



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ**

**ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ**

**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**

**& ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ**

*ΕΡΓΑΣΙΑ ΕΞΑΜΗΝΟΥ ΓΙΑ ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ*

**ΕΥΖΩΝΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ**

---

---

**Τεχνολογίες FTTx**

---

---

**ΕΥΔΟΚΙΑ ΕΥΓΚΗ**

**A.M 1047172**

*ΔΙΔΑΣΚΩΝ: ΧΡΗΣΤΟΣ ΜΠΟΥΡΑΣ*

**ΠΑΤΡΑ 2019**



# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

---

---

<b>ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....</b>	<b>I</b>
<b>ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ.....</b>	<b>III</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 ΕΥΖΩΝΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 ΔΙΚΤΥΑ FTTH.....</b>	<b>3</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΒΑΣΙΚΟΙ ΤΥΠΟΙ FTTH.....</b>	<b>4</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΩΝ FTTH.....</b>	<b>8</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ FTTH.....</b>	<b>12</b>
<b>4.1 ΔΙΑΣΤΡΩΜΑΤΩΣΗ .....</b>	<b>12</b>
<b>4.2 ΕΝΕΡΓΟ-ΠΛΑΘΗΤΙΚΟ.....</b>	<b>13</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: PON-AON.....</b>	<b>15</b>
<b>5.1 ΔΙΚΤΥΑ PON .....</b>	<b>15</b>
<b>5.2 ΔΙΚΤΥΑ AON.....</b>	<b>17</b>



# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

---

## 1.1 Ευζωνικές Τεχνολογίες

Η Ευρυζωνικότητα είναι ο νέος τρόπος σύνδεσης στο Διαδίκτυο ο οποίος συνδυάζει συνεχή σύνδεση και πολύ υψηλές ταχύτητες πρόσβασης. Προσφέρει ταχύτητα, ευκολία, αξιοπιστία και οικονομία ταυτόχρονα, καθιστώντας την ιδανική για χρήση.

Με τη βοήθεια της ευζωνικής πρόσβασης, οι ταχύτητες υπερδεκαπλασιάζονται, δημιουργώντας έτσι τεράστιο χάσμα μεταξύ των παρελθοντικών ταχυτήτων που διαθέταμε και των δυνατοτήτων που μας προσέφεραν. Άλλες δυνατότητες, λιγότερο διαδεδομένες, είναι η δορυφορική πρόσβαση, τα δίκτυα οπτικών ινών, τα δίκτυα σταθερής ασύρματης πρόσβασης, καθώς και άλλες πολλές. [1]

Ως ευρυζωνικότητα, με την ευρεία έννοια, ορίζεται ως το προηγμένο, εφικτό και καινοτόμο από πολιτική, κοινωνική, οικονομική και τεχνολογική άποψη περιβάλλον, αποτελούμενο από:

- Γρήγορες συνδέσεις στο Διαδίκτυο με ανταγωνιστικές τιμές και μεγάλη κάλυψη πληθυσμού.

- Την κατάλληλη δικτυακή υποδομή που:

α) επιτρέπει την κατανεμημένη ανάπτυξη υπαρχόντων και μελλοντικών δικτυακών εφαρμογών και πληροφοριακών υπηρεσιών.

β) δίνει τη δυνατότητα στους χρήστες για συνεχή σύνδεση.

γ) ικανοποιεί τις εκάστοτε ανάγκες των εφαρμογών σε εύρος ζώνης, αντιδραστικότητα και διαθεσιμότητα.

δ) δίνει τη δυνατότητα αναβάθμισης με ελάχιστο κόστος.

- Τη δυνατότητα του χρήστη να επιλέγει ανάμεσα σε :

α) διαφορετικές προσφορές σύνδεσης, ανάλογα με τις ανάγκες του.

β) εφαρμογές διαφόρων δικτύων .

γ) διαφόρων υπηρεσιών για την πληροφόρηση και ψυχαγωγία τους, ανάλογα με τις επιλογές τους .

- Το “ιδανικό” πλαίσιο το οποίο ρυθμίζεται με βάση τις πολιτικές, τα μέτρα, τις πρωτοβουλίες και τις παρεμβάσεις. Τα παραπάνω αποτελούν σημαντικό παράγοντα για την ενδυνάμωση της καινοτομίας, την προστασία του

ανταγωνισμού και την εγγύηση για μία σοβαρή και ισορροπημένης οικονομικής ανάπτυξη, η οποία μπορεί να αποτελέσει ικανή να προέλθει από τη γενικευμένη συμμετοχή στην Ευρυζωνικότητα και την Κοινωνία της Πληροφορίας. [2]

## 1.2 Δίκτυα FTTx

Όσον αφορά τα δίκτυα οπτικών ινών, τα πλεονεκτήματα είναι υψίστης σημασίας. Μέσω αυτών, μας δίνεται η δυνατότητα να διακινούμε τεράστιες ποσότητες δεδομένων με υψηλές ταχύτητες, απουσία θορύβου και διαφωνίας, μα και υψηλή χωρητικότητα. Για τον λόγο αυτό έχουν επικρατήσει στα περισσότερα σύγχρονα δίκτυα κορμού και έχει προταθεί η χρήση τους στα δίκτυα διανομής και πρόσβασης. [1]

Η όρος **“Fiber to the x” (FTTx)** αναφέρεται σε αρχιτεκτονική δικτύου που χρησιμοποιεί οπτικές ίνες (έναντι του χαλκού που συνηθίζεται), προκειμένου να αντικατασταθούν οι τοπικοί βρόχοι που χρησιμοποιούνται για την παροχή τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών.

Στον όρο **FTTx**, το χαρακτηριστικό x αναφέρεται τόσο στον αριθμό των συνδρομητών που μοιράζονται το ίδιο άκρο καλωδίωσης, όσο και στο βαθμό προσέγγισης του συνδρομητή με την ίνα. [3]

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ

---

---

### 2.1 Βασικοί

### τύποι

### FFTx

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

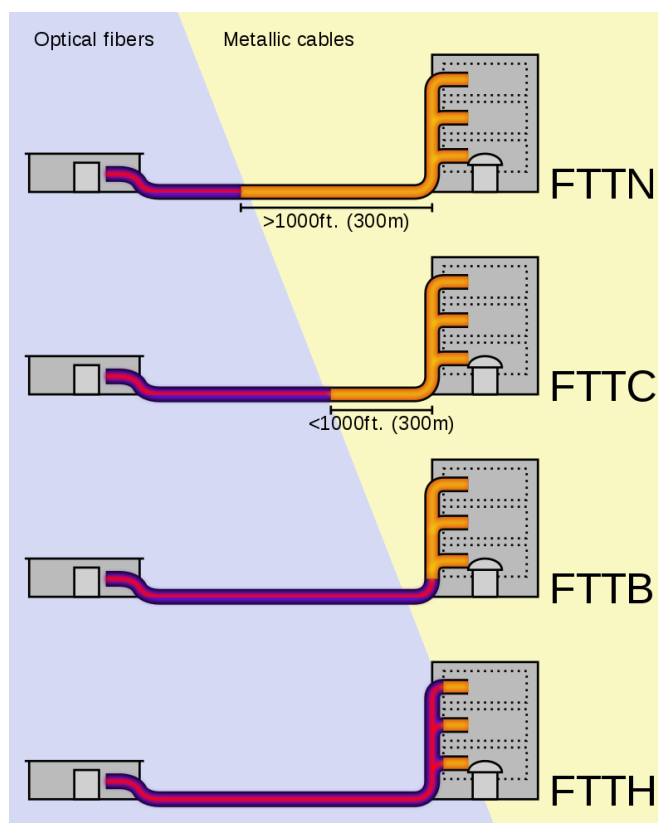
1. Fiber to the Node/Fiber to the Neighborhood (FTTN) ή Fiber to the Cabinet (FTTCab)

