



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά
μαθήματα ΠΠ

Τηλεπικοινωνιακά Δίκτυα Ευρείας Ζώνης

Ενότητα 11: Οπτικά Δίκτυα Πρόσβασης
Διατάξεις και Τεχνολογίες Δικτύου

Μιχαήλ Λογοθέτης

Πολυτεχνική Σχολή

Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών
και Τεχνολογίας Υπολογιστών

Σκοποί ενότητας

- Παρουσίαση γενικών χαρακτηριστικών των οπτικών δικτύων
- Περιγραφή της μεθόδου traffic grooming
- Περιγραφή συστημάτων μεταγωγής οπτικών πακέτων και οπτικών ριπών
- Παρουσίαση των οπτικών δικτύων πρόσβασης



Περιεχόμενα ενότητας

- ❑ **ΟΠΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ**
- ❑ **TRAFFIC GROOMING**
- ❑ **ΜΕΤΑΓΩΓΗ ΟΠΤΙΚΩΝ ΡΙΠΩΝ**
- ❑ **ΜΕΤΑΓΩΓΗ ΟΠΤΙΚΩΝ ΠΑΚΕΤΩΝ**
- ❑ **ΟΠΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ**



Περιεχόμενα ενότητας

ΟΠΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ

TRAFFIC GROOMING

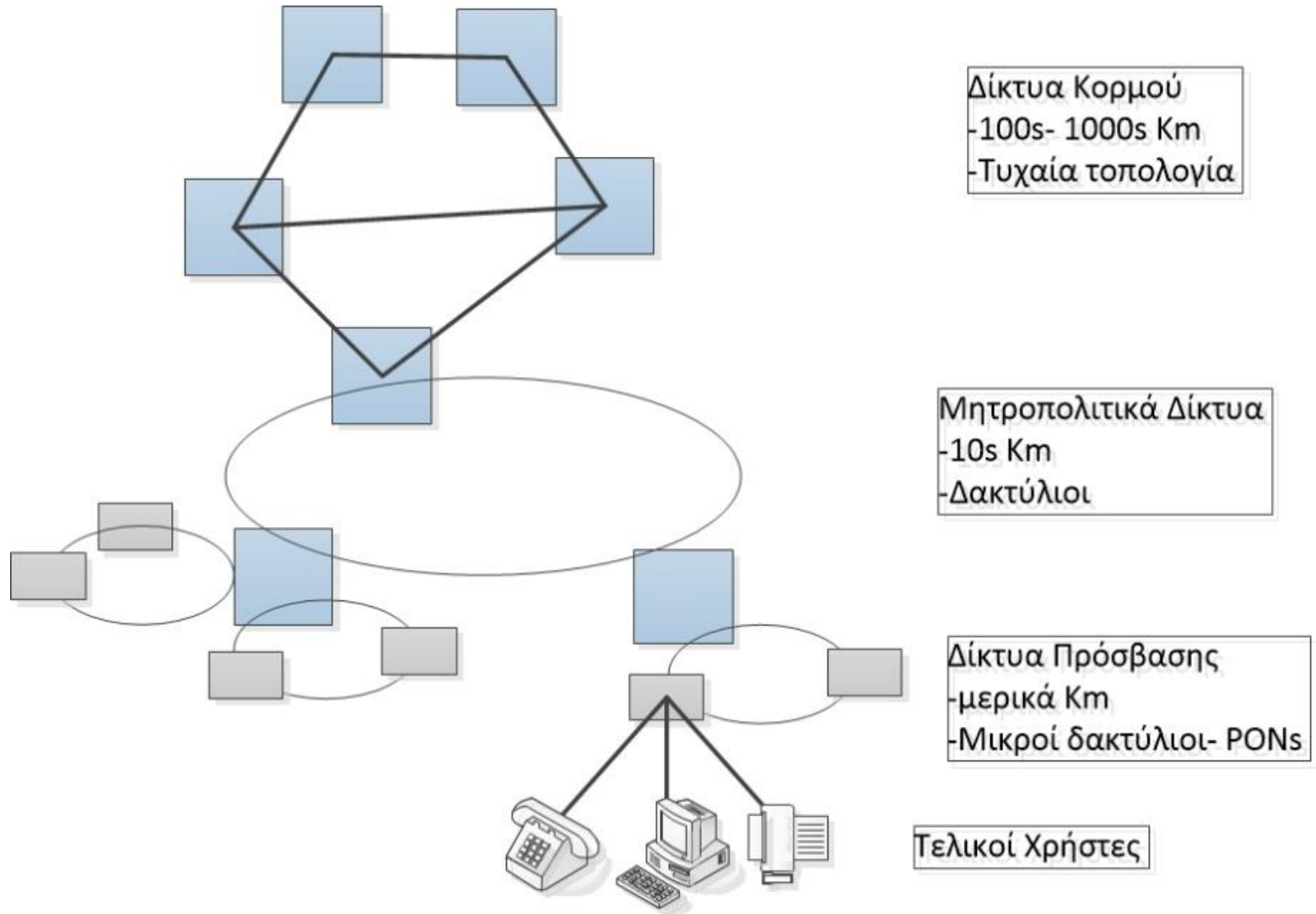
ΜΕΤΑΓΩΓΗ ΟΠΤΙΚΩΝ ΡΙΓΩΝ

ΜΕΤΑΓΩΓΗ ΟΠΤΙΚΩΝ ΠΑΚΕΤΩΝ

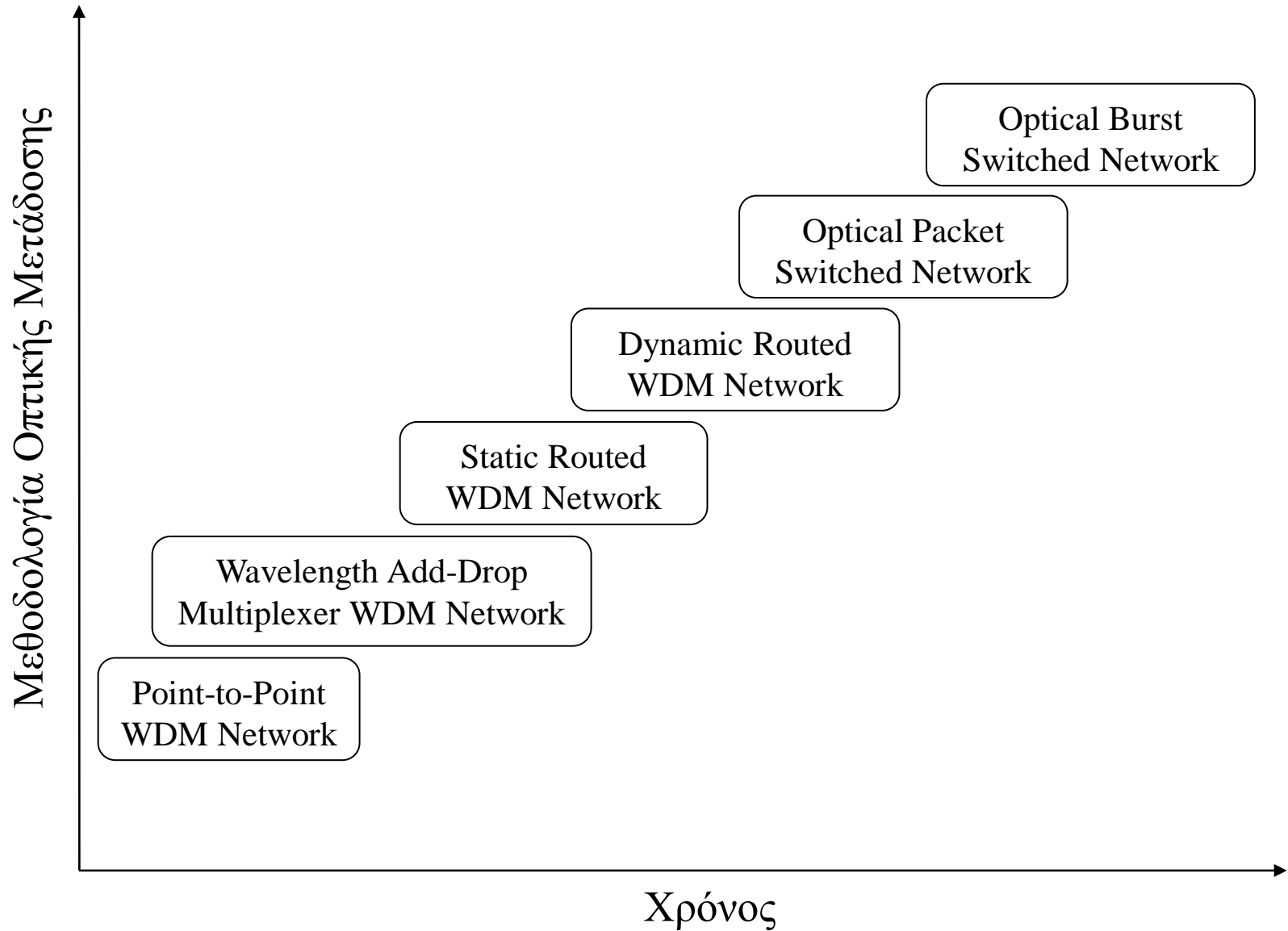
ΟΠΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ



