ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά μαθήματα ΠΠ

ΕΥΡΥΖΩΝΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ

Ενότητα # 8: Δίκτυα FTTx (Μέρος 1)

Καθηγητής Χρήστος Ι. Μπούρας
Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής, Πανεπιστήμιο Πατρών
email: bouras@cti.gr, site: http://ru6.cti.gr/ru6/bouras

Σκοποί ενότητας

- Εξοικείωση με το Fiber to the x (FTTx)
- Κατανόηση των FTTx αρχιτεκτονικών
- Παρουσίαση των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων κάθε αρχιτεκτονικής

Περιεχόμενα ενότητας

- Μύθοι για τα δίκτυα πρόσβασης νέας γενιάς
- FTTx
  - Αρχιτεκτονική
  - PON
  - Home Run
  - Active Node
  - Reverse PON

Δίκτυα FTTx (Μέρος 1)

Μύθος 1

- Γρήγορο Internet = ADSL
  - Ολοένα και πιο απαιτητικές Δικτυακές Εφαρμογές (βίντεο, τηλεδιασκέψεις υψηλής ευκρίνειας)
  - 2020: Απαίτηση για 100Mbps για το 50% των συνδρομητών
  - Όσες χώρες παραμένουν στα χάλκινα καλώδια θα πρέπει να αναμένουν ραγδαία τεχνολογική υποβάθμιση απέναντι στις χώρες που θα μεταβούν σε οπτικά δίκτυα

Μύθος 2

- Το ADSL μπορεί να εξελίσσεται καλύπτοντας τις ανάγκες των χρηστών
  - Αρκετές ερευνητικές προσπάθειες εστιάζουν στη μείωση του θορύβου από τα χάλκινα καλώδια
  - Ωστόσο, η φύση του χαλκού αδυνατεί να προσφέρει αξιόπιστα τις ταχύτητες που απαιτούν οι χρήστες
  - Οι ΟΟΣΑ, ΕΕ επιμένουν πως «οι οπτικές ίνες είναι το μόνο μέσο μετάδοσης που αντέχει στο χρόνο για την κάλυψη των αναγκών» - Viviane Reding (Ευρωπαία επίτροπος)

Μύθος 3

- Τα δίκτυα οπτικών ινών απευθύνονται σε επιχειρηματικούς χρήστες
  - Είναι πιο οικονομική όταν υπάρχει εξαρχής εγκατάσταση οπτικής καλωδίωσης σε νέα κτίρια
  - Ανατολική Ασία: Μαζικές επενδύσεις σε οπτικές ίνες μέχρι το σπίτι
  - Οι χώρες Βόρειας Ευρώπης, Βόρειας Αμερικής ακολουθούν
  - Στη Γαλλία υπάρχει κανονισμός που καθιστά υποχρεωτική την οπτική καλωδίωση σε νέα κτίρια
  - ➢ Οι προηγμένες χώρες έχουν αντιληφθεί τη σπουδαιότητα της χρήσης οπτικών ινών

Μύθος 4

- Η ελληνική αγορά δεν απαιτεί ακόμα μεγάλες ταχύτητες σύνδεσης στο Internet
  - Τέτοιου τύπου αναφορές είναι αβάσιμες
  - Τα τελευταία χρόνια με την αύξηση της μέσης ταχύτητας πρόσβασης, η ζήτηση αυξήθηκε
  - Οι χρήστες διέψευσαν τις θεωρίες περί «καθυστερημένης αγοράς» και «ανώριμων χρηστών»
  - Νέες απαιτητικές εφαρμογές εμφανίσθηκαν όπως ηλεκτρονική εκπαίδευση και online διανομή τηλεοπτικών προγραμμάτων

Μύθος 5

- Το κόστος του FTTH είναι απαγορευτικό
  - Οι νέες τεχνολογίες εγκατάστασης οπτικών καλωδίων έχουν συρρικνώσει το κόστος οπτικής σύνδεσης
  - Σε κάλυψη 1.000.000 νοικοκυριών το κόστος μπορεί να πέσει κάτω από 1.000 € / οικία
  - Η επένδυση έχει ορίζοντα τουλάχιστον 30 ετών
  - Παρέχει και μειωμένο κόστος λειτουργίας και αξιοπιστία οπτικών συνδέσεων