2. Fiber to the Curb (FTTC)

3. Fiber to the Building (FTTB)

4. Fiber to the Home (FTTH)

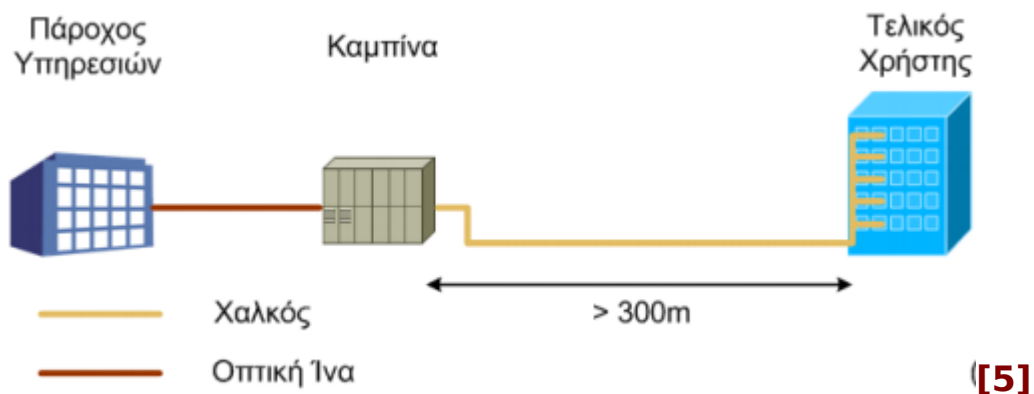
[3]





## 1. Fiber to the Node / Fiber to the Neighborhood (FTTN) ή Fiber to the Cabinet(FTTCab)

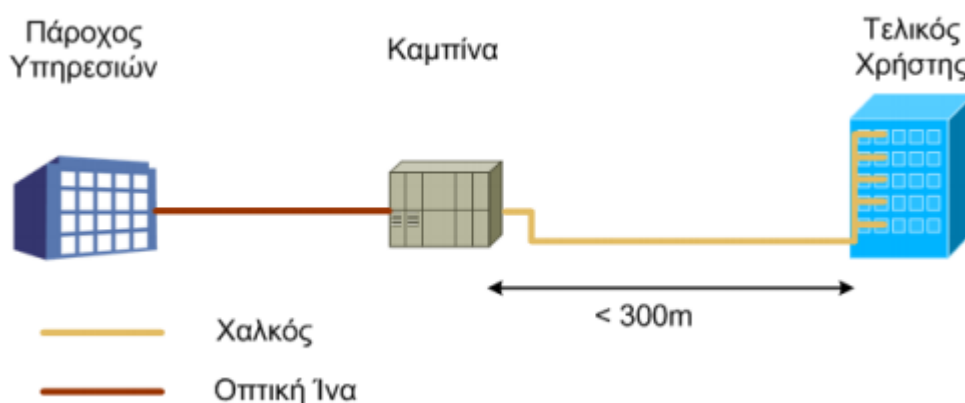
Το Fiber to the Node(Οπτική μέχρι τον Κόμβο) πρόκειται για μία τεχνολογία FTTx κατά την οποία η οπτική ίνα φτάνει μέχρι ένα κοινό network box, που λέγεται κόμβος (node). Η απόσταση μεταξύ του κόμβου και του χρήστη πρόκειται συνήθως για 1500 μέτρα και η μεταφορά επιτυγχάνεται μέσω οπτικών ινών. Οι οπτικές ίνες φτάνουν μέχρι το cabinet(ΚΑΦΑΟ) και από εκεί μπορούν να εξυπηρετήσουν εκατοντάδες χρήστες σε ακτίνα 300 μέτρων. [3][4]



## 2. Fiber to the Curb(FTTC)

Το Fiber to the Curb -Fiber to the Cabinet(Οπτική ίνα μέχρι το Κουτί του Παρόχου) πρόκειται για μία τεχνολογία

FTTx, όπου όμως το ΚΑΦΑΟ είναι πιο κοντά στον τελικό χρήστη (περίπου 150 μέτρα). Για την υπολειπόμενη απόσταση μέχρι τον τελικό χρήστη χρησιμοποιείται η υπάρχουσα υποδομή (π.χ. χαλκός). [3][4]

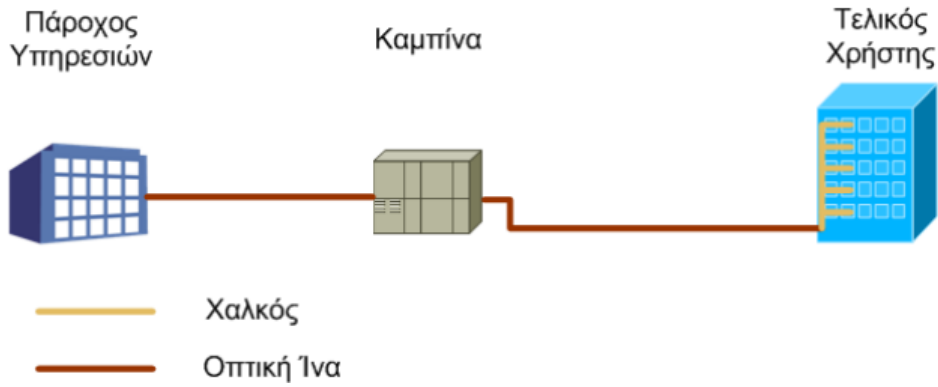


[5]

### 3. Fiber to the Building (FTTB)

Το Fiber to the Building (Οπτική μέχρι το Κτίριο) πρόκειται για μια FTTx τεχνολογία, στην οποία η οπτική ίνα φτάνει μέχρι το φτάνει στο οικοδομικό τετράγωνο, αλλά όχι σε κάθε όροφο, γραφείο ή διαμέρισμα στο οποίο βρίσκεται ο χώρος του τελικού χρήστη.[3][4]

Το FTTB διαφέρει σημαντικά από μεθόδους όπως οι Fiber to the Node (FTTN), Fiber to the Curb(FTTC), ή Hybrid Fibre-Coaxial (HFC), καθώς περιορίζει στο ελάχιστο την χρήση παραδοσιακού καλωδίου και λόγω αυτού προσφέρει υψηλότερες ταχύτητες από τα παρά πάνω.[3][4]

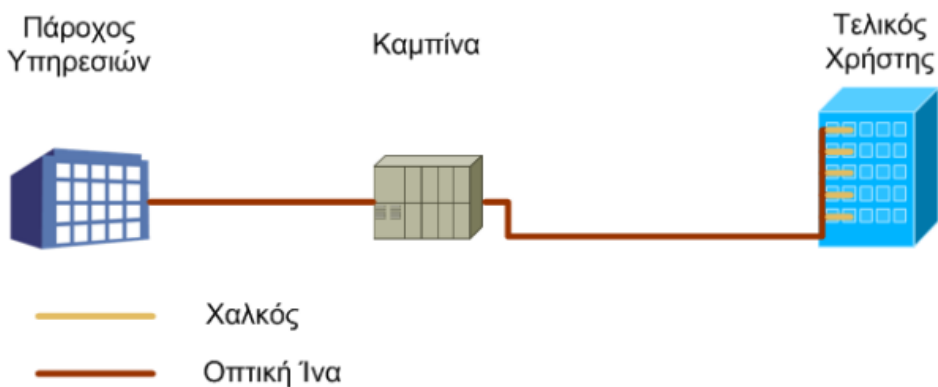


[5]

#### 4. Fiber to the Home (FTTH)

Το Fiber to the Home (FTTH) ταυτίζεται από ορισμένους με το Fiber to the Premises (FTTP), ενώ άλλοι το θεωρούν υπό-ορισμό αυτού. Στη συγκεκριμένη τεχνολογία FTTx, η οπτική ίνα φτάνει μέχρι το χώρο του χρήστη και το κόστος που μας προσφέρει είναι σημαντικά υψηλότερο από αυτό του FTTB.[3]

[4]



[5]

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3:

## ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ

### ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΩΝ FTTX

---

---

#### 1.

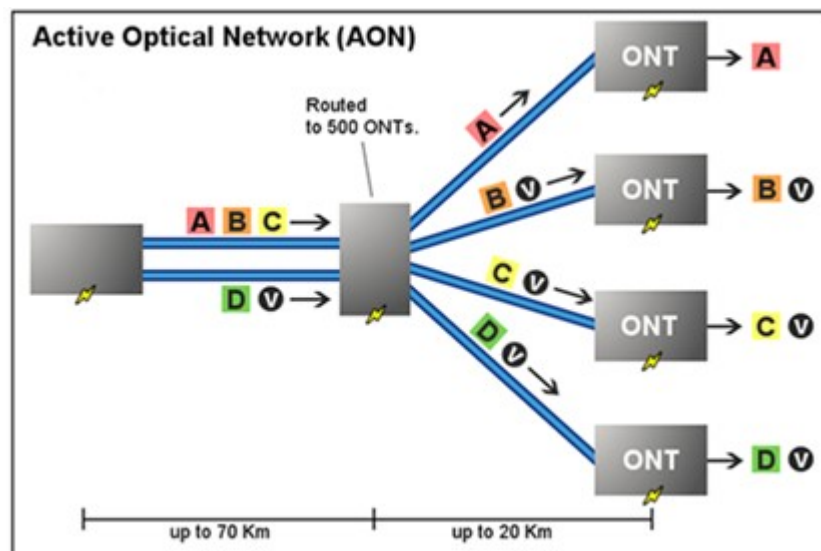
Το Point to Point Fiber είναι ένας διαφορετικός τύπος σύνδεσης. Κάθε θύρα συνδέεται απευθείας με ένα οπτικό δίκτυο (ONT) που βρίσκεται μέσα στο χώρο του χρήστη. Όλο το εύρος ζώνης δε μοιράζεται και πρόκειται για εύρος ζώνης ανά θύρα και ανά θέση. Υποστηρίζει πλήρως ταχύτητες άνω του 1Gb και είναι πραγματικά συμμετρική. Ευνοεί τον εύκολο έλεγχο, συντήρηση και αποκατάσταση οποιωνδήποτε βλαβών. [7]

Υπάρχουν δύο ειδών κατηγορίες:

#### 1. Active Network (ενεργού δικτύου):

Πρόκειται για μία μορφή δακτυλίου (ή αστέρα), όπου κάθε χρήστης διαθέτει αφοσιωμένη οπτική ίνα έως το σημείο όπου βρίσκεται εγκατεστημένος ενεργός εξοπλισμός (π.χ. Ethernet switches). [4] Συνήθως χρησιμοποιεί ηλεκτρικά ενεργοποιημένο εξοπλισμό

μεταγωγής, όπως δρομολογητή ή συσσωρευτή διακοπών, για τη διαχείριση της κατανομής σήματος και των κατευθυντήριων σημάτων σε συγκεκριμένους πελάτες. Αυτός ο διακόπτης ανοίγει και κλείνει με διάφορους τρόπους, προκειμένου να κατευθύνει εισερχόμενα και εξερχόμενα σήματα στην κατάλληλη θέση. Οι πελάτες μπορούν να έχουν μια “προσωπική” ίνα που κατευθύνεται στο σπίτι του / της, χρησιμοποιώντας πολλαπλές ίνες. [8]

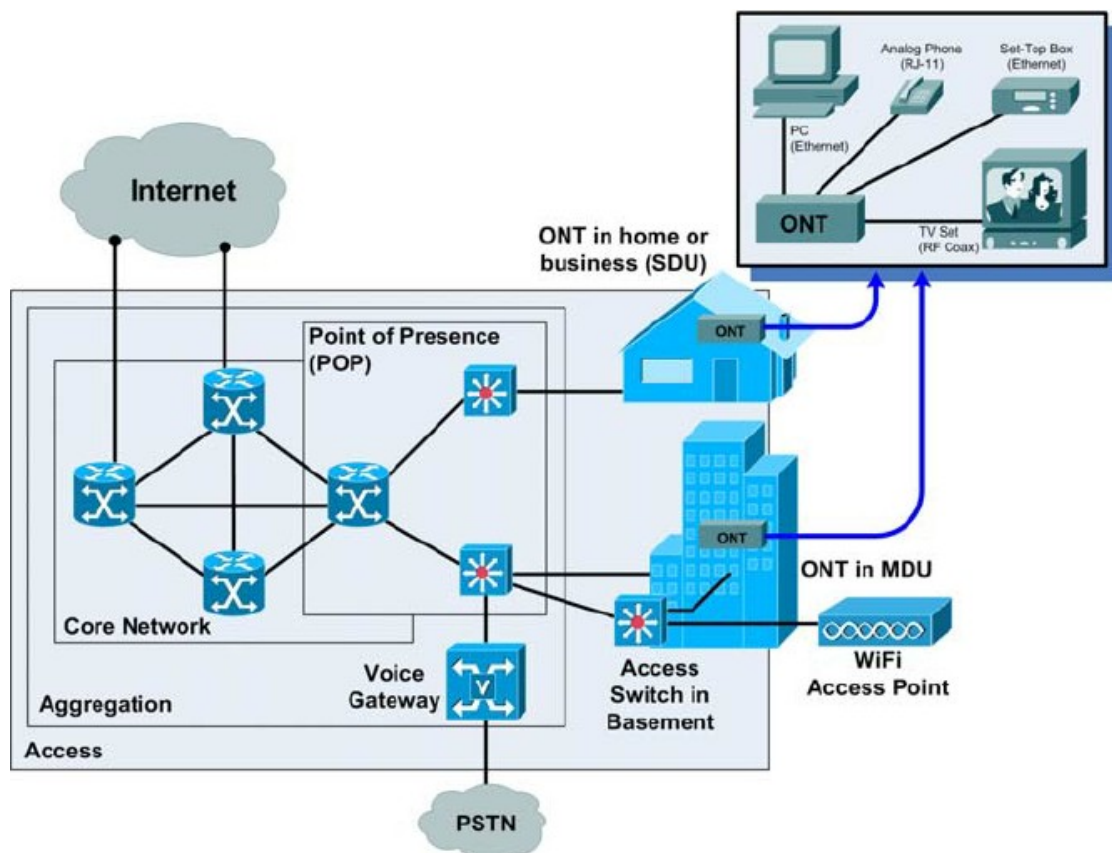


[8]

## 2. Τύπου “Home Run”

Η αρχιτεκτονική Home Run (γνωστή και ως αρχιτεκτονική Point-to-Point ή αρχιτεκτονική Single Star) διαθέτει μια αποκλειστική ίνα, που αναπτύσσεται από το CO, σε κάθε χώρο του συνδρομητή. Αυτή η αρχιτεκτονική απαιτεί

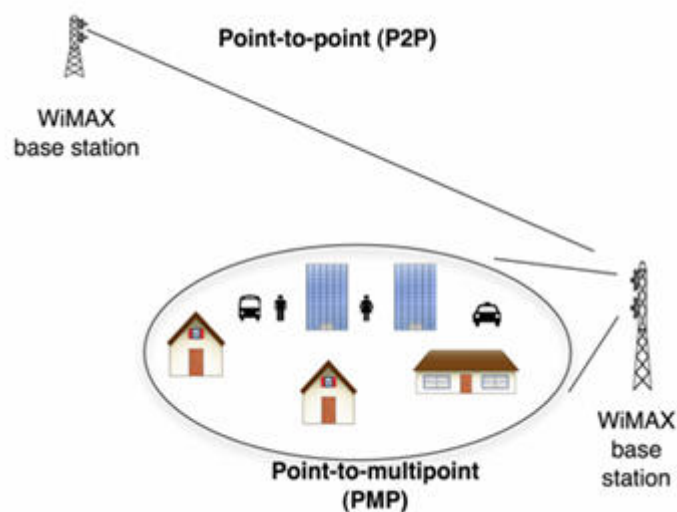
σημαντικά περισσότερες οπτικές ίνες και OLT (μία διεπαφή OLT ανά σπίτι) σε σύγκριση με τις άλλες αρχιτεκτονικές με κοινόχρηστες υποδομές. [9]



[10]

## 2. Point-to-multipoint(σημείο-προς-πολλαπλά σημεία)

Η επικοινωνία Point-to-multipoint (PMP) αναφέρεται στην επικοινωνία που επιτυγχάνεται μέσω μίας ξεχωριστής και συγκεκριμένης μορφής συνδέσεων ενός προς πολλούς, προσφέροντας αρκετές διαδρομές από μία και μόνη τοποθεσία σε διάφορες τοποθεσίες. Η επικοινωνία PMP χρησιμοποιείται συνήθως στις τηλεπικοινωνίες και συνήθως για τη δημιουργία σύνδεσης ιδιωτικών επιχειρήσεων σε γραφεία σε απομακρυσμένες τοποθεσίες, ασύρματες λύσεις backhaul μεγάλης εμβέλειας για διάφορους δικτυακούς τόπους και ευρυζωνική πρόσβαση τελευταίου μιλίου. Ως εκ τούτου, χρησιμοποιείται ευρέως στην IP τηλεφωνία και στο ασύρματο Internet μέσω ραδιοσυχνοτήτων gigahertz. Αυτά τα δίκτυα PMP απασχολούνται κυρίως στις εγκαταστάσεις διανομής, τις τεράστιες εταιρικές πανεπιστημιούπολεις, τις σχολικές περιοχές, τις εφαρμογές δημόσιας ασφάλειας κλπ. [11]



