



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά
μαθήματα ΠΠ

Οπτικά Δίκτυα Επικοινωνιών

Ενότητα 5: Οπτικά δίκτυα πρόσβασης

Βλάχος Κυριάκος

Πολυτεχνική Σχολή

Τμήμα Μηχανικών Η/Υ και Πληροφορικής

Σκοποί ενότητας

Σκοπός της ενότητας είναι η παρουσίαση των οπτικών δικτύων πρόσβασης και της αρχιτεκτονικής τους



Περιεχόμενα ενότητας

- Αρχιτεκτονική Δικτύου Πρόσβασης
- Παθητικά Οπτικά Δίκτυα Πρόσβασης
- Αρχιτεκτονικές Παθητικών Οπτικών Δικτύων



Οπτικά δίκτυα πρόσβασης

Αρχιτεκτονική Δικτύου Πρόσβασης

Αρχιτεκτονική Δικτύου Πρόσβασης (I)

- ❑ Hub: Το αντίστοιχο του central office (ή local exchange) στο τηλεφωνικό δίκτυο
- ❑ Απομακρυσμένοι κόμβοι (Remote Nodes - RNs): αποτελούν ενδιάμεσο επίπεδο μεταξύ NIU και hub ώστε να αποφεύγονται οι πολλαπλές άμεσες συνδέσεις
- ❑ Μονάδες διεπαφής δικτύου (Network Interface Units - NIUs): Βρίσκονται στο χώρο ενός μεγάλου χρήστη ή εξυπηρετούν περισσότερους μικρούς χρήστες
- ❑ Το δίκτυο μεταξύ hub και RN καλείται δίκτυο τροφοδοσίας (feeder network)
- ❑ Το δίκτυο μεταξύ RN και NIU καλείται δίκτυο διανομής (distribution network)

Αρχιτεκτονική Δικτύου Πρόσβασης (II)

Δίκτυο Διανομής

- Broadcast: κάθε RN στέλνει τα δεδομένα που λαμβάνει από το feeder δίκτυο σε όλους τους NIU
 - ⇒ Είναι σχεδιασμένα για broadcast υπηρεσίες
 - ⇒ Είναι φθηνότερα
 - ⇒ Έχουν πανομοιότυπα και απλούστερα NIU
 - ⇒ Η ευφροία βρίσκεται στα NIU
- Switched: τα RNs επεξεργάζονται την πληροφορία και αποστέλλουν διαφορετικά δεδομένα σε διαφορετικά NIU
 - ⇒ Είναι σχεδιασμένα για switched υπηρεσίες
 - ⇒ Διευκολύνουν τον εντοπισμό βλαβών
 - ⇒ Παρέχουν καλύτερη ασφάλεια
 - ⇒ Η ευφροία βρίσκεται στο ίδιο το δίκτυο

Αρχιτεκτονική Δικτύου Πρόσβασης (III)

