



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά
μαθήματα ΠΠ

Τηλεπικοινωνιακά Δίκτυα Ευρείας Ζώνης

Ενότητα 12: Παθητικά Οπτικά Δίκτυα

Μιχαήλ Λογοθέτης

Πολυτεχνική Σχολή

Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών
και Τεχνολογίας Υπολογιστών

Σκοποί ενότητας

- Περιγραφή των βασικών χαρακτηριστικών των παθητικών οπτικών δικτύων
- Παρουσίαση των διαφορετικών περιπτώσεων παθητικών οπτικών δικτύων: TDMA, WDM, OCDMA PONs, καθώς και των πλεονεκτημάτων και περιορισμών
- Παρουσίαση των μεθόδων πολλαπλής πρόσβασης στα παθητικά οπτικά δίκτυα



Περιεχόμενα ενότητας

- ❑ ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΟΠΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ
- ❑ TDMA-PONs
- ❑ EPONs
- ❑ OCDMA-PONs
- ❑ WDM-PONs



Περιεχόμενα ενότητας

ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΟΠΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ

TDMA-PONs

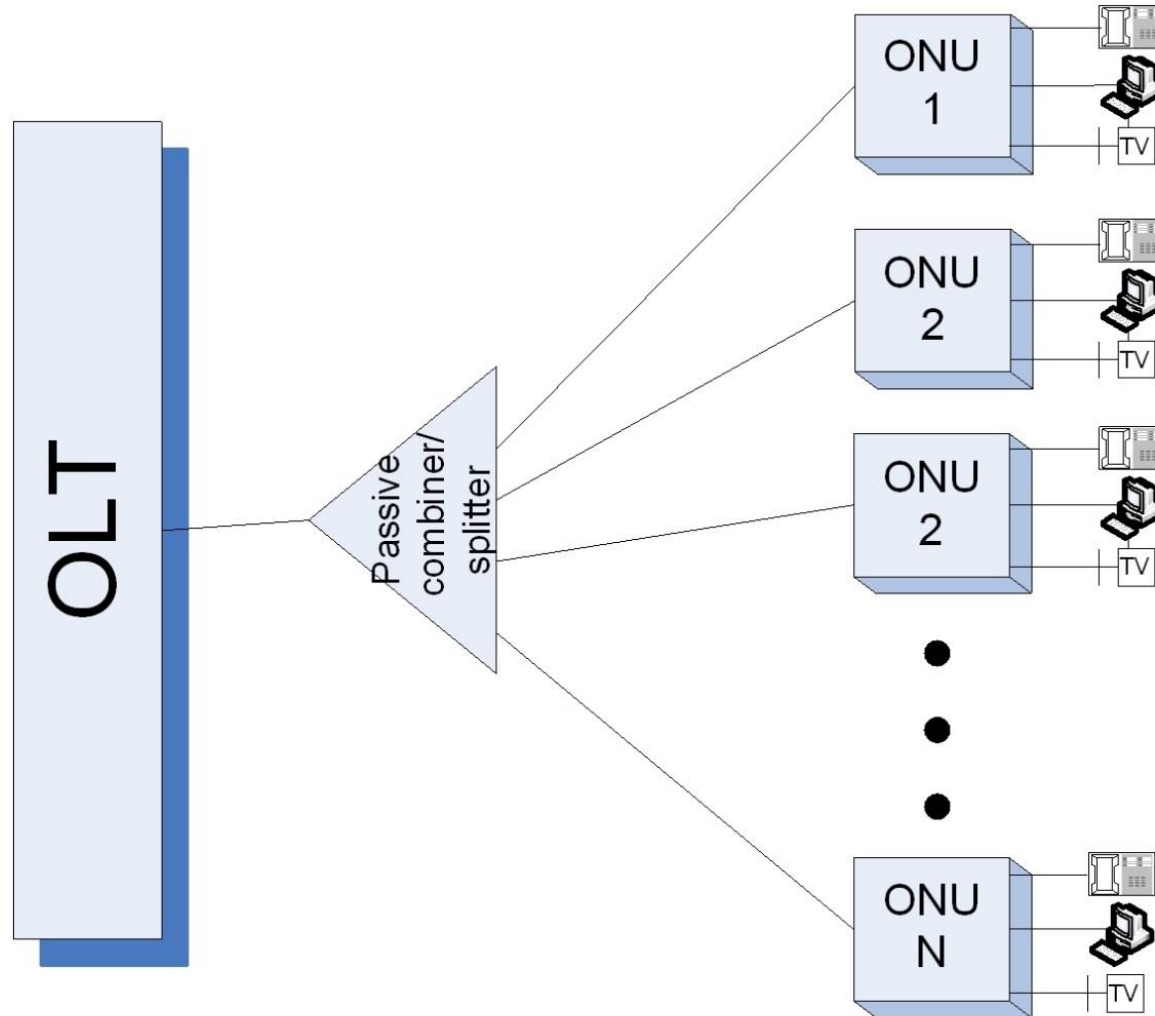
EPONs

OCDMA-PONs

WDM-PONs



Παθητικά οπτικά δίκτυα



Παθητικά οπτικά δίκτυα

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ PONs

- Τα PONs μπορούν να υλοποιηθούν σε οποιαδήποτε τοπολογία (bus, ring, tree, tree-and-brunch)
- Τα PONs επιτρέπουν τη σύνδεση χρηστών που βρίσκονται σε μεγάλες αποστάσεις από το τηλεπικοινωνιακό κέντρο (πάνω από 20 Km)
- Τα PONs παρέχουν υψηλό εύρος ζώνης, λόγω της χρήσης οπτικής ίνας στα περισσότερα στάδια του δικτύου, παρέχοντας ταχύτητες της τάξεως των Gbps
- Λειτουργώντας ως δίκτυο ευρύ-εκπομπής στο κατερχόμενο επίπεδο, τα PONs επιτρέπουν τη μετάδοση video broadcasting
- Καθώς τα PONs είναι οπτικά διαφανή σε όλο το μήκος της μετάδοσης των δεδομένων, επιτρέπεται αναβάθμιση σε μεγαλύτερες ταχύτητες ή προσθήκη επιπλέον μηκών κύματος



