

# ΟΠΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ 1

## ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΑ ΔΙΚΤΥΑ ΕΥΡΕΙΑΣ ΖΩΝΗΣ

Πανεπιστήμιο Πατρών

Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Τεχνολογίας Υπολογιστών

Τομέας Τηλεπικοινωνιών και Τεχνολογίας Πληροφορίας

Εργαστήριο Ενσύρματης Τηλεπικοινωνίας



# ΠΕΡΙΓΡΑΜΜΑ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗΣ

- ❑ ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ
- ❑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ
- ❑ ΟΠΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ
- ❑ ΟΠΤΙΚΗ ΠΟΛΥΠΛΕΞΙΑ
- ❑ ΟΠΤΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΔΙΚΤΥΩΝ
- ❑ ΟΠΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ
- ❑ TRAFFIC GROOMING



# ΠΕΡΙΓΡΑΜΜΑ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗΣ

## □ ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

- ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ
- ΟΠΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ
- ΟΠΤΙΚΗ ΠΟΛΥΠΛΕΞΙΑ
- ΟΠΤΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΔΙΚΤΥΩΝ
- ΟΠΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ
- TRAFFIC GROOMING



# ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ (1/2)

- **1880** – Εφεύρεση του φωτοφώνου (A.G. Bell)
- **1930** – Πρώτος οπτικός κυματοδηγός (H. Lamm)
- **1956** – Ανακάλυψη οπτικής ινάς (N.S. Karany)
- **1958** – Ανακάλυψη του laser (A.L. Schalow - C.H. Townes)
- **1966** – Χρήση της οπτικής ίνας στις οπτικές τηλεπικοινωνίες (C. K. Kao)
- **1977** – Πρώτο δίκτυο οπτικών ινών (Chicago - USA)



# ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ (2/2)

- **1988** – Εγκατάσταση πρώτου υπερατλαντικού καλωδίου οπτικών ινών
- **1992**: Εφαρμογή της τεχνολογίας WDM (Wavelength Division Multiplexing)
- **2001** – Οπτικά συστήματα λειτουργούν με ταχύτητα 10 Tb/s
- **Σήμερα** – Οπτικά δίκτυα πρόσβασης – Παθητικά Οπτικά Δίκτυα
- **Κοντινό μέλλον** - Υπηρεσία FTTH. Προσφορά 100 Mb/s σε κάθε χρήστη



# ΠΕΡΙΓΡΑΜΜΑ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗΣ

□ ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

□ **ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ**

□ ΟΠΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

□ ΟΠΤΙΚΗ ΠΟΛΥΠΛΕΞΙΑ

□ ΟΠΤΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΔΙΚΤΥΩΝ

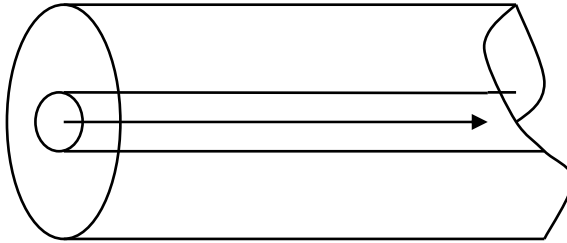
□ ΟΠΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ

□ TRAFFIC GROOMING

# ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ

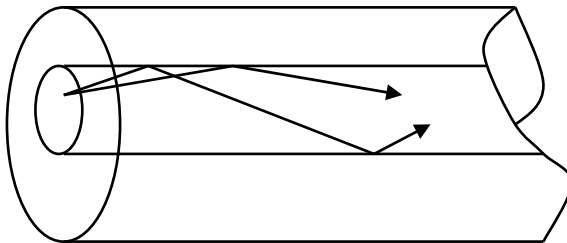
- Μεγάλο εύρος ζώνης
- Πολύ μικρό μέγεθος
- Χαμηλό κόστος
- Χαμηλή εξασθένηση
- Αναισθησία σε παρεμβολές
- Πολύ μικρός ρυθμός λαθών:  $10^{-15}$  (χαλκός  $10^{-4} - 10^{-8}$ )
- Δεν υπάρχει διαφωνία και παρεμβολές μεταξύ οπτικών ινών στο ίδιο καλώδιο