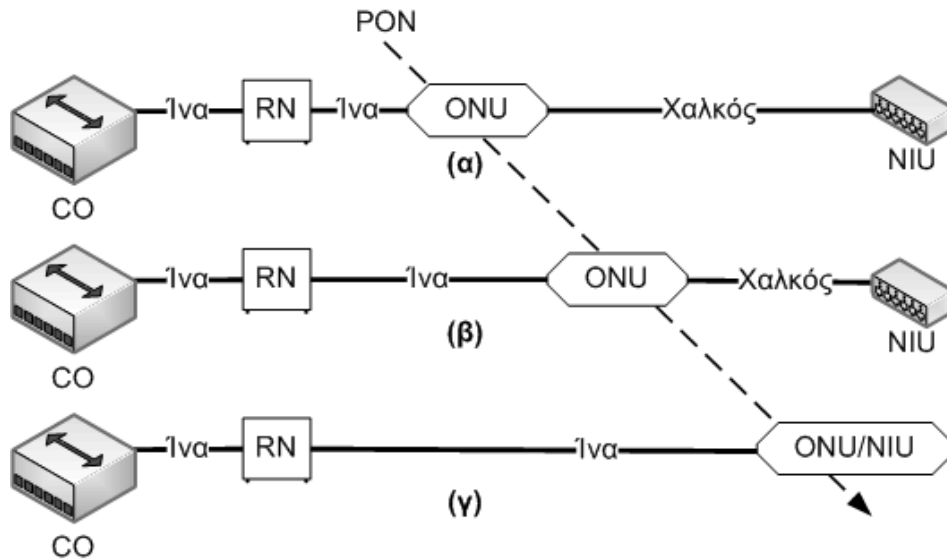
Δίκτυο Τροφοδοσίας

- ❑ Dedicated: Κάθε RN έχει κατ' αποκλειστικότητα εύρος ζώνης (μήκος κύματος ή συχνότητα)
 - ✓ Παρέχει εγγυημένη ποιότητα υπηρεσίας
 - ✗ Δεν αξιοποιεί πλήρως τους διαθέσιμους πόρους αν η μεταφερόμενη πληροφορία είναι εκρηκτικής μορφής (bursty traffic)
- ❑ Shared: Το εύρος ζώνης είναι διαμοιρασμένο (shared) μεταξύ των RN στο πεδίο του χρόνου
 - ✓ Παρέχει καλύτερη αξιοποίηση του δικτύου όταν η μεταφερόμενη πληροφορία είναι εκρηκτική
 - ✗ Δε δίνει εγγυήσεις ποιότητας υπηρεσίας
 - ✗ Χρειάζεται έλεγχος πρόσβασης για την επικοινωνία των RN με το hub
 - ✗ Σε κάθε RN απαιτούνται ηλεκτρονικά ή οπτικά στοιχεία που λειτουργούν σε ρυθμούς μετάδοσης αντίστοιχους με το συνολικό διαθέσιμο εύρος ζώνης

Παθητικά Οπτικά Δίκτυα Πρόσβασης

Passive Optical Networks (PONs)

Αρχιτεκτονικές PON (I)



- ❑ FTTH (Fiber to the Home): η οπτική ίνα θα καταλήγει στους τελικούς χρήστες μέσω συσκευών τερματισμού (Optical Network Units - ONUs)
- ❑ FFTC (Fiber to the Curb): οι ONU εξυπηρετούν ένα μικρό αριθμό χρηστών, η οποίοι βρίσκονται περί τα 100 m μακριά τους
- ❑ FFTCab (Fiber to the Cab): η ίνα τερματίζει σε απόσταση περί το 1 km από τον τελικό χρήστη



Αρχιτεκτονικές PON (II)

- ❑ Το feeder δίκτυο μεταξύ central office και ONU είναι συνήθως παθητικό οπτικό δίκτυο (Passive Optical Network - PON)
- ❑ Το RN στα παθητικά οπτικά δίκτυα είναι απλώς ένας συζεύκτης αστέρα (star coupler) και τοποθετείται κατευθείαν στο central office (CO)
- ❑ Οι ONU μοιράζονται από κοινού το διαθέσιμο εύρος ζώνης με μεθόδους πολυπλεξίας χρόνου (TDM)



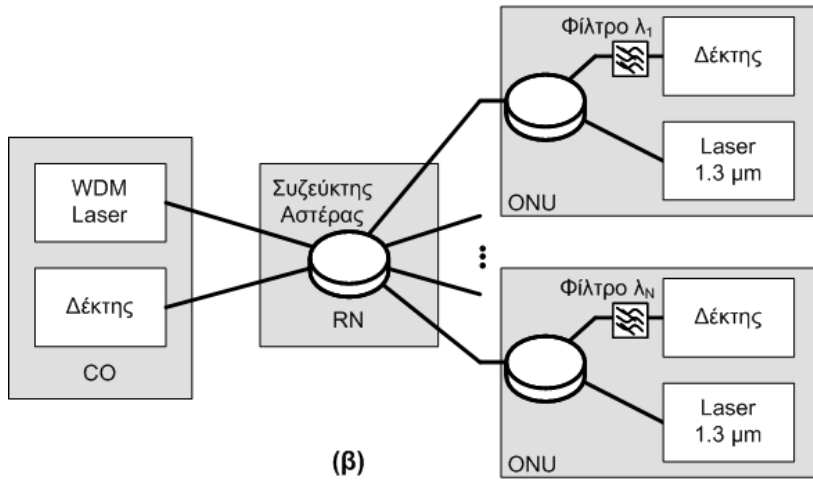
Πλεονεκτήματα

- ✓ Τα PON είναι απλά, αξιόπιστα και εύκολο να συντηρηθούν.
- ✓ Ο εξοπλισμός (πέραν του τερματικού εξοπλισμού στο CO) δε χρειάζεται να παράγει οπτική ισχύ, γεγονός το οποίο τα καθιστά οικονομικά συμφέροντα.
- ✓ Η οπτική υποδομή στα PON είναι πλήρως παθητική και ανεξάρτητη από τους ρυθμούς μετάδοσης του δικτύου και τις τεχνικές διαμόρφωσης
- ✓ Είναι δυνατόν να αναβαθμιστεί η λειτουργία των PON χωρίς να γίνουν σημαντικές αλλαγές στην υπάρχουσα οπτική υποδομή