Οπτικά δίκτυα (1/2)



Οπτικά δίκτυα (2/2)



Point-to-Point WDM Networks (1/3)

- Πρώτη γενιά οπτικών δικτύων
- Το οπτικό δίκτυο περιορίζεται μόνο στη φυσική ζεύξη κόμβων με χρήση οπτικής ίνας
- Οπτοηλεκτρονική μετατροπή στους κόμβους
- Υψηλό overhead



Point-to-Point WDM Networks (2/3)

Η σύνδεση δύο κόμβων με οπτικές ίνες μπορεί να επιτευχθεί είτε με τη χρήση μίας ίνας και την υιοθέτηση της WDM τεχνολογίας

Μήκος ζεύξης < 50 Km: χρήση πολλών ινών

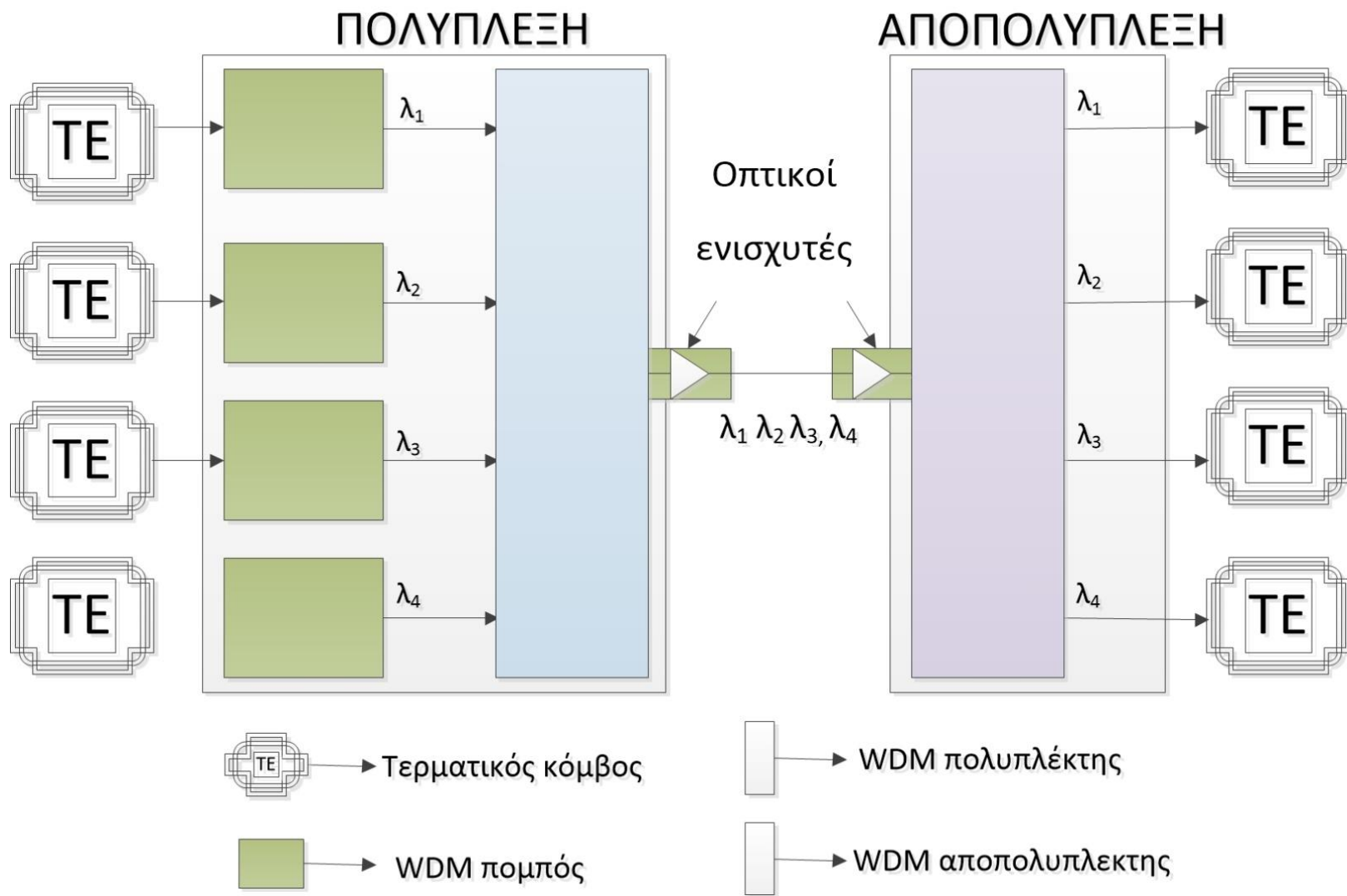
Μήκος ζεύξης > 50 Km: χρήση τεχνολογίας WDM

Συστήματα μετάδοσης WDM που χρησιμοποιούνται για ζεύξεις σημείου-προς-σημείο είναι εμπορικά διαθέσιμες εδώ και μία δεκαετία

Ο αριθμός των καναλιών ποικίλει, με μέγιστο αριθμό σήμερα τα 160 και με την προοπτική να αυξηθούν σε 320 πολύ σύντομα.



Point-to-Point WDM Networks (3/3)



Wavelength Add-Drop Multiplexer WDM Networks

- Η δεύτερη γενιά οπτικών δικτύων χρησιμοποιεί πολυπλέκτες προσθαφαίρεσης μήκους κύματος
- Οπτοηλεκτρονική μετατροπή μόνο σε δεδομένα που ξεκινούν ή τερματίζουν στον κόμβο
- Προσφέρεται η δυνατότητα μετατροπής μήκους κύματος
- Μείωση του overhead, κυρίως στις περιπτώσεις δικτύων δακτυλίου