[12]

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4:

## ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ FFTX

---

---

### 4.1 Διαστρωμάτωση

Τα δίκτυα υπολογιστών είναι περίπλοκα συστήματα και η οργάνωσή τους σε δομημένα σε μια ιεραρχία διακριτών επιπέδων κάνει εφικτή την λεπτομερή ενασχόληση μεμονωμένων επιπέδων. Επιπλέον, προσφέρει το πλεονέκτημα της εύκολης αλλαγής στην υλοποίησης ενός επιπέδου, χωρίς να επηρεάζονται τα υπόλοιπα. Κάθε δικτυακό επίπεδο παρέχει στα ανώτερα επίπεδα κάποιες υπηρεσίες, οι οποίες είτε υλοποιούνται μέσα στο ίδιο το επίπεδο εκτελώντας κάποιες ενέργειες, είτε κάνουν χρήση του αμέσως προηγούμενου επιπέδου. [13]

Οι τρόποι μετάδοσης μεταξύ των στρωμάτων είναι οι εξής:

1. Φυσικό Μέσο - Υποδομή: Σωληνώσεις, μικρο σωληνώσεις, ιστοί κεραιών.
2. Παθητική μετάδοση και διασύνδεση μέσω: Καλώδια οπτικών ινών, σύνδεσμοι οπτικών ινών, παθητικός εξοπλισμός.
3. Ενεργά συστήματα μετάδοσης: Εξοπλισμός που υλοποιεί λογικές συνδέσεις πάνω από το φυσικό μέσο.



4. Επίπεδο IP: Το δίκτυο του εκάστοτε παρόχου προς τον τελικό χρήστη.
5. Επίπεδο εφαρμογών: Εξοπλισμός, εφαρμογές και δεδομένα χρηστών.[4]

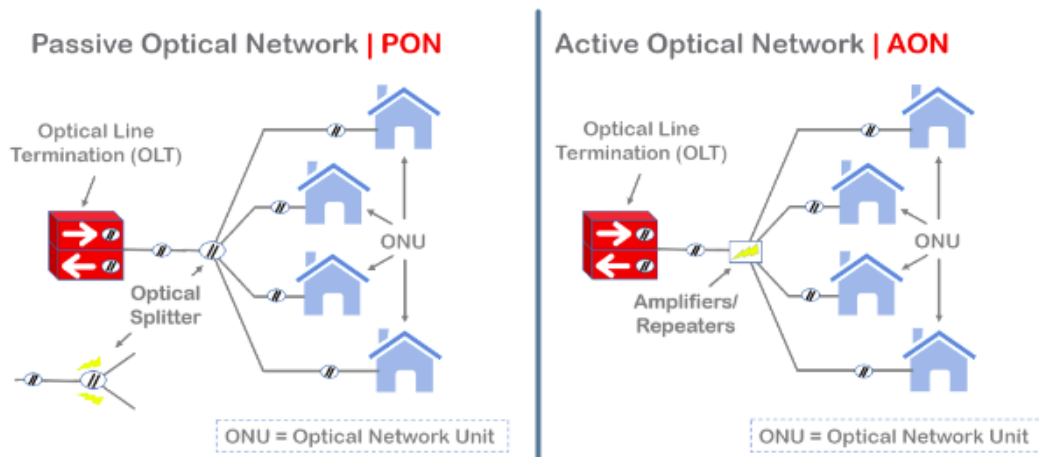
## **4.2 Ενεργό - Παθητικό**

### 1. Ενεργό δίκτυο (αρχιτεκτονικές Active Network)

Ένα ενεργό δίκτυο περιλαμβάνει και ενεργούς κόμβους (τα switches), τα οποία τροφοδοτούνται με ηλεκτρικό ρεύμα, για τη διαχείριση της διανομής σήματος και την άμεση επικοινωνία με συγκεκριμένους πελάτες. Ο διακόπτης ανοίγει και κλείνει με διάφορους τρόπους για να κατευθύνει τα εισερχόμενα και εξερχόμενα σήματα στην κατάλληλη θέση. Έτσι, ένας συνδρομητής μπορεί να έχει μια αποκλειστική ίνα που κατευθύνεται στο σπίτι του / της. Τέλος, τα ενεργά δίκτυα μπορούν να εξυπηρετήσουν έναν σχεδόν απεριόριστο αριθμό συνδρομητών σε απόσταση 80 χιλιομέτρων. [4] [15]

## 2. Παθητικό δίκτυο (PON)

Δεν έχουν την ανάγκη ενισχυτών, ούτε ενεργητικών στοιχείων οπτικής μεταγωγής, και συγκεκριμένα χρησιμοποιούνται οπτικοί διαχωριστές (splitters), προκειμένου να δοθεί η δυνατότητα σε μία οπτική ίνα να διαμοιραστεί σε πολλαπλούς χρήστες. Χρειάζονται μόνο N+1 πομποδέκτες, δίνοντας έτσι το πλεονέκτημα μικρού κόστους και κατανάλωσης ενέργειας. Το τελευταίο ενεργό στοιχείο στην περίπτωση του PON, βρίσκεται στο δίκτυο κορμού (backbone). [4] [14]



[15]

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5:

## PON

---

---

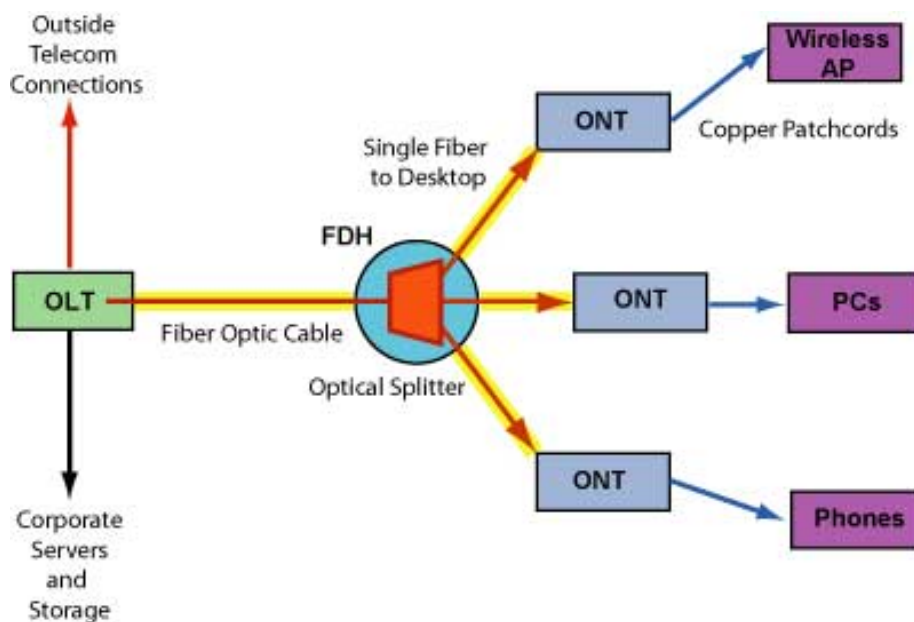
### 5.1 Δίκτυα PON

Ένα παθητικό οπτικό δίκτυο (PON) αναφέρεται σε μια τεχνολογία τηλεπικοινωνιών που υλοποιεί μια αρχιτεκτονική σημείου προς πολλαπλό σημείο (PMP). Με αυτό τον τρόπο, δεν υπάρχει ανάγκη να συνδέουμε μεμονωμένες ίνες μεταξύ του διανομέα και του πελάτη. Το σύστημα μπορεί να περιγραφεί ως FTTC (FTTC), FTTB (FTTB) ή FTTH (fiber-to-the-home).