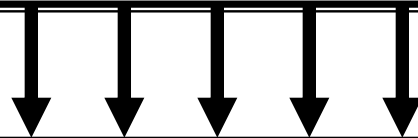
Σύγκριση οπτικών δικτύων πρόσβασης

- Το συνολικό μήκος της ίνας που εγκαθιστάται στην περίπτωση της αρχιτεκτονικής Point-to-Point (PtP) είναι σημαντικά μεγαλύτερο από ότι στις άλλες δύο αρχιτεκτονικές (Point-to-Multi-Point – PtMP)
- Στην PtP το συνολικό εύρος ζώνης της οπτικής ίνας προσφέρεται σε κάθε χρήστη
- Το κόστος της χρήσης ενεργού συγκεντρωτή είναι σημαντικό (παροχή και διαχείριση της ηλεκτρικής ισχύος στον ενεργό κόμβο)
- Στην PtP και στην PtMP αρχιτεκτονική ενεργού αστέρα, σε κάθε οπτική ζεύξη πραγματοποιείται μετάδοση σήματος μεταξύ δύο οπτοηλεκτρονικών διατάξεων



Παθητικοί διαιρέτες/συζεύκτες

Σε ένα PON απαιτείται μία διάταξη για την διαίρεση της οπτικής ισχύος από μία οπτική ίνα σε πολλές ίνες και αντίστροφα, τη σύνδεση πολλών οπτικών σημάτων σε ένα σήμα



OPTICAL COUPLER

- **Απώλεια διαχωρισμού (*splitting loss*):** Ο λόγος της ισχύος εξόδου προς την ισχύ εισόδου. Για ένα ιδανικό 2x2 συζεύκτη ο λόγος αυτός είναι 3dB
- **Απώλεια παρεμβολής (*insertion loss*):** Απώλειες ισχύος, οι οποίες οφείλονται σε τεχνικές ατέλειες του συζεύκτη κατά τη διάρκεια της κατασκευής του. Τυπικές τιμές μεταβάλλονται από 0.1 σε 1 dB
- **Κατευθυντικότητα (*directivity*):** Ένα ποσοστό ισχύος μίας εισόδου προστίθεται στο ποσό ισχύος μίας δεύτερης εισόδου. Οι οπτικοί συζεύκτες είναι ισχυρά κατευθυντικές διατάξεις, με παράμετρο κατευθυντικότητας 40-50 dB



Περιεχόμενα ενότητας

ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΟΠΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ

TDMA-PONs

EPONs

OCDMA-PONs

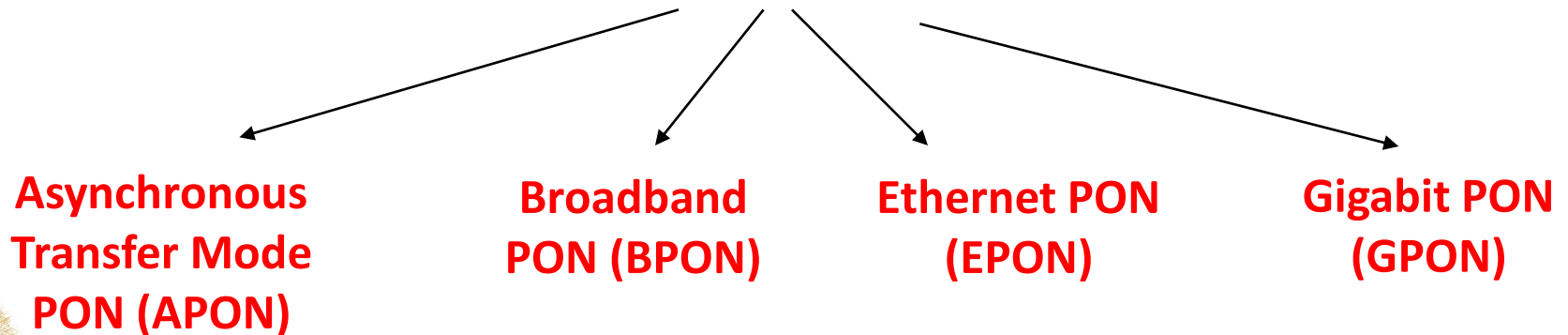
WDM-PONs



TDMA-PONs

- Οι σημερινές PON διαμορφώσεις βασίζονται στην τεχνολογία της πολύπλεξης με διαίρεση χρόνου (Time Division Multiplexing (TDM))
- Η χρήση της TDM τεχνολογίας προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα, όπως το χαμηλό κόστος εξοπλισμού των χρηστών και τη χαμηλή πολυπλοκότητα
- Τα TDM-PONs έχουν επιδείξει σημαντική πρόοδο σε ότι αφορά την τυποποίηση (standardization), ενώ ήδη έχουν παρουσιαστεί εμπορικές εφαρμογές τα τελευταία χρόνια