Αρχιτεκτονικές Παθητικών Οπτικών Δικτύων

WDM PON



- ❑ Ο πομπός και δέκτης στο CO του TPON αντικαθίσταται από πολυκυματικό laser
- ❑ Σε κάθε ONU τοποθετείται κατάλληλο φίλτρο, ώστε να λαμβάνει μόνο ένα μήκος κύματος

- ✓ Το εύρος ζώνης που παρέχεται σε κάθε ONU στην downstream κατεύθυνση είναι αυξημένο σε σχέση με αυτό που παρέχεται από τα TPON
- ✓ Κάθε ONU μπορεί να έχει διαφορετικό ρυθμό μετάδοσης downstream
- ✗ Ο αριθμός διασυνδεδεμένων ONU περιορίζεται από τις απώλειες διαχωρισμού στο συζεύκτη αστέρα



Wavelength-Routing PON (WRPON)

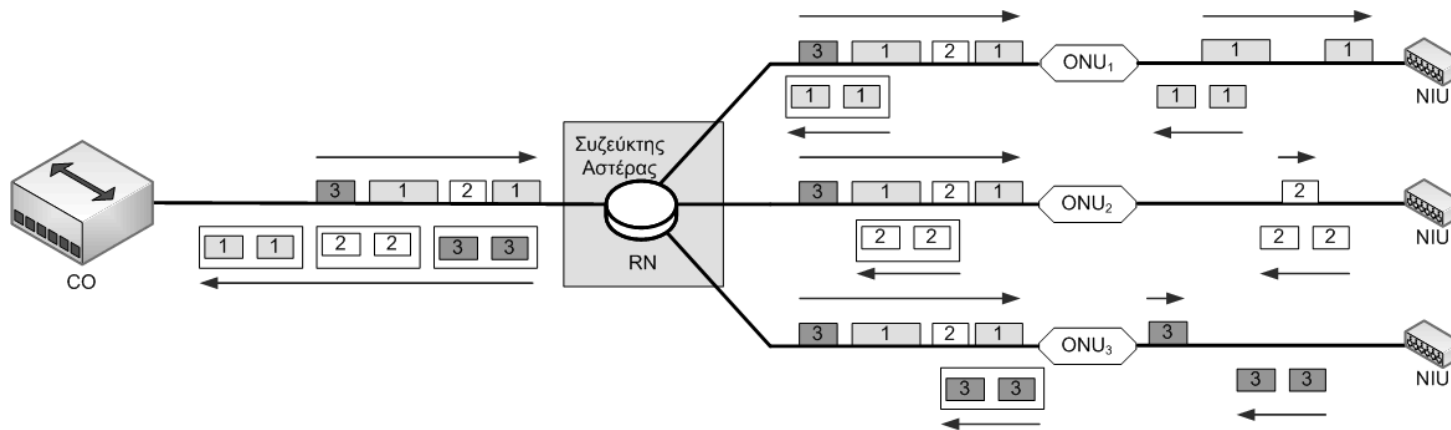
- ❑ Οι WRPON αρχιτεκτονικές έχουν το κοινό στοιχείο της ανάθεσης συγκεκριμένου μήκους κύματος σε κάθε ONU στην κατεύθυνση downstream

