένεται να αυξήσει την αποδοτικότητα και την ποιότητα υπηρεσιών στην κοινωνία, τον πολιτισμό και την οικονομία και ταυτόχρονα να εξασφαλίσει οικονομίες κλίμακας.

Η Ελλάδα υστερεί σημαντικά στην ύπαρξη προηγμένων τηλεπικοινωνιακών υποδομών αλλά και δικτυακών υπηρεσιών προς τους πολίτες. Μετά την απελευθέρωση της αγοράς τηλεπικοινωνιών, αρκετές εταιρείες έχουν αρχίσει να δραστηριοποιούνται στην παροχή τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών. Η συντονισμένη υλοποίηση των κατάλληλων ευρυζωνικών υποδομών αναμένεται να βελτιώσει σημαντικά τις συνθήκες της αγοράς, να προωθήσει την καινοτομία στην παροχή δικτυακών υπηρεσιών και εφαρμογών και να αυξήσει την επιχειρηματικότητα, κυρίως σε ότι σχετίζεται με τις νέες τεχνολογίες. Παράλληλα, με τις κατάλληλες υποδομές, αναμένεται μια σημαντική διευκόλυνση στη δραστηριοποίηση νέων μικρομεσαίων επιχειρήσεων, ανεξάρτητα από τη γεωγραφική τους θέση στο νέο ψηφιακό επιχειρηματικό περιβάλλον.

Επομένως, η ανάπτυξη ευρυζωνικών υποδομών και υπηρεσιών είναι στρατηγικής σημασίας για την Ελλάδα, αφού μπορεί να δώσει σημαντική ώθηση στις οικονομικές δραστηριότητες αλλά και να συμβάλλει ουσιαστικά στην βελτίωση της ποιότητας ζωής των πολιτών. Η υστέρηση στην εκτέλεση τέτοιων έργων, ειδικά την περίοδο υλοποίησης άλλων σημαντικών αλλά και συναφών δράσεων τεχνολογικής αναβάθμισης θα οδηγήσει τη χώρα σε δυσμενέστερη θέση στην παγκόσμια ανταγωνιστική οικονομία. Ο ρόλος της ευρυζωνικής πρόσβασης στην αποτελεσματική διαμόρφωση της Κοινωνίας της Πληροφορίας (ΚτΠ) είναι ουσιαστικός και σημαντικός. Έτσι, η υλοποίηση έργων του Επιχειρησιακού Σχεδίου της ΚτΠ πρέπει να δώσει τη δυνατότητα για την παροχή ευρυζωνικής πρόσβασης σε όλους τους πολίτες και σε όλους τους τομείς της δημόσιας και ιδιωτικής ζωής. Η Ελλάδα οφείλει να κινηθεί γρήγορα και αποδοτικά για να διασφαλίσει αυτό το στόχο.



### **6.3 Επιπτώσεις στη ζωή των πολιτών**

Τα ευρυζωνικά δίκτυα θα δώσουν στους χρήστες πρόσβαση σε μια μεγάλη ποικιλία εξελιγμένων υπηρεσιών και εφαρμογών. Σε αυτές μπορούμε να συμπεριλάβουμε όλες τις «τηλε»-υπηρεσίες (e-services), όπως π.χ. τηλε-εργασία, τηλε-εκπαίδευση, τηλε-ιατρική, τηλε-συνεδρίαση, κλπ., δικτυακές υπηρεσίες ανάμεσα σε ομότιμους κόμβους (peer-to-peer networking services), μετάδοση video υψηλής ποιότητας, αλληλεπιδραστικά παιχνίδια, καθώς και ένα μεγάλο σύνολο υπηρεσιών προστιθέμενης αξίας που σχετίζονται με την παροχή πληροφοριών, ψυχαγωγικών δραστηριοτήτων αλλά και εμπορικών συναλλαγών.

