



# Τηλεπικοινωνιακά Δίκτυα

Δίκτυα Πρόσβασης Επόμενης Γενιάς  
Next Generation Access Networks (NGA)

Ιωάννης Νεοκοσμίδης  
Δημήτρης Κατσιάνης

# Εισαγωγή

- Εκρηκτική ανάπτυξη του διαδικτύου
- Ο όγκος των δεδομένων σχεδόν διπλασιάζεται κάθε έξι μήνες
- Δημιουργία υπηρεσιών (τηλεδιάσκεψη, τηλεϊατρική, video κατά παραγγελία) οι οποίες είναι απαιτητικές σε BW
- Ανάγκη για νέες μεθόδους πρόσβασης
- Υπάρχοντα δίκτυα πρόσβαση → Περιορισμοί ως προς την απόσταση αλλά και το εύρος ζώνης
- Σκοπός να προσεγγίσει η οπτική ίνα όσο το δυνατόν περισσότερο τον τελικό χρήστη
  - Δίκτυα πρόσβασης που βασίζονται στην οπτική ίνα
  - Οπτική ίνα: υψηλοί ρυθμοί μετάδοσης, χαμηλές απώλειες και μικρή παραμόρφωση

# Εισαγωγή

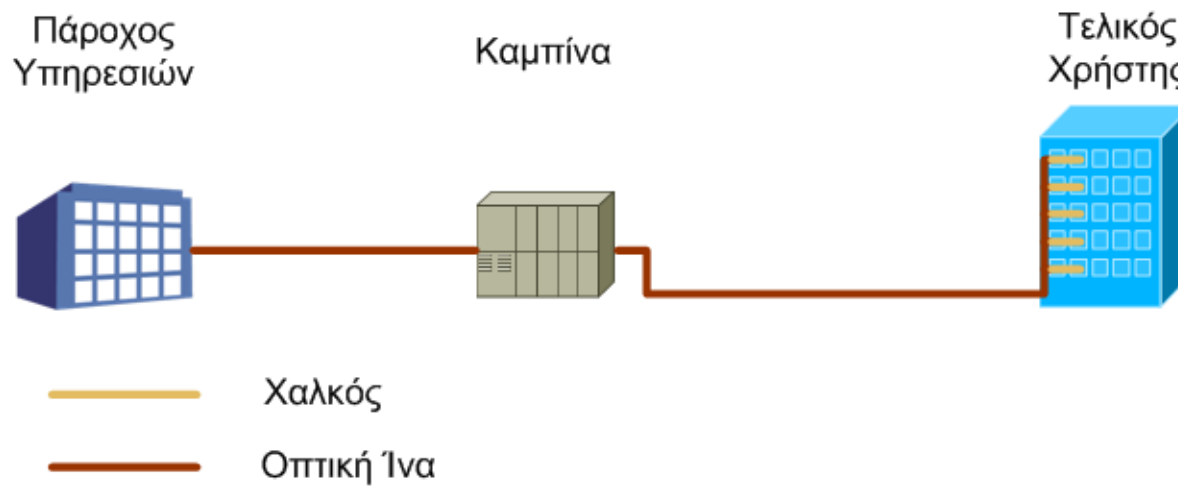
- Το πλεονέκτημα της μελλοντικής αναβάθμισης αλλά και το χαμηλότερο κόστος λειτουργίας και συντήρησης καθιστούν την ίνα μια προφανή επιλογή.
- Τα οπτικά δίκτυα πρόσβασης χρονολογούνται από την δεκαετία του '80
- Στο παρελθόν δεν απέκτησαν εμπορικό ενδιαφέρον λόγω του υψηλού κόστους και της σχετικά χαμηλής ζήτησης
- Ανάπτυξη των δικτύων πρόσβασης
  - πρόοδος στη βιομηχανία των οπτικών
  - μείωση του κόστους
- Η ύπαρξη πολλών διαφορετικών λύσεων δείχνει την ραγδαία ανάπτυξη
- Βασικό κομμάτι του σχεδιασμού αποτελεί η επιλογή μιας λύσης

# Αρχιτεκτονικές

- Κατηγοριοποιούνται με βάση το σημείο τερματισμού της οπτικής ίνας
- Περιγράφονται από τον όρο Fiber to the x (FTTx)
  - Δηλώνει την αντικατάσταση μέρους ή ολόκληρου του τμήματος της χάλκινης καλωδίωσης με καλώδια οπτικών ινών
  - Fiber to the Home (FTTH)
  - Fiber to the Building (FTTB)
  - Fiber to the Node / Cabinet / Curb (FTTN – FTTCab - FTTC)

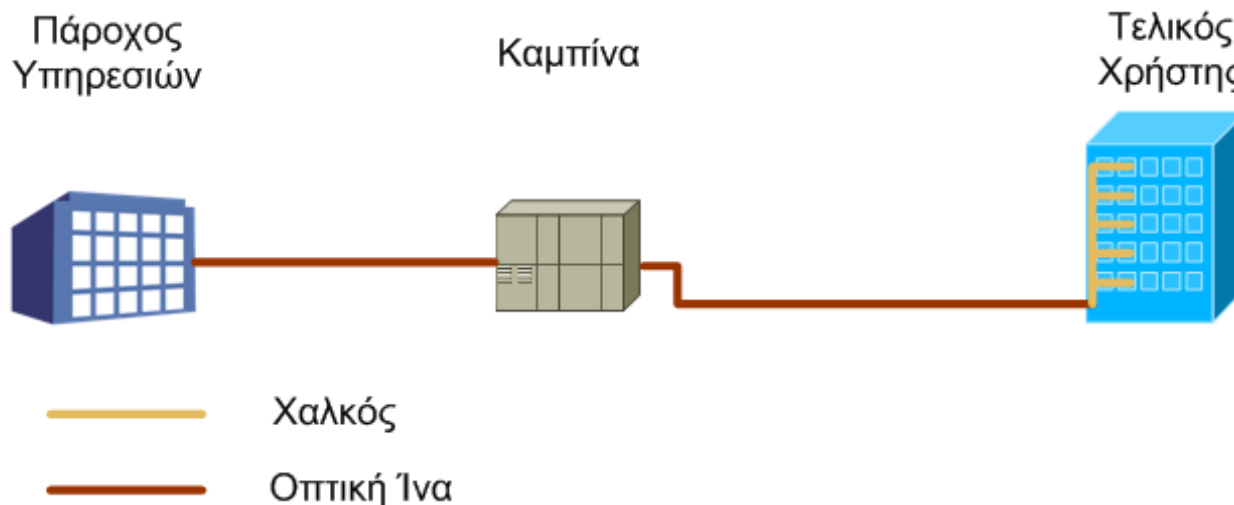
# Fiber to the Home (FTTH)

- Το μονοπάτι από τον πάροχο υπηρεσιών ως τον τελικό χρήστη αποτελείται αποκλειστικά από οπτική ίνα
- Η οπτική ίνα τερματίζεται μέσα στο σπίτι ή στο χώρο εργασίας του τελικού χρήστη
- Υποστηρίζει αρκετές τηλεφωνικές κλήσεις, μεταδόσεις τηλεόρασης και βίντεο καθώς και χρήση διαδικτύου από και προς έναν ή περισσότερους χρήστες
- Απαιτεί αρχικά περισσότερη επένδυση διασφαλίζοντας όμως χαμηλότερα λειτουργικά κόστη μελλοντικά



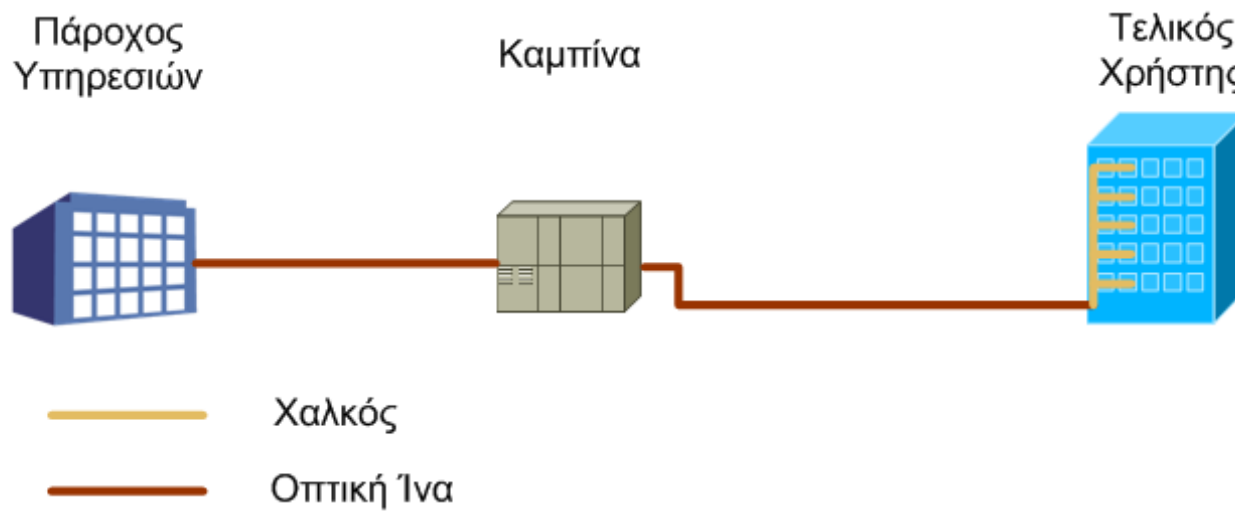
# Fiber to the Building (FTTB)

- Το μονοπάτι από τον πάροχο υπηρεσιών ως τον περιβάλλοντα χώρο διαμονής ή εργασίας ενός ή περισσότερων τελικών χρηστών αποτελείται αποκλειστικά από οπτική ίνα
- Η οπτική ίνα τερματίζεται έξω από το σπίτι ή το χώρο εργασίας καθενός τελικού χρήστη
- Ο απαραίτητος εξοπλισμός τοποθετείται συνήθως στο υπόγειο του κτηρίου
  - Διασυνδέεται με καθέναν από τους τελικούς χρήστες με χρήση συνεστραμμένων χάλκινων καλωδίων, οπτικής ίνας ή ασύρματης ζεύξης ανάλογα με την υφιστάμενη καλωδίωση σε κάθε κτήριο



# Fiber to the Building (FTTB)

- Υποστηρίζει αρκετές τηλεφωνικές κλήσεις, μεταδόσεις τηλεόρασης και βίντεο καθώς και χρήση διαδικτύου από και προς έναν ή περισσότερους χρήστες
- Χρησιμοποιείται για την παροχή ευρυζωνικών υπηρεσιών σε υπάρχοντα κτίρια
- Αποτελεί μεταβατικό στάδιο για την αρχιτεκτονική FTTH
  - Απαιτείται αντικατάσταση της χάλκινης καλωδίωσης του κτιρίου με οπτικές ίνες