Παραδείγματα αρχιτεκτονικών upstream

- ❑ Composite PON (CPON): Στο CPON η upstream μετάδοση γίνεται από μονοκυματικά DFB laser που εκπέμπουν στα 1.3 μm . Η πρόσβαση των ONU στην κατεύθυνση upstream γίνεται με ανάθεση χρονοσχισμών TDMA.
- ❑ Local Access Remote Network (LARNET): Στο LARNET χρησιμοποιούνται φθηνά LED με ευρύ φάσμα για την upstream μετάδοση από τις ONU. Ο δέκτης στο CO έχει τη δυνατότητα να λαμβάνει οπτικά σήματα σε μεγάλο εύρος συχνοτήτων. Η πρόσβαση στην κατεύθυνση upstream γίνεται με ανάθεση χρονοσχισμών TDMA.
- ❑ Remote Integrated Terminal Network (RITENET): Στο RITENET οι πομποί των ONU αντικαθίστανται από διαμορφωτές οι οποίοι διαμορφώνουν συνεχές κύμα που μεταδίδεται με τα δεδομένα στο downstream. Δε χρειάζεται έλεγχος πρόσβασης στο upstream, καθώς κάθε ONU μεταδίδει σε διαφορετικό μήκος κύματος, αλλά στο CO ο συζεύκτης αντικαθίσταται από πολυπλέκτη μήκους κύματος.



Ethernet PON (I)



- Στην κατεύθυνση downstream τα πλαίσια Ethernet αποστέλλονται από κοινού (broadcast) σε όλες τις ONU μέσω του συζεύκτη αστήρα
- Κάθε ONU ελέγχει το λογικό αναγνωριστικό ζεύξης (Logical Link Identifier - LLID) των πλαισίων, και απορρίπτει τα πλαίσια με LLID το οποίο είναι διαφορετικό από το δικό της
- Στην κατεύθυνση upstream οι ONU μοιράζονται το κανάλι και είναι αναγκαία η εφαρμογή μηχανισμού για τη διευθέτηση συγκρούσεων
- ✗ Συνήθη πρωτόκολλα ανίχνευσης συγκρούσεων CSMA/CD δεν είναι δυνατόν να εφαρμοστούν στις ONU και το CO λόγω των μεγάλων μηκών ίνας (περί τα 20 km)



Ethernet PON (II)

Ανάθεση χρονοσχισμών για διευθέτηση συγκρούσεων

- ❑ Όλες οι ONU είναι συγχρονισμένες
- ❑ Σε κάθε ONU παραχωρείται από το CO η άδεια να χρησιμοποιήσει μία ή περισσότερες διαδοχικές χρονοσχιμές
- ❑ Οι ONU αποθηκεύουν τα δεδομένα που καταφθάνουν από τους χρήστες του μέχρι να έρθει η χρονοσχιμή που τους ανατέθηκε και μεταδίδουν τα δεδομένα με τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα
- ❑ Ανάθεση χρονοσχισμών
 - ⇒ Στατική TDMA
 - ⇒ Δυναμική Multi-Point Control Protocol (MPCP): αποδοτικότερη αξιοποίηση του εύρους ζώνης



Ethernet PON (III)

Ανάθεση χρονοσχισμών MPCP

- Αποτελείται από τρεις φάσεις
 - 1. Discovery Processing: Η CO ανακαλύπτει ONU και τις εισάγει στο δίκτυο. Το CO περιοδικά παρέχει ένα χρονικό παράθυρο που χρησιμοποιείται για την ανακάλυψη νέων ONU. Το CO αποδίδει στις νέες ONU αναγνωριστικό LLID.
 - 2. Report Handling: Οι ONU στέλνουν τα δεδομένα τους κατά τη χρονοσχιμή μετάδοσης. Οι ONU επίσης ζητούν από το CO χρονοσχιμές ανάλογα με το μέγεθος πληροφορίας που έχουν συσσωρεύσει. Το CO επεξεργάζεται τα μηνύματα και υπολογίζει τις χρονοσχιμές που θα διατεθούν σε κάθε ONU.
 - 3. Gate Handling: Το CO αναθέτει χρονοσχιμές και χρόνους έναρξης μετάδοσης στις ONU. Οι ONU προετοιμάζουν εσωτερικούς καταχωρητές για την αποστολή δεδομένων.
- ⇒ Η ορθή λειτουργία του MPCP βασίζεται στο συγχρονισμό μεταξύ του CO και των ONU: Ο συγχρονισμός CO και ONU επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας time-stamps με βάση τα οποία οι ONU ρυθμίζουν τα εσωτερικά ρολόγια τους



Ethernet PON (IV)