Μύθος 6

- Είναι σοφότερο αντί να κάνουμε άλματα, να ακολουθούμε τα βήματα των άλλων
  - Χρήσιμη τακτική για τομείς της οικονομίας με βραδύτερους κύκλους ζωής
  - Τεχνολογική υστέρηση 4 ετών στις τεχνολογίες FTTH σημαίνει κατάταξη σε χώρες τρίτου κόσμου
  - Ανυπολόγιστες συνέπειες σε κοινωνική και οικονομική ανέλιξη της χώρας
  - Επιτακτική ανάγκη να μειώσουμε το χάσμα για να γίνουμε ανταγωνιστικοί

Μύθος 7

- Η Ελλάδα είναι καταδικασμένη να μείνει μια μικρή χώρα, χωρίς ουσιαστικές δυνατότητες στην παγκόσμια κοινωνία της γνώσης
  - Θα συμβεί μόνο εάν πεισθούμε εμείς για αυτό
  - Οι νέες τεχνολογίες δίνουν ώθηση σε «περιφερειακές» χώρες και σε «ξεγραμμένες» περιοχές
  - Στόχος: Να φέρουμε τη χώρα μας πιο κοντά στο διεθνές Internet με μεγαλύτερες ταχύτητες και μικρότερο κόστος
  - Προϋποθέσεις για ενεργή συμμετοχή πολιτών και επιχειρήσεων στην παγκόσμια κοινωνία
  - Μπορούμε να ξαναγίνουμε εξαγωγέας καινοτόμων προϊόντων-υπηρεσιών προσελκύοντας ξένες επενδύσεις

Μύθος 8

- Οι Έλληνες είναι τεχνολογικά «αναλφάβητοι» με χαμηλές δυνατότητες αφομοίωσης των νέων διαδικτυακών εφαρμογών
  - Οι διεθνείς δείκτες μας κατατάσσουν χαμηλά ως προς την αξιοποίηση νέων τεχνολογιών
  - Σημαντική μερίδα του νεανικού πληθυσμού αποξενώνεται από την τεχνολογία
  - Το πρόβλημα δε λύνεται με την παραίτηση από την προσπάθεια εκσυγχρονισμού

Μύθος 9

- Οι νέες διαδικτυακές τεχνολογίες είναι μόνο για τους μυημένους στις ΤΠΕ
  - ΟΥΔΕΝ ΑΝΑΛΗΘΕΣΤΕΡΟΝ!
  - Οι νέες εφαρμογές είναι πολύ πιο εύχρηστες και αξιόπιστες από παλαιότερες
  - Για το λόγο αυτό έχουν πολλαπλασιαστεί οι χρήστες του Διαδικτύου σε όσες χώρες διαθέτουν προηγμένες διαδικτυακές υποδομές

FTTx

- FTTx = Fiber to the x
- το 'x' παριστάνει τόσο τις διάφορες επιλογές όσον αφορά τον αριθμό των συνδρομητών που μοιράζονται το τελευταίο τμήμα της καλωδίωσης, όσο και το βαθμό προσέγγισης του συνδρομητή με την οπτική ίνα
- Γενικά με τον όρο FTTx εννοούμε ότι η οπτική ίνα φτάνει σε κάποιο σημείο του δικτύου πέρα από το central office (CO) του τηλεπικοινωνιακού παρόχου

Βασικοί τύποι FTTx (1/3)

- FTTN (Node) / FTTN (Neighborhood) / FTTS (Street)
  - Περίπου 1500 μέτρα από τις εγκαταστάσεις του τελικού χρήστη. Οι οπτικές ίνες φτάνουν μέχρι το cabinet (το γνωστό ΚΑΦΑΟ) που εξυπηρετεί μια γειτονιά, και μέχρι τον τελικό χρήστη χρησιμοποιείται η υπάρχουσα υποδομή (π.χ. χαλκός)
- FTTC (Curb)
  - Παρόμοιο με την παραπάνω περίπτωση, όπου όμως το ΚΑΦΑΟ είναι πιο κοντά στον τελικό χρήστη (περίπου 150 μέτρα). Από εκεί μέχρι τον τελικό χρήστη χρησιμοποιείται η υπάρχουσα υποδομή