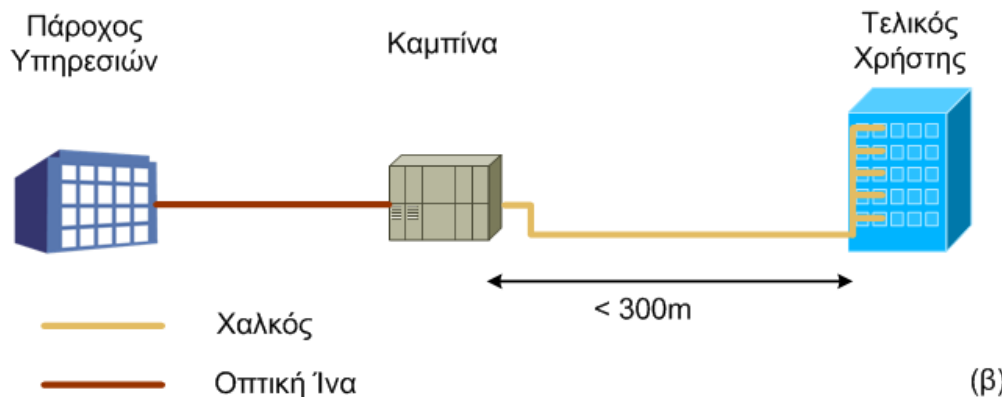
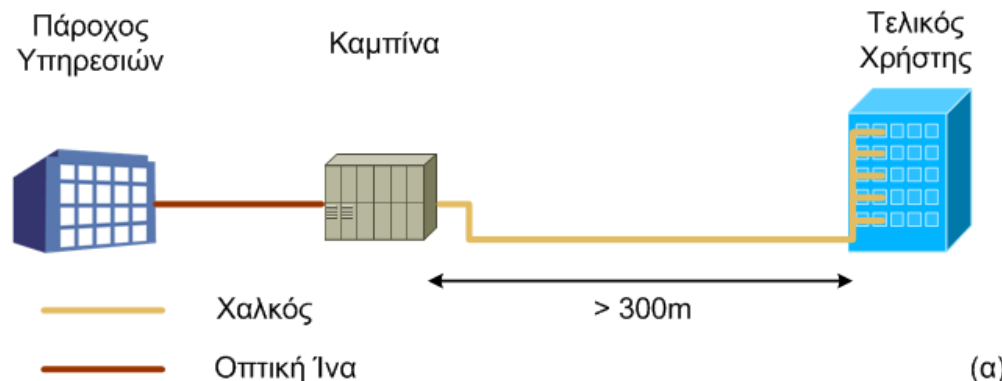
# Fiber to the Node / Cabinet / Curb (FTTN – FTTCab - FTTC)

- Το μονοπάτι από τον πάροχο υπηρεσιών ως τον ενδιαμέσο κόμβο (εξωτερική καμπίνα) που εξυπηρετεί μια ολόκληρη γειτονιά αποτελείται αποκλειστικά από οπτική ίνα

- Απαιτείται ένας μεταγωγός (switch) / DSLAM που τοποθετείται στην εξωτερική καμπίνα

- Το DSLAM συνδέεται με τον πάροχο υπηρεσιών με μια ίνα ή ένα ζευγάρι ινών

- μεταφέρει την κίνηση που συγκεντρώθηκε από τη γειτονιά συνήθως μέσω Gigabit Ethernet.





# Fiber to the Node / Cabinet / Curb (FTTN – FTTCab - FTTC)

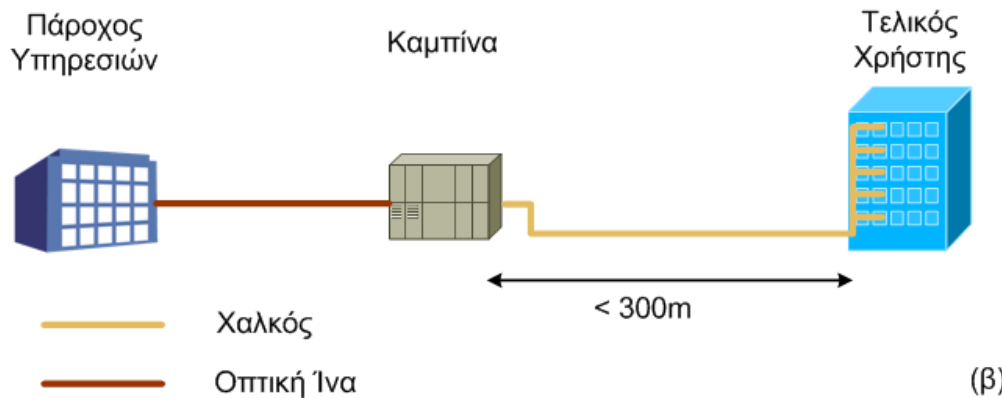
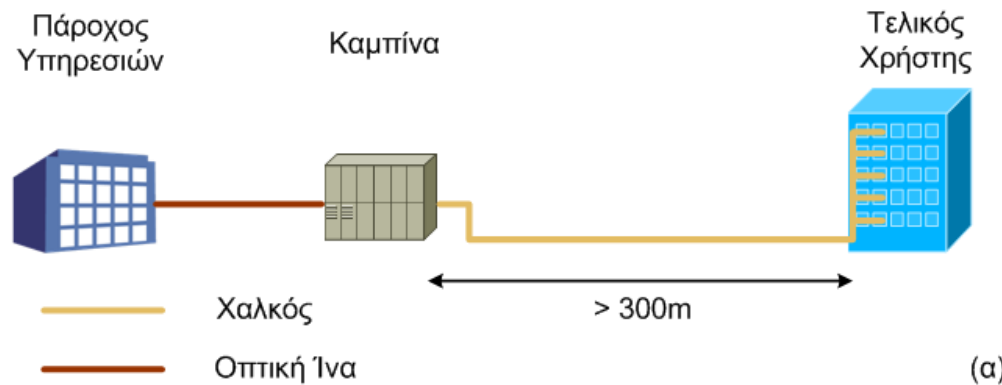
- Κάθε τελικός χρήστης συνδέεται με το DSLAM με οποιοδήποτε άλλο φυσικό μέσο εκτός από οπτική ίνα

  - χάλκινο καλώδιο (DSL)

- Υποστηρίζει συνήθως την κίνηση από μία ή δύο υπηρεσίες (ιντερνετ και φωνή) από και προς πολλούς χρήστες

- Περιοχή κάλυψης με ακτίνα μέχρι 1500 μέτρα

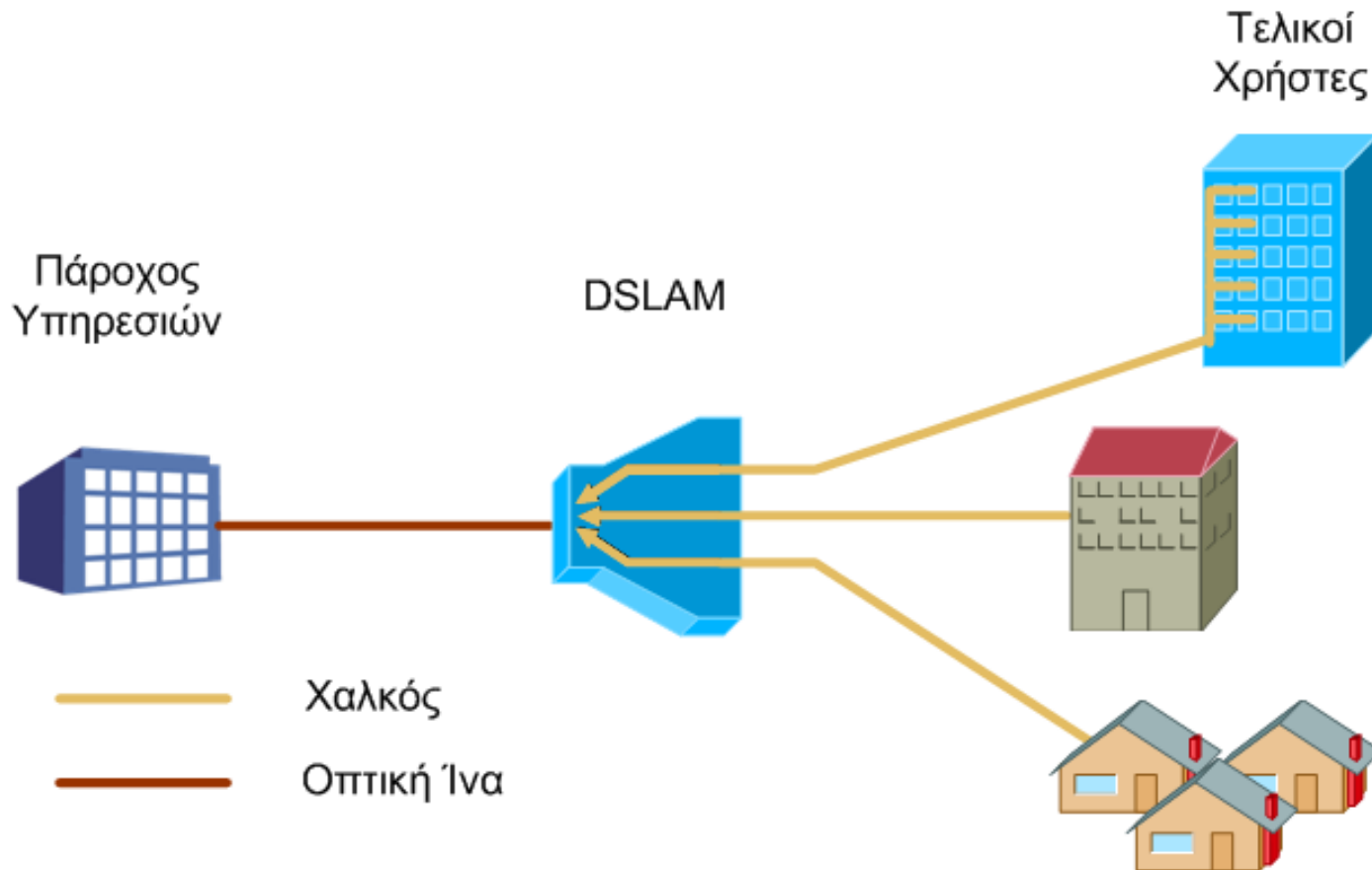
- Αν η ακτίνα  $< 300$  μέτρα  $\rightarrow$  Fiber to the Curb



# Τεχνολογίες βασισμένες στο χαλκό – VDSL/VDSL2

- Η χρήση υβριδικών αρχιτεκτονικών ίνας / χαλκού μειώνει σημαντικά το κόστος των απαιτούμενων επενδύσεων
  - Χρήση της υπάρχουσας χάλκινης υποδομής στο τελευταίο κομμάτι του δικτύου (απερχόμενο)
- Το DSLAM συνδέει πολλές ψηφιακές συνδρομητικές γραμμές (DSLs) σε μια γραμμή υψηλής ταχύτητας χρησιμοποιώντας τεχνικές πολυπλεξίας
- Ο χρήστης απολαμβάνει συμμετρικούς ή ασύμμετρους ρυθμούς δεδομένων πρόσβασης μέχρι 100Mb/s
  - Ανάλογα με την DSL τεχνολογία και την απόσταση