Time Division Multiple Access -PONs



TDMA-PONs: ATM-PONs

- Παθητικά οπτικά δίκτυα που βασίζονται στον ασύγχρονο τρόπο μετάδοσης (Asynchronous Transfer Mode-ATM)
- Ο ρυθμός μετάδοσης στην κατερχόμενη κατεύθυνση είναι 155 ή 622 Mbps και στην ανερχόμενη κατεύθυνση 155 Mbps
- Το splitting ratio είναι 32 (με προοπτική να γίνει 64)
- Η μέγιστη απόσταση μεταξύ των ONUs και του OLT είναι τα 20 Km
- Για την επέκταση των ATM-PONs έχει πραγματοποιηθεί έρευνα σε ταχύτητες 622, 1244 και 2488 Mbps και για τις δύο κατευθύνσεις (splitting ratio 128 και 256)
- Καθώς τα APONs δεν υποστηρίζουν μόνο ATM υπηρεσίες, ο όρος μετατράπηκε σε Broadband PON (BPON) (ITU-T G.983.1)



Περιεχόμενα ενότητας

ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΟΠΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ

TDMA-PONs

EPONs

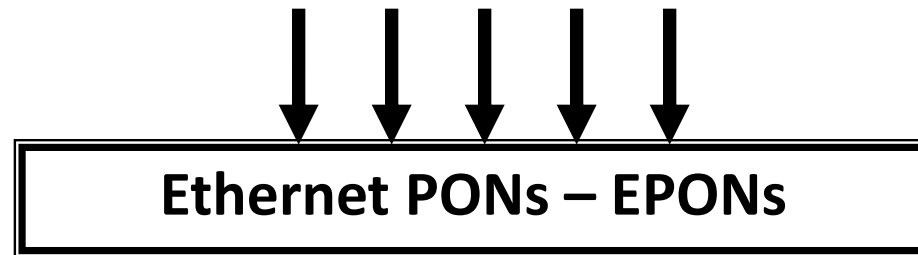
OCDMA-PONs

WDM-PONs



TDMA-PONs: EPONs

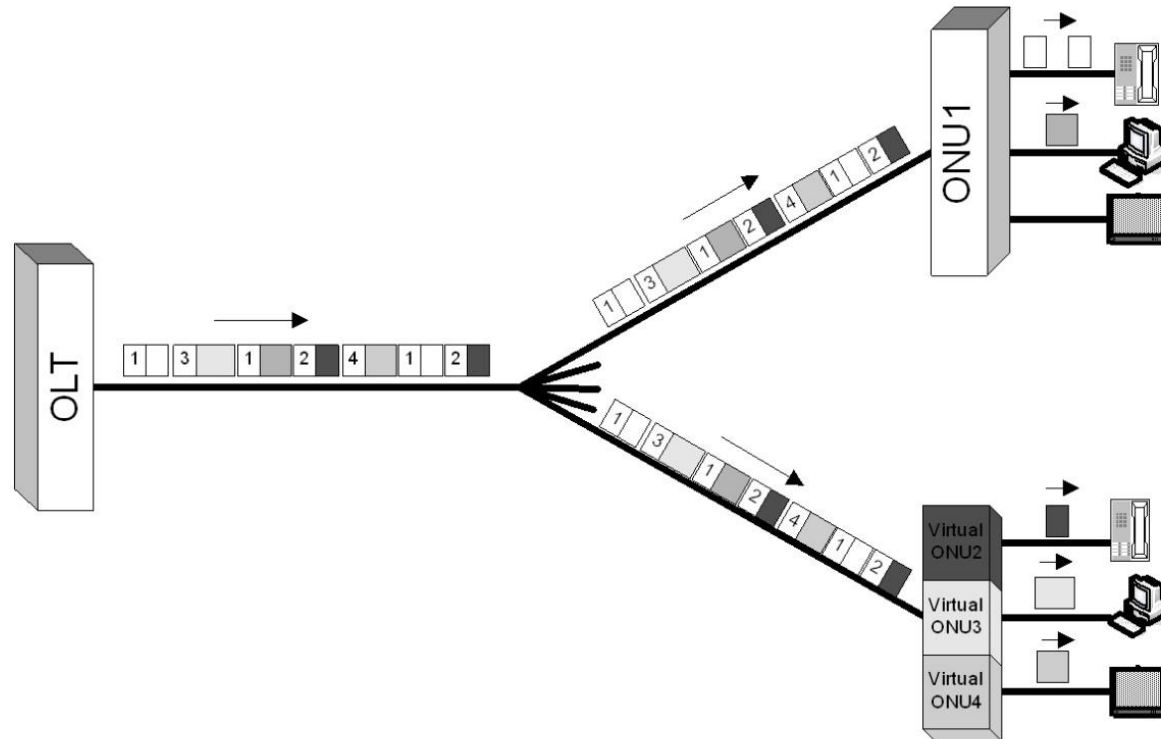
- Η τεχνολογία Ethernet παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα, όπως μικρό κόστος και αξιοπιστία
- QoS τεχνικές παρέχουν αξιόπιστη υποστήριξη φωνής, δεδομένων και βίντεο (prioritization- 802.1p, virtual LAN-VLAN tagging-802.1Q



- Τα EPONs έχουν τη δυνατότητα μεταφοράς πακέτων μεταβλητού μήκους, έως 1518 bytes, σε αντίθεση με τα πακέτα σταθερού μήκους των ATM-PONs
- Νεότερες εκδόσεις των EPONs έχουν τη δυνατότητα μεταφοράς ATM πλαισίων μαζί με Ethernet πακέτα με μεγάλη αξιοπιστία
- Τα EPONs εμφανίζονται ως τα επικρατούντα μελλοντικά δίκτυα πρόσβασης σε σχέση με τα ATM-PONs (APONs)