# ΟΠΤΙΚΟΣ ΚΥΜΑΤΟΔΗΓΟΣ (1/2)

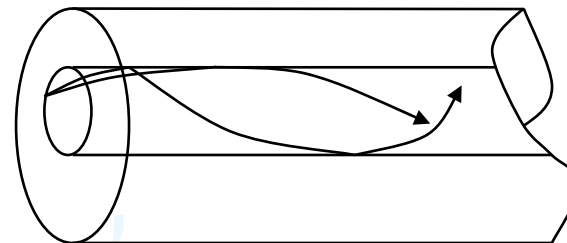


α) Μονοτροπική ίνα βηματικού δείκτη

**8  $\mu\text{m}$  πυρήνας,  
125  $\mu\text{m}$  μανδύας**



β) Πολυτροπική ίνα βηματικού δείκτη



γ) Πολυτροπική ίνα διαβαθμισμένου δείκτη

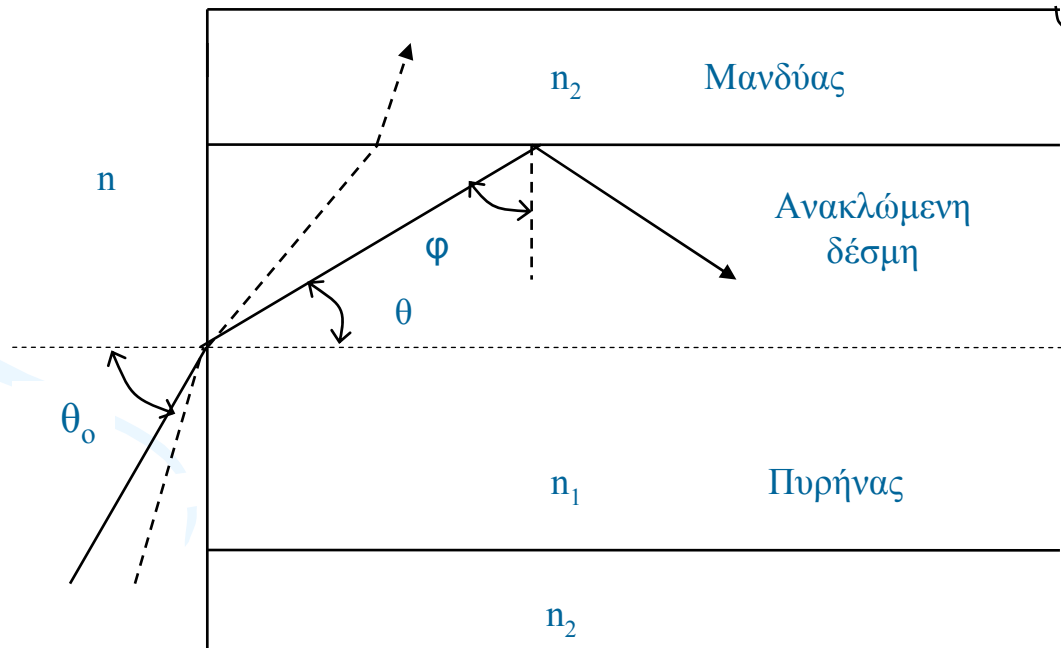
**50, 62.5, 100  $\mu\text{m}$  πυρήνας,  
125  $\mu\text{m}$  μανδύας**



# ΟΠΤΙΚΟΣ ΚΥΜΑΤΟΔΗΓΟΣ (2/2)

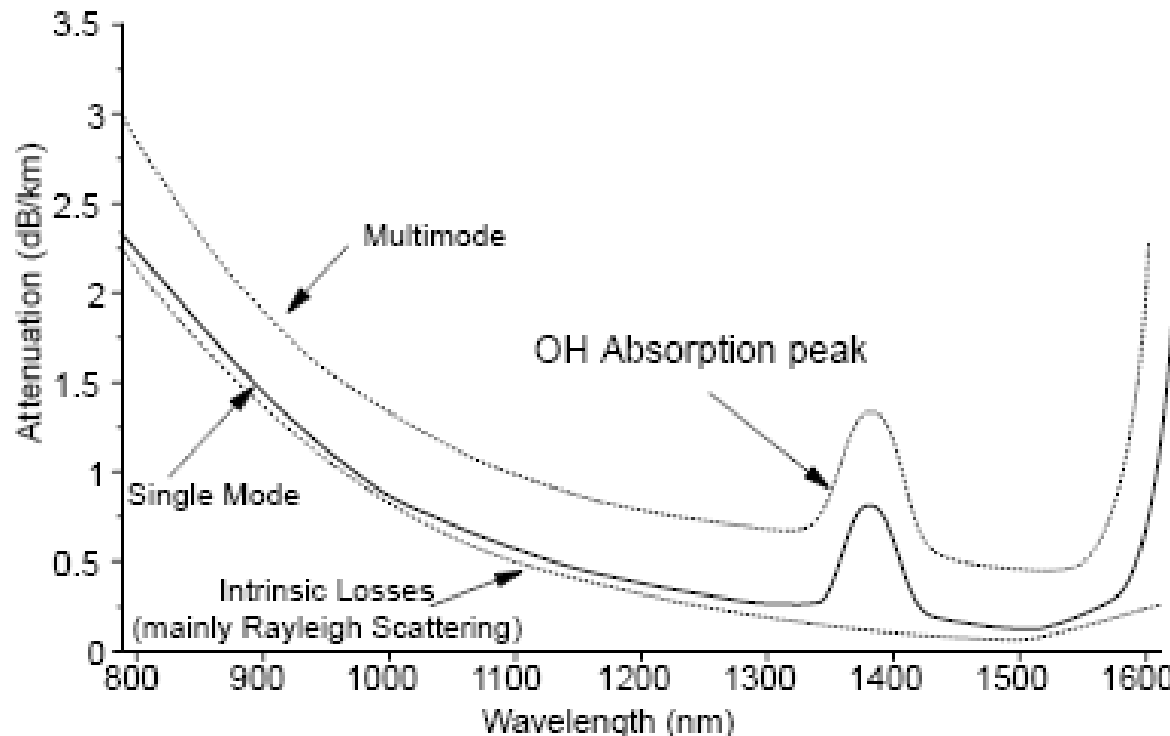
Η ελάχιστη γωνία  $\phi$  που υποστηρίζει ολική εσωτερική ανάκλαση μέσα στην ίνα δίνεται από τη σχέση:

$$\sin \phi_{\min} = \frac{n_2}{n_1}$$



# ΕΞΑΣΘΕΝΗΣΗ

- Απορρόφηση υλικού
- Σκέδαση Rayleigh
- Ατέλειες του κυματοδηγού
- Εξαρτάται από το μήκος κύματος