Ένα PON αποτελείται από έναν τερματισμό οπτικής γραμμής ([optical line termination - OLT](#)) και έναν αριθμό μονάδων οπτικού δικτύου (number of optical network units - ONU). Το OLT τοποθετείται στο κεντρικό γραφείο του παροχέα του διακομιστή και οι ONE τοποθετούνται κοντά στους τελικούς χρήστες, με τη δυνατότητα σύνδεσης έως και 32 UNUs σε OLT. Ένας παθητικός διαχωριστής, λαμβάνει μία είσοδο και τη χωρίζει για να τη μεταδώσει σε πολλούς χρήστες, γεγονός που συμβάλλει ουσιαστικά στη μείωση του κόστους των συνδέσεων (μοιράζοντας, για παράδειγμα, ένα ακριβό λέιζερ με έως και 32 σπίτια) . Οι διαχωριστές PON είναι αμφίδρομοι, δηλαδή τα σήματα μπορούν να αποστέλλονται προς τα κάτω από το κεντρικό γραφείο, μεταδίδονται σε όλους τους χρήστες και τα μηνύματα από τους χρήστες μπορούν να αποστέλλονται προς τα πάνω και να

συνδυάζονται σε μία ίνα για να επικοινωνούν με το κεντρικό γραφείο.

Τέλος, τα δίκτυα PON έχουν καθιερωθεί στις επιχειρήσεις, παρέχοντας ευκαιρίες στους πελάτες να αναπτύξουν νέες υποδομές ή νέες κατασκευές. Με την ανάπτυξη της τεχνολογίας, ο τύπος δικτύου PON επικεντρώνεται κυρίως στην εμπορική αγορά. Ειδικά, έχει σημειώσει εξαιρετικές επιδόσεις σε χώρους υγειονομικής περίθαλψης, κολέγια, ξενοδοχεία και κτίρια γραφείων, καθώς εξαλείφει την ανάγκη για διακόπτες και μια ντουλάπα καλωδίωσης, πράγμα που σημαίνει μικρότερη πιθανότητα αποτυχίας.[16]



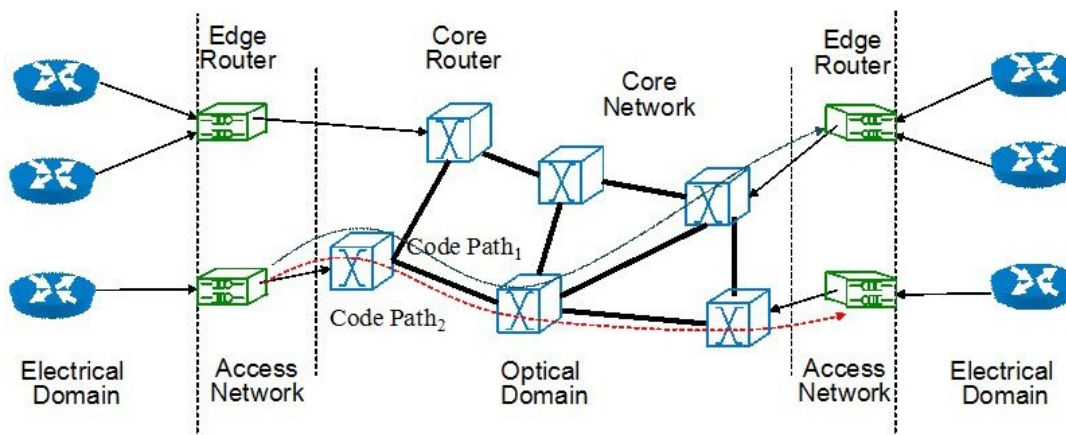
Τα κύρια πλεονεκτήματα του PON παρατίθενται παρακάτω:

1. Χαμηλότερο λειτουργικό κόστος δικτύου.
2. Κατάργηση των διακοπών δικτύου στο δίκτυο.
3. Εξάλειψη των επαναλαμβανόμενων δαπανών που συνδέονται με ένα “ύφασμα” των μεταγωγών Ethernet στο δίκτυο.
4. Κατώτερη δαπάνη εγκατάστασης (CapEx) για ένα νέο ή αναβαθμισμένο δίκτυο (min 200 χρήστες).
5. Χαμηλότερο κόστος ενέργειας δικτύου (OpEx).
6. Λιγότερη υποδομή δικτύου.
7. Μεγάλες δέσμες από χάλκινο καλώδιο αντικαθίστανται από μικρό καλώδιο οπτικών ινών μονής λειτουργίας.
8. Το PON παρέχει αυξημένη απόσταση μεταξύ του κέντρου δεδομένων και του επιτραπέζιου υπολογιστή (> 20 χιλιόμετρα).
9. Η συντήρηση του δικτύου είναι ευκολότερη και λιγότερο δαπανηρή.[16]

## 5.2 Δίκτυα AON

Το All-optical network (AON) αναδύεται ως ένα ελπιδοφόρο δίκτυο για πολύ υψηλές ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων, ευέλικτη εναλλαγή και ευρυζωνική υποστήριξη εφαρμογών. Κατ 'αρχήν, το ολικό οπτικό δίκτυο βασίζεται στην προϋπόθεση να διατηρείται η μετάδοση και η ανταλλαγή σημάτων δεδομένων εξ ολοκλήρου στον οπτικό τομέα από την πηγή στον προορισμό, αφαιρώντας έτσι τα ενδιάμεσα ηλεκτρονικά για να εξαλείφουν το λεγόμενο ηλεκτρονικό εμπόδιο και να επιτρέπουν αυθαίρετες μορφές σήματος, τα ποσοστά bit και τα πρωτόκολλα που πρόκειται να μεταφερθούν.

Επίσης δίνεται η δυνατότητα στα σήματα δεδομένων να διατηρούνται πάντοτε στον οπτικό τομέα, ανεξαρτήτως από το ότι εισέρχονται ή εξέρχονται από το δίκτυο. Συνεπώς, δεν υπάρχει επεξεργασία ηλεκτρικού σήματος σε ολόκληρη τη μετάδοση, έτσι ώστε διάφορες λειτουργίες μετάδοσης PDH, SDH, ATM κ.λπ. να μπορούν να εφαρμοστούν στον AON για να βελτιώσουν σημαντικά τη χρήση των πόρων του δικτύου.



Τα AON διαθέτουν τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

1. Παρέχει τεράστιο εύρος ζώνης.
2. Επιτυγχάνει τη διαφανή μετάδοση.
3. Παρέχει αρκετά καλή συμβατότητα.
4. Διαθέτει εξαιρετική δυνατότητα κλιμάκωσης.
5. Είναι εξοπλισμένο με καλή δυνατότητα ανασυγκρότησης.
6. Υιοθετεί πολλά παθητικά συστατικά για να πραγματοποιήσει τις μεγάλες εγκαταστάσεις φωτοηλεκτρικής μετατροπής. [17]

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6:

## ΚΛΙΜΑΚΩΣΗ ΔΙΚΤΥΩΝ

---

---

Τα δίκτυα μπορούν να χωριστούν σε υποκατηγορίες και να τοποθετηθούν σε μία κατάταξη , ανάλογα με το εύρος ζώνης τους, τη διαθεσιμότητα και την ασφάλεια που διαθέτουν. Όσο πιο ψηλά βρίσκεται ένα δίκτυο στην ιεραρχία τόσο πιο αυξημένες είναι οι απαιτήσεις του στα παρά πάνω. Η ιεραρχία τους είναι η εξής: [4]



## 1.ΕΘΝΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ

Στην κορυφή της πυραμίδας βρίσκεται το εθνικό δίκτυο. Βρίσκεται εκεί λόγω της παροχής υψηλών επιπέδων ασφάλειας, καθώς χρειάζεται να συνδέει όλες τις περιοχές μιας χώρας και πιθανά διασυνδέεται με εθνικά δίκτυα άλλων χωρών.