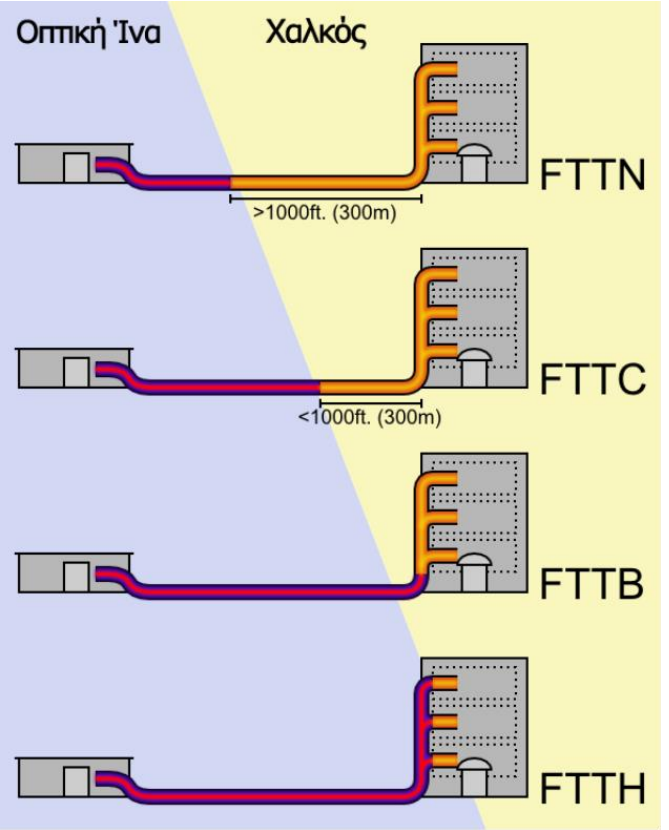
Βασικοί τύποι FTTx (2/3)

- FTTB (Building)
  - Η οπτική ίνα φτάνει στο οικοδομικό τετράγωνο, αλλά όχι σε κάθε όροφο, γραφείο ή διαμέρισμα
- FTTH (Home) / FTTO (Office)
  - Η οπτική ίνα φτάνει σε ιδιωτικά σπίτια / διαμερίσματα και γραφεία

Βασικοί τύποι FTTx (3/3)

- FTTP (Premises)
  - Η οπτική ίνα φτάνει σε κάθε τύπο κτιρίου (χρησιμοποιείται κάποιες φορές για να περιγράψει το FTTH ή/και το FTTB). Η βασική διαφορά από τα FTTN και FTTC είναι ότι η οπτική ίνα καλύπτει και το “last mile” μέχρι τον τελικό χρήστη
- FTTD (Desktop)
  - Η οπτική ίνα φτάνει μέχρι το τερματικό του τελικού χρήστη

Αποστάσεις βασικών τύπων FTTx



Αποστάσεις βασικών τύπων FTTx

(πηγή: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:FTTX.svg)

Διαστρωμάτωση δικτύου

- Φυσικό Μέσο – Υποδομή: Σωληνώσεις, μικροσωληνώσεις, ιστοί κεραιών
- Παθητική μετάδοση και διασύνδεση μέσων: Καλώδια οπτικών ινών, σύνδεσμοι οπτικών ινών, παθητικός εξοπλισμός
- Ενεργά συστήματα μετάδοσης: Εξοπλισμός που υλοποιεί λογικές συνδέσεις πάνω από το φυσικό μέσο
- Επίπεδο IP: Το δίκτυο του εκάστοτε παρόχου προς τον τελικό χρήστη
- Επίπεδο εφαρμογών: Εξοπλισμός, εφαρμογές και δεδομένα χρηστών