# Τεχνολογίες βασισμένες στο χαλκό – VDSL/VDSL2



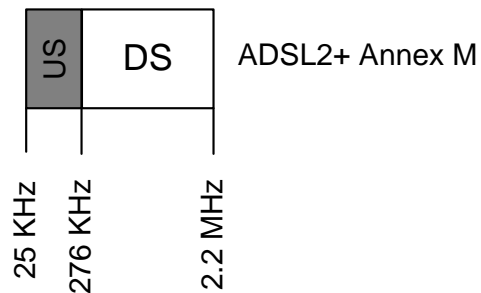
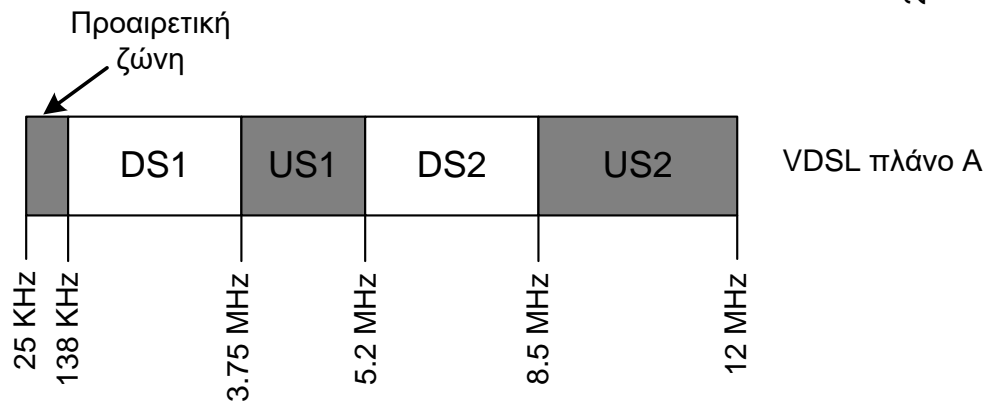
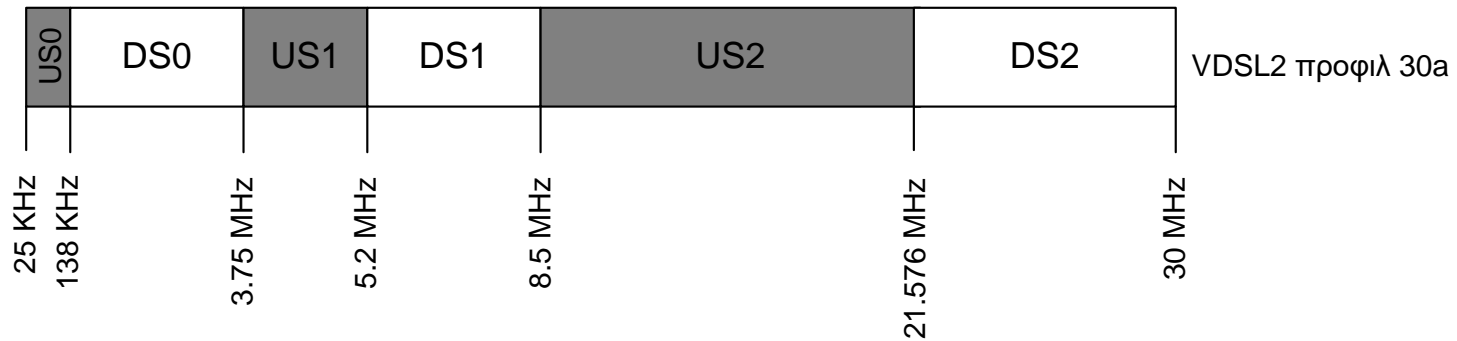
# Τεχνολογίες βασισμένες στο χαλκό – VDSL/VDSL2

- Αποτελούν τα νέα και πιο εξελιγμένα πρότυπα ενσύρματων DSL ευρυζωνικών επικοινωνιών
- Σχεδιάστηκαν με σκοπό να υποστηρίξουν υπηρεσίες Triple Play
- Το Φεβρουάριο του 2006, οι τεχνολογίες αυτές τυποποιήθηκαν από την ITU ως G.993.2.
- Το VDSL2 επιτρέπει τη διάδοση σε συνεστραμμένα καλώδια, ασύμμετρων και συμμετρικών συνολικών (aggregate) ρυθμών δεδομένων μέχρι και 200 Mbps
  - χρησιμοποιώντας εύρος ζώνης 30MHz.
- Οι επιδόσεις του φθίνουν πολύ γρήγορα στα 100 Mbps σε απόσταση 0.5 Km και στα 50 Mbps σε απόσταση 1 Km.
- Ίδιο με ADSL2+ για  $L > 1.6$  Km

# Τεχνολογίες βασισμένες στο χαλκό – VDSL/VDSL2

- Fiber-to-the-cabinet VDSL (FTTC/VDSL)
- Το DSLAM πλησιάζει κοντά στον συνδρομητή και διαχειρίζεται την κίνηση όλων των κοντινών συνδεδεμένων συνδρομητών
- Οι καλύτερες επιδόσεις οφείλονται εν μέρει στο μειωμένο μήκος του χάλκινου καλωδίου
- Αφιερωμένο DSLAM (micro DSLAM) → Περαιτέρω βελτίωση του BW
  - διαχειρίζεται την κίνηση από τα διαμερίσματα και τα γραφεία μόνο του κτιρίου αυτού
  - Η λύση αυτή έχει το πλεονέκτημα ότι χρησιμοποιείται μόνο η εσωτερική χάλκινη καλωδίωση του κτιρίου.

# Φασματικές ζώνες xDSL



# Συνύπαρξη Διαφορετικών Τεχνολογιών

- Ταυτόχρονη μετάδοση ADSL/ADSL2+ και VDSL2 σημάτων σε διαφορετικά ζεύγη του ίδιου καλωδίου → διαφωνία
- Η αποφυγή παρεμβολών απαιτεί
  - Δοκιμές και μετρήσεις
  - Χρήση τεχνικών μείωσης της ισχύος εκπομπής
  - Επαναδιαμόρφωση της φασματικής πυκνότητας ισχύος
- Η πρωτεύουσα ζώνη ανερχόμενης κίνησης US0 (25 – 138KHz) συμπίπτει με το μισό της πρωτεύουσας ζώνης του ADSL2+ (25 – 276KHz)
  - Επιλεκτική απενεργοποίηση της US0 του VDSL2

# Συνύπαρξη Διαφορετικών Τεχνολογιών

- Χρήση της διαμόρφωσης QAM/DMT
  - Κάθε ζώνη υποδιαιρείται σε υπο-φέρουσες (τόνους)
  - Κάθε τόνος «φορτώνεται» με τα διαμορφωμένα κατά QAM σήματα
  - Συνήθως κάθε τόνος δέχεται σήματα QAM με κατά μέσο όρο 8 bits δηλαδή με 256 στάθμες
  - Τα μεταδιδόμενα σήματα εκτός από διαμόρφωση υφίστανται και κωδικοποίηση
    - Από τα 8 bits χρησιμοποιούνται τα 6 ή 7 bits περίπου για τη μετάδοση χρήσιμης πληροφορίας



# Συνύπαρξη Διαφορετικών Τεχνολογιών

- Η ζώνη US0 του VDSL2 έχει εύρος 113 KHz
- Κάθε υπο-φέρουσα έχει εύρος 8,625 KHz
- Στην πρώτη ζώνη υπάρχουν 13 υποφέρουσες.
- Ο συνολικός ρυθμός που μπορεί να υποστηριχθεί από το προφίλ 30a του VDSL2 είναι 210Mb/s
  - Αν κάθε τόνος μπορεί να «σηκώσει» κατά μέσο όρο 7 bits
- Απενεργοποίηση της πρώτης ζώνης του VDSL2 ( $13 \cdot 7 \text{ bits} \cdot 8.625 \text{ KHz} \approx 784 \text{ Kb/s}$ ) τότε:
  - ο συνολικός ρυθμός που υποστηρίζεται θα είναι το  $(210 - 0,784) / 210 = 0,996$  ή 99,6% του αρχικού ρυθμού.
- Αν απενεργοποιηθούν οι συχνότητες 0,138-2,200 MHz από το πλάνο VDSL2-30a (239 τόνοι) ώστε να μην παρενοχλείται το ADSL2+ από το VDSL2 τότε:
  - προκύπτων συνολικός ρυθμός θα είναι το  $(210 - 14) / 210 = 0,933$  ή 93,3% του αρχικού ρυθμού Τουλάχιστον φασματικά

# Τεχνολογίες βασισμένες στην ίνα – FTTH τεχνολογίες

- Η χωρητικότητα του δικτύου, διαφέρει κατά περίπτωση
  - υπερβαίνει αυτή των εναλλακτικών δικτύων πρόσβασης, για παράδειγμα του χαλκού, του ομοαξωνικού και των ασυρμάτων δικτύων
- Χαρακτηρίζεται επίσης από συμμετρικές υπηρεσίες, περιορισμένο κόστος λειτουργίας και συντήρησης
- Συνοδεύεται από όλα τα πλεονεκτήματα που χαρακτηρίζουν τις οπτικές ίνες όπως
  - μεγάλες αποστάσεις μετάδοσης, μικρότερες απαιτήσεις σε ισχύ, ευελιξία, αξιοπιστία και ασφάλεια.

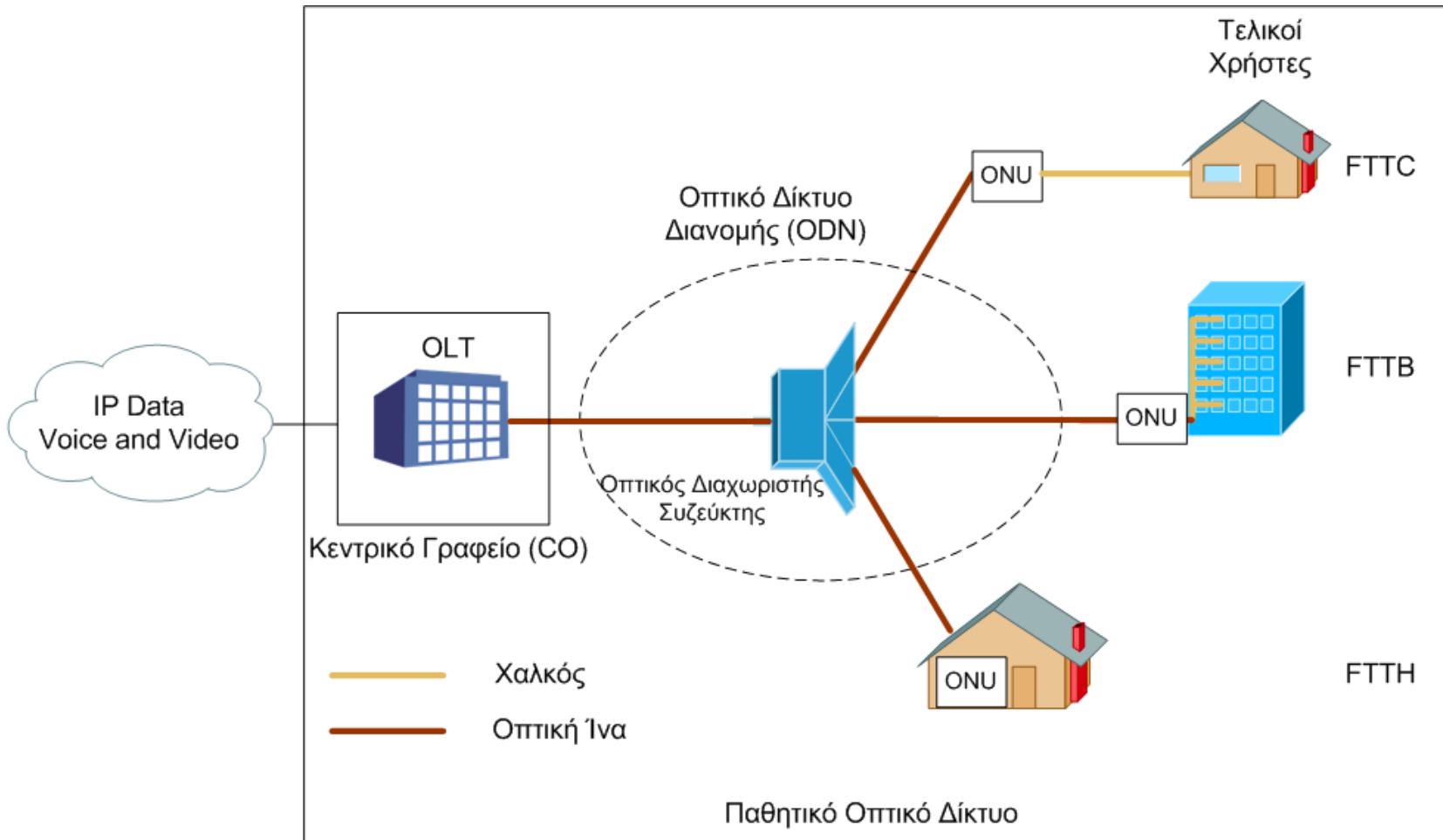
# Τεχνολογίες βασισμένες στην ίνα – FTTH τεχνολογίες