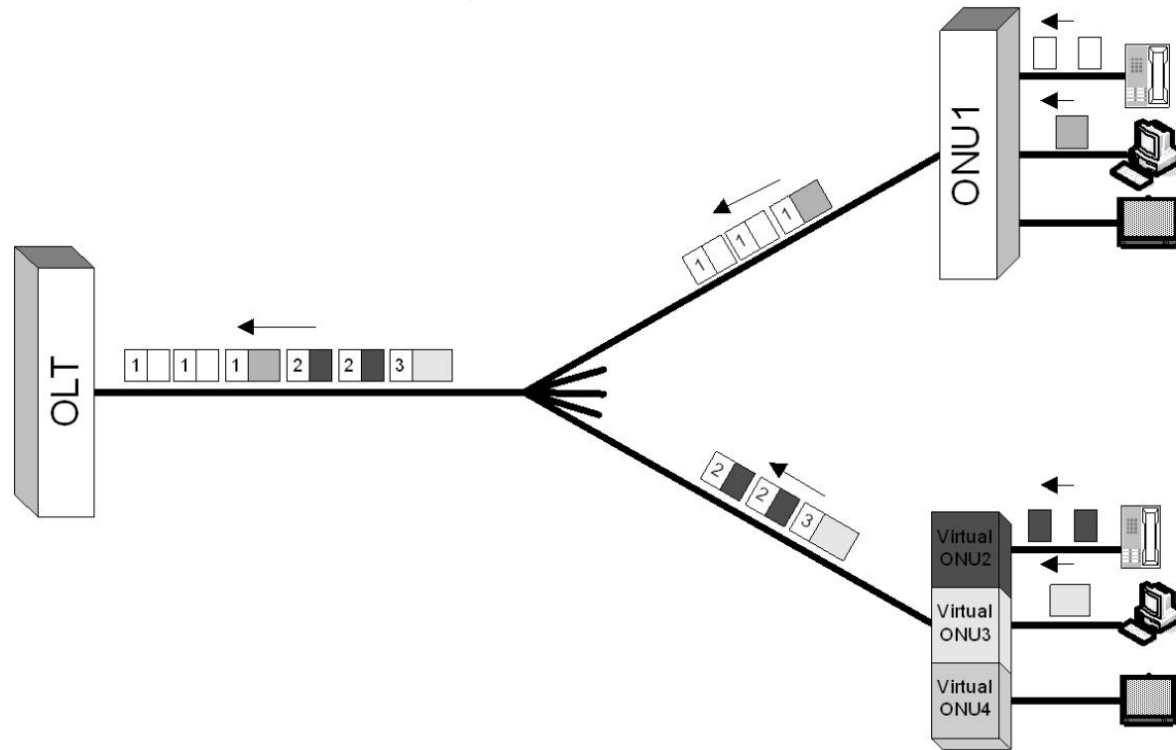
EPONs: κατερχόμενη κατεύθυνση



- Μετάδοση με ρυθμό 1.25 Gbps, με τη χρήση του πρωτοκόλλου 802.3ah, στα 1490 μm
- Τα πακέτα μεταβλητού μήκους τοποθετούνται σε πλαίσια σταθερής διάρκειας
- Κάθε ONU στέλνει πλαίσια σε συγκεκριμένη χρονική στιγμή



EPONs: ανερχόμενη κατεύθυνση



- Στην ανερχόμενη (upstream) κατεύθυνση, δεδομένα από ένα χρήστη καταφθάνουν μόνο στο OLT και όχι σε άλλους χρήστες
- Απαιτείται ένας επιπρόσθετος μηχανισμός για την αποφυγή συγκρούσεων και τον δίκαιο καταμερισμό της χωρητικότητας του καναλιού



QoS ΣΕ ΔΙΚΤΥΑ EPONs (1/2)

- Στα EPONs, η ποιότητα υπηρεσίας αναφέρεται στην ικανότητα του δικτύου να παρέχει κάποια όρια σε παραμέτρους όπως το εύρος ζώνης, καθυστέρηση (latency), απόκλιση της καθυστέρησης (delay variation-jitter) και λόγος απώλειας πακέτων (packet loss ratio)
- Η διαφοροποίηση των υποστηριζόμενων υπηρεσιών είναι αναγκαία και πραγματοποιείται με την παροχή διαφορετικών εγγυήσεων QoS σε κάθε υπηρεσία
- Χρήση ουρών προτεραιοτήτων (priority queues). Τα πακέτα διαφορετικών προτεραιοτήτων τοποθετούνται σε διαφορετικές ουρές. Αν κατά την άφιξη ενός πακέτου υψηλής προτεραιότητας η αντίστοιχη ουρά είναι γεμάτη, τότε το πακέτο αυτό αντικαθιστά ένα πακέτο χαμηλής προτεραιότητας



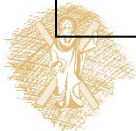
QoS ΣΕ ΔΙΚΤΥΑ EPONs (2/2)

Στα EPONs η κατερχόμενη σύνδεση, δεν δημιουργεί ιδιαίτερα προβλήματα, καθώς η συνολική κίνηση προς όλους τους χρήστες μεταδίδεται με τη μορφή ευρύ-εκπομπής και κάθε χρήστης αποπολυπλέκει μόνο τις χρονοθυρίδες που προορίζονται σε αυτόν με βάση τις MAC διευθύνσεις τους

Στην ανερχόμενη κατεύθυνση εμφανίζεται η πιθανότητα δύο ή περισσότεροι χρήστες να μεταδίδουν την ίδια χρονική στιγμή, γεγονός που οδηγεί στη σύγκρουση των πακέτων

Interleaved Polling with Adaptive Cycle Time (IPACT): Το διαθέσιμο εύρος ζώνης κατανέμεται δυναμικά στους ONUs με βάση την αναφερόμενη κατάσταση των ουρών τους

Multi -Point Control Protocol (MPCP)



EPONs: MPCP

Multi-Point Control Protocol-MPCP: δυναμικός μηχανισμός κατανομής του εύρους ζώνης στα EPONs