### **6.4 Επιπτώσεις στο δημόσιο και ιδιωτικό τομέα**

Η εγκατάσταση ευρυζωνικών δικτύων και υποδομών σε μία χώρα μπορεί να επιφέρει σημαντικές αλλαγές τόσο στο δημόσιο όσο και στον ιδιωτικό τομέα. Αναλυτικότερα, οι υποδομές αυτές δίνουν τη δυνατότητα μιας αποδοτικότερης αλληλεπίδρασης μεταξύ δημοσίων υπηρεσιών και πολιτών μέσω αυτοματοποιημένων διαδικασιών. Με τον τρόπο αυτό μπορούν να βελτιωθούν και να απλοποιηθούν σημαντικά οι παρεχόμενες υπηρεσίες του κράτους προς τους πολίτες και τις επιχειρήσεις. Επίσης, με την εξασφάλιση των κατάλληλων υποδομών δίνεται η δυνατότητα αξιοποίησης των νέων εφαρμογών και υπηρεσιών, γεγονός που έχει σημαντικές επιπτώσεις στην προσπάθεια παροχής εκπαιδευτικών και ερευνητικών δραστηριοτήτων υψηλού επιπέδου. Αντίστοιχα πλεονεκτήματα μπορούν να διαπιστωθούν και στον τομέα της υγείας, αφού τα νέα δίκτυα δίνουν τη δυνατότητα παροχής υπηρεσιών υψηλής ποιότητας, ανεξάρτητα από τη γεωγραφική περιοχή.

Η εξάπλωση λοιπόν των ευρυζωνικών δικτύων και υπηρεσιών μπορεί να συνδράμει σημαντικά στην απλοποίηση των διαδικασιών και των λειτουργιών του δημοσίου τομέα, βοηθώντας στην αύξηση της παραγωγικότητας του αλλά και στη μείωση του κόστους υποστήριξής του. Αντίστοιχα οφέλη θα υπάρξουν και για τις ιδιωτικές επιχειρήσεις, δεδομένου ότι η ύπαρξη κατάλληλων υποδομών δίνει τη δυνατότητα αύξησης της ανταγωνιστικότητάς τους μέσω νέων μεθόδων λειτουργίας και προώθησης των προϊόντων και των υπηρεσιών τους, όπως επίσης και των εμπορικών συναλλαγών.

### **6.5 Δυνατότητα γεφύρωσης του ψηφιακού χάσματος**

Το πιο επαναστατικό χαρακτηριστικό των ευρυζωνικών δικτύων είναι η εξάλειψη σημαντικών παραγόντων «αποκλεισμού» μεγάλων ομάδων πληθυσμού και περιοχών της

χώρας, όπως της απόστασης και του χρόνου. Η εγκατάσταση ευρυζωνικών υποδομών μπορεί να λειτουργήσει ευεργετικά στη γεφύρωση του ψηφιακού χάσματος, κυρίως σε απομακρυσμένες περιοχές, οι οποίες συνήθως είναι αυτές που αντιμετωπίζουν τους πιο έντονους τεχνολογικούς αποκλεισμούς. Επομένως, η ανάπτυξη κατάλληλων ευρυζωνικών υποδομών, οι οποίες θα είναι προσιτές και προσβάσιμες από όλους τους πολίτες, μπορεί να αντιμετωπίσει αποτελεσματικά τον κίνδυνο διεύρυνσης του ψηφιακού χάσματος ανάμεσα στους πολίτες και να δώσει ίσες ευκαιρίες και δυνατότητες για την εξέλιξη των τοπικών κοινωνιών.

## Επίλογος – Συμπεράσματα

Μπορούμε πλέον να γνωρίζουμε ότι σύγχρονος τρόπος δικτύωσης στις μεταφορές πληροφοριών και τηλεπικοινωνιών είναι με οπτική ίνα, όπως αυτό θα επακολουθήσει και στο μέλλον γιατί τα πλεονεκτήματα τα οποία παρέχουν βοηθούν στη δημιουργία γρήγορων και αξιόπιστων δικτύων. Οι υπάρχουσες υποδομές δικτύων πρόσβασης όλο και περισσότερο εμφανίζουν σημάδια συμφόρησης σε αυτή την εξέλιξη, ειδικά σε ανεπτυγμένες χώρες. Πολλοί πάροχοι προσπαθούν να αναβαθμίσουν τα δίκτυα πρόσβασής τους. Η χρήση οπτικών ινών σαν μέσο μετάδοσης, που προσφέρουν υψηλότερο εύρος χωρητικότητας με πιο αποδοτικό τρόπο και συνεπώς τα FTTH δίκτυα αποτελούν το επόμενο βήμα της εξέλιξης.

Η ταχύτατη μετάδοση δεδομένων αποτελεί σήμερα μια επιτακτική ανάγκη, τόσο σε μια σύνδεση Internet υψηλής ταχύτητας, όσο και για την υλοποίηση των τηλεφωνικών συνδέσεων. Η καλύτερη πρόταση για την κάλυψη των υψηλών σημερινών αναγκών σε bandwidth, δεν είναι άλλη από τη χρήση ενός δικτύου οπτικών ινών.