Τμήματα οπτικού δικτύου

- OLT: Optical Line Termination (Οπτικός Τερματισμός Γραμμής)
  - αποτελεί την οπτική τερματική διάταξη του FTTx προς την πλευρά του παρόχου και είναι εγκατεστημένος στο σημείο παρουσίας του
- ONU (ή και ONT): Optical Network Unit (Οπτική Τερματική Συσκευή)
  - αποτελούν τις τερματικές διατάξεις προς την πλευρά των πελατών, στις οποίες καταλήγει το FTTx δίκτυο
- Οπτικό Δίκτυο
  - η οπτική καλωδίωση που συνδέει την OLT με τις ONU

Κατηγοριοποίηση αρχιτεκτονικών FTTx (1/2)

- Point-to-point (σημείο-προς-σημείο)
  - Active Network (ενεργού δικτύου) σε μορφή δακτυλίου ή αστέρα
    - κάθε χρήστης διαθέτει αφοσιωμένη οπτική ίνα έως το σημείο όπου βρίσκεται εγκατεστημένος ενεργός εξοπλισμός (π.χ. Ethernet switches), που μετάγει από εκεί την κίνηση των χρηστών προς το κυρίως δίκτυο
  - Τύπου “Home Run”
    - για κάθε χρήστη υπάρχει αφοσιωμένη οπτική ίνα που έρχεται από το OLT και καταλήγει σε αυτόν

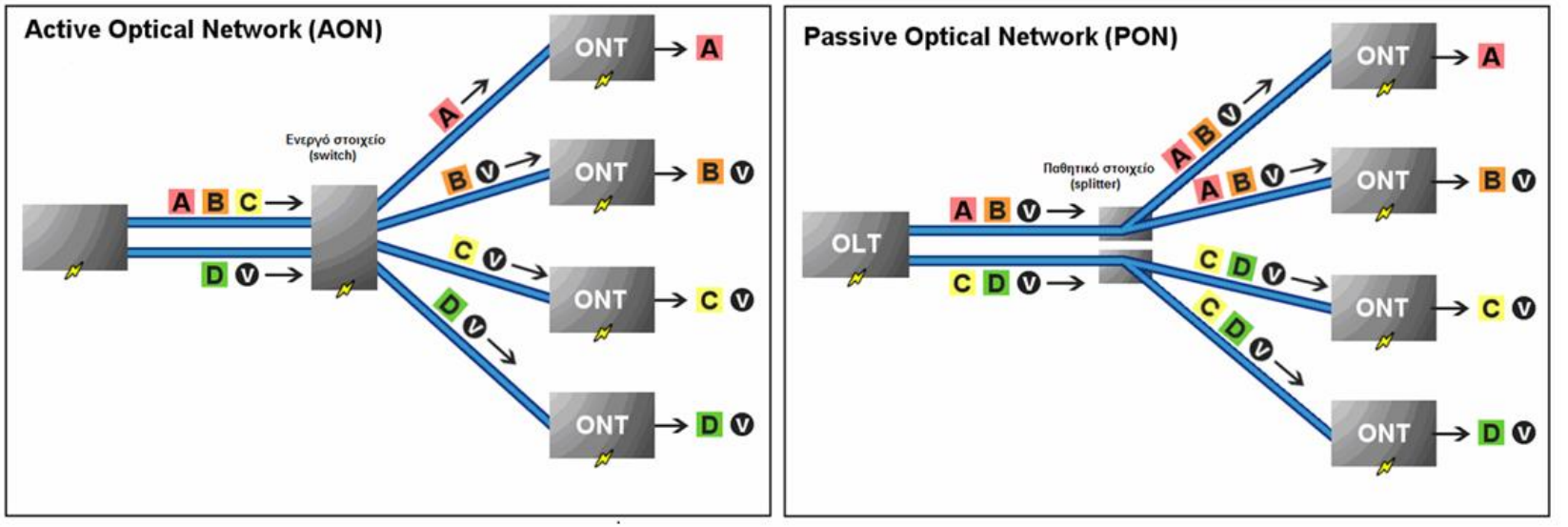
Κατηγοριοποίηση αρχιτεκτονικών FTTx (2/2)