# ΠΕΡΙΓΡΑΜΜΑ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗΣ

□ ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

□ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ

**□ ΟΠΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ**

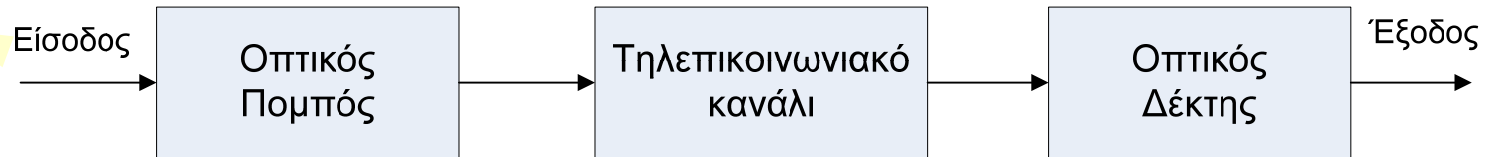
□ ΟΠΤΙΚΗ ΠΟΛΥΠΛΕΞΙΑ

□ ΟΠΤΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΔΙΚΤΥΩΝ

□ ΟΠΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ

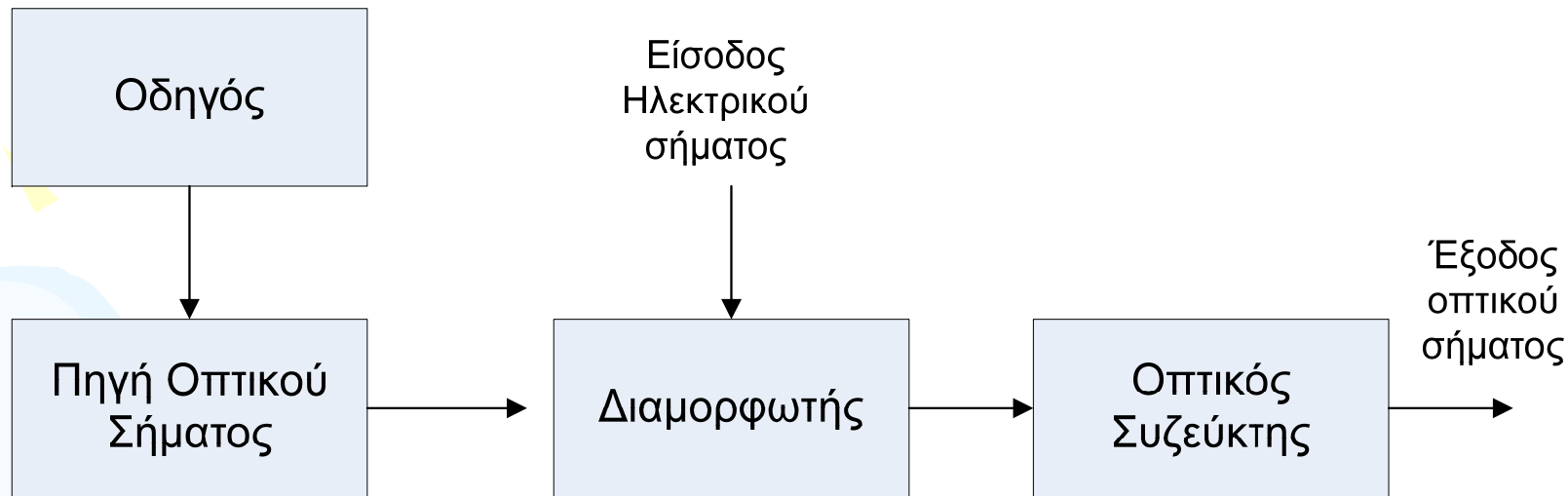
□ TRAFFIC GROOMING

# ΟΠΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ



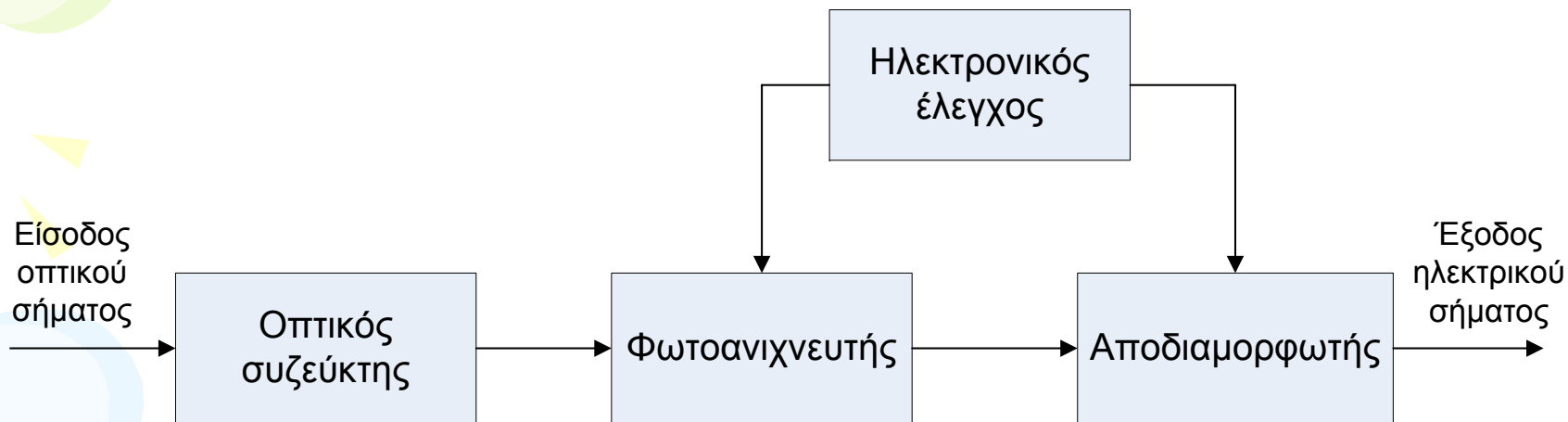
- **Οπτικός Πομπός:** μία παλμοσειρά εισόδου διαμορφώνει ένα οπτικό σήμα που παράγεται από laser