- Οι τεχνολογίες FTTH μπορούν να χωριστούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες
  - Τεχνολογίες από σημείο σε σημείο (Point to Point, P2P): Υλοποιούνται με τη χρήση ενεργών διατάξεων (διατάξεις που απαιτούν παροχή ηλεκτρικού ρεύματος)
  - Παθητικά οπτικά δίκτυα (Passive Optical Networks, PONs) ή δίκτυα από σημείο σε πολλαπλά σημεία (Point to Multi Point, P2M): Υλοποιούνται με τη χρήση παθητικών διατάξεων
- Η επιλογή της εκάστοτε τεχνολογίας εξαρτάται από:
  - το είδος της υπηρεσίας που πρόκειται να μεταδοθεί
  - το κόστος της υποδομής
  - την υπάρχουσα υποδομή και τα μελλοντικά σχέδια για μετακίνηση σε νέες τεχνολογίες

# Τεχνολογίες Παθητικών Οπτικών Δικτύων (P2MP)

- Κάθε πελάτης είναι συνδεδεμένος στο οπτικό δίκτυο μέσω ενός παθητικού οπτικού διαχωριστή
  - Το εύρος ζώνης διαμοιράζεται από τον τροφοδότη έως τον ακραίο κλάδο.
- Η χρήση καθαρά παθητικών διατάξεων έχει τα εξής πλεονεκτήματα:
  - Αυτές μπορούν να ανταπεξέλθουν σε δύσκολες και απαιτητικές συνθήκες εξωτερικών εγκαταστάσεων
  - Δεν χρειάζονται ηλεκτρική ενέργεια μεταξύ του κεντρικού γραφείου και του τελικού χρήστη.
  - Χαμηλές απαιτήσεις συντήρησης → μείωση του κόστους αναβάθμισης και των λειτουργικών δαπανών
- Τα παθητικά συστήματα χρησιμοποιούν μία κοινή, διαμοιραζόμενη σύνδεση με τα κεντρικά ηλεκτρονικά συστήματα
- Οι αρχιτεκτονικές PON μπορούν να μειώσουν το κόστος καλωδίωσης δεδομένου ότι δίνουν τη δυνατότητα διαμοιρασμού κάθε ίνας από πολλούς χρήστες.

# Αρχιτεκτονική PON



# Χαρακτηριστικά Παθητικών Οπτικών Δικτύων

- Το χαρακτηριστικό της ευρυεκπομπής (broadcast) επιτρέπει την παροχή υπηρεσιών όπως η καλωδιακή τηλεόραση
- Η υποστήριξη αμφίδρομων υπηρεσιών απαιτεί προσοχή καθώς ροές δεδομένων (upstream) από διαφορετικές ONU συνδυάζονται με σκοπό να μεταδοθούν προς το OLT
  - Τα σήματα θα πρέπει να είναι συγχρονισμένα έτσι ώστε να μην αλληλεπικαλύπτονται → παραμόρφωση & απώλεια δεδομένων στο δέκτη.
- Για την αποφυγή τέτοιων προβλημάτων χρησιμοποιείται
  - η τεχνική πολυπλεξίας με διαίρεση χρόνου (time division multiplexing – TDM) για την downstream κίνηση
  - η τεχνική πολλαπλής πρόσβασης με διαίρεση χρόνου (time division multiple access – TDMA) για την upstream
  - Για να μην υπάρχει διαφωνία (crosstalk), τα upstream και downstream σήματα δεν μπορούν να μεταδίδονται στο ίδιο μήκος κύματος εκτός και αν βρίσκονται σε διαφορετικές οπτικές ίνες

# Χαρακτηριστικά Παθητικών Οπτικών Δικτύων

- Τα παθητικά οπτικά δίκτυα μπορούν να βρεθούν σε τρεις βασικούς σχηματισμούς (δένδρο, αρτηρία και δακτύλιος),
- Η τοπολογία δέντρου προτιμάται εξαιτίας των μικρότερων μεταβολών της ισχύος του σήματος
- Τα παθητικά οπτικά δίκτυα χρησιμοποιούν τρία μήκη κύματος 1310nm (upstream), 1490nm (downstream) και 1550nm (για άλλες υπηρεσίες όπως αναλογικό RF βίντεο)
- Απαιτείται ένα φίλτρο πολυπλεξίας με διαίρεση μήκους κύματος τόσο στο κεντρικό γραφείο όσο και στη περιοχή του χρήστη.
- Οι συγκρούσεις μεταξύ των upstream δεδομένων από διαφορετικά σπίτια περιορίζονται από τον ελεγκτή της πρόσβασης των μέσων (Media Access Controller, MAC)
- Το στοιχείο του κυκλώματος που λαμβάνει το βίντεο μετατρέπει το downstream αναλογικό σήμα των 1550nm σε 75 ohm ομοαξονικό σήμα.
- Ο εξοπλισμός του χρήστη (Customer Premises Equipment, CPE) αποτελείται από την απλή υπηρεσία τηλεφώνου (POTS), το 10/100 Base-T Ethernet και τη διεπαφή βίντεο RF.

# Πρότυπα Παθητικών Οπτικών Δικτύων

- Οφείλονται κυρίως στην ομάδα εργασίας Full Services Access Network (FSAN) και στο Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)
- Αρχικά τα παθητικά οπτικά δίκτυα βασιζόταν στην τεχνολογία ATM
- Η συνεχής εξέλιξη των παθητικών οπτικών δικτύων οδήγησε στο πρότυπο Broadband PON (BPON) και έπειτα στο Gigabit PON (GPON) (2.5Gbps/1.25Gbps)
- Η IEEE εισήγαγε ένα ανταγωνιστικό πρότυπο με συμμετρικό ρυθμό bit ίσο με 1Gbps (EPON).
  - Το πρότυπο αυτό είναι ουσιαστικά αποτέλεσμα της απομάκρυνσης από την τεχνολογία ATM και της προσέγγισης του Ethernet
- Το EPON αναπτύσσεται αποκλειστικά στην Ασία ενώ σήμερα είναι διαθέσιμα προϊόντα που παρέχουν 2Gbps downstream ρυθμό bit.

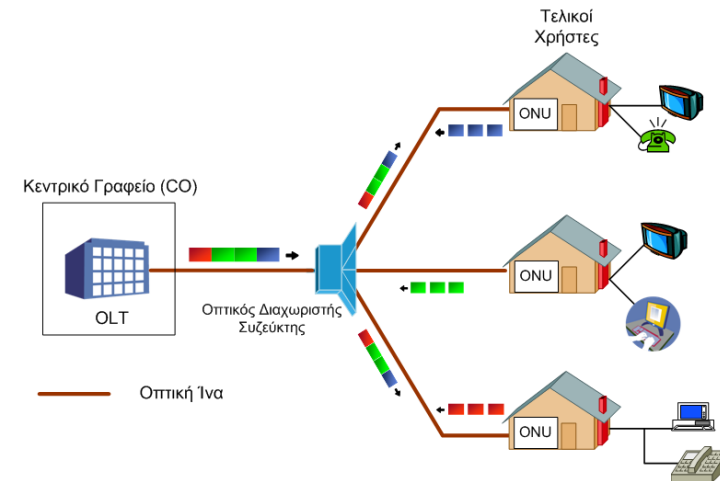


# ATM & Broadband Passive Optical Networks (APON & BPON)

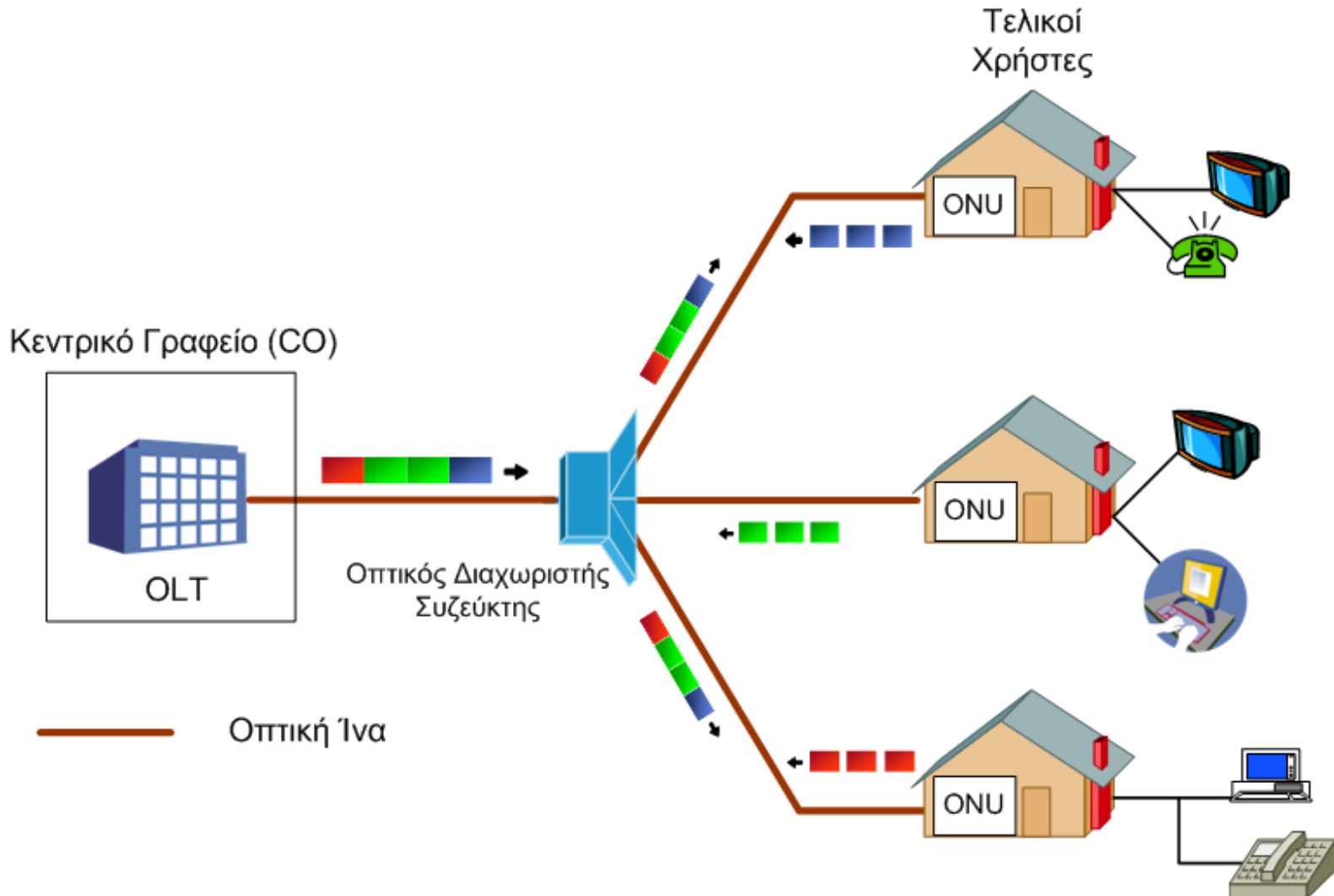
- ITU-T G.983.
- Το APON ήταν η πρώτη τεχνολογία βασισμένη σε PON που χρησιμοποιήθηκε για την ανάπτυξη FTTH
  - το μεγαλύτερο τμήμα της ήδη υπάρχουσας δικτυακής υποδομής βασιζόταν στην ATM τεχνολογία.
- Οι υπηρεσίες που προσφέρονταν δεν ήταν μόνο υπηρεσίες βασισμένες στο ATM αλλά και υπηρεσίες διανομής βίντεο, ενοικίασης γραμμών και πρόσβασης Ethernet
- Για να εκφραστεί ο ευρυζωνικός χαρακτήρας των συστημάτων PON, τα APON μετονομάστηκαν σε BPON.
- Τυποποιήθηκαν από τις συστάσεις G.983.1, G.983.2 του ITU
- Τα BPON έχουν δύο βασικά πλεονεκτήματα
  - Παρέχουν ένα τρίτο μήκος κύματος για υπηρεσίες βίντεο
  - Σταθερό πρότυπο που επαναχρησιμοποιεί την ATM υποδομή