- Μηχανισμός προγραμματισμού προγραμματισμό μεταξύ των ONUs (inter-ONU scheduling)
- Το MPCP αποτελείται από τρεις λειτουργίες:
 1. Διεργασία Ανίχνευσης (Discovery Processing): Σε αυτή τη λειτουργία ανιχνεύονται και καταχωρούνται οι χρήστες του δικτύου
 2. Διαχείριση Αναφορών (Report Handling): Οι ONUs δημιουργούν μηνύματα αναφοράς, με τα οποία μεταδίδονται οι απαιτήσεις σε εύρος ζώνης στο OLT
 3. Διαχείριση Πύλης (Gate Handling): Τα μηνύματα πύλης χρησιμοποιούνται από το OLT για τη δέσμευση χρονοθυρίδων



Gigabit PON-GPON

- Η επέκταση της χωρητικότητας των PONs στην περιοχή των Gbps, πραγματοποιήθηκε με την τυποποίηση του GPON από την ITU στη σειρά πρωτοκόλλων G.984.x
- Ο μέγιστος λόγος διαχωρισμού είναι 128, και η μέγιστη απόσταση ενός ONU από το OLT είναι 20 Km
- Στην κατερχόμενη κατεύθυνση οι ρυθμοί μετάδοσης που υποστηρίζονται είναι 1244.16 ή 2488.32 Mbps, ενώ η φασματική περιοχή του καναλιού που χρησιμοποιείται σε αυτή την κατεύθυνση περιορίζεται στα 1480-1500 nm
- Στην ανερχόμενη κατεύθυνση, οι ρυθμοί μετάδοσης που χρησιμοποιούνται είναι 155.52, 622.08, 1244.16 και 2488.32 Mbps, ενώ το κανάλι λειτουργεί στην περιοχή των 1260-1360 nm
- Μεταδίδονται πλαίσια σταθερής διάρκειας (125 μ s), τα οποία μπορούν να υποστηρίξουν διάφορες μορφές πακέτων (Ethernet, ATM, IP κ.τ.λ)



Περιεχόμενα ενότητας

ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΟΠΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ

TDMA-PONs

EPONs

OCDMA-PONs

WDM-PONs



Optical Code Division Multiple Access

Optical Code Division Multiple Access:

μηχανισμός πρόσβασης ο οποίος παρέμεινε εκτός ερευνητικής δραστηριότητας για μεγάλο χρονικό διάστημα εξαιτίας της αδυναμίας κατασκευής κατάλληλων οπτικών διατάξεων

Η πολύπλεξη με διαίρεση οπτικού κώδικα (Optical Code Division Multiplexing-OCDM) είναι μία διαδικασία πολύπλεξης, όπου ο διαχωρισμός των τηλεπικοινωνιακών καναλιών καθορίζεται από διαφορετικούς οπτικούς κώδικες και όχι από διαφορετικά μήκη κύματος ή χρονοθυρίδες.

Στη διαδικασία μετάδοσης, κάθε bit δεδομένων υποβάλλεται σε μία διαδικασία εγκωδίκευσης (encoding)

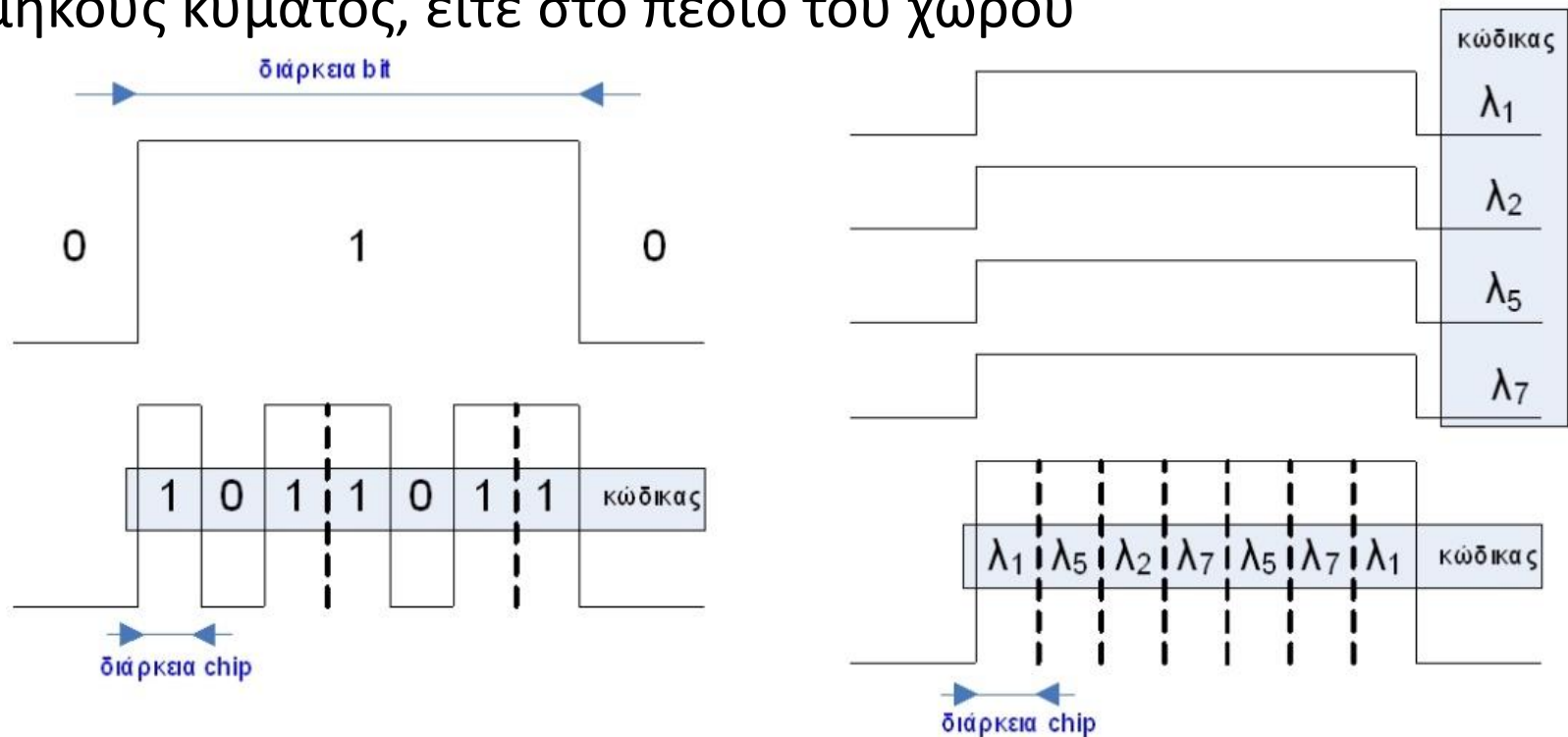
στο δέκτη απαιτείται η διαδικασία αποκωδίκευσης (decoding) για την ανάκτηση των δεδομένων