Στην Ελλάδα διαθέτουμε το Εθνικό Δίκτυο Έρευνας & Τεχνολογίας (ΕΔΕΤ), το οποίο παρέχει προηγμένες υπηρεσίες εθνικής διασύνδεσης, εξυπηρετώντας όλα τα ακαδημαϊκά ιδρύματα, τα ερευνητικά κέντρα της χώρας και τα σχολεία, μέσω του Πανελληνίου Σχολικού Δικτύου. Τέλος, διαθέτει δίκτυο οπτικών ινών και σύγχρονο οπτικό εξοπλισμό για την καλύτερη δυνατή εξυπηρέτηση. [4] [18]



[18]



## **2.Δίκτυο Διασύνδεσης Νομών**

Αυτός ο τύπος δικτύου συνδυάζεται με το εθνικό δίκτυο που προαναφέραμε. Συγκεκριμένα, διασυνδέει τα δίκτυα γειτονικών νομών σε μια ευρύτερη περιοχή. [4]

## **3.Δίκτυο Διασύνδεσης Πόλεων / Μητροπολιτικό Δίκτυο**

Ο συγκεκριμένος τύπος δικτύου αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι των πάρα πάνω κατηγοριών . Σκοπός του είναι να διασυνδέσει τα δίκτυα πόλεων (μητροπολιτικά δίκτυα) , εντός ενός νομού . Παρέχουν ευρυζωνική υποδομή, η οποία μπορεί να εξυπηρετήσει μακροχρόνιες ανάγκες και συνδέουν δίκτυα πρόσβασης σε κύριους κόμβους. [4]

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: 4.Δίκτυο Πρόσβασης**

Τα συγκεκριμένα δίκτυα συνδέουν τους συνδρομητές με τους τελικούς χρήστες ( ή ομάδες συνδρομητών) μέσω κόμβων πρόσβασης. Τα συγκεκριμένα δίκτυα χρησιμοποιούν για τη σύνδεσή τους χρήστες όπως μεμονωμένες οικίες, πολυκατοικίες, επιχειρήσεις, νοσοκομεία ή και δημόσιοι οργανισμοί. Επίσης, το γεγονός ότι παρέχουν υποδοχές για σύνδεση κόμβων ασύρματης πρόσβασης και κεραιών κινητής τηλεφωνίας , τα καθιστά ιδανικά για σύνδεση συστημάτων ασφαλείας, όπως συναγερμοί, απομακρυσμένη παρακολούθηση χώρων καθώς και συστήματα απομακρυσμένου ελέγχου.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7:

# ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΟΠΤΙΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

---

---

### 7.1 Προϋποθέσεις

Προκειμένου να υπάρξει ανάπτυξη της οπτικής υποδομής, υπάρχουν κάποιες προϋποθέσεις οι οποίες θα πρέπει να τηρηθούν. Αρχικά, θα πρέπει να υπάρχει διαθέσιμο το στοιχείο του πλεονασμού και η δυνατότητα εναλλακτικών συνδέσεων σε ένα πάροχο. Έπειτα, το δίκτυο πρέπει να είναι ικανό να μπορεί να προσαρμοσθεί ανάλογα με τις απαιτήσεις των παρόχων και να επιτρέπει τη διάταξη των διαφόρων στοιχείων (συνδέσεις, κόμβοι, κλπ) των τηλεπικοινωνιακών δικτύων, προκειμένου να κάνει πιο εύκολο το έργο των παρόχων.

Επίσης, θα πρέπει να επιτρέπει την πολυπλεξία υψηλής ρυθμαπόδοσης μεταξύ κύριων κόμβων, κύριων κόμβων και κόμβων πρόσβασης, κόμβων πρόσβασης, καθώς και κόμβων πρόσβασης και διακριτών χρηστών. Η εκάστοτε υποδομή, θα πρέπει να είναι επεκτάσιμη, ακόμη και από άλλα μέρη, προκειμένου να υπάρχει η δυνατότητα συμπληρωματικών αναδιατάξεων και να επιτρέπει με εύχρηστο τρόπο το μερισμό της

και την κοστολόγηση των μερών, ώστε να διευκολύνει τις μετέπειτα αγοραπωλησίες τους, καθώς και να έχει μειωμένο

κόστος διαχείρισης και αποκατάστασης βλαβών, στοχεύοντας στην επιθυμητή μείωση του κόστους.

## **7.1 Απαιτήσεις**

Οι απαιτήσεις για τη δημιουργία κάθε δικτύου διαφέρουν ανάλογα το είδος του κάθε δικτύου. Πιο συγκεκριμένα , ένα δίκτυο μπορεί να είναι κύριο, διανομής, πρόσβασης , είτε συγκέντρωσης.

### Όσον αφορά το κύριο δίκτυο:

Μεταξύ των κυρίων κόμβων του δικτύου, πρέπει να υπάρχει διακριτικότητα όσον αφορά το καλώδιο και να μη παρουσιάζει ενδιάμεσες μικτονομήσεις. Τα πάρα πάνω είναι αναγκαία , προκειμένου να μπορέσει το κύριο δίκτυο να μοιραστεί καλώδιο από το δίκτυο διανομής. Επίσης, θα πρέπει να έχει όσο το δυνατόν λιγότερες συγκολλήσεις (εντός των κόμβων) , οι οποίες όμως δε θα έχουν τη δυνατότητα τερματισμού ή μικτονόμησης. Το παρά πάνω μπορεί να επιτευχθεί λειτουργικά/λογικά , με τη βοήθεια ενός συγκεκριμένου αριθμού ινών , οι οποίες θα πρέπει να ενώνουν τον κύριο κόμβο με κάποιον άλλο κύριο κόμβο.

Επιπλέον, για να καλύψουμε την περίπτωση επέκτασης του του κυρίου δικτύου σε περιφερειακό επίπεδο , θα υπάρξει άμεση ανάγκη επιπλέον χώρου για ίνες και συνεπώς για καλώδιο και σωληνώσεις . Προκειμένου να καταφέρουμε τη σύνδεση των κύριων κόμβων με τους κόμβους διανομής, θα πρέπει να υπάρχουν τουλάχιστον  $K+1$ υποσωληνώσεις (K είναι

ο αριθμός των προβλεπόμενων κυρίων κόμβων στους οποίους θα συνδεθούν οι κόμβοι διανομής). [4]

#### Όσον αφορά το δίκτυο διανομής:

Πολύ σημαντικός παράγοντας σε αυτού του είδους τα δίκτυα , αποτελεί η πρόβλεψη για περισσότερες υπό-σωληνώσεις. Αυτό συμβαίνει, καθώς οι σωληνώσεις για περισσότερους του ενός κόμβους διανομής, καθώς και σωληνώσεις του δικτύου πρόσβασης συνυπάρχουν στην ίδια διόδευση. Τέλος, προβλέποντας τα ενεργά ή παθητικά στοιχεία πολυπλεξίας και απο-πολυπλεξίας στους κόμβους διανομής , καθώς και συνδέοντας εν σειρά κόμβους για την υλοποίηση τοπικών δακτυλίων ή αρτηριών με ένα ή περισσότερα σημεία εξόδου , επιτυγχάνεται η μείωση κατά των απαιτήσεων σε αριθμό εγκατεστημένων ινών. [4]

#### Όσον αφορά το δίκτυο πρόσβασης:

Ο συγκεκριμένος τύπος δικτύου ενώνει τους κόμβους πρόσβασης με τους κόμβους διανομής με τη βοήθεια του καλωδίου πρόσβασης (σε μορφή βρόχου) , το οποίο διατρέχει φρεάτια διακλάδωσης και συγκόλλησης και μέσω των κόμβων πρόσβασης οι ζεύξεις μπορούν να κατευθυνθούν στους διακριτούς χρήστες της περιοχής. Όσον αφορά τον αριθμός των σωλήνων που θα τοποθετηθούν στο χάνδακα που ενώνει τα φρεάτια πρόσβασης, σημαντικό ρόλο παίζει το εάν εξυπηρετούνται και άλλοι χρήστες κατά μήκος της διαδρομής των κοινών χανδάκων και σωληνώσεων. [4]

### Όσον αφορά το δίκτυο συγκέντρωσης:

Στη συγκεκριμένη περίπτωση δικτύου, τα φρεάρτια και οι διάδρομοι είναι απαραίτητοι (μικτή τοπολογία απαρτιζόμενη από αστέρα, αρτηρία ή και δακτύλιο) , προκειμένου να εξυπηρετηθούν οι χρήστες (κτίριο σε fiber to the home - FTTH) . Επίσης, πρέπει να δίνεται η δυνατότητα στον χρήστη να έχει πλεόνασμα συνδέσεων (εντός της ίδιας όδευσης) προς τον οικείο κόμβο πρόσβασης, καθώς και η εκμετάλλευση των κοινών διοδεύσεων όπου αυτό είναι δυνατόν.[4]

Ωστόσο, υπάρχουν κάποιες κοινές προϋποθέσεις οι οποίες πρέπει να τηρούνται για όλα τα δίκτυα, ανεξεραιτως είδους. Οι βασικότερες είναι οι εξής:

- Ασφάλεια:

Πολύ σημαντικό ρόλο στα οπτικά δίκτυα παίζει η ασφάλεια. Η κατασκευή τους πρέπει να γίνεται με τρόπο τέτοιο ώστε να επιδεικνύει το μέγιστο βαθμό λειτουργικής διαθεσιμότητας. Όσον αφορά τις βλάβες, πρέπει να μην γίνονται αντιληπτές από το χρήστη, όσο το δυνατόν περισσότερο και να είναι αναγνωρίσιμες και επιδιορθώσιμες σε μικρό σχετικά χρόνο.