# Gigabit Passive Optical Networks

- Η ανάγκη για μεγαλύτερο εύρος ζώνης και η πολυπλοκότητα του ATM οδήγησε στο GPON
- Για λόγους συμβατότητας πολλές λειτουργίες και χαρακτηριστικά των BPON επαναχρησιμοποιήθηκαν στα GPON
- ITU-T συστάσεις G.984.1, G.984.2 και G.984.3
- Το GPON μεταδίδει προς την downstream κατεύθυνση στο μήκος κύματος  $1.49\mu\text{m}$  (χαμηλές απώλειες) και στην upstream στα  $1.31\mu\text{m}$  (χαμηλή διασπορά  $\rightarrow$  Φθηνές πηγές)
- Τυπικά ένα GPON μπορεί να υποστηρίξει 32 χρήστες σε μια απόσταση 20 Km (OLT – ONU).



# Gigabit Passive Optical Networks



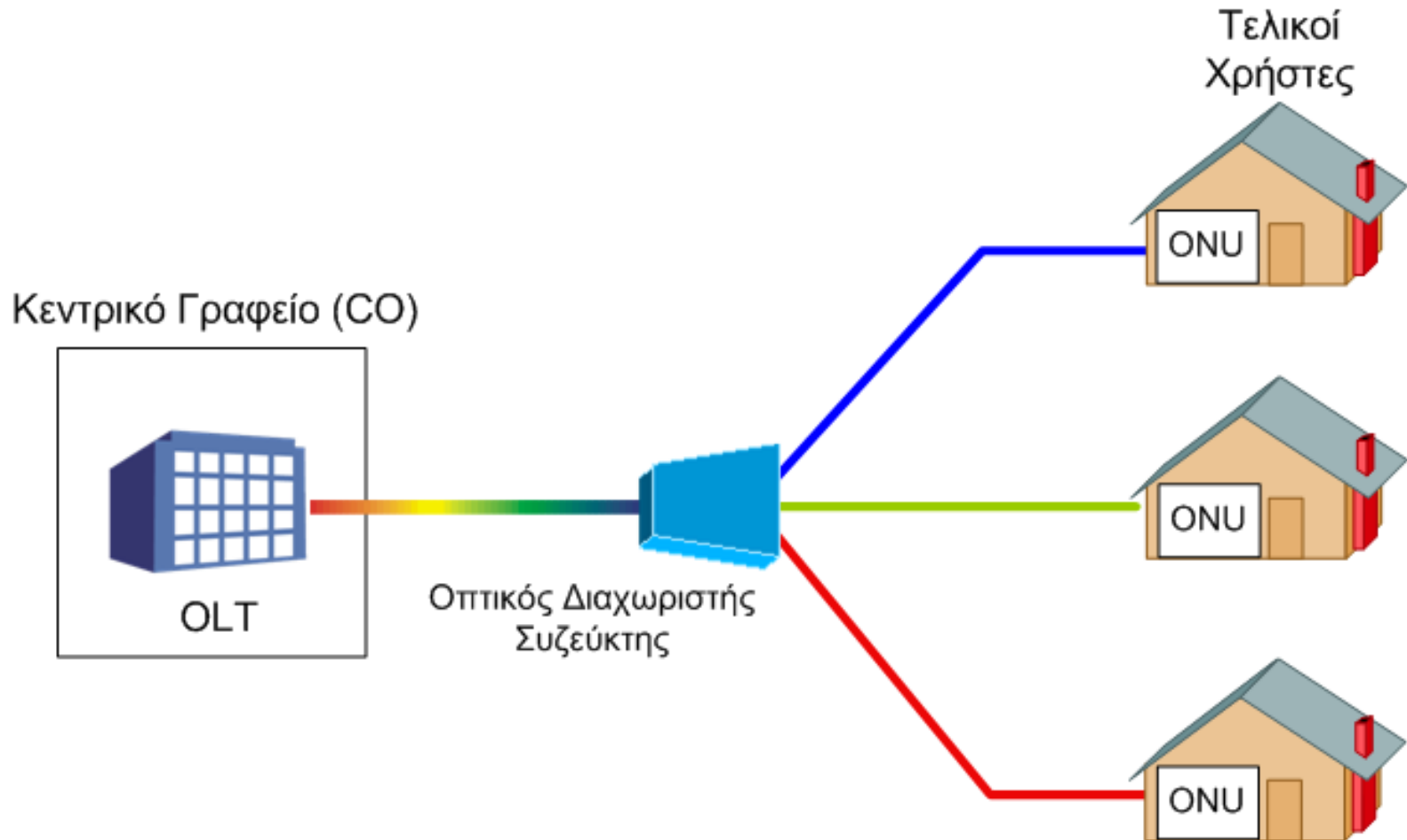
# Gigabit Passive Optical Networks

- Το GPON χρησιμοποιεί κατάλληλη μέθοδο ενθυλάκωσης (G-PON Encapsulation Method – GEM) ώστε να υποστηρίζει
  - ασύγχρονο τρόπο μετάδοσης (asynchronous transfer mode – ATM),
  - πολυπλεξία στο πεδίο του χρόνου και
  - κίνηση Ethernet.
- Στην downstream κατεύθυνση, το GPON ακολουθεί παρόμοια δομή πλαισίου με το SDH.
- Ένα πλαίσιο μεταδίδεται κάθε 125μsec.
- Το μέγεθος του πλαισίου καθορίζεται από την ταχύτητα μετάδοσης.
- Η προς τα κάτω κίνηση οδηγείται από έναν ελεγκτή (controller) στο OLT ο οποίος εκχωρεί χρονοθυρίδες στις ONUs.
- Κατάλληλες καθυστερήσεις λαμβάνονται υπόψη κατά την εκχώρηση των χρονοθυρίδων ώστε να αποφεύγονται οι συγκρούσεις των upstream σημάτων στο OLT.
- Για αποδοτικότερη χρήση του εύρους ζώνης μπορούν να χρησιμοποιηθούν δυναμικοί αλγόριθμοι εκχώρησης εύρους ζώνης.
- Το GPON χρησιμοποιεί διαμόρφωση Non-Return-to-Zero (NRZ).

# Ethernet Passive Optical Networks

- Τα EPON FTTH υιοθετήθηκαν από το πρότυπο IEEE 802.3ah
- Η χρήση ενός ενιαίου πρωτοκόλλου στο τοπικό δίκτυο, στο δίκτυο πρόσβασης και στο δίκτυο κορμού δίνει την δυνατότητα εύκολης ανάπτυξης του FTTH
- Βασίζεται στην τυπική δομή πλαισίου του Ethernet
- Χρησιμοποιεί την τεχνική TDM για την downstream κίνηση και την τεχνική TDMA για την upstream κίνηση
- Έχει συμμετρική ταχύτητα μετάδοσης 1Gbps χρησιμοποιώντας κωδικοποίηση μπλοκ 8B10B κάτι που οδηγεί σε ρυθμό γραμμής ίσο με 1.25 Gbps
- Η κίνηση δεδομένων μεταφέρεται σε πλαίσια Ethernet και κάθε ONU λαμβάνει τα πλαίσια τα οποία προορίζονται για αυτήν
- Η ταυτοποίηση κάθε ONU γίνεται με μια ετικέτα των 2bytes η οποία καλείται ID λογικής ζεύξης (Logical Link ID – LLID).
- 10Km για κοντινές αποστάσεις και 20Km για μακρινές.
- Μπορεί να φτάσει μέχρι και λόγο 1:64 και μάλιστα σε χαμηλότερο κόστος από το GPON