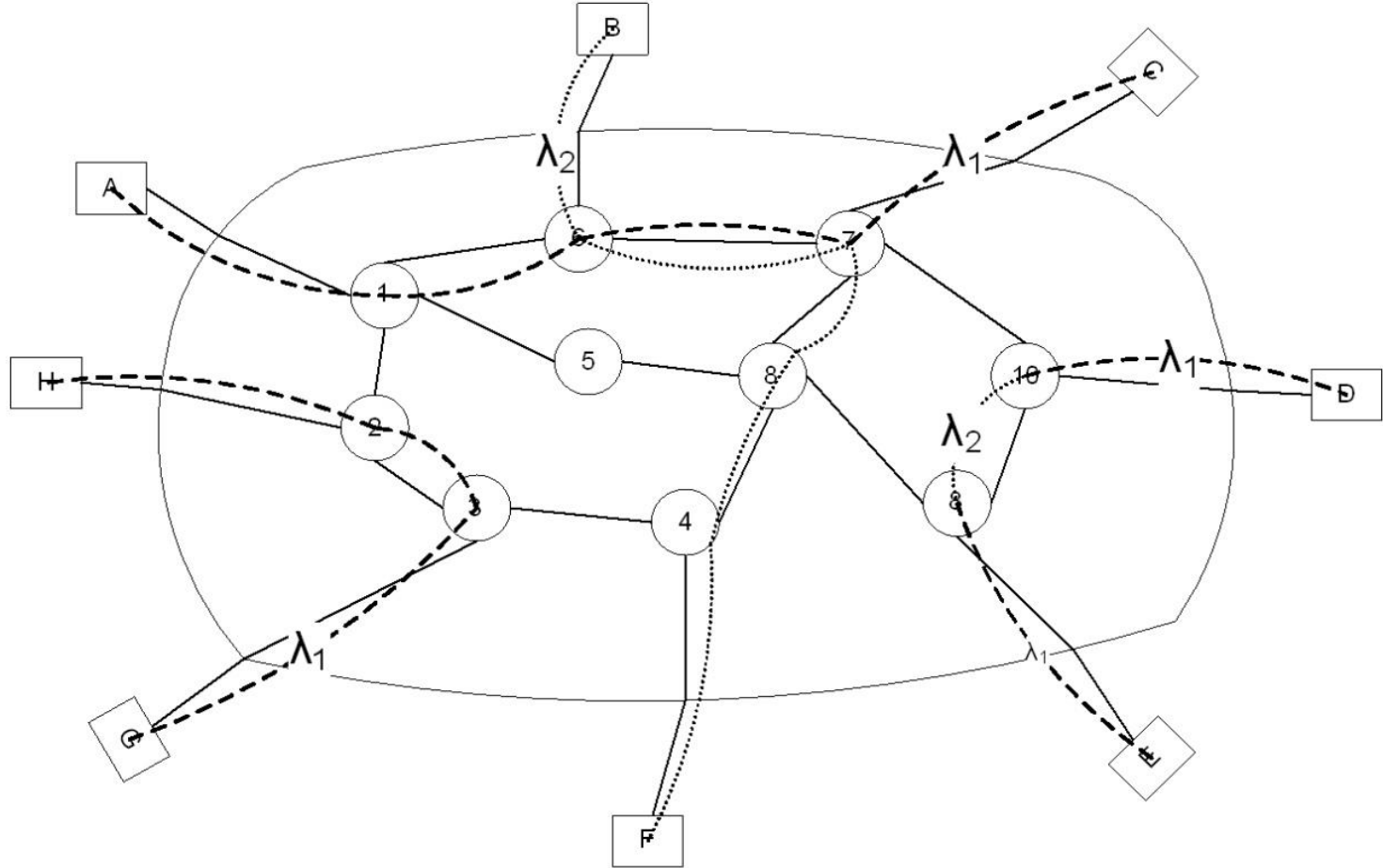


Δίκτυα δρομολόγησης μήκους κύματος

- Μεταγωγή οπτικού κυκλώματος
- Εγκαθίδρυση lightpaths
- Ένα lightpath μπορεί να επεκτείνεται σε πολλές οπτικές ζεύξεις και οι ενδιάμεσοι κόμβοι παρέχουν μία οπτική παράκαμψη για την υποστήριξη του lightpath
- Ανακύπτει το πρόβλημα της δρομολόγησης και της ανάθεσης μηκών κύματος



Δίκτυα δρομολόγησης μήκους κύματος

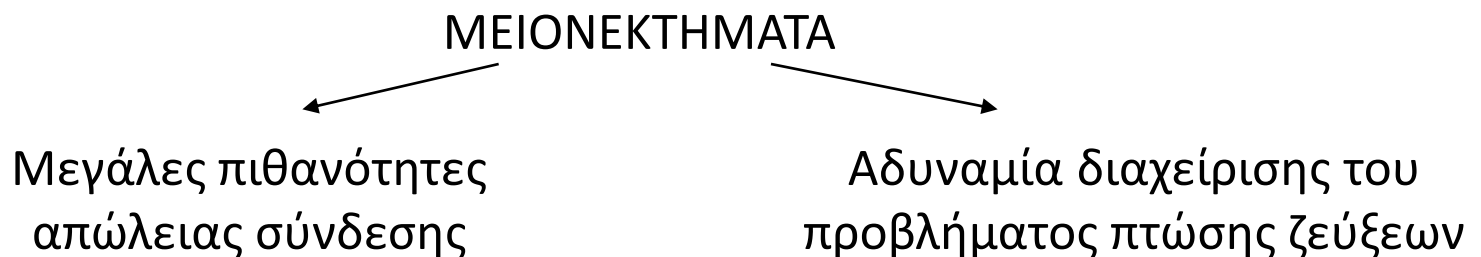


- Σταθμός πρόσβασης: Περιέχει ρυθμιζόμενους πομποδέκτες
- Διακόπτης: Περιέχει οπτικούς διακόπτες και ίσως ενισχυτές, μετατροπείς μήκους κύματος κτ.λ.



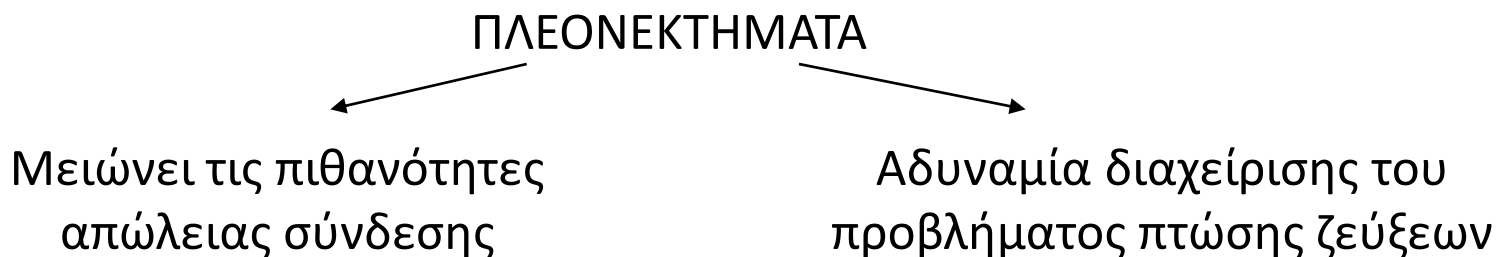
Δίκτυα δρομολόγησης μήκους κύματος – Στατική δρομολόγηση

- Στη Static Lightpath Establishment (SLA) το σύνολο των συνδέσεων είναι γνωστό εξαρχής
- Εφόσον ένα lightpath δεν είναι δυνατόν να εγκατασταθεί, θεωρείται φραγμένο
- Η ανάθεση των μηκών κύματος πραγματοποιείται είτε εξαρχής, είτε πραγματοποιείται κατά την αίτηση εγκαθίδρυσης του lightpath
- Βασικό ζήτημα η ανεύρεση ελευθέρων μηκών κύματος κατά μήκος του lightpath



Δίκτυα δρομολόγησης μήκους κύματος – Εναλλακτική δρομολόγηση

- Στη Fixed-Alternate Routing (FAR) χρησιμοποιείται ένα προκαθορισμένο σύνολο διαδρομών για τη σύνδεση δύο κόμβων
- Οι εναλλακτικές διαδρομές δεν πρέπει να διαθέτουν κοινές ζεύξεις
- Η χρήση της FAR παρέχει μικρό διαχειριστικό κόστος και ένα μικρό βαθμό ανοχής στις αποτυχίες των ζεύξεων



Δίκτυα δρομολόγησης μήκους κύματος – Δυναμική δρομολόγηση

- Στη δυναμική ανάθεση (Dynamic Lightpath Establishment-DLA), η ανάθεση ενός lightpath πραγματοποιείται με την άφιξη μίας αίτησης σύνδεσης
- Σημαντική αύξηση του overhead, καθώς απαιτείται η συνεχής παρακολούθηση του δικτύου
- Η ελαχιστοποίηση της πιθανότητας απώλειας σύνδεσης και η μεγιστοποίηση του αριθμού του αριθμού των συνδέσεων καθορίζονται από τον τρόπο που έχει οριστεί το μέγεθος του δικτύου, αλλά και από τη μέθοδο ανάθεσης των lightpaths



Περιεχόμενα ενότητας

ΟΠΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ

TRAFFIC GROOMING

ΜΕΤΑΓΩΓΗ ΟΠΤΙΚΩΝ ΡΙΓΩΝ

ΜΕΤΑΓΩΓΗ ΟΠΤΙΚΩΝ ΠΑΚΕΤΩΝ

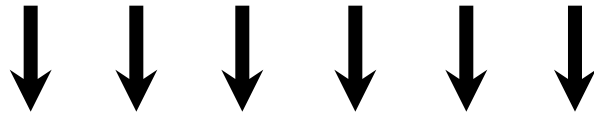
ΟΠΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ



Traffic grooming (1/4)

- Στα WDM δίκτυα η χωρητικότητα κάθε lightpath είναι ιδιαίτερα υψηλή (10 Gbps, - 40 Gbps)
- Ένα πολύ μικρό ποσοστό των χρηστών του δικτύου αναμένεται να αξιοποιήσει αυτές τις ταχύτητες

TRAFFIC GROOMING



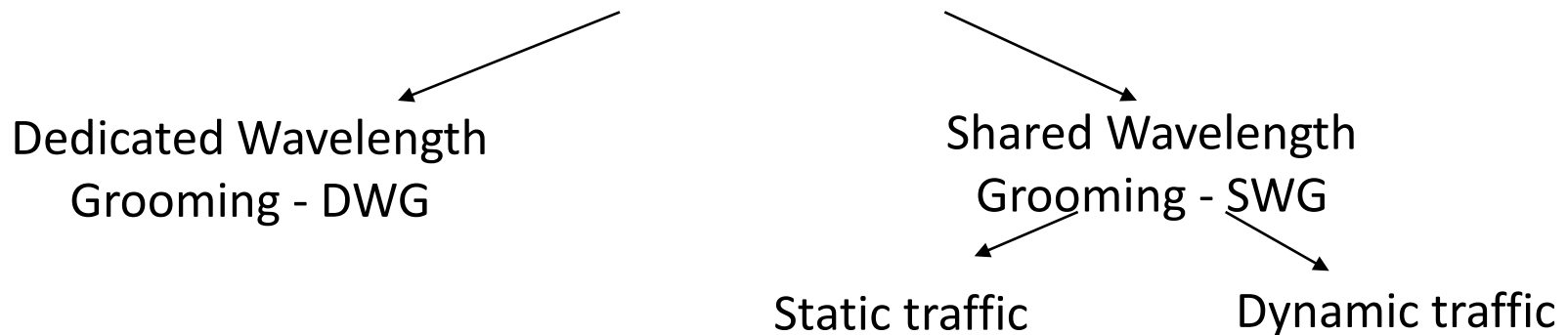
τεχνική της ταυτόχρονης μετάδοσης ροών δεδομένων χαμηλής ταχύτητας στον κοινό φορέα του μήκους κύματος μίας οπτικής ίνας