- Point-to-multipoint (σημείο-προς-πολλαπλά σημεία)
  - Δενδρικές αρχιτεκτονικές με χρήση τεχνολογιών Passive Optical Network (PON)
    - Διάφορα πρότυπα

Ενεργό / παθητικό δίκτυο

- Ενεργό δίκτυο (αρχιτεκτονικές Active Network)
  - Όταν περιλαμβάνει και ενεργούς κόμβους (τα switches), τα οποία τροφοδοτούνται με ηλεκτρικό ρεύμα
- Παθητικό δίκτυο (PON)
  - Χρησιμοποιούνται διατάξεις που δεν χρειάζονται ηλεκτρικό ρεύμα. Συγκεκριμένα χρησιμοποιούνται οπτικοί διαχωριστές (splitters), για να δώσουν τη δυνατότητα μία οπτική ίνα να διαμοιραστεί σε πολλαπλούς χρήστες
  - Το τελευταίο ενεργό στοιχείο στην περίπτωση του PON βρίσκεται στο δίκτυο κορμού (backbone)

Σύγκριση ενεργού και παθητικού δικτύου



Σύγκριση ενεργού και παθητικού δικτύου

(πηγή:
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:PON_vs_AON.png)

PON

- Ένα PON αποτελείται από
  - την καλωδίωση οπτικών ινών,
  - από παθητικούς διαχωριστές (splitters) και
  - συνδετήρες (couplers)

Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του PON

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Δεν είναι ενεργός κανένας απομακρυσμένος κόμβος	Το ίδιο εύρος ζώνης πρέπει να διαιρεθεί μεταξύ διάφορων χρηστών
Πλήρως παθητικό δίκτυο	Η οπτική ισχύς διαχωρίζεται μεταξύ των θυρών εξόδου, γεγονός που περιορίζει την μέγιστη απόσταση
Επιτρέπει την εύκολη μετάδοση βίντεο και δεδομένων	Το ίδιο οπτικό σήμα παραλαμβάνεται από όλες τις μονάδες (ONUs), εγείροντας ανησυχίες για την ασφάλεια δικτύων
Υλοποίηση με το λιγότερο δυνατό αριθμό πομποδεκτών	Το εύρος ζώνης που χρησιμοποιείται για uploading δεν είναι broadcast (λιγότερο εύρος ζώνης από πλήρες P2P)
Χαμηλότερο κόστος κύκλου ζωής	Απαίτηση για έναν αυστηρό αλγόριθμο για την σύλληψη upstream κυκλοφορίας
Ελάχιστη ίνα	Πιο σύνθετοι πομποδέκτες (οπτική ισχύς, δυνατότητα burst mode)

Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του PON

Πρότυπα PON (1/3)

- APON (ATM Passive Optical Network). Το πρώτο πρότυπο παθητικών οπτικών δικτύων
  - Χρησιμοποιήθηκε αρχικά για επιχειρήσεις, ενώ βασίστηκε στο πρωτόκολλο ATM
- BPON (Broadband Passive Optical Network). Εξελιγμένη έκδοση του APON
  - Υποστηρίζει πολύπλεξη WDM, μία δυναμική και υψηλότερη upstream κατανομή εύρους ζώνης και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής

Πρότυπα PON (2/3)

- GPON (Gigabit-capable PON). Εξέλιξη του BPON
  - Υποστηρίζει υψηλότερους ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων με ενισχυμένη ασφάλεια, ενώ απευθύνεται και στο πρωτόκολλο ATM και στο Ethernet
- EPON (Ethernet Passive Optical Network)
  - Ένα πρότυπο της IEEE/EFM για την χρήση του πρωτοκόλλου Ethernet στα πακέτα δεδομένων

Πρότυπα PON (3/3)

	BPON	EPON	GPON
Πρότυπο	ITU-T G.983	IEEE 802.3ah	ITU-T G.984
Εύρος Ζώνης	Downstream έως 622 Mbps Upstream 155 Mbps	Έως 1,25 Gbps (Συμμετρικό)	Downstream έως 2,5 Gbps Upstream έως 1,25 Gbps
Downstream μήκος κύματος	1490 και 1550 nm	1550 nm	1490 και 1550 nm
Upstream μήκος κύματος	1310 nm	1310 nm	1310 nm
Μετάδοση	ATM	Ethernet	Ethernet, ATM, TDM