# WDM Passive Optical Networks



# P2P Passive Optical Networks

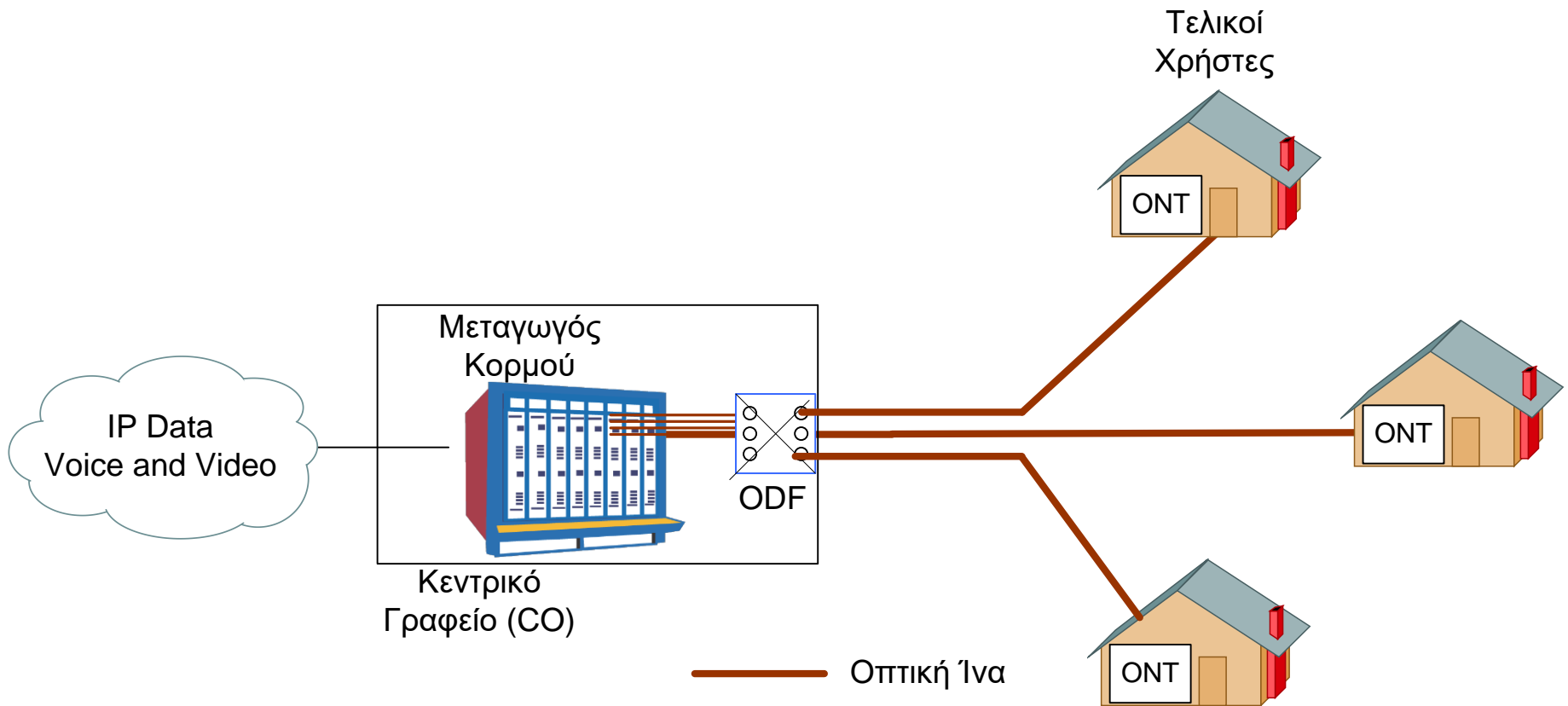
- Μια οπτική ίνα διατρέχει από τον τερματισμό οπτικής γραμμής στο ΑΚ του παρόχου μέχρι το ΟΝΤ κάθε συνδρομητή
- Για upstream και downstream μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο μια ίνα με δύο μήκη κύματος όσο δύο οπτικές ίνες μία για κάθε κίνηση
- Η σύσταση ITU-T G.985 το οποίο καθορίζει τη λειτουργία μιας παθητικής P2P τοπολογίας
  - Το παθητικό P2P σύστημα μπορεί να πετύχει συμμετρικούς ρυθμούς 100Mbps
  - Η μετάδοση από και προς ένα χρήστη γίνεται σε μία ίνα με τη βοήθεια της πολυπλεξίας με διαίρεση μήκους κύματος
  - 1480 έως 1580nm (downstream μετάδοση) και 1260 – 1360nm (upstream)
- Οι συνδρομητές μπορούν να απέχουν από το ΑΚ απόσταση περίπου 80Km.
- Κάθε συνδρομητής απολαμβάνει θεωρητικά απεριόριστο αμφίδρομο εύρος ζώνης.

# P2P Passive Optical Networks

- Καμία πόρτα δεν διαμοιράζεται επομένως απλοποιείται κατά πολύ η επίλυση των διαφόρων προβλημάτων του δικτύου (απομόνωση)
- Η αρχιτεκτονική αυτή απολαμβάνει το μέγιστο δυνατό εύρος ζώνης
- Οι ζεύξεις μπορούν εύκολα να αναβαθμιστούν σε υψηλότερους ρυθμούς (με τη χρήση καινούριων οπτικών και ηλεκτρονικών διατάξεων στα δύο άκρα)
- Η προσθήκη κάθε επιπλέον ίνας αυξάνει γραμμικά το συνολικό (aggregated) εύρος ζώνης του δικτύου
- Η μετάδοση στην αρχιτεκτονική από σημείο σε σημείο είναι πιο ασφαλής
- Απαιτεί περισσότερες ίνες από άκρο σε άκρο σε σχέση με οποιαδήποτε άλλη αρχιτεκτονική → κόστος
  - μεγάλο μέγεθος της δέσμης των ινών που φτάνουν στο ΑΚ → δυσκολία στην διαχείριση όσο και τη συντήρηση των ινών στο ΑΚ.



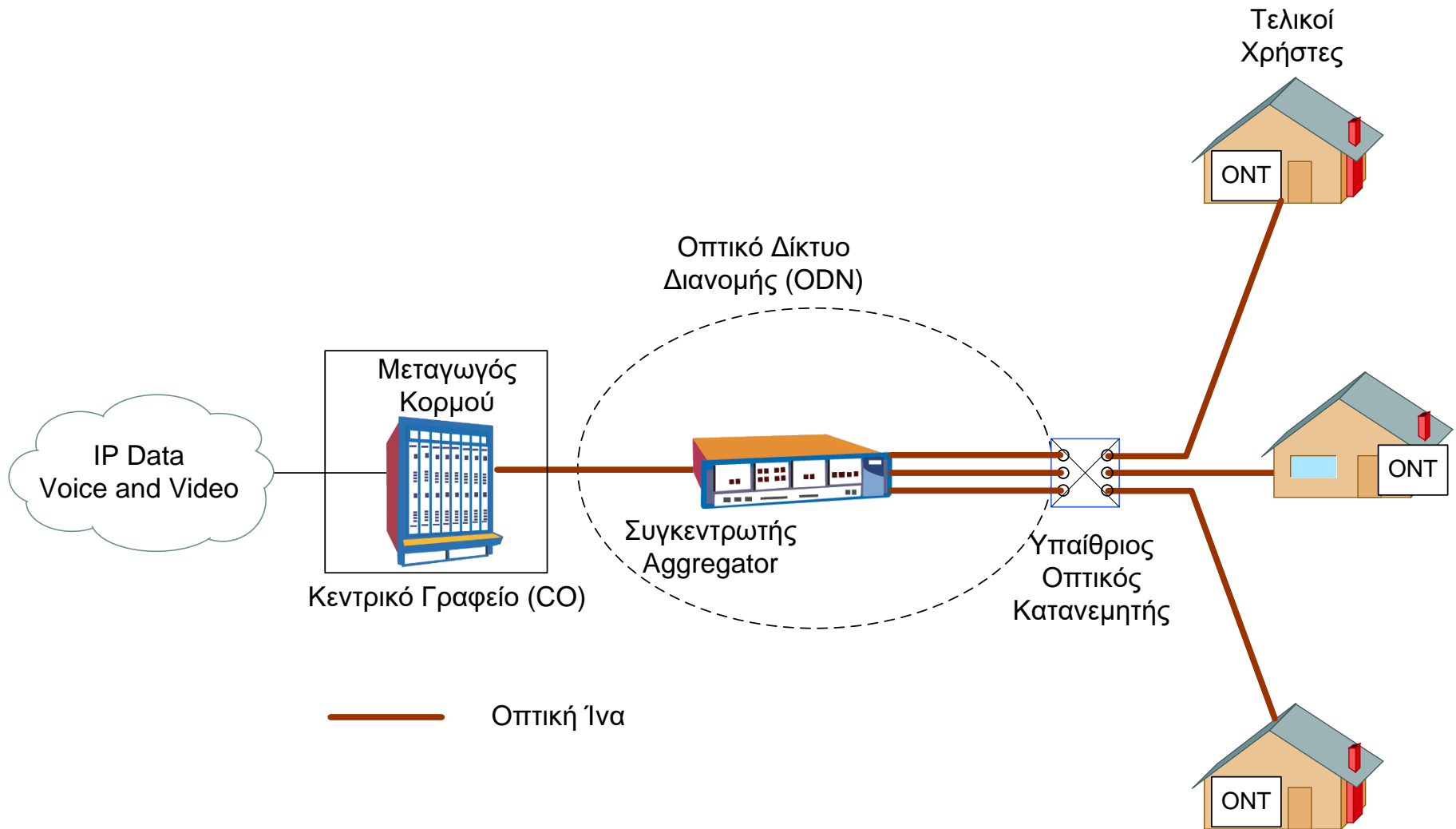
# P2P Passive Optical Networks



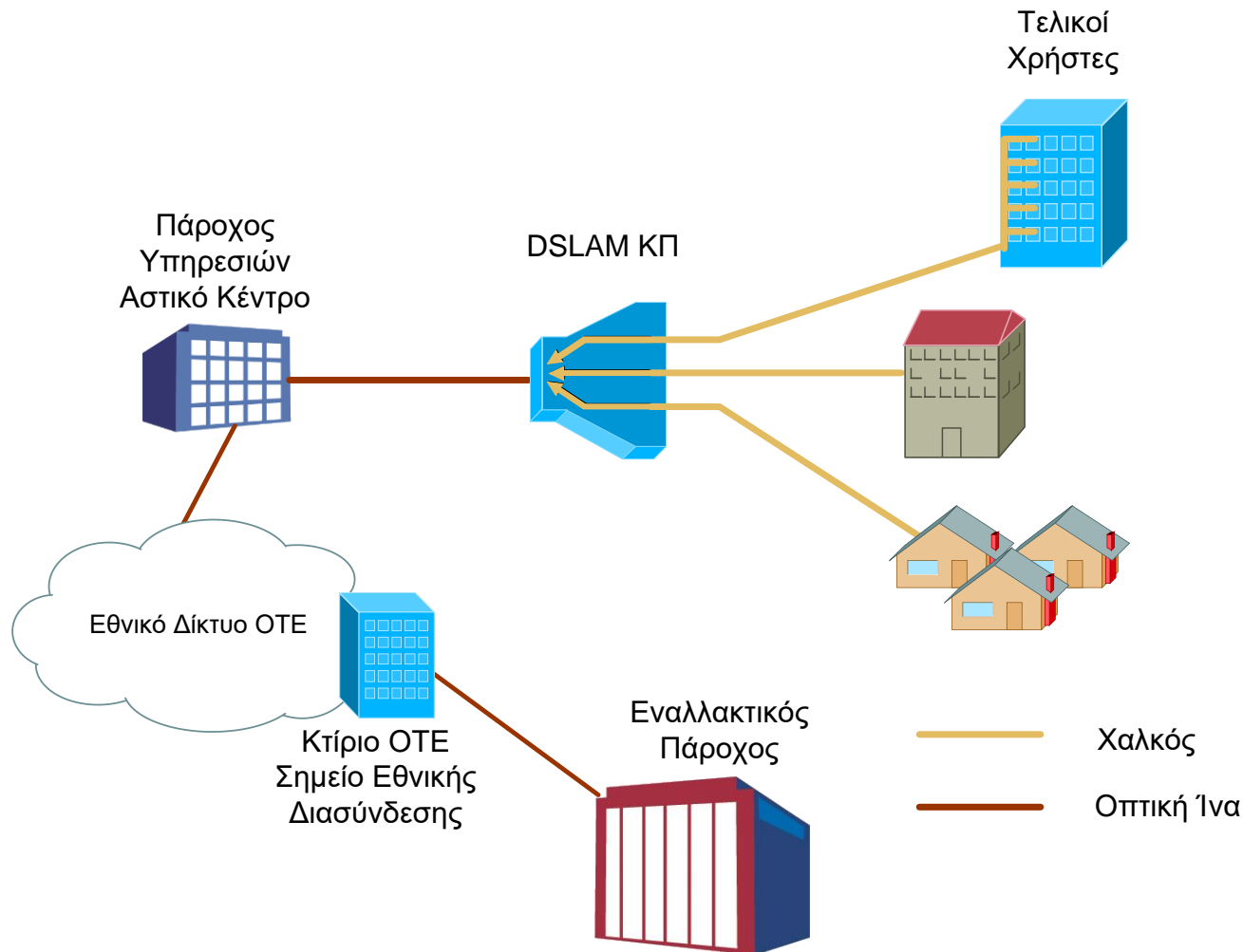
# P2P Ενεργό

- Είναι γνωστό και ως ενεργό Ethernet ή Οπτικό Δίκτυο Μεταγωγής Ethernet (Ethernet Switched Optical Network, ESON)
- Παρέχει μία αφιερωμένη ίνα από τον υπαίθριο ενεργό εξοπλισμό προς κάθε τελικό χρήστη
- Αποτελεί ουσιαστικά μια από τις πιο απλές μορφές σχεδίαση δικτύου.
- Μια αφιερωμένη (αποκλειστική) ίνα παρέχεται από τον υπαίθριο εξοπλισμό προς κάθε τελικό χρήστη →
  - Διευκολύνεται σε μεγάλο βαθμό η λειτουργία, διαχείριση και συντήρηση του περιεχομένου καθώς και η επίλυση οποιoδήποτε προβλήματος
- Ο υπολογισμός του ισοζυγίου ισχύος και η επίλυση των προβλημάτων του δικτύου απλοποιούνται καθώς οι αποστάσεις από τον υπαίθριο εξοπλισμό και τα απομακρυσμένα σημεία είναι γνωστές.