Η καλή ασφάλεια είναι επιθυμητή από σχεδόν όλους τους χρήστες του δικτύου, κυρίως στις περιπτώσεις που

εμπλέκονται επιχειρήσεις και προσωπικά δεδομένα. Η ασφάλεια

ενός δικτύου μπορεί να χωριστεί σε τρία επίπεδα και τα επίπεδα 1 και 2 θεωρούνται ότι παρέχουν καλύτερες επιλογές ασφάλειας από το επίπεδο 3. Επί του παρόντος, οι υπηρεσίες αυτές χρησιμοποιούνται κυρίως από επιχειρήσεις και όχι από οικιακούς χρήστες, ιδιαίτερα για την παροχή υπηρεσιών VPN Ethernet και επιπέδου 2. Ωστόσο, με την εμφάνιση υψηλών υπηρεσιών παροχής βίντεο, φαίνεται πιθανό ότι ορισμένες νέες υπηρεσίες θα παρέχονται καλύτερα στο επίπεδο 2. Όταν μια επιχείρηση χρειάζεται ένα υψηλό επίπεδο ασφάλειας 3, μια επιλογή είναι για αυτούς η χρήση μιας υπηρεσίας δικτύου επιπέδου 2 και η δημιουργία ενός ιδιωτικού δικτύου επιπέδου 3. [4][19]

- Ομοιόμορφη Δομή: Η ύπαρξη μιας ομοιόμορφης δομής στα οπτικά δίκτυα, καθιστά εύκολη την επέκταση, τη συντήρηση και η αποκατάσταση του δικτύου για την εξέλιξη του και τ ς τυχόν βλάβες οι οποίες μπορεί να προκύψουν κατά τη χρήση και δεν έχουν προβλεφτεί. Η επιδιόρθωση τους μπορεί μέσω της χρήσης της συγκεκριμένης δομής να εκτελεστεί γρήγορα λόγω της ομοιομορφίας των τμημάτων [4]

- Προστασία:

Εξίσου σημαντικό παράγοντα αποτελεί η προστασία των δικτύων ενάντια σε φθορές, απόπειρες κλοπής και πιθανές εκδηλώσεις φωτιάς. Αυτό το καταφέρνουμε μέσω προκαθορισμένων επιπέδων ασφαλείας που υπάρχει στα κομβικά σημεία των δικτύων. Η συγκεκριμένη λύση αποτελεί σωτήρια για τα συγκεκριμένα σημεία, ωστόσο, αντίστοιχη προσοχή πρέπει να δίνεται και στα φρεάρτια, καλώδια, κιβώτια και σωλήνες όδευσης, προκειμένου να υπάρχει ασφάλεια σε όλο το δίκτυο.[4]

- Μετρήσεις και δοκιμασίες:

Οι συχνές μετρήσεις και δοκιμασίες βοηθούν στην ευκολότερη και περισσότερο άμεση επίλυση ή και πρόβλεψη πιθανών βλαβών του δικτύου. Βασίζονται κυρίως σε δύο διαδικασίες, την OTDR (optical time-domain reflectometer) και την μέτρηση εξασθένισης σήματος.

Ένα OTDR παράγει έναν παλμό μέσα σε μια ίνα που πρόκειται να δοκιμαστεί για σφάλματα ή ελαττώματα. Διαφορετικά γεγονότα εντός της ίνας δημιουργούν μια σκέδαση πίσω Rayleigh. Οι παλμοί επιστρέφονται στο OTDR και οι δυνάμεις τους μετριοούνται και υπολογίζονται ως συνάρτηση του χρόνου και σχεδιάζονται ως συνάρτηση της τάνυσης των ινών. Η ισχύς και το σήμα επιστροφής αναφέρουν τη θέση και

την ένταση του σφάλματος που υπάρχει. Όχι μόνο οι υπηρεσίες συντήρησης, αλλά και οι υπηρεσίες εγκατάστασης οπτικής γραμμής χρησιμοποιούν OTDRs. Επιπλέον, τηλεφωνικά κέντρα σε όλη την Ελλάδα και πόλοι στο δίκτυο χρησιμοποιούν OTDRs για ομαλή λειτουργία.

Όσον αφορά τη μέτρηση εξασθένησης σήματος, μας δίνει τη δυνατότητα να γνωρίζουμε την ακριβή τιμή για τη συνολική εξασθένηση της οπτικής επαφής από άκρο σε άκρο. Το παρά πάνω συμβαίνει καθώς όπως σε όλες τις μορφές επικοινωνίας, το σήμα που φτάνει σε ένα δέκτη είναι πιο χαμηλό σε ένταση από αυτό που εκπέμφθηκε από τον πομπό. Αυτή η εξασθένηση του σήματος οφείλεται κατά κύριο λόγο σε ακαθαρσίες και στη 'διασκόρπιση' της δέσμης φωτός λόγω ανομοιογενών περιοχών στη κεντρική ίνα του οπτικού καλωδίου. Μεγαλύτερη εξασθένηση του σήματος παρουσιάζεται σε σημεία που γίνεται η ένωση δυο καλωδίων λόγω μη καλής ευθυγράμμισης των δυο άκρων. Τέλος η εξασθένηση του σήματος εξαρτάται και από τα μήκη κύματος του φωτός που χρησιμοποιούνται κατά τη μεταφορά του σήματος. Οι μικρότερες τιμές εξασθένησης, λόγω του μήκους κύματος που χρησιμοποιείται, εμφανίζονται σε περιοχές που ονομάζονται "οπτικά παράθυρα" [4][20][21]



# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8:

## ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ ΤΗΣ ΟΠΤΙΚΗΣ ΔΙΚΤΥΩΣΗΣ

---

---

Σκοπός των ειδικών είναι να προσπαθήσουν για ένα νέο και διαδεδομένο δίκτυο, το οποίο βασίζεται στη φωτογονική και μπορεί να ικανοποιήσει τις ανάγκες μιας διεύρυνσης της βάσης των κατοικιών, των επιχειρήσεων, και των επιστημονικών χρηστών. Περιφερειακά σχέδια και στόχοι για την οπτική δικτύωση αναθεωρούνται για να κατανοήσουν ποιες τρέχουσες προσεγγίσεις κρίνονται σπουδαίες.

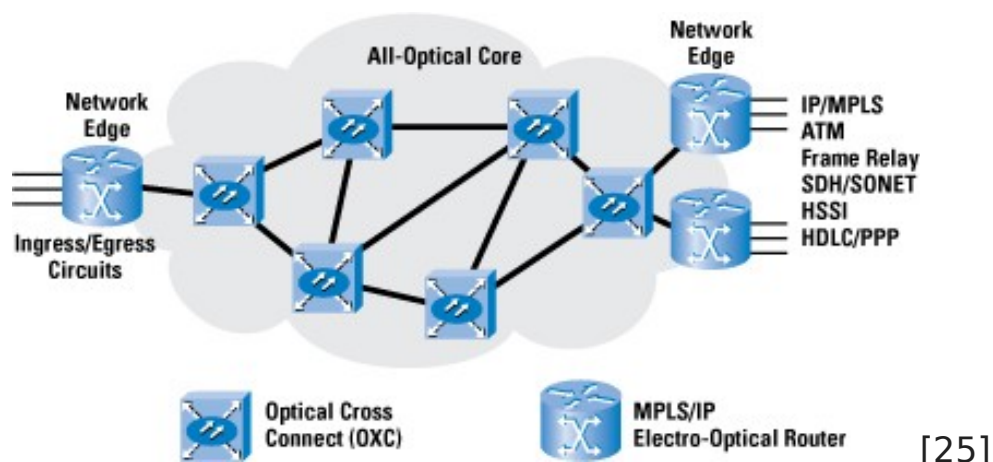
Σήμερα, δύο κατευθύνσεις οδηγούν τα ξεχωριστά μοντέλα υποδομής οπτικού δικτύου, συγκεκριμένα

1) Η ανάγκη των εθνών να παρέχουν μια πανταχού παρούσα υποδομή δικτύου για να υποστηρίξει όλες τις μελλοντικές υπηρεσίες και τις τηλεπικοινωνιακές ανάγκες κατοικιών και επιχειρήσεων

2) Οι αυξανόμενες απαιτήσεις της επιστημονικής κοινότητας για δίκτυα με σκοπό την υποστήριξη των απαιτήσεών τους σε σχέση με μεγάλης κλίμακας μεταφορά και επεξεργασία δεδομένων.