Η OCDMA είναι η εφαρμογή της OCDM τεχνολογίας στον έλεγχο πρόσβασης πολλών χρηστών



Οπτική κωδικοποίηση

Encoding: πολλαπλασιασμός των bits δεδομένων με μία αλληλουχία κώδικα, είτε στο πεδίο του χρόνου, είτε στο πεδίο του μήκους κύματος, είτε στο πεδίο του χώρου

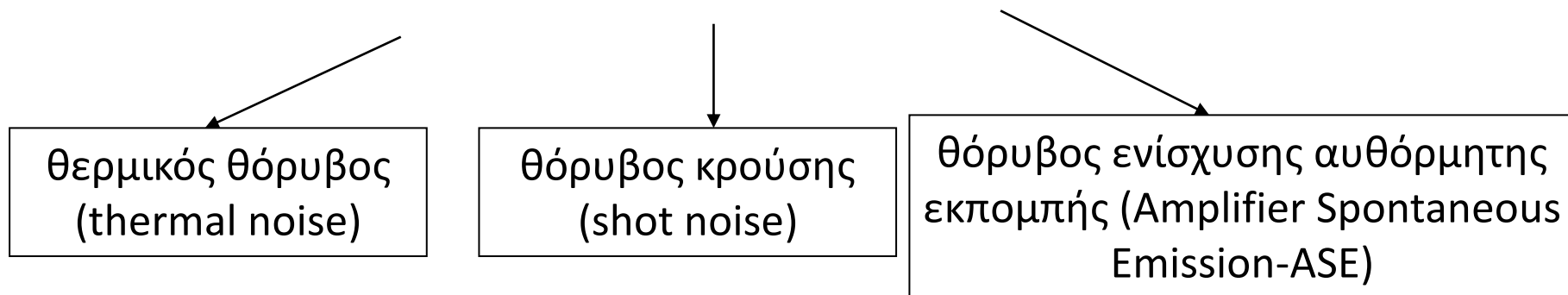


Συνδυασμός: 2-D OCDMA



OCDMA: παρεμβολή

- Σε ένα δίκτυο που χρησιμοποιεί την OCDMA τα σήματα από διαφορετικούς χρήστες συνδυάζονται και κάθε σταθμός λήψης λαμβάνει αυτό το συνολικό σήμα
- Τα μη επιθυμητά σήματα σε ένα δέκτη εμφανίζονται ως θόρυβος και είναι γνωστά ως παρεμβολή πολλαπλής πρόσβασης (Multiple-Access Interference-MAI)
- Στα OCDMA συστήματα εμφανίζονται και άλλες πηγές θορύβου:



Αυτές οι μορφές θορύβου έχουν ελάχιστη επίδραση στην απόδοση των OCDMA συστημάτων, σε σύγκριση με την επίδραση της MAI



OCDMA: πλεονεκτήματα

- Λειτουργία ασύγχρονης μετάδοσης, που απλοποιεί τον έλεγχο πρόσβασης στο μέσο σε σχέση με την TDMA, η οποία απαιτεί αυστηρό συγχρονισμό
- Η OCDMA προσφέρει μεγαλύτερο αριθμό καναλιών σε σχέση με την WDMA
- Η υποστήριξη επιπρόσθετων χρηστών στο δίκτυο πραγματοποιείται με πολύ μικρό κόστος και χωρίς να επηρεάζεται το εύρος ζώνης που έχει ανατεθεί σε άλλους χρήστες
- Ταυτόχρονη μετάδοση κίνησης που προέρχεται από διαφορετικές υπηρεσίες
- Η OCDMA τεχνολογία παρουσιάζει διαφάνεια και οι χρήστες μπορούν να χρησιμοποιήσουν διαφορετικούς ρυθμούς μετάδοσης και διαμορφώσεις
- Η OCDMA προσφέρει υψηλά επίπεδα ασφάλειας, σε σχέση με τις μεθόδους WDMA και TDMA