Traffic grooming (2/4)

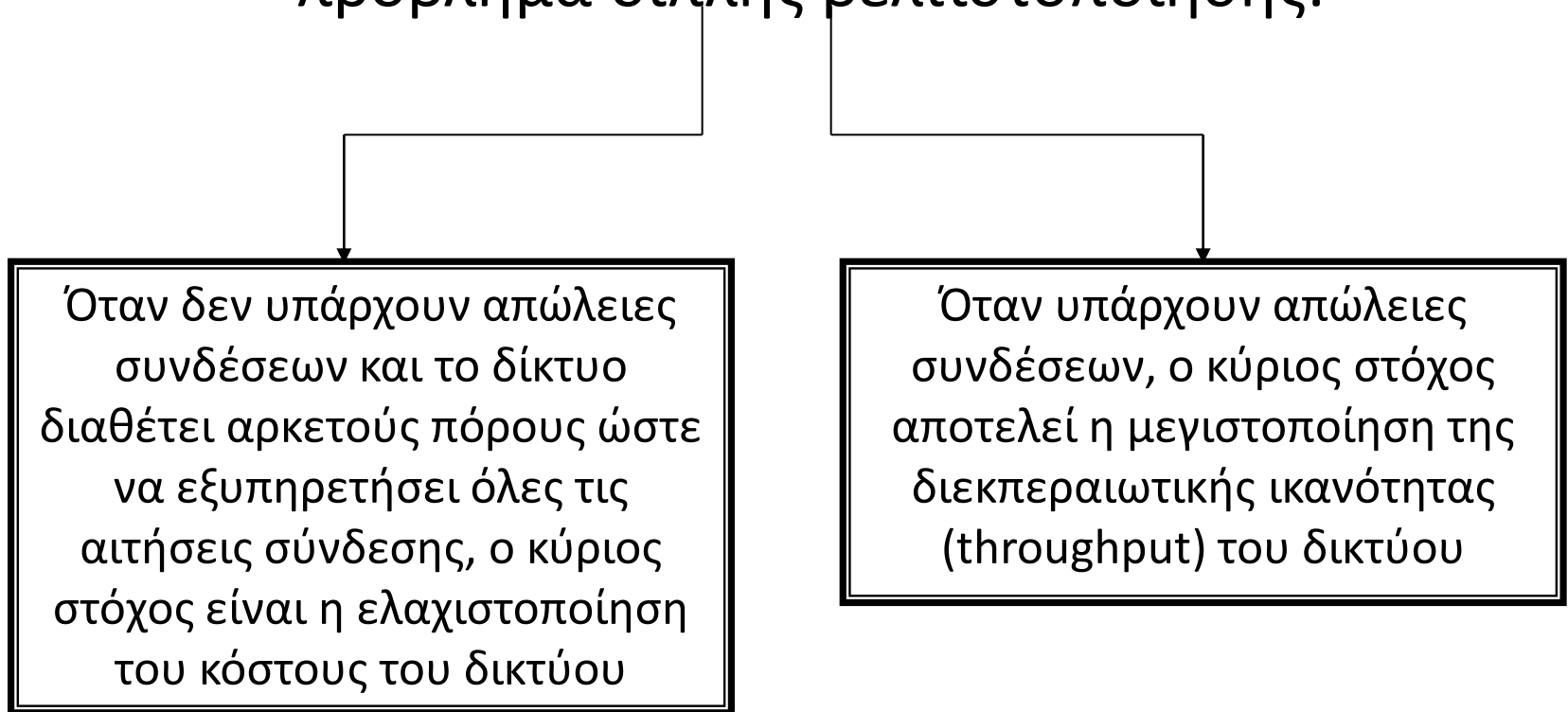
- Βασική ιδέα του traffic grooming είναι η διαίρεση του διαθέσιμου εύρους ζώνης κάθε μήκους κύματος σε ένα αριθμό από time-slots
- Ένα ή περισσότερα από αυτά τα time-slots ανατίθενται στους χρήστες ανάλογα με τις απαιτήσεις τους σε εύρος ζώνης

Ο καταμερισμός του εύρους ζώνης στους χρήστες



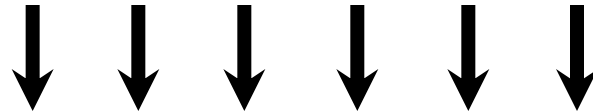
Traffic grooming (3/4)

Το traffic grooming με στατική κίνηση είναι ένα πρόβλημα διπλής βελτιστοποίησης:



Traffic grooming (4/4)

Το πρόβλημα του traffic grooming:



Καθορισμός των lightpaths ώστε να καλύπτονται όλες οι συνδέσεις, με δεδομένη τη διαμόρφωση του δικτύου και το σύνολο των αιτήσεων σύνδεσης

Το πρόβλημα του traffic grooming μπορεί να διαιρεθεί σε 4 κατηγορίες, οι οποίες δεν είναι απαραίτητα ανεξάρτητες

- Καθορισμός της (ιδεατής - virtual) τοπολογίας των lightpaths.
- Δρομολόγηση των lightpaths στη φυσική τοπολογία του δικτύου.
 - Ανάθεση των μηκών κύματος στα lightpaths.
 - Δρομολόγηση της κίνησης στην ιδεατή τοπολογία



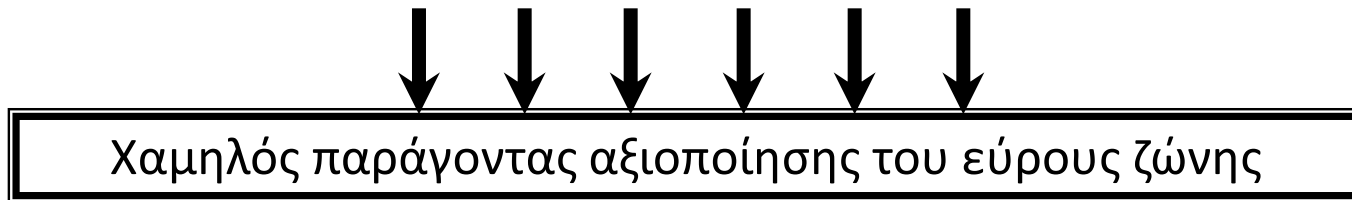
Περιεχόμενα ενότητας

- ΟΠΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ
- TRAFFIC GROOMING
- ΜΕΤΑΓΩΓΗ ΟΠΤΙΚΩΝ ΡΙΠΩΝ**
- ΜΕΤΑΓΩΓΗ ΟΠΤΙΚΩΝ ΠΑΚΕΤΩΝ
- ΟΠΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ



Μεταγωγή Οπτικών Ριπών (1/9)

Στα οπτικά δίκτυα δρομολόγησης μήκους κύματος, η σύνδεση διατηρείται ακόμα και όταν δεν υπάρχει μετάδοση δεδομένων



+

Η κίνηση δεδομένων έχει το χαρακτήρα ριπής, καθώς η ποσότητα της κίνησης αυτής μεταβάλλεται σε μικρά χρονικά διαστήματα

=

Optical Burst Switching-OBS

Μεταγωγή Οπτικών Ριπών (2/9)