Το κλειδί για το στόχο που τίθεται για το μέλλον του οπτικού δικτύου είναι η εξέλιξη μιας πλατφόρμας πολλαπλών υπηρεσιών που περιλαμβάνει (ενδεχομένως) ένα οπτικό πυρήνα με μήκη κύματος και υπό-μήκη κύματος, μαζί με ένα προηγμένο επίπεδο ελέγχου όπως το GMPLS. [22]

Το GMPLS (Generalized Multi-Protocol Label Switching) απευθύνεται σε μια οικογένεια πρωτοκόλλων που επεκτείνει το MPLS (Multiprotocol Label Switching - τεχνική δρομολόγησης στα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα που κατευθύνει τα δεδομένα από έναν κόμβο στον επόμενο βάσει μικρών ετικετών διαδρομής παρά μεγάλων διευθύνσεων δικτύου, αποφεύγοντας έτσι πολύπλοκες αναζητήσεις σε έναν πίνακα δρομολόγησης και επιταχύνοντας τις ροές κυκλοφορίας. ) για τη διαχείριση περαιτέρω κατηγοριών επαφών και τεχνολογιών μεταγωγής εκτός από τις διεπαφές πακέτων και την εναλλαγή, όπως η πολυπλεξία διαίρεσης χρόνου, η μεταγωγή του στρώματος 2, μεταγωγή μήκους κύματος και μεταγωγή ινών. [23][24]



Επιπλέον, ο πυρήνας του επίπεδο δεδομένων θα υποστηρίζει την εναλλαγή του ηλεκτρικού κυκλώματος (π.χ. DXCs), ηλεκτρονική μεταγωγή πακέτων με χρήση δρομολογητών IP / MPLS, OBS χρησιμοποιώντας μικρο δευτερόλεπτα οπτικούς διακόπτες με κατάλληλη άκρη - διεπαφές για τον καθορισμό εισερχομένων δεδομένων σε συγκεκριμένα μήκη κύματος, και - τέλος, ενδεχομένως OPS χρησιμοποιώντας νανοδευτερόλεπτα οπτικούς διακόπτες και κατάλληλες διεπαφές άκρων.

Τέλος, το οπτικό δίκτυο μπορεί να επιτύχει ισχυρή εξέλιξη και να παράσχει την απαραίτητη βασική υποδομή μεγάλης χωρητικότητας και ευελιξίας για την υποστήριξη των εγγύς και μελλοντικών απαιτήσεων ενός παγκόσμιου δικτύου, υποστηρίζοντας τις απαιτήσεις επικοινωνίας μιας αυξανόμενης ποικιλίας οικιακών, επιχειρηματικών και επιστημονικών χρηστών. Πολλές από τις απαραίτητες τεχνολογικές λύσεις μεταγωγής και υποσυστημάτων για την επίτευξη αυτών των στόχων έχουν ήδη ανακαλυφθεί, αλλά χρειάζεται να σημειωθεί σημαντική πρόοδος των τεχνικών ολοκλήρωσης σχετικά με προβλήματα κόστους ανάπτυξης. Υπάρχει επίσης μεγάλη έρευνα σε επίπεδο λογισμικού, για τη διασφάλιση της διαλειτουργικότητας μεταξύ δικτύων σε παγκόσμιο επίπεδο. Τελικά, η υλική και λογισμική εξέλιξη μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένα επίπεδα διαφάνειας στα μελλοντικά οπτικά δίκτυα.

# ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

---

---

URLs:

1. <https://openwifi.ellak.gr/2016/08/30/evrizonikes-sindesis-optikes-ines-ke-psifiaki-ikonomia/>
2. [http://ru6.cti.gr/ru6/system/files/bouras\\_site/notes/eurizonikes\\_texnologies\\_v3\\_6.pdf](http://ru6.cti.gr/ru6/system/files/bouras_site/notes/eurizonikes_texnologies_v3_6.pdf)
3. [https://el.wikipedia.org/wiki/Fiber\\_to\\_the\\_x](https://el.wikipedia.org/wiki/Fiber_to_the_x)
4. [Διαφάνειες Μαθήματος](#)
5. <http://opencourses.uoa.gr/modules/document/file.php/DI124/%CE%94%CE%B9%CE%B4%CE%B1%CE%BA%CF%84%CE%B9%CE%BA%CF%8C%20%CF%80%CE%B1%CE%BA%CE%AD%CF%84%CE%BF%CE%A0%CE%B1%CF%81%CE%BF%CF%85%CF%83%CE%B9%CE%AC%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82%20%CE%BC%CE%B1%CE%B8%CE%AE%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%BF%CF%82/Thlepikoinwniaka%20Diktua%20FTTx.pdf>
6. [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-0-387-92131-0\\_16](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-0-387-92131-0_16)
7. <https://itel.com/p2p-vs-gpon-fiber/>
8. <http://www.chinacablesbuy.com/comparison-active-passive-optical-network.html>
9. <http://moxdfendu0.tripod.com/Fiber%20to%20the%20home%20architecture.htm>
10. [https://www.researchgate.net/figure/Home-Run-architecture-with-Point-to-Point-Ethernet-topology\\_fig2\\_242563090](https://www.researchgate.net/figure/Home-Run-architecture-with-Point-to-Point-Ethernet-topology_fig2_242563090)
11. <https://www.techopedia.com/definition/26762/point-to-multipoint-communication-pmp>

12. <https://fasufi.wordpress.com/2008/10/21/wireless-architecture-point-to-point-and-point-to-multipoint/>
13. <https://sites.google.com/site/eisagogestadiktyappologiston1/architektonike-diktyou/diastromatose>
14. [https://www.photonics.ntua.gr/wp-content/uploads/diafaneies\\_Diktya\\_optikon\\_inwn\\_2017/01\\_%CE%95%CE%B9%CF%83%CE%B1%CE%B3%CF%89%CE%B3%CE%B7%CC%81.pdf](https://www.photonics.ntua.gr/wp-content/uploads/diafaneies_Diktya_optikon_inwn_2017/01_%CE%95%CE%B9%CF%83%CE%B1%CE%B3%CF%89%CE%B3%CE%B7%CC%81.pdf)
15. <http://www.fiber-optic-cable-sale.com/which-one-will-you-choose-for-ftt-pon-or-aon.html>
16. <http://www.fiber-optic-solutions.com/intro-optical-network-pon.html>
17. <http://www.fiber-optical-networking.com/tag/aon>
18. [http://www.eclass.teipel.gr/modules/document/file.php/ITCOM654/lecture1\\_I NTRO.pdf](http://www.eclass.teipel.gr/modules/document/file.php/ITCOM654/lecture1_I NTRO.pdf)
19. <http://www.ist-phosphorus.eu/files/deliverables/Phosphorus-WhitePaper.pdf>
20. <https://www.techopedia.com/definition/2621/optical-time-domain-reflectometer-otdr>
21. [http://repository.library.teimes.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/842/TIL\\_SIDI\\_0106.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repository.library.teimes.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/842/TIL_SIDI_0106.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
22. [https://www.researchgate.net/publication/225093463\\_Future\\_Optical\\_Networks](https://www.researchgate.net/publication/225093463_Future_Optical_Networks)
23. [https://en.wikipedia.org/wiki/Generalized\\_Multi-Protocol\\_Label\\_Switching](https://en.wikipedia.org/wiki/Generalized_Multi-Protocol_Label_Switching)
24. [https://en.wikipedia.org/wiki/Multiprotocol\\_Label\\_Switching](https://en.wikipedia.org/wiki/Multiprotocol_Label_Switching)
25. <https://www.cisco.com/c/en/us/about/press/internet-protocol-journal/back-issues/table-contents-41/113-gmpls.html>

Διαφάνειες μαθήματος- eclass:

Δίκτυα FTTx(Μέρος 1)

Δίκτυα FTTx(Μέρος 2)