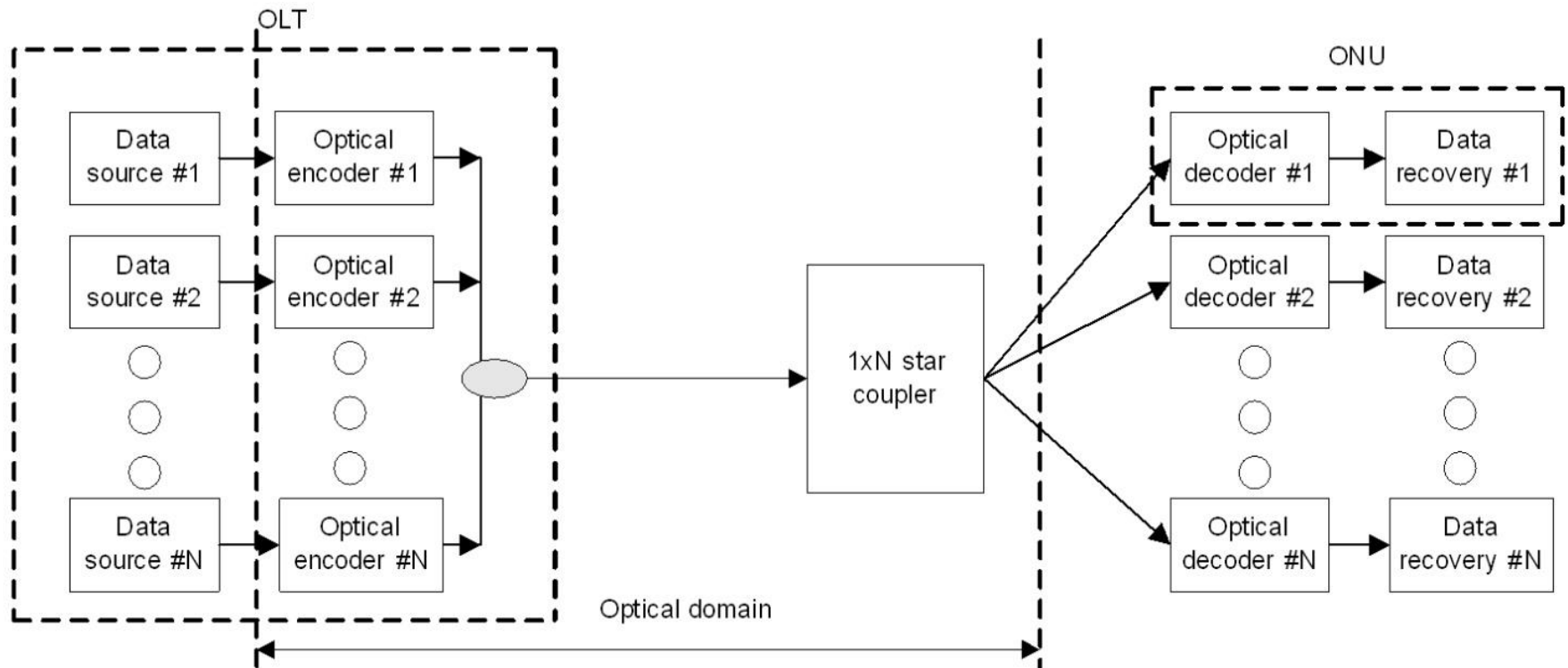


OCDMA: περιορισμοί

- Το κόστος των διατάξεων είναι σημαντικό, κυρίως στην 2D-OCDMA, όπου ο πομπός κάθε χρήστη θα πρέπει να λειτουργεί σε διαφορετικά μήκη κύματος
- Η αναπόφευκτη παρουσία της MAI περιορίζει την αποδοτικότητα του δικτύου, κυρίως σε επίπεδο αριθμού χρηστών
- Η διασπορά λόγω του υψηλού εγκωδικοποιημένου ρυθμού μετάδοσης του σήματος περιορίζει την απόσταση των OLTs από το OLT
- Η φασματική εξάπλωση προκαλεί μειωμένη φασματική απόδοση σε σχέση με την WDMA
- Η σηματοδότηση είναι μονοπολική: Optical Orthogonal Coding-OOC), όπου οι κώδικες δεν είναι ακριβώς ορθογώνιοι, στοιχείο που μειώνει τον αριθμό των διαθέσιμων κωδικών



OCDMA-PONs



Οι λειτουργίες coding και decoding πραγματοποιούνται αποκλειστικά στο οπτικό επίπεδο



Περιεχόμενα ενότητας

ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΟΠΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ

TDMA-PONs

EPONs

OCDMA-PONs

WDM-PONs



WDM-PONs (1/5)

Βασικά μειονεκτήματα των TDMA-PONs και OCDMA-PONs

Το εύρος ζώνης περιορίζεται από το μέγιστο ρυθμό μετάδοσης των οπτικών πομποδεκτών

Η εξασθένηση λόγω των απωλειών διαίρεσης περιορίζει τον αριθμό των ONUs σε 64

Η υλοποίηση της τεχνολογίας FTTx για την παροχή ενοποιημένων υπηρεσιών φωνής, δεδομένων και βίντεο, γνωστό ως “triple-play”, απαιτεί την προσφορά τεράστιου εύρους ζώνης

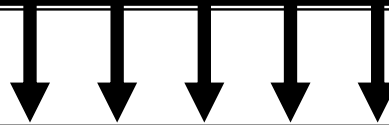
WDM-PONs: χρήση διαφορετικού μήκους κύματος για τη ζεύξη του OLT με κάθε ONU



WDM-PONs (2/5)

Η χρήση της WDM τεχνολογίας στα δίκτυα πρόσβασης αρχικά θεωρήθηκε ως αναποτελεσματική λόγω του αυξημένου κόστους του εξοπλισμού

κάθε χρήστης έχει τη δυνατότητα μετάδοσης σε οποιοδήποτε από τα μήκη κύματος που υποστηρίζει το δίκτυο: αναγκαιότητα τοποθέτησης πομπών laser μεταβλητού μήκους κύματος



Εκπομπή ενός οπτικού σήματος συνεχούς φάσματος από το OLT. Κάθε χρήστης διαθέτει ένα οπτικό διαμορφωτή, ο οποίος διαμορφώνει μία συνιστώσα αυτού του σήματος, ενώ η ύπαρξη οπτικών ενισχυτών ημιαγωγού (Semiconductor Optical Amplifiers-SOAs) ενισχύει κατάλληλα το σήμα ώστε να ανακλαστεί πίσω στο OLT.