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ OBS

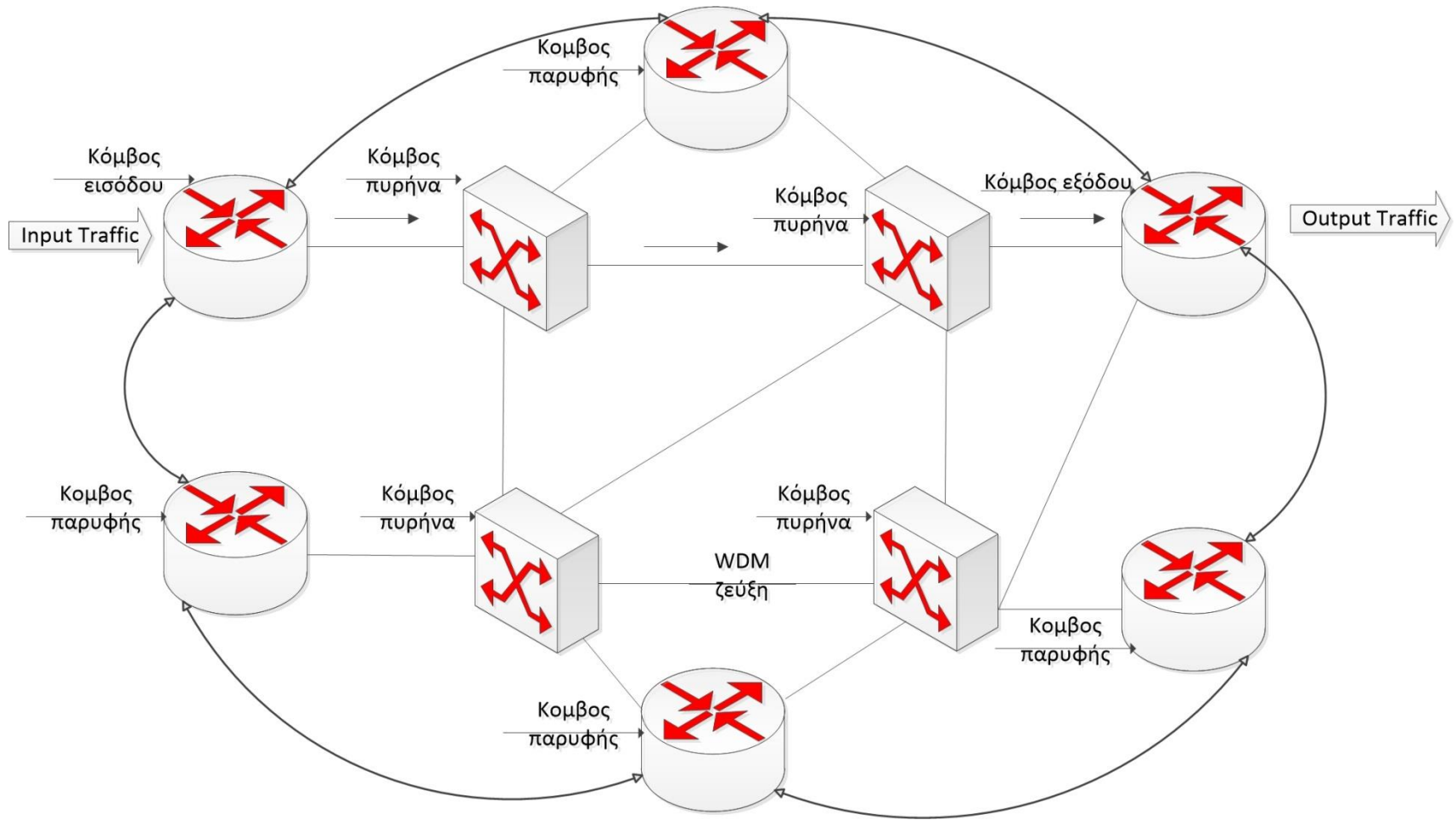
- Δέσμευση των πόρων του συστήματος για ένα προκαθορισμένο χρονικό διάστημα
- Υψηλός παράγοντας αξιοποίησης (utilization) του διαθέσιμου εύρους ζώνης
- Η στατιστική πολυπλεξία επιτυγχάνεται σε πολύ υψηλό βαθμό
- Η μετάδοση μεγάλου μήκους οπτικών ριπών μειώνει τις απαιτήσεις για ταχύτατους οπτικούς μεταγωγείς

ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑ

- Απαιτούνται ΟΕΟ διακόπτες στους κόμβους

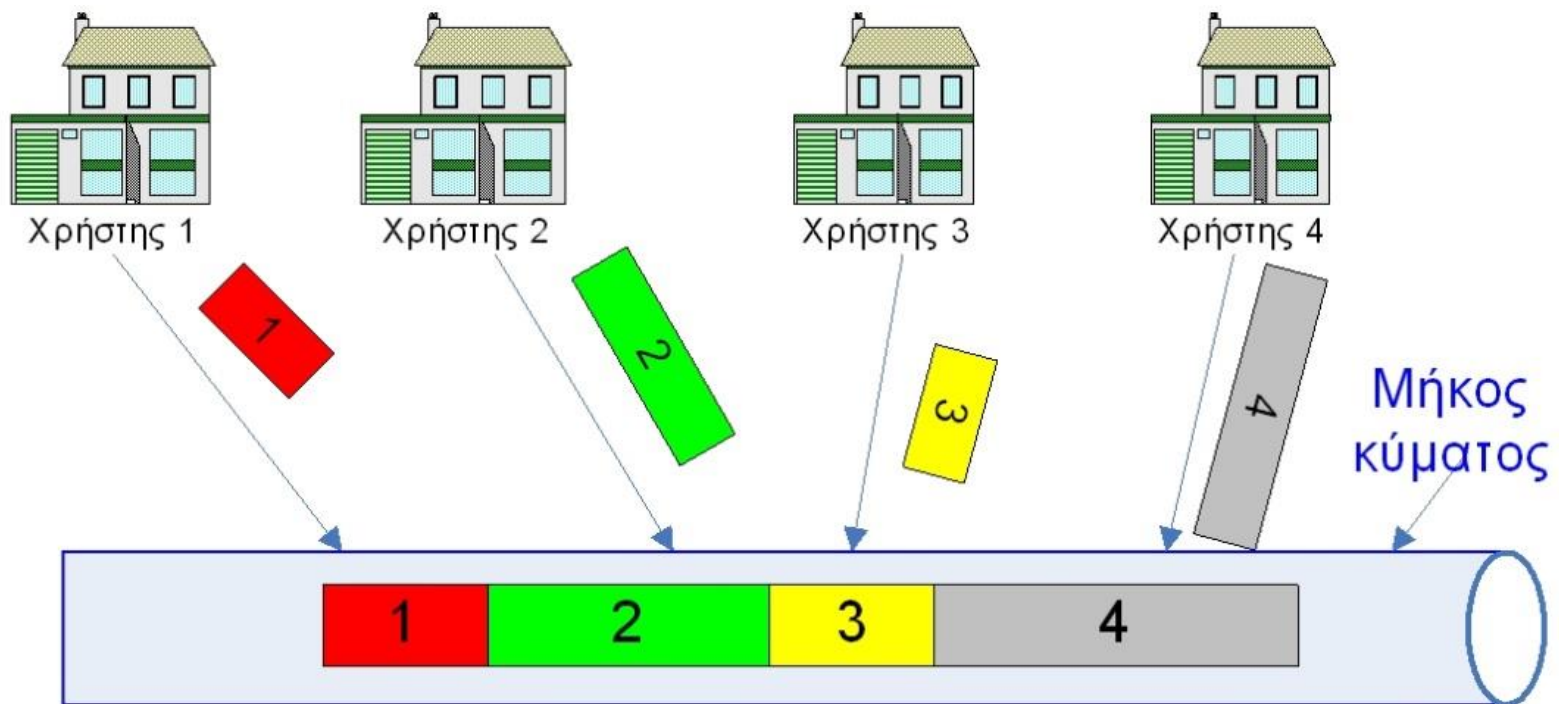


Μεταγωγή Οπτικών Ριπών (3/9)



Μεταγωγή Οπτικών Ριπών (4/9)

Η βασική ιδέα της OBS αναφέρεται στην αμιγώς οπτική μετάδοση οπτικών ριπών, οι οποίοι αποτελούνται από ένα συγκεκριμένο αριθμό IP πακέτων



Μεταγωγή Οπτικών Ριπών (5/9)

- Πριν από τη μετάδοση των οπτικών ριπών, ένα πακέτο ελέγχου (control packet) αποστέλλεται από τον κόμβο προέλευσης, με σκοπό να διαμορφώσει τους μεταγωγείς κατά μήκος της διαδρομής της οπτικής ριπής
- Μία χρονική μετατόπιση (offset time) μεταξύ πακέτου ελέγχου και οπτικής ριπής, επιτρέπει τη διαμόρφωση των μεταγωγέων πριν την άφιξη της ριπής (δεν απαιτούνται μέσα αποθήκευσης στους ενδιάμεσους κόμβους)
- Οι διεργασίες δέσμευσης των απαραίτητων πόρων του συστήματος είναι one-way ή two-way

η οπτική ριπή αποστέλλεται μετά από τον προκαθορισμένο χρόνο μετατόπισης (χωρίς acknowledgement)

η οπτική ριπή αποστέλλεται μετά από τη λήψη acknowledgement για τη δέσμευση πόρων

Μεταγωγή Οπτικών Ριπών (6/9)

ΣΗΜΑΤΟΔΟΣΙΑ

- Στο πρωτόκολλο Just-In-Time (JIT), πραγματοποιείται δέσμευση του απαιτούμενου εύρους ζώνης από έναν κόμβο αμέσως μόλις ληφθεί το πακέτο ελέγχου, ενώ αυτό το εύρος ζώνης αποδεσμεύεται αμέσως μετά την εξυπηρέτηση της οπτικής ριπής.
- Στο πρωτόκολλο Just-Enough-Time (JET) η δέσμευση του εύρους ζώνης πραγματοποιείται κατά τη στιγμή της άφιξης της οπτικής ριπής στον κόμβο. Και στα δύο πρωτόκολλα η οπτική ριπή μεταδίδεται μετά από χρόνο ίσο με το χρόνο μετατόπισης, χωρίς να αναμένει κάποιο πακέτο επιβεβαίωσης (one-way reservation process)