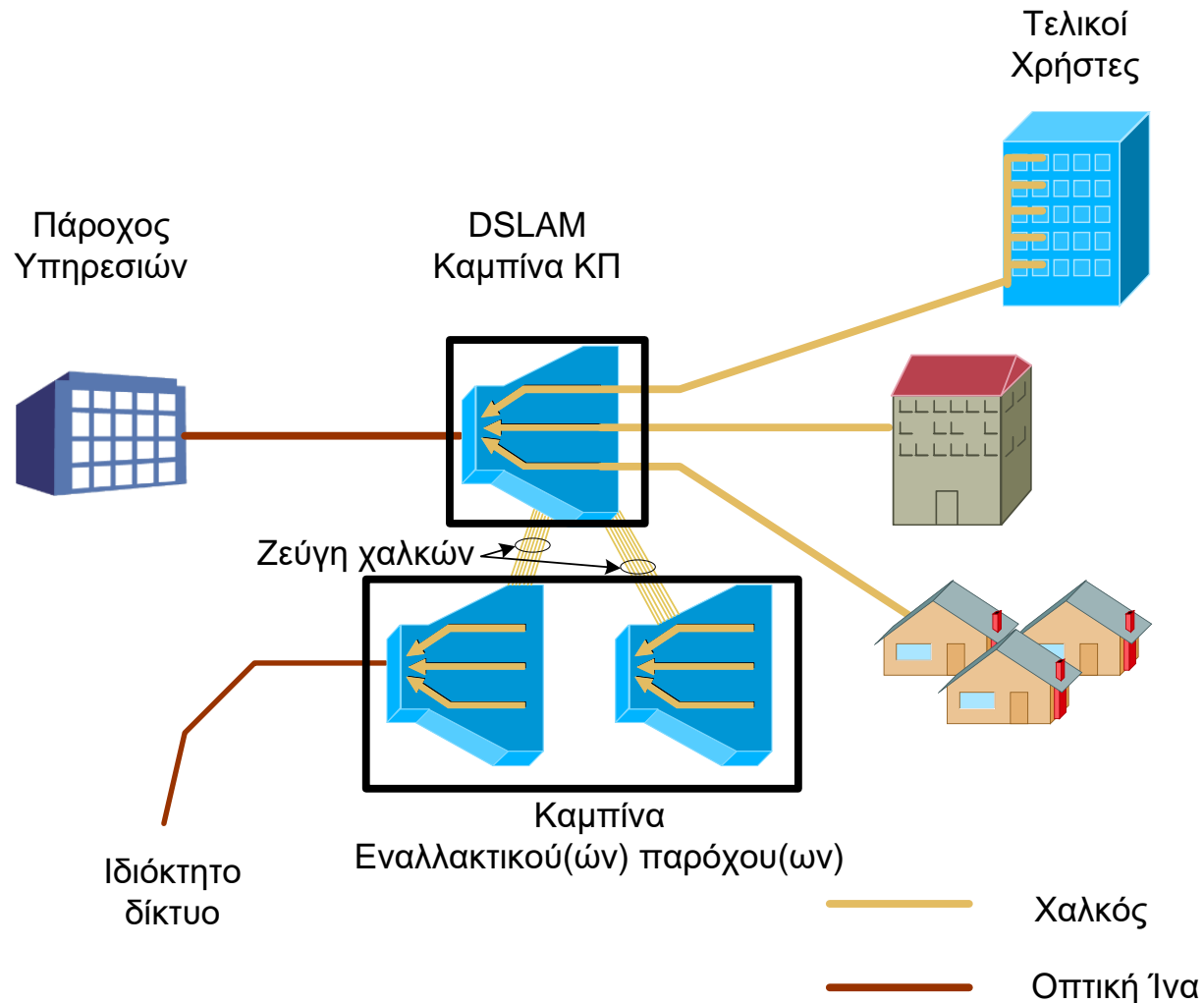
# P2P Ενεργό



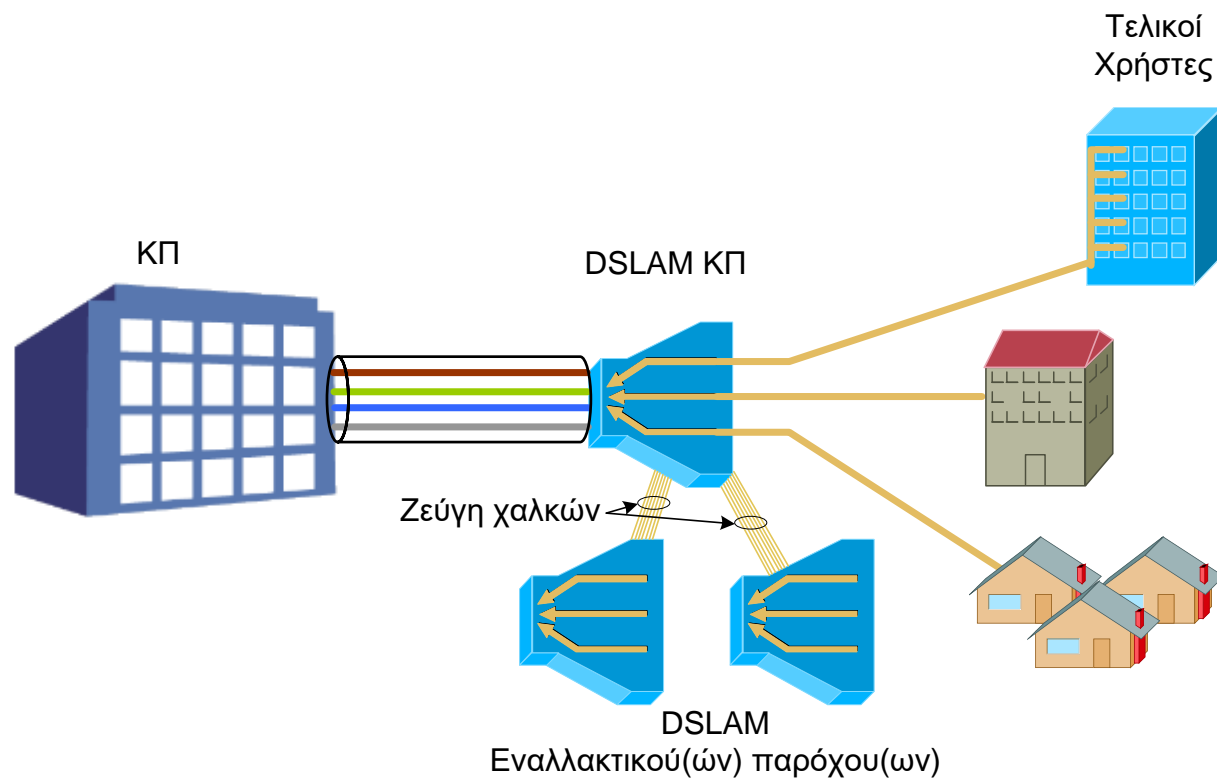
# Σενάρια Ανάπτυξης – Χρήση υπηρεσιών Bit stream