- **Τηλεπικοινωνιακό κανάλι:** Οπτική ίνα
- **Οπτικός δέκτης:** φωτοανιχνετής που μετατρέπει το οπτικό σήμα σε ηλεκτρικό

# ΟΠΤΙΚΟΣ ΠΟΜΠΟΣ



- **Πηγή οπτικού σήματος:** laser ή LED
- **Διαμορφωτής:** Διαμορφώνει το οπτικό φέρον
- **Οπτικός συζεύκτης:** Συνδέει τον οπτικό πομπό με την ίνα

# ΟΠΤΙΚΟΙ ΔΕΚΤΕΣ



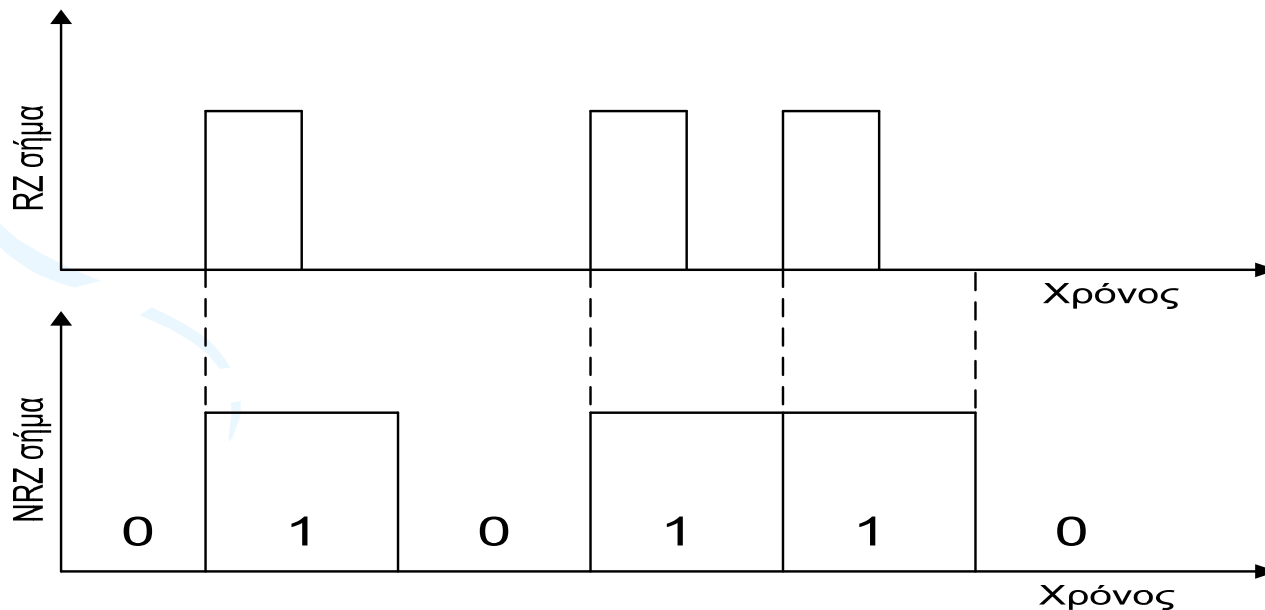
- **Οπτικός συζεύκτης:** συνδέει την οπτική ίνα με το δέκτη
- **Φωτοανιχνευτής:** χρήση φωτοδιόδων ημιαγωγού
- **Αποδιαμορφωτής:**
  - FSK – PSK: ομόδυνες ή ετερόδυνες τεχνικές
  - IM-DD: κύκλωμα απόφασης ανιχνεύει 1 ή 0

# ΜΟΡΦΕΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ

Δύο μορφές διαμόρφωσης της οπτικής παλμοροής

Return to Zero (RZ)

Non-Return to Zero (NRZ)