Μεταγωγή Οπτικών Ριπών (7/9)

Quality-of-Service

Ο καθορισμός της ποιότητας υπηρεσίας πραγματοποιείται με τον προσδιορισμό προτεραιοτήτων μεταξύ των διαφορετικών υπηρεσιών

Real-time εφαρμογές → μεγάλη προτεραιότητα

Στην περίπτωση που δεν βρεθούν οι απαραίτητοι πόροι, η εξυπηρέτηση της ριπής υψηλής προτεραιότητας μπορεί να επιτευχθεί, αλλά σε βάρος μίας ριπής χαμηλής προτεραιότητας

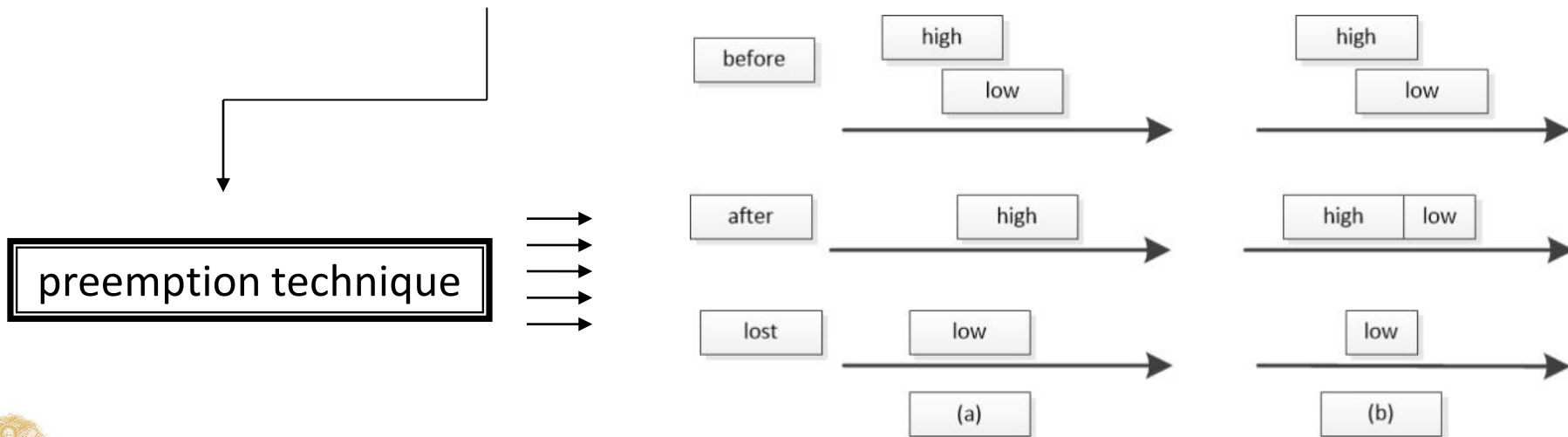


Μεταγωγή Οπτικών Ριπών (8/9)

Quality-of-Service

Ο καθορισμός της ποιότητας υπηρεσίας πραγματοποιείται με τον προσδιορισμό προτεραιοτήτων μεταξύ των διαφορετικών υπηρεσιών

Στην περίπτωση που δεν βρεθούν οι απαραίτητοι πόροι, η εξυπηρέτηση της ριπής υψηλής προτεραιότητας μπορεί να επιτευχθεί, αλλά σε βάρος μιας ριπής χαμηλής προτεραιότητας



Μεταγωγή Οπτικών Ριπών (9/9)

Quality-of-Service

Η παροχή ποιότητας υπηρεσίας σε διαφορετικές εφαρμογές μπορεί να εκφραστεί με τον ορισμό ορίων, σχετικών με την πιθανότητα απόρριψης ριπής

Δύο μέθοδοι

absolute QoS

ορίζονται συγκεκριμένες εγγυήσεις σε κάθε υπηρεσία

relative QoS

οι εγγυήσεις ορίζονται συναρτήσει των εγγυήσεων άλλων υπηρεσιών

Για τη διατήρηση των εγγυήσεων υψηλών προτεραιοτήτων, οι ριπές χαμηλής προτεραιότητας χάνονται

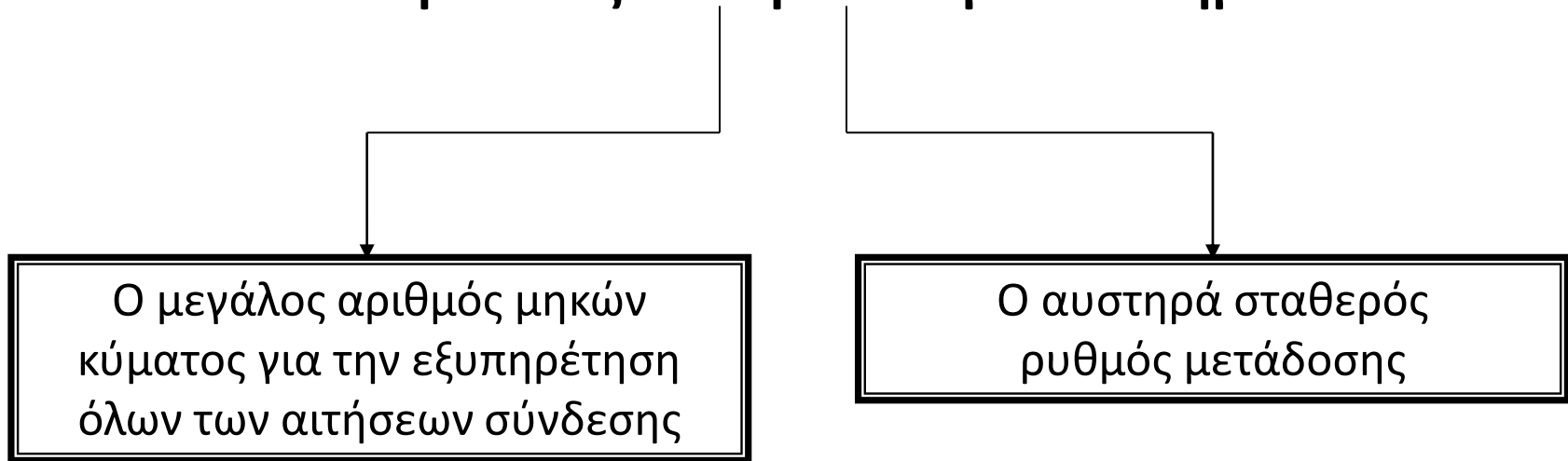
Περιεχόμενα ενότητας

- ΟΠΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ
- TRAFFIC GROOMING
- ΜΕΤΑΓΩΓΗ ΟΠΤΙΚΩΝ ΡΙΓΩΝ
- ΜΕΤΑΓΩΓΗ ΟΠΤΙΚΩΝ ΠΑΚΕΤΩΝ**
- ΟΠΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ



Μεταγωγή Οπτικών Πακέτων (1/5)