## Βιβλιογραφία

1. University of Macedonia Master Information Systems Networking Technologies “Optical Network Protocols” Tsompanidi Despoina, Christou Ioannis.
2. Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Ηπείρου Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής, Δίκτυα Οπτικών Ινών Πτυχιακή Εργασία, Τάτσης Βασίλειος, επιβλέπων Καθηγητής Βασιλειάδης Δημήτριος.
3. <http://coolweb.gr/ti-einai-optikes-ines-pos-leitourgoun/>
4. <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9F%CF%80%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE%CE%AF%CE%BD%CE%B1>
5. [http://www.citytec.gr/index.php?option=com\\_content&view=article&id=82&Itemid=55](http://www.citytec.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=82&Itemid=55)
6. <https://www.pcsteps.gr/133991-%CE%AF%CE%BD%CF%84%CE%B5%CF%81%CE%BD%CE%B5%CF%84-100mbps-%CE%BF%CF%80%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AD%CF%82-%CE%AF%CE%BD%CE%B5%CF%82/>
7. <https://sygxronitechnologia.wordpress.com/2012/05/15/%CF%8C%CE%BB%CE%B1-%CF%8C%CF%83%CE%B1-%CF%80%CF%81%CE%AD%CF%80%CE%B5%CE%B9-%CE%BD%CE%B1-%CE%B3%CE%BD%CF%89%CF%81%CE%AF%CE%B6%CE%B5%CF%84%CE%B5-%CE%B3%CE%B9%CE%B1-%CF%84%CE%B9%CF%82-%CE%BF%CF%80%CF%84/>
8. <https://www.digitallife.gr/undersea-cables-that-connect-the-world-96802>
9. [https://el.wikipedia.org/wiki/Fiber\\_to\\_the\\_x](https://el.wikipedia.org/wiki/Fiber_to_the_x)
10. <http://www.eln.teilam.gr/>

# Περιεχόμενα

Περίληψη .....	3
Κεφάλαιο 1ο Εισαγωγική ανάλυση της τεχνολογίας των οπτικών ινών.....	4
Εισαγωγή : Το φως ως μέσο επικοινωνίας.....	4
1.1 Ιστορική αναδρομή στα δίκτυα .....	5
1.2 Επεξήγηση του όρου της οπτικής ίνας .....	6
1.3 Ενσύρματες επικοινωνίες και ο ρόλος των οπτικών ινών .....	6
Κεφάλαιο 2° Οι οπτικές ίνες.....	10
2.1 Δομή οπτικής ίνας .....	10
2.2 Δομή καλωδίου οπτικών ινών .....	11
2.3 Τύποι οπτικών ινών .....	12
2.4 Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα οπτικών ινών .....	13
Κεφάλαιο 3° Κατηγορίες ινών.....	13
3.1 Τρόποι εκπομπής και μετάδοσης στις οπτικές ίνες.....	13
3.1.1 Πολύτροπες οπτικές ίνες (Multimode fiber optics).....	14
3.1.2 Μονότροπες οπτικές ίνες (single mode fiber optics) .....	15
3.2 Χαρακτηριστικά και επιδόσεις.....	16
Κεφάλαιο 4° Υποθαλάσσια καλώδια τηλεπικοινωνιών που συνδέουν τον κόσμο .....	17
4.1 Υποβρύχια καλώδια .....	17
4.2 Η τεχνολογική εξέλιξη των καλωδίων .....	19
4.3 Διατομή ενός υποθαλάσσιου καλωδιακού συστήματος επικοινωνιών .....	20
4.4 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τα υποβρύχια καλώδια.....	21
4.5 Πλεονεκτήματα και κόστος υποθαλάσσιων καλωδίων.....	22
Κεφάλαιο 5° Αρχιτεκτονική δικτύου οπτικής ίνας.....	23
5.1 Τεχνολογία FTTH.....	23
5.2 Οι τεχνολογίες FTTC/FTTB και η αρχιτεκτονική τους .....	23
5.3 Η τεχνολογία FTTH .....	25
5.4 Ενεργό Οπτικό Δίκτυο (Active Optical Network, AON).....	25
5.5 Παθητικό Οπτικό Δίκτυο (Passive Optical Network, PON) .....	26
Κεφάλαιο 6° Οπτική ίνα στην Ελλάδα .....	27
6.1 Πάροχοι FTTH Internet στην Ελλάδα.....	27
6.2 Η σημασία της Ευρυζωνικότητας στην Ελλάδα .....	31
6.3 Επιπτώσεις στη ζωή των πολιτών .....	32

6.4 Επιπτώσεις στο δημόσιο και ιδιωτικό τομέα.....	32
6.5 Δυνατότητα γεφύρωσης του ψηφιακού χάσματος .....	32
Επίλογος – Συμπεράσματα .....	34
Βιβλιογραφία .....	35
Περιεχόμενα.....	36