# ΠΕΡΙΓΡΑΜΜΑ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗΣ

□ ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

□ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ

□ ΟΠΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

**□ ΟΠΤΙΚΗ ΠΟΛΥΠΛΕΞΙΑ**

□ ΟΠΤΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΔΙΚΤΥΩΝ

□ ΟΠΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ

□ TRAFFIC GROOMING



# ΜΟΡΦΕΣ ΟΠΤΙΚΗΣ ΠΟΛΥΠΛΕΞΙΑΣ

Η αποτελεσματική αξιοποίηση του εύρους ζώνης των οπτικών καναλιών απαιτεί την ύπαρξη πολυπλεξίας των σημάτων που μεταδίδονται

↓ ↓ ↓  
**ΠΟΛΥΠΛΕΞΙΑ**

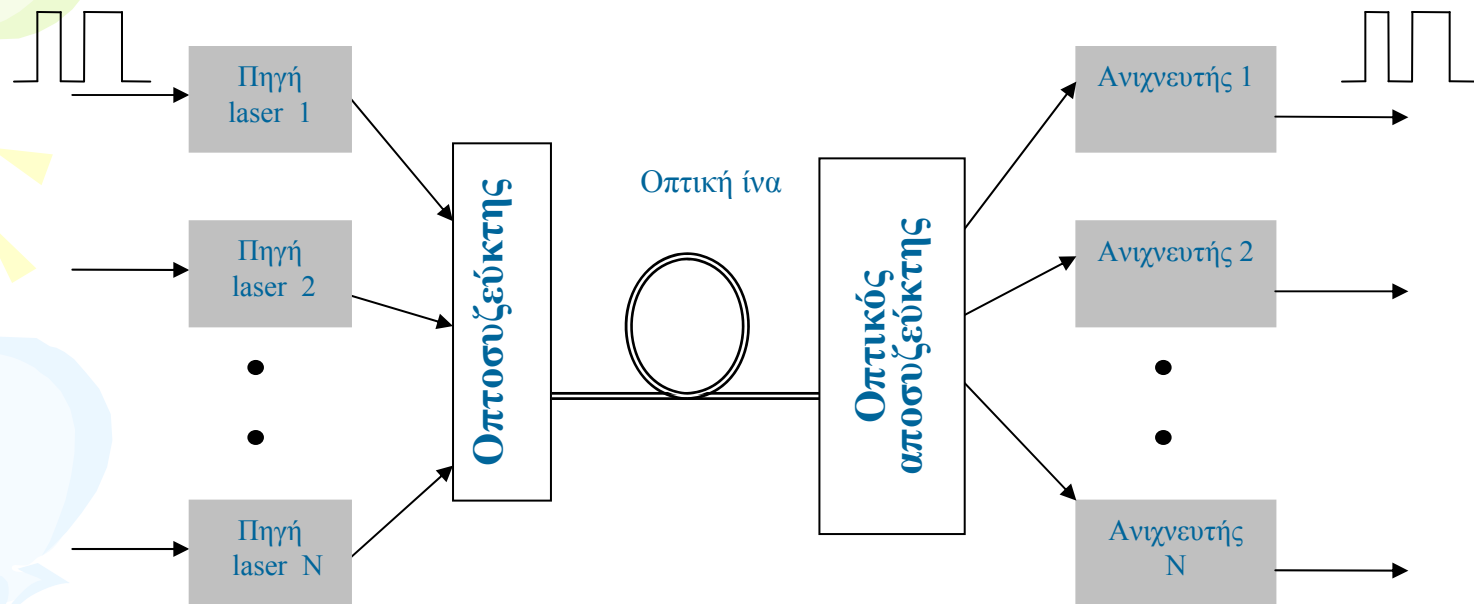
Πολύπλεξη με διαίρεση  
χρόνου

**Time Division  
Multiplexing (TDM)**

Πολύπλεξη με διαίρεση  
μήκους κύματος

**Wavelength Division  
Multiplexing (WDM)**

# Wavelength Division Multiplexing (1/2)



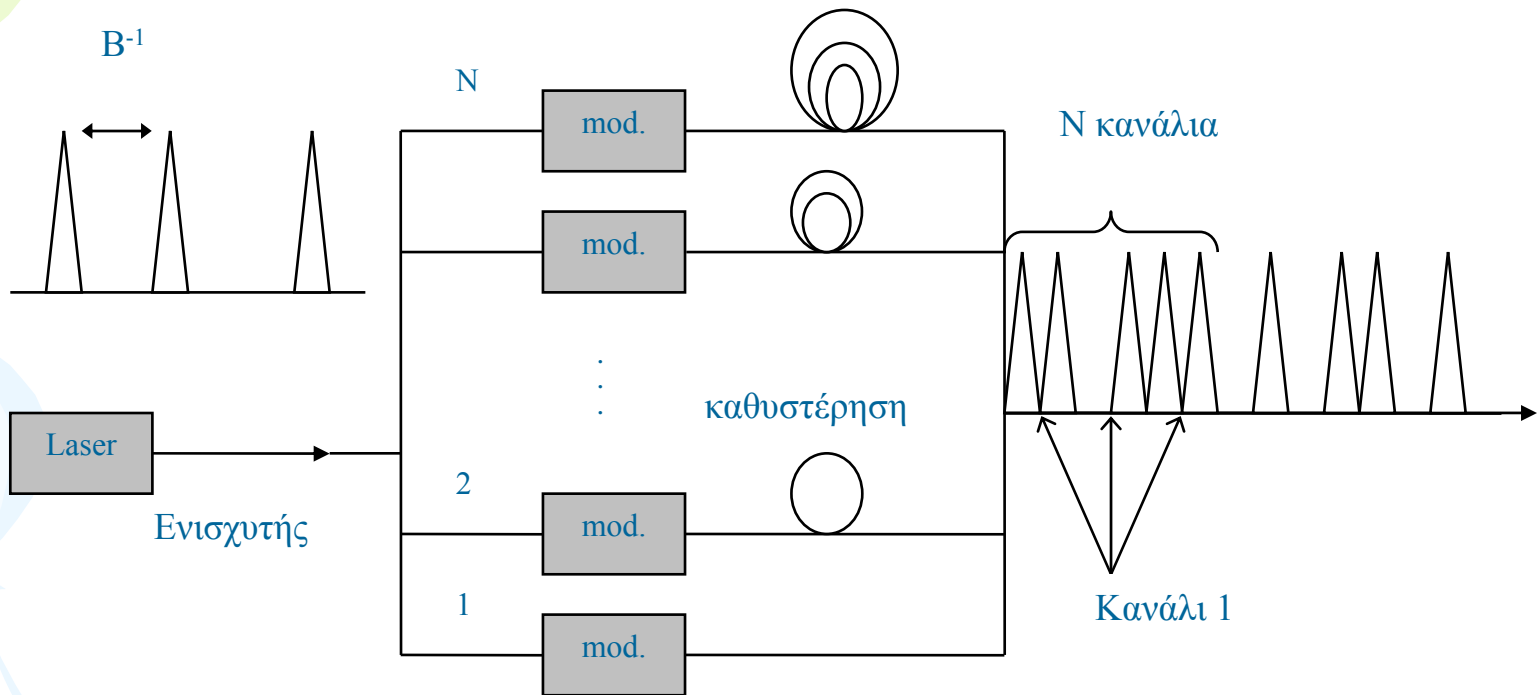
- Δεν υπάρχει παρεμβολή μεταξύ οπτικών σημάτων διαφορετικού μήκους κύματος
- Συνδυάζονται ροές δεδομένων στον ίδιο φυσικό φορέα
- Αποτελεσματική χρήση του εύρους ζώνης

# Wavelength Division Multiplexing (2/2)

- Coarse WDM: 8 – 16 κανάλια με απόσταση 20 nm
- Dense WDM: >32 κανάλια με απόσταση 0.4 – 2 nm
- 10, 20 ή 40 Gbps ανά κανάλι
- Μη γραμμικά φαινόμενα περιορίζουν την αύξηση του αριθμού των καναλιών
- Η απόσταση πομπού – δέκτη εξαρτάται από τον αριθμό των καναλιών και τον ρυθμό μετάδοσης
- Σε μεγάλες αποστάσεις χρησιμοποιούνται αναγεννητές ή οπτικοί ενισχυτές