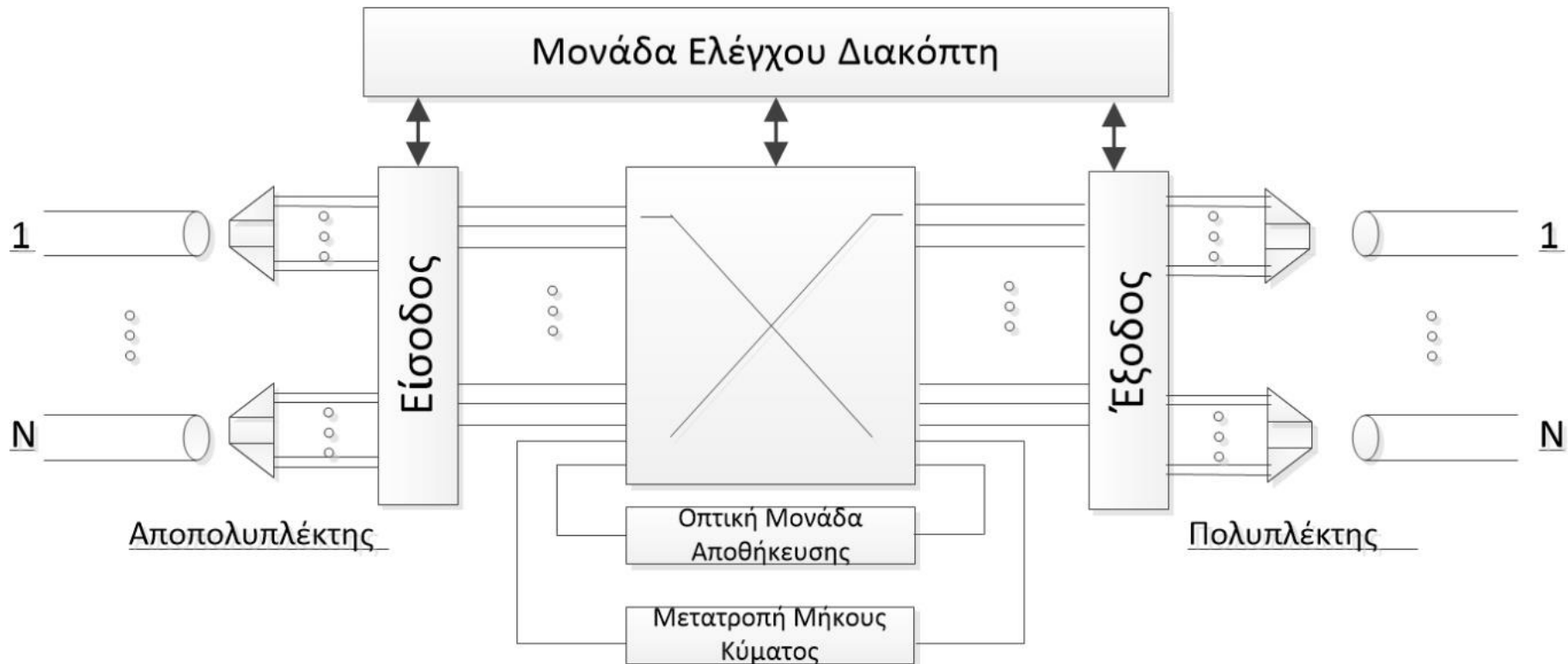
Τα οπτικά δίκτυα δρομολόγησης μήκους κύματος παρουσιάζουν 2 βασικά μειονεκτήματα:



- Η μεταγωγή οπτικών πακέτων (Optical Packet Switching-OPS) αποτελεί τη λύση για τη μεταγωγή δεδομένων αποκλειστικά στην οπτική περιοχή
- Στην OPS ένα lightpath διατηρείται αποκλειστικά στο οπτικό επίπεδο και οι πόροι του διαμοιράζονται και από τους ενδιάμεσους κόμβους

Μεταγωγή Οπτικών Πακέτων (2/5)

Αρχιτεκτονική κόμβου δικτύου OPS



Μεταγωγή Οπτικών Πακέτων (3/5)

Τεχνικές μείωσης του Packet Loss Ratio (PLR)

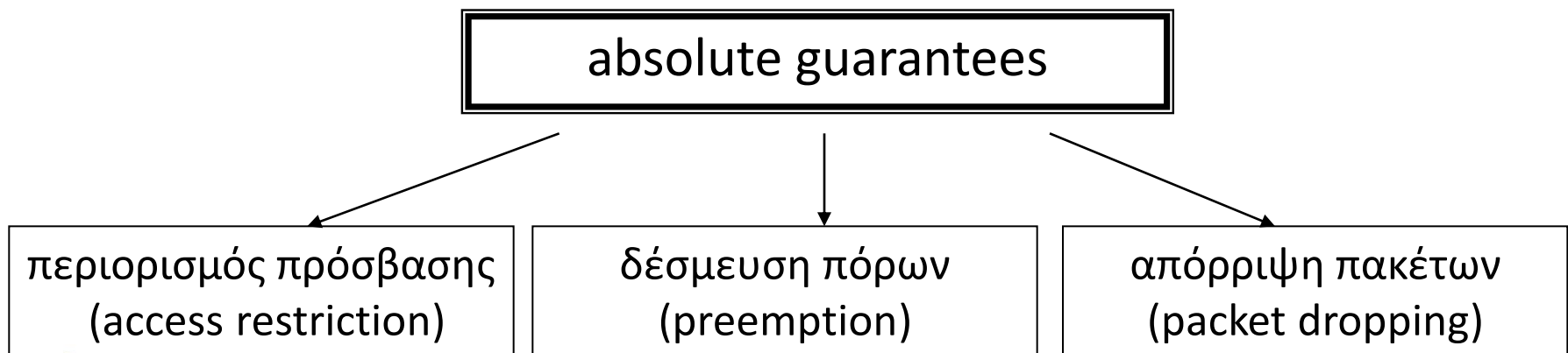
Χρήση FDLs, μετατροπείς μήκους κύματος

- Τα πακέτα που αδυνατούν να μεταδοθούν από ένα συγκεκριμένο μήκος κύματος σε μία συγκεκριμένη χρονοθυρίδα, χρησιμοποιούν ένα άλλο ελεύθερο μήκος κύματος
- Τα πακέτα που αδυνατούν να μεταδοθούν από ένα συγκεκριμένο μήκος κύματος σε μία συγκεκριμένη χρονοθυρίδα, τοποθετούνται σε γραμμή καθυστέρησης
- Τα πακέτα που αδυνατούν να μεταδοθούν από ένα συγκεκριμένο μήκος κύματος σε μία συγκεκριμένη χρονοθυρίδα, μεταδίδονται μέσω άλλης οπτικής ίνας στο ίδιο μήκος κύματος και στην ίδια χρονοθυρίδα

Μεταγωγή Οπτικών Πακέτων (4/5)

Quality-of-Service

Η παροχή εγγύησης ποιότητας υπηρεσίας σε ένα OPS δίκτυο μπορεί να εκφραστεί μέσα από τον ορισμό κάποιων απόλυτων ορίων PLR για όλες τις προτεραιότητες (absolute guarantees), ή μέσα από τον ορισμό σχετικών ορίων μεταξύ των προτεραιοτήτων (relative guarantees)



Μεταγωγή Οπτικών Πακέτων (5/5)

Quality-of-Service

Τεχνικές μείωσης του PLR

- Περιορισμός πρόσβασης ένα σύνολο από τους διαθέσιμους πόρους του δικτύου, όπως μήκη κύματος, μετατροπείς μήκους κύματος κ.τ.λ., δεσμεύονται αποκλειστικά για την κίνηση υψηλής προτεραιότητας
- Preemptive τεχνικές, όπου όταν όλοι οι πόροι είναι κατειλημμένοι, ένα πακέτο υψηλής προτεραιότητας μπορεί να δεσμεύσει τους πόρους ενός πακέτου χαμηλής προτεραιότητας, το οποίο και απορρίπτεται.
- Τεχνική απόρριψης πακέτων, όπου πακέτα χαμηλής προτεραιότητας απορρίπτονται πριν προσπαθήσουν να χρησιμοποιήσουν τους πόρους του δικτύου, με συγκεκριμένη πιθανότητα

Σύγκριση μεθόδων οπτικής μεταγωγής

Παράδειγμα Οπτικής Μεταγωγής	Αξιοποίηση Εύρους Ζώνης	Καθυστέρηση Διαμόρφωσης	Ταχύτητα Μεταγωγής	Επίβαρο Συγχρονισμού / Επεξεργασίας	Προσαρμοστικότητα σε μορφές κίνησης
Μεταγωγή Οπτικού Κυκλώματος	Χαμηλή	Υψηλή	Μικρή	Χαμηλό	Χαμηλή
Μεταγωγή Οπτικών Πακέτων	Υψηλή	Χαμηλή	Μεγάλη	Υψηλό	Υψηλή
Μεταγωγή Οπτικών Ριπών	Υψηλή	Χαμηλή	Μέτρια	Χαμηλό	Υψηλή



Περιεχόμενα ενότητας

- ΟΠΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ
- TRAFFIC GROOMING
- ΜΕΤΑΓΩΓΗ ΟΠΤΙΚΩΝ ΡΙΓΩΝ
- ΜΕΤΑΓΩΓΗ ΟΠΤΙΚΩΝ ΠΑΚΕΤΩΝ
- ΟΠΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ**



Δίκτυα πρόσβασης (1/2)

- Το δίκτυο πρόσβασης συνδέει τους παροχείς υπηρεσιών (service providers) με εταιρίες και οικιακούς χρήστες
- Οι χρήστες του αυτών των δικτύων επιζητούν την πρόσβαση σε υψηλές ταχύτητες, την προσφορά υψηλής ποιότητας υπηρεσιών διαδικτύου, ενώ το κόστος επιθυμούν να είναι χαμηλό
- οι εταιρικοί χρήστες επιζητούν μία ευρυζωνική υποδομή, μέσα από την οποία τα τοπικά τους δίκτυα να συνδέονται αξιόπιστα με το διαδίκτυο
- οι παροχείς υπηρεσιών επιθυμούν την ανάπτυξη αξιόπιστων και ταχύτατων λύσεων πρόσβασης, που θα διαθέτουν ταυτόχρονα και την κατάλληλη ευελιξία, ώστε να ανταποκριθούν σε μελλοντικές εφαρμογές



Δίκτυα πρόσβασης (2/2)

Προβλήματα στα δίκτυα πρόσβασης σήμερα:

συμφόρηση
περιορισμένο εύρος ζώνης

σταθερά αυξανόμενος
αριθμός χρηστών

Υπηρεσία	Εύρος ζώνης ανά χρήστη	Max Reach
ADSL	2 Mb/s (typical)	5.5 Km
VDSL	20 Mb/s (typical)	1 Km
Coax	2 Mb/s	0.5 Km
Wi-Fi	54 Mb/s (max)	0.1 Km
WiMax	28 Mb/s (max)	15 Km

Εφαρμογή	Downstream	Upstream
HDTV (3 per home)	60 Mb/s	< 1 Mb/s
Online Gaming	2-20 Mb/s	2-20 Mb/s
VoIP Telephone (3 per home)	0.3 Mb/s	0.3 Mb/s
Data/ Email, etc.	10 Mb/s	10 Mb/s
DVD Download	14 Mb/sec	< 1 Mb/s
Σύνολο	~ 100 Mb/s	~ 30 Mb/s

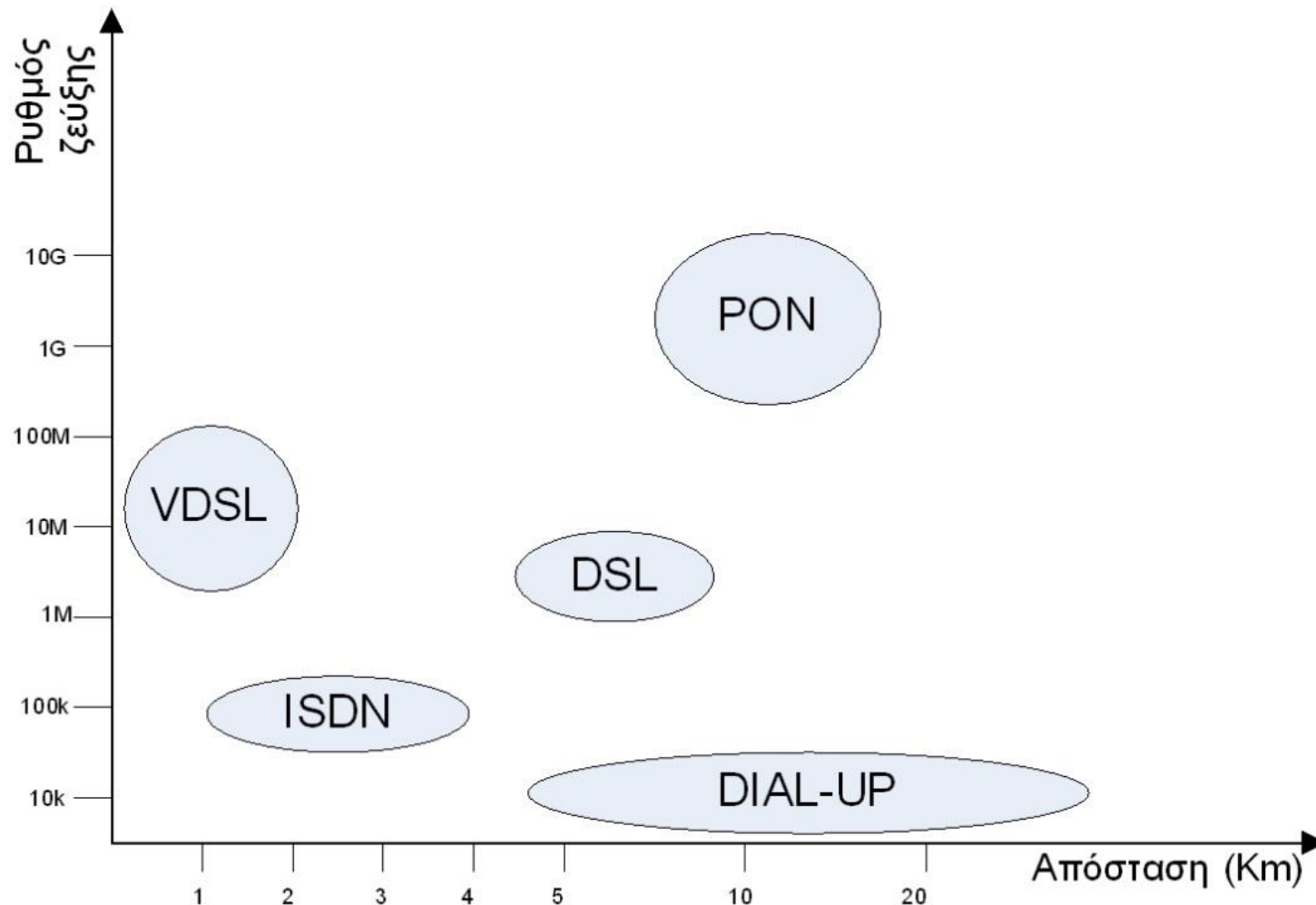
Οπτικά δίκτυα πρόσβασης (1/3)

- Η αντιμετώπιση των προβλημάτων των υπαρχόντων δικτύων πρόσβασης μπορεί να πραγματοποιηθεί με την εισαγωγή της οπτικής ίνας
- Τα οπτικά δίκτυα πρόσβασης υποστηρίζουν ταχύτητες της τάξεως των Gbps, με κόστος εφάμιλλο με το κόστος των DSL δικτύων
- Μία οπτική ζεύξη μπορεί να υποστηρίξει οποιαδήποτε μορφή κίνησης
- Η εγκατάσταση οπτικών δικτύων πρόσβασης θα πρέπει να ικανοποιεί οικονομικές παραμέτρους

- Fiber To The Home-FTTH
- Fiber To The Curb-FTTC
- Fiber To The Building-FTTB



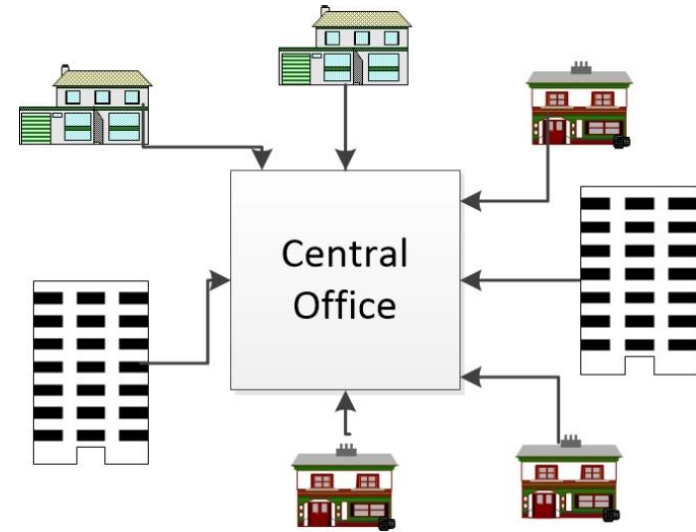
Οπτικά δίκτυα πρόσβασης (2/3)



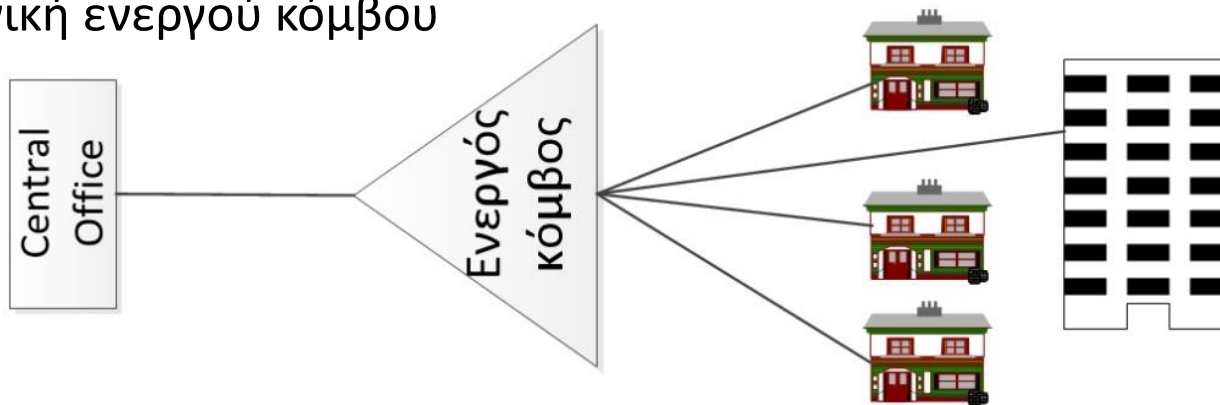
Οπτικά δίκτυα πρόσβασης (3/3)

ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΔΙΚΤΥΩΝ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ

Αρχιτεκτονική Point-to-point



Αρχιτεκτονική ενεργού κόμβου



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 11: Οπτικά Δίκτυα Πρόσβασης**». Έκδοση: **1.0**. Πάτρας **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 5, 9, 12, 24, 29 και 42 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.