Αλγόριθμοι υπολογισμού χρονοσχισμών

- ❑ Fixed service: Σε κάθε ONU αποδίδεται σταθερός αριθμός χρονοσχισμών ανεξάρτητα από το ζητούμενο αριθμό
- ❑ Limited service: Σε κάθε ONU αποδίδεται ο αριθμός χρονοσχισμών που ζητήθηκαν μέχρι κάποιο μέγιστο όριο WMAX
- ❑ Elastic service: Ο αριθμός χρονοσχισμών που ανατίθενται σε κάθε ONU είναι τέτοιος ώστε ο συνολικός αριθμός χρονοσχισμών στις τελευταίες N αιτήσεις να είναι μικρότερος από NWMAX
- ❑ Gated service: Ο αριθμός χρονοσχισμών που ανατίθενται σε κάθε ONU είναι αυτός που ζητήθηκε
- ❑ Constant credit service: Ο αριθμός χρονοσχισμών που ανατίθενται σε κάθε ONU είναι αυτός που ζητήθηκε συν ένα σταθερό αριθμό (για να μεταδοθεί πληροφορία χρήστη που έφτασε στην ONU μεταξύ αίτησης και έναρξης μετάδοσης)
- ❑ Linear credit service: Ο αριθμός χρονοσχισμών που ανατίθενται σε κάθε ONU είναι ανάλογος με τις ζητούμενες χρονοσχισμές (για την μετάδοση bursty δεδομένων)



ATM PON (I)



- Η downstream κίνηση ομαδοποιείται σε πλαίσια κάθε ένα από τα οποία συμπεριλαμβάνει 56 σχισμές με μέγεθος 53 bytes για ρυθμό μετάδοσης 155 Mbps ή 224 σχισμές ίδιου μεγέθους για ρυθμό μετάδοσης 622 Mbps
- Από τις 56 σχισμές του πλαισίου, οι 54 καταλαμβάνονται από ATM πακέτα και οι υπόλοιπες δύο χρησιμοποιούνται για πακέτα Physical Layer Operation, Administration and Maintenance (PLOAM)
- Τα πακέτα PLOAM χρησιμοποιούνται από το CO στο downstream για να δώσει άδειες μετάδοσης στις ONU
- Κάθε άδεια μετάδοσης αντιστοιχεί στη μετάδοση ενός πακέτου ATM στο upstream (συνολικά 53 άδειες κωδικοποιούνται κατά τη διάρκεια ενός πλαισίου)



ATM PON (II)



- ❑ Η upstream κίνηση μεταφέρεται από σχισμές μεγέθους ATM διαχωρισμένες από guardbands των 3 byte
- ❑ Τα upstream πακέτα είναι δεδομένα ATM ή πακέτα PLOAM
- ❑ Τα πακέτα PLOAM χρησιμοποιούνται από τις ONU στο upstream για να μεταδώσουν το μέγεθος της πληροφορίας χρήστη που έχουν συσσωρεύσει στο CO
- ❑ Το εύρος ζώνης που παραχωρείται σε κάθε ONU καθορίζεται από τον αριθμό αδειών μετάδοσης που παίρνει σε κάθε πλαίσιο



Generalized Framing Procedure PON

- ❑ Τα Generalized Framing Procedure PON (GFP-PON) προτυποποιούνται από την ITU για να παρέχουν γενικευμένο μηχανισμό μορφοποίησης κίνησης Ethernet/IP σε SONET/SDH
- ❑ Στόχος είναι καλύτερη απόδοση στο δίκτυο, μεταφέροντας παράλληλα πληθώρα υπηρεσιών πάνω από PON
- ❑ Προτείνονται ρυθμοί μετάδοσης μέχρι 2.5 Gbps
- ❑ Λειτουργίες όπως δυναμική παροχή εύρους ζώνης, η λειτουργία και η συντήρηση στα GFP-PON είναι ίδια με αυτή των APON



Τέλος Ενότητας

Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αθηνών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Σημειώματα

Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση 1.0.



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Πανεπιστήμιο Πατρών, Βλάχος Κυριάκος. «Οπτικά Δίκτυα Επικοινωνιών. Οπτικά δίκτυα πρόσβασης». Έκδοση: 1.0. Πάτρα 2015. Όλα τα σχήματα έχουν δημιουργηθεί από τον κ. Βλάχο Κυριάκο, εκτός αν αναγράφεται διαφορετικά. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <https://eclass.upatras.gr/courses/CEID1114/index.php>



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.