| Κανάλια<br>N | Ρυθμός Διεύθυνσης<br>B (Gbps) | Χωρητικότητα<br>NB (Tbps) | Απόσταση<br>L (km) |
|--------------|-------------------------------|---------------------------|--------------------|
| 120          | 20                            | 2.40                      | 6200               |
| 132          | 20                            | 2.64                      | 120                |
| 160          | 20                            | 3.20                      | 1500               |
| 82           | 40                            | 3.28                      | 300                |
| 256          | 40                            | 10.24                     | 100                |
| 273          | 40                            | 10.92                     | 117                |

# Optical Time Division Multiplexing



- $N$  οπτικά σήματα με  $B$  ρυθμό μετάδοσης χρησιμοποιούν την ίδια φέρουσα συχνότητα για να σχηματίσουν σήμα με ρυθμό μετάδοσης  $NB$
- Μειώνονται τα προβλήματα λόγω μη γραμμικότητας



# ΠΕΡΙΓΡΑΜΜΑ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗΣ

□ ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

□ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ

□ ΟΠΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

□ ΟΠΤΙΚΗ ΠΟΛΥΠΛΕΞΙΑ

□ **ΟΠΤΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΔΙΚΤΥΩΝ**

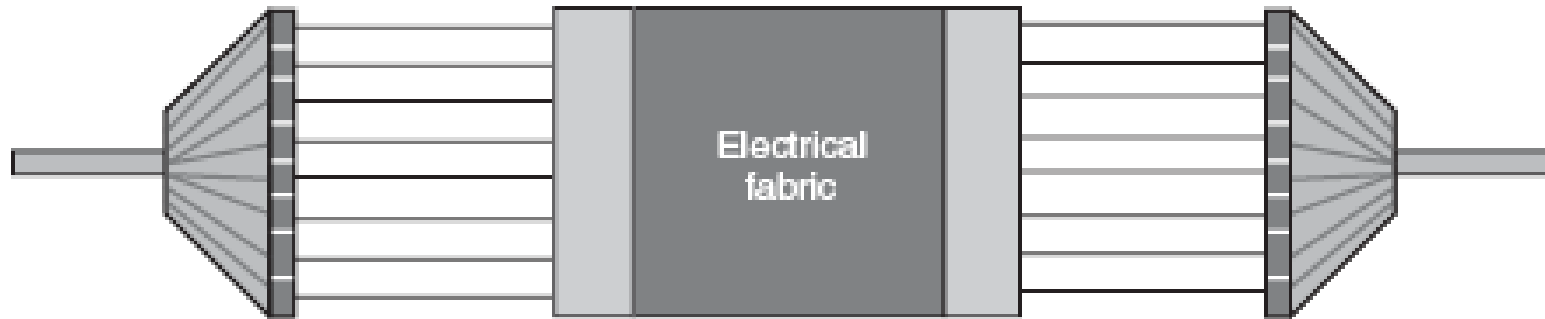
□ ΟΠΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ

□ TRAFFIC GROOMING

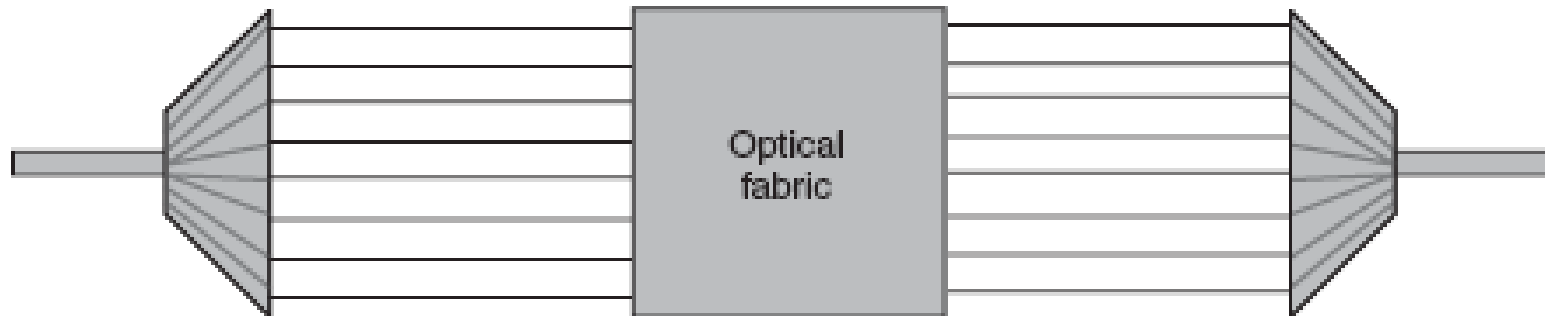
# ΜΕΤΑΓΩΓΗ (1/2)

- Optical-Electrical- Optical διακόπτης
- All-optical διακόπτης

OEO core optical switch



All-optical switch



# ΜΕΤΑΓΩΓΗ (2/2)

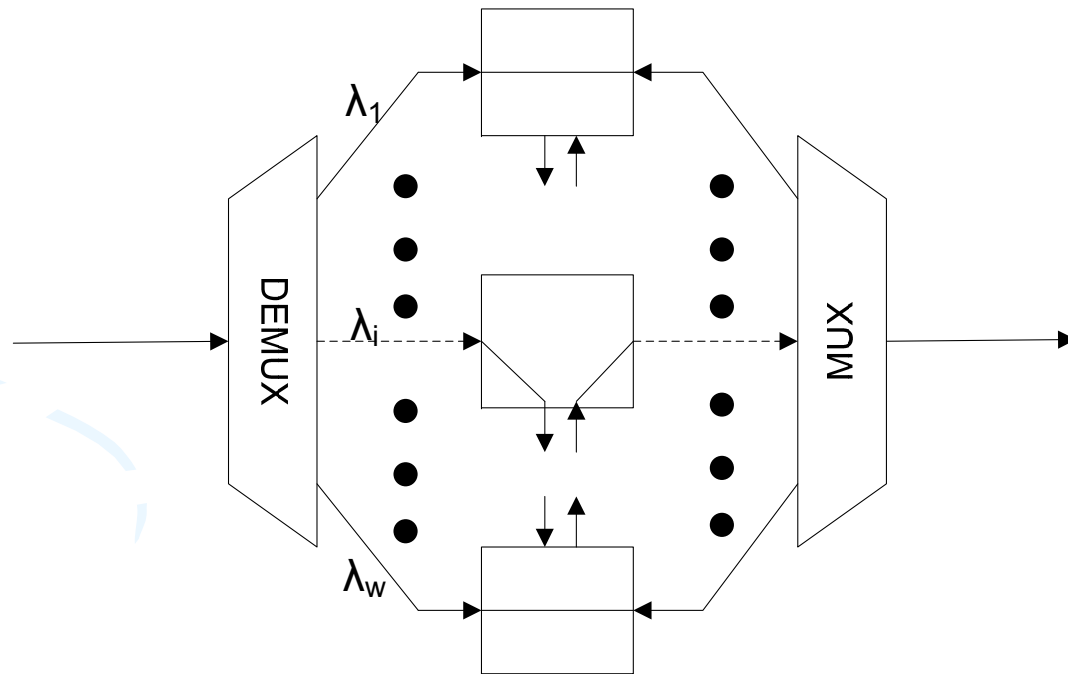
Οι O-E-O διακόπτες προσφέρουν:

- Μετατροπή μήκους κύματος
- Εύκολη προσθαφαίρεση δεδομένων σε ένα μήκος κύματος → Add-Drop Multiplexers
- Οικονομικοί
- Προσωρινή αποθήκευση δεδομένων
- Μελετάται ο συνδυασμός τους με τους αμιγώς οπτικούς διακόπτες, για βέλτιστη λειτουργία μεταγωγής στους κόμβους

**ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑ:** Περιορισμός της ταχύτητας μετάδοσης, η οποία καθορίζεται από την ταχύτητα επεξεργασίας των ηλεκτρονικών διατάξεων

# ΠΟΛΥΠΛΕΚΤΕΣ ΠΡΟΣΘΑΦΑΙΡΕΣΗΣ ΜΗΚΟΥΣ ΚΥΜΑΤΟΣ

Wavelength Add-Drop Multiplexers-WADMs ή  
Optical Add-Drop Multiplexers-OADM



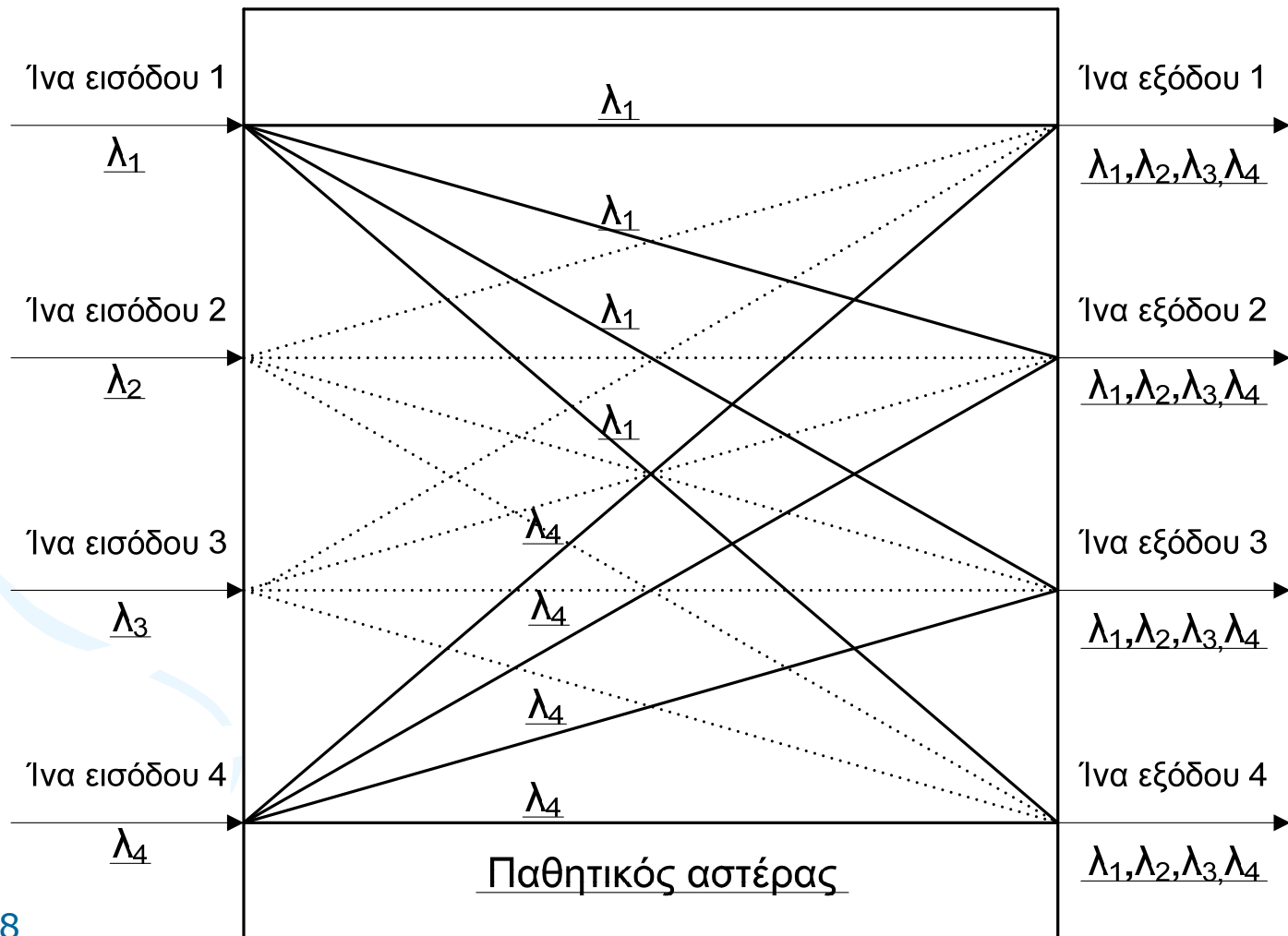




# ΠΑΘΗΤΙΚΟΣ ΑΣΤΕΡΑΣ (1/2)

- Ο παθητικός αστέρας είναι μία διάταξη ευρύ-εκπομπής (broadcast)
- Ένα σήμα που εισάγεται στη διάταξη υφίσταται διαίρεση ισχύος και εμφανίζεται σε όλες τις εξόδους
- Χρησιμοποιείται στα παθητικά οπτικά δίκτυα