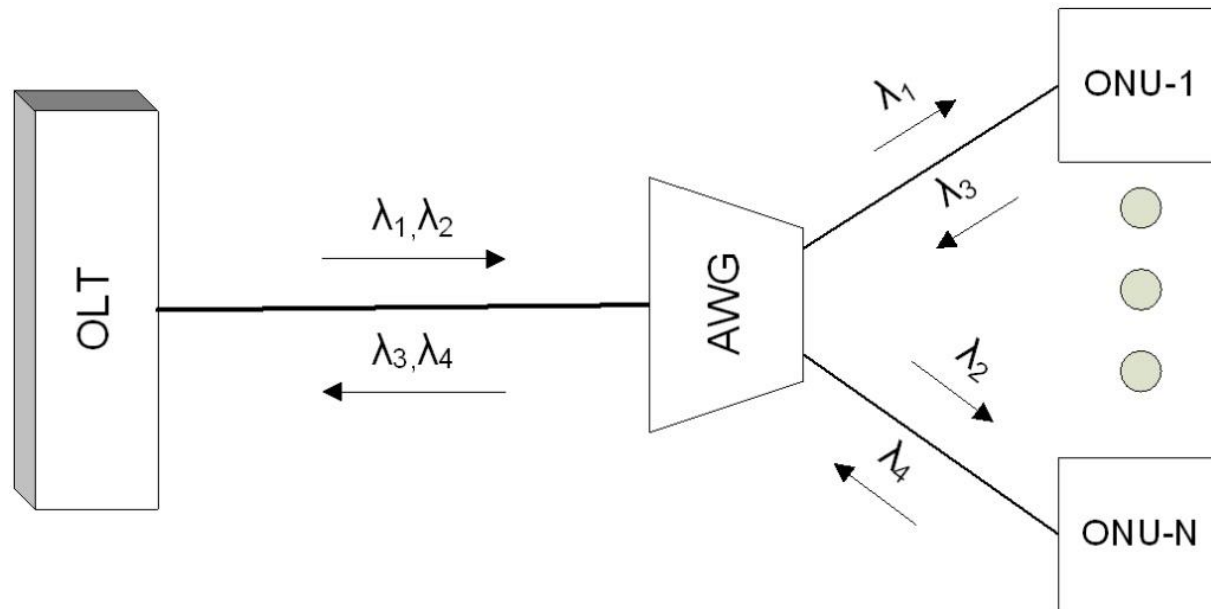
WDM-PONs (3/5)

Αρχιτεκτονικές για την υλοποίηση των WDM-PONs

- Μία προσέγγιση αναφέρεται στην ανάθεση ενός μήκους κύματος για την ανερχόμενη κατεύθυνση σε όλους τους ONUs και ένα μήκος κύματος ανά ONU για την κατερχόμενη κατεύθυνση
- Σε μία δεύτερη προσέγγιση, σε κάθε ONU ανατίθεται ένα μήκος κύματος, μέσω του οποίου μεταφέρονται δεδομένα από και προς τον ONU (είτε ένα μήκος κύματος για την ανερχόμενη και ένα για την κατερχόμενη κατεύθυνση ανά ONU, είτε ένα μήκος κύματος και για τις δύο κατευθύνσεις ανά ONU)
- Ανάλογα με τη συμπεριφορά των ONUs, ενδέχεται να χρησιμοποιηθεί ένας συνδυασμός των δύο παραπάνω προσεγγίσεων



WDM-PONs (4/5)



COARSE DWM (CDWM):
μικρός αριθμός μηκών
κύματος (8-16) με channel
spacing 20 nm, στην
περιοχή των 1300-1600 nm

DENSE DWM (DDWM):
μεγάλος αριθμός μηκών
κύματος με channel spacing
0.2 έως 0.8 nm , στην
περιοχή των 1300-1550 nm



WDM-PONs (5/5)

Ανάθεση των μηκών κύματος σε κάθε ONU

Στατική ανάθεση μηκών κύματος, όπου κάθε ONU χρησιμοποιεί ένα σταθερό μήκος κύματος, επομένως ο εξοπλισμός του περιλαμβάνει στατικούς πομποδέκτες.

Δυναμική ανάθεση μηκών κύματος, όπου σε κάθε ONU που επιθυμεί πρόσβαση στο δίκτυο ανατίθεται ένα από τα διαθέσιμα μήκη κύματος: (colorless ONUs)

Ανάθεση των πόρων του κάθε μήκους κύματος στους τελικούς χρήστες των ONUs

Σε κάθε τελικό χρήστη ανατίθεται μία συγκεκριμένη χρονοθυρίδα, οπότε ο αριθμός των τελικών χρηστών καθορίζεται από τη χωρητικότητα του καναλιού

Δυναμική ανάθεση των χρονοθυρίδων, όπου με την αίτηση του χρήστη του ανατίθεται μία ή περισσότερες χρονοθυρίδες, εφόσον αυτές είναι διαθέσιμες



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 Πανεπιστήμιον Πατρών, **Μιχαήλ Λογοθέτης 2015**.

«**Τηλεπικοινωνιακά Δίκτυα Ευρείας Ζώνης, Ενότητα 12: Παθητικά Οπτικά Δίκτυα**». Έκδοση: **1.0**. Πάτρα **2015**. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <https://eclass.upatras.gr/courses/EE756/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.



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Τα σχήματα στις διαφάνειες 14, 15, 22, 26 και 31 προέρχονται από τη διδακτορική διατριβή “Αποτίμηση της απόδοσης τηλεπικοινωνιακών δικτύων πολυδιάστατης κίνησης με έμφαση στα οπτικά δίκτυα” Πανεπιστήμιο Πατρών 2012, μετά από έγγραφη άδεια του συγγραφέα Ιωάννη Βαρδάκα.