Πρότυπα PON

Αρχιτεκτονικές τύπου “home run”

- Η διαθέσιμη χωρητικότητα της οπτικής ίνας δεν διαμοιράζεται σε άλλους χρήστες
- Ως εκ τούτου το μοντέλο αυτό προσφέρει
  - μέγιστη δυνατή χωρητικότητα και
  - μελλοντική κλιμακωσιμότητα όσον αφορά τις ανάγκες του χρήστη

Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του Home Run

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Μέγιστο εύρος ζώνης	Μεγαλύτερο κόστος λόγω μεγαλύτερης ποσότητας οπτικής ίνας
Μέγιστη κλιμακωσιμότητα	Ανάγκη για μεγαλύτερο χώρο στα PoP και τις σωληνώσεις
Εύκολη διάκριση παρόχου υποδομής και παρόχου υπηρεσιών	Εκτενέστερες επισκευές σε περίπτωση βλάβης
Υλοποίηση με το λιγότερο δυνατό αριθμό πομποδεκτών	
Ασφάλεια	

Πλεονεκτήματα/μειονεκτήματα του Home Run

Αρχιτεκτονικές ενεργού δικτύου (Active Node – Ethernet Switch) (1/2)

- Η κύρια διαφορά ενός ενεργού δικτύου σε σχέση με το PON είναι η αντικατάσταση του παθητικού splitter από έναν ενεργό κόμβο
- Μια σημαντική συνέπεια είναι ότι είναι απαραίτητο ένα ηλεκτροφόρο καλώδιο (power line) μεταξύ του central office (CO) και του ενεργού κόμβου

Αρχιτεκτονικές ενεργού δικτύου (Active Node – Ethernet Switch) (2/2)

- Εκτός από μια διακλαδισμένη δενδρική αρχιτεκτονική όπως χρησιμοποιείται σε ένα PON, ένα ενεργό δίκτυο μπορεί να υλοποιείται και με μια αρχιτεκτονική δακτυλίου ή αστέρα
- Σε κάθε τελικό χρήστη παρέχεται αφιερωμένη σύνδεση που του παρέχει το συνολικό αμφίδρομο εύρος ζώνης
  - μπορεί να εφαρμοστεί χρησιμοποιώντας τεχνικές SDM (Space Division Multiplexing) ή WDM

Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της χρήσης ενός ενεργού κόμβου

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Υψηλότερο εύρος ζώνης	Ανάγκη ενός ηλεκτροφόρου καλωδίου
Υψηλότερη πιθανή απόσταση	Πιο πολύπλοκη υποδομή καλωδίων
Μεγαλύτερη ασφάλεια	

Πλεονεκτήματα/μειονεκτήματα ενεργού κόμβου

Υβριδικές αρχιτεκτονικές

- Υβριδικά PON τα οποία αποτελούν ένα συνδυασμό ενός ενεργού κόμβου και μιας αρχιτεκτονικής PON
- Η εφικτή απόσταση είναι υψηλότερη από ότι στην περίπτωση χρησιμοποίησης ενός PON με διαμοίραση ισχύος
- Παράλληλα, χρησιμοποιείται απλούστερη υποδομή σε σχέση με μια απολύτως ενεργή τοπολογία

Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα ενός υβριδικού PON

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Υψηλή εφικτή απόσταση	Ανάγκη ενός ηλεκτροφόρου καλωδίου
Απλούστερη υποδομή απ' ότι στην ενεργή τοπολογία	

Πλεονεκτήματα/μειονεκτήματα υβριδικού PON

Αρχιτεκτονική Reverse PON

- Υποδομές οπτικών ινών που συνδέουν τελικούς χρήστες και ανήκουν στους ίδιους
- Έρχεται σε «σύγκρουση» με τις υπάρχουσες κραταιές πολιτικές των τηλεπικοινωνιακών παρόχων και των service providers
- Αποτελεί την αντιστροφή της κλασικής αρχιτεκτονικής PON, με τον εξοπλισμό του πελάτη να παρέχει διακριτές «συνδέσεις» με διάφορους service providers

Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα ενός Reverse PON

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Υψηλή εφικτή απόσταση	Ανάγκη για διαχείριση της οπτικής ίνας και του τερματικού εξοπλισμού από τον τελικό χρήστη
Μεγαλύτερη ασφάλεια	Υψηλό αρχικό κόστος απόκτησης
Υψηλότερο εύρος ζώνης και πλήρως διαχειρίσιμο	
Ευελιξία στην επιλογή services	

Πλεονεκτήματα/μειονεκτήματα Reverse PON

Πλεονεκτήματα PON σε σύγκριση με τις point-to-point αρχιτεκτονικές

- Εξοικονόμηση ινών πρόσβασης
- Εξοικονόμηση θυρών στο σημείο παρουσίας (POP) του παρόχου
- Broadcast μετάδοση
- Δεν χρειάζεται παροχή ηλεκτρικού ρεύματος
- Οικονομικότερη επισκευή βλαβών από home run
- Μείωση αρχικού κόστους

Μειονεκτήματα PON σε σύγκριση με τις point-to-point αρχιτεκτονικές

- Κοινό εύρος ζώνης
- Απαιτείται κρυπτογράφηση
- Δεν μπορεί να υπάρξει διάκριση χρηστών στο φυσικό επίπεδο αλλά μόνο σε ένα λογικό επίπεδο
- Δυσκολότερη ανίχνευση λαθών και συντήρηση
- Πιθανή ασυμβατότητα με νέες τεχνολογίες (π.χ. 10-Gbps PON)

Πλεονεκτήματα αρχιτεκτονικών Ethernet FTTx

- Ουσιαστικά απεριόριστο εύρος ζώνης
- Προσιτότητα (ίνες τεχνολογίας 100BX ή 1000BX μπορούν να διανύσουν έως και 10 χιλιόμετρα χωρίς ενίσχυση)
- Δυνατότητα Επέκτασης
- Ευκολία αναβάθμισης εύρους ζώνης
- Ασφάλεια
- Μικρότερο λειτουργικό κόστος

Σύγκριση τεχνολογιών PON, Active network και Home run

Χαρακτηριστικό	B(G) PON (σε παρένθεση για το GPON)	E(GE) PON	Active Ethernet	Home Run
Τύπος δικτύου διανομής	Παθητικό	Παθητικό	Ενεργό	
Πρότυπο	ITU-T G.983 (G.984)	IEEE 802.3ah	IEEE 802.3ah	
Χωρητικότητα	Μέχρι 32 (64) χρήστες ανά δέντρο	16 χρήστες ανά δέντρο		
Εμβέλεια	20 km από OLT	20 km	10 km από ενεργό κόμβο	Εξαρτάται από τον εξοπλισμό
Ρυθμοί μετάδοσης	Μέχρι 2,4 Gbps ανά PON	Μέχρι 1,2 Gbps ανά PON	Μέχρι 1,2 Gbps ανά χρήστη	Εξαρτάται από τον εξοπλισμό
Αξιοποίηση bandwidth	Υψηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Κλιμακωσιμότητα για επιπλέον χρήστες	Περισσότερη οπτική ίνα και εξοπλισμός	Περισσότερη οπτική ίνα και εξοπλισμός	Επιπλέον εξοπλισμός	Απεριόριστη θεωρητικά χωρητικότητα
Αποδοχή	Μεγάλοι πάροχοι ειδικά στην Αμερική	Μεγάλοι πάροχοι ειδικά εκτός Αμερικής	Δήμοι και υπηρεσίες	Εγκατάσταση νέων δικτύων (αντί για εξέλιξη ήδη υπαρχόντων)

Σύγκριση PON, Active network και Home run

Σύγκριση FTTx με άλλες ευρυζωνικές τεχνολογίες (1/2)