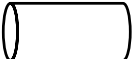


# Σενάρια Ανάπτυξης – Συνεγκατάσταση σε κοντινό χώρο

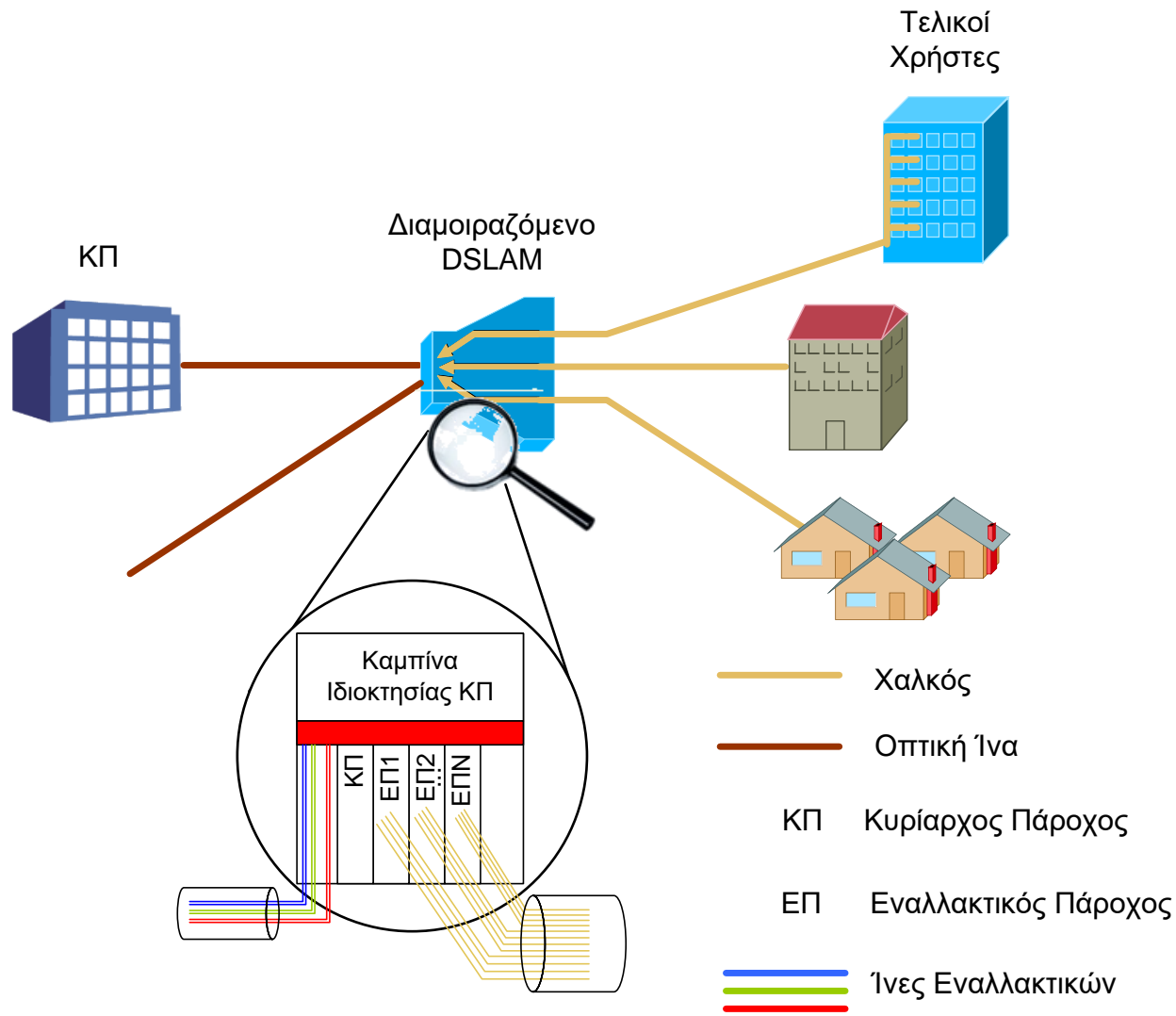


# Σενάρια Ανάπτυξης – Duct Sharing ή dark fiber

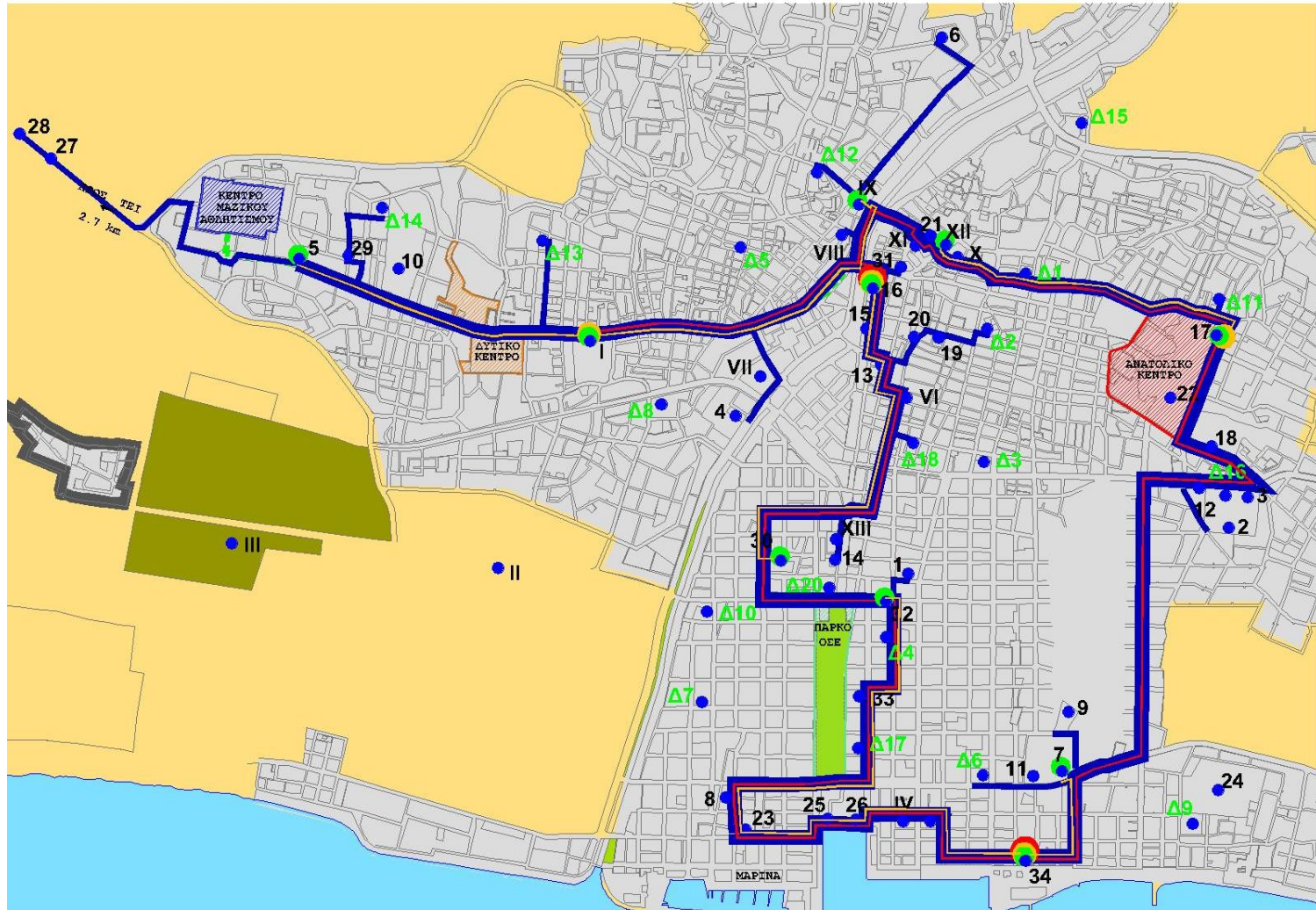


- |   |                |   |                |
|---|----------------|---|----------------|
|  | Χαλκός         |  | Οπτική ίνα ΕΠj |
|  | Οπτική ίνα ΚΠ  |  | Σκοτεινή ίνα   |
|  | Οπτική ίνα ΕΠi |  | Αγωγός ΚΠ      |

# Σενάρια Ανάπτυξης – Εικονική συνεγκατάσταση

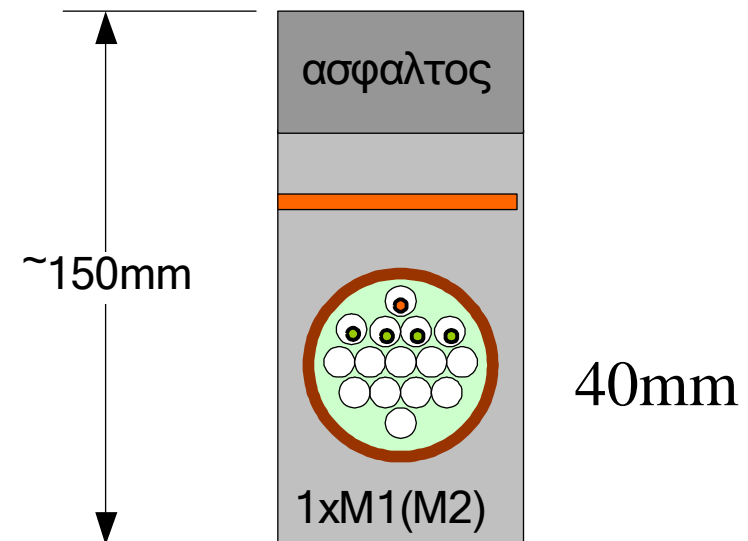
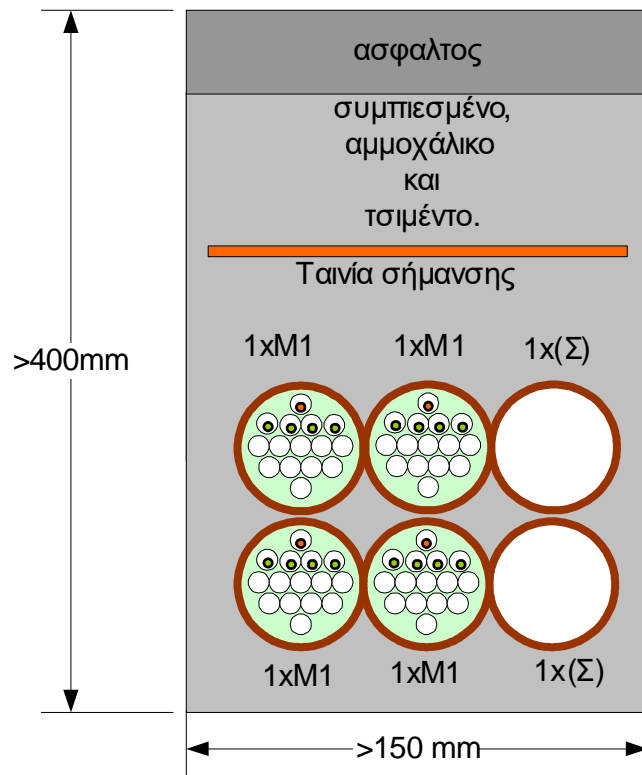
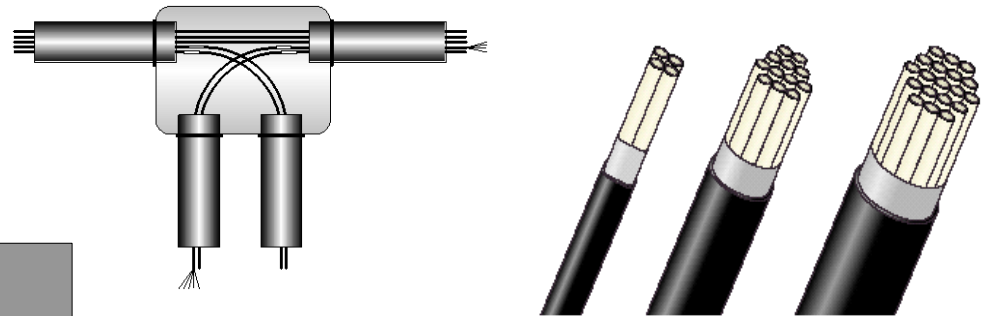


# Χάραξη Πραγματικού Δικτύου

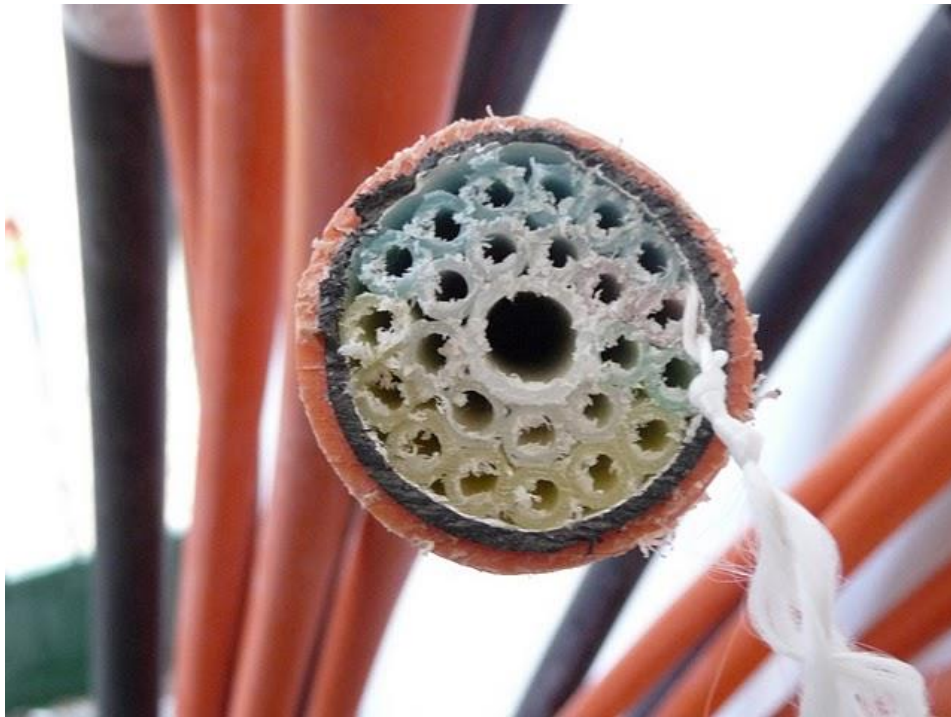




# Εγκατάσταση Οπτικού Δικτύου



# Εγκατάσταση Οπτικού Δικτύου



# Εγκατάσταση Οπτικού Δικτύου



# Εγκατάσταση Οπτικού Δικτύου



# Εγκατάσταση Οπτικού Δικτύου