	HSDPA / HSUPA	HSDPA / HSUPA	Wifi 802.11 g	Wifi 802.11 g	WiMAX 1 χρ.	WiMAX 20 χρ.	ADSL 1 χρ.	ADSL 20 χρ.	VDSL2 1 χρ.	VDSL2 20 χρ.
Μέγιστη Ταχύτητα download (Mbps)	14	14	54	54	40	40	24	24	50	50
Μέγιστη ταχύτητα upload	6	6	54	54	40	40	4	4	50	50
Ελάχιστη Μέση Ταχύτητα download ανά χρήστη	14	1	54	3	40	2	24	24	50	50
Ελάχιστη Μέση Ταχύτητα upload ανά χρήστη	6	0,3	54	3	40	2	4	4	50	50

FTTx vs. άλλες ευρυζωνικές τεχνολογίες

Σύγκριση FTTx με άλλες ευρυζωνικές τεχνολογίες (2/2)

	FibreP2P 100 1 χρ.	FibreP2P 100 20 χρ.	FibreP2P 1000 1 χρ.	FibreP2P 1000 20 χρ.	Fibre BPON 1 χρ.	Fibre BPON 20 χρ.	Fibre GPON 1 χρ.	Fibre GPON 20 χρ.	Fibre EPON 1 χρ.	Fibre EPON 20 χρ.
Μέγιστη Ταχύτητα download (Mbps)	100	100	1000	1000	622	622	2500	2500	1250	1250
Μέγιστη ταχύτητα upload	100	100	1000	1000	155	155	1250	1250	1250	1250
Ελάχιστη Μέση Ταχύτητα download ανά χρήστη	100	100	1000	1000	622	31	2500	125	1250	63
Ελάχιστη Μέση Ταχύτητα upload ανά χρήστη	100	100	1000	1000	155	8	1250	63	1250	63

FTTx vs. άλλες ευρυζωνικές τεχνολογίες

Συμπεράσματα Σύγκρισης

- Η σύγκριση αφορά την μέγιστη ταχύτητα download (ονομαστική), την μέγιστη ταχύτητα upload καθώς και την ελάχιστη μέση ταχύτητα download και upload ανά χρήστη
- Το σενάριο αναφέρεται σε αποκλειστική χρήση της εκάστοτε τεχνολογίας από ένα μόνο χρήστη στη μία περίπτωση και από 20 χρήστες στην άλλη
- Η σύγκριση δείχνει :
  - Την υπεροχή των τεχνολογιών FTTx σε σχέση με τις υπόλοιπες γνωστές ευρυζωνικές τεχνολογίες
  - Και πως κύριο μειονέκτημα των αρχιτεκτονικών PON σε σχέση με τις P2P, είναι ο διαμοιρασμός του εύρους ζώνης

Σύντομη ανασκόπηση

- Μύθοι για τα δίκτυα πρόσβασης νέας γενιάς
- FTTx
  - Αρχιτεκτονική των δικτύων FTTx
  - PON
  - Home Run
  - Active Node
  - Reverse PON

Βιβλιογραφία (1/2)

- Σημειώσεις μαθήματος (Κεφάλαιο 5)
- Βιβλία:
  - Data and Computer Communications, William Stallings
  - Δίκτυα Οπτικών Ινών, Green P. E.
  - Optical networks, Sivarajan Ramaswani

Βιβλιογραφία (2/2)

- Links:
  - http://ru6.cti.gr/ru6/bouras/undergraduate-courses/euruzwnikes-texnologies?language=el (Δικτυακός τόπος μαθήματος)
  - http://www.ftthcouncil.eu/ (Fiber to the Home Council: Europe)
  - http://www.thefoa.org/tech/ref/contents.html (Fiber Optic Association's Guide To Fiber Optics & Premises Cabling)

Ερωτήσεις

Τέλος Ενότητας

BY NC ND

Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο

ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

ΕΣΠΑ 2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

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.

Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ
ΕΣΠΑ 2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ
Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Σημειώματα

Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση 2.0.

Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Πανεπιστήμιο Πατρών, Χρήστος Μπούρας 2017. «Ευρυζωνικές Τεχνολογίες. Δίκτυα FTTx (Μέρος 1)». Έκδοση: 2.0. Πάτρα 2017. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: https://eclass.upatras.gr/courses/CEID1063/

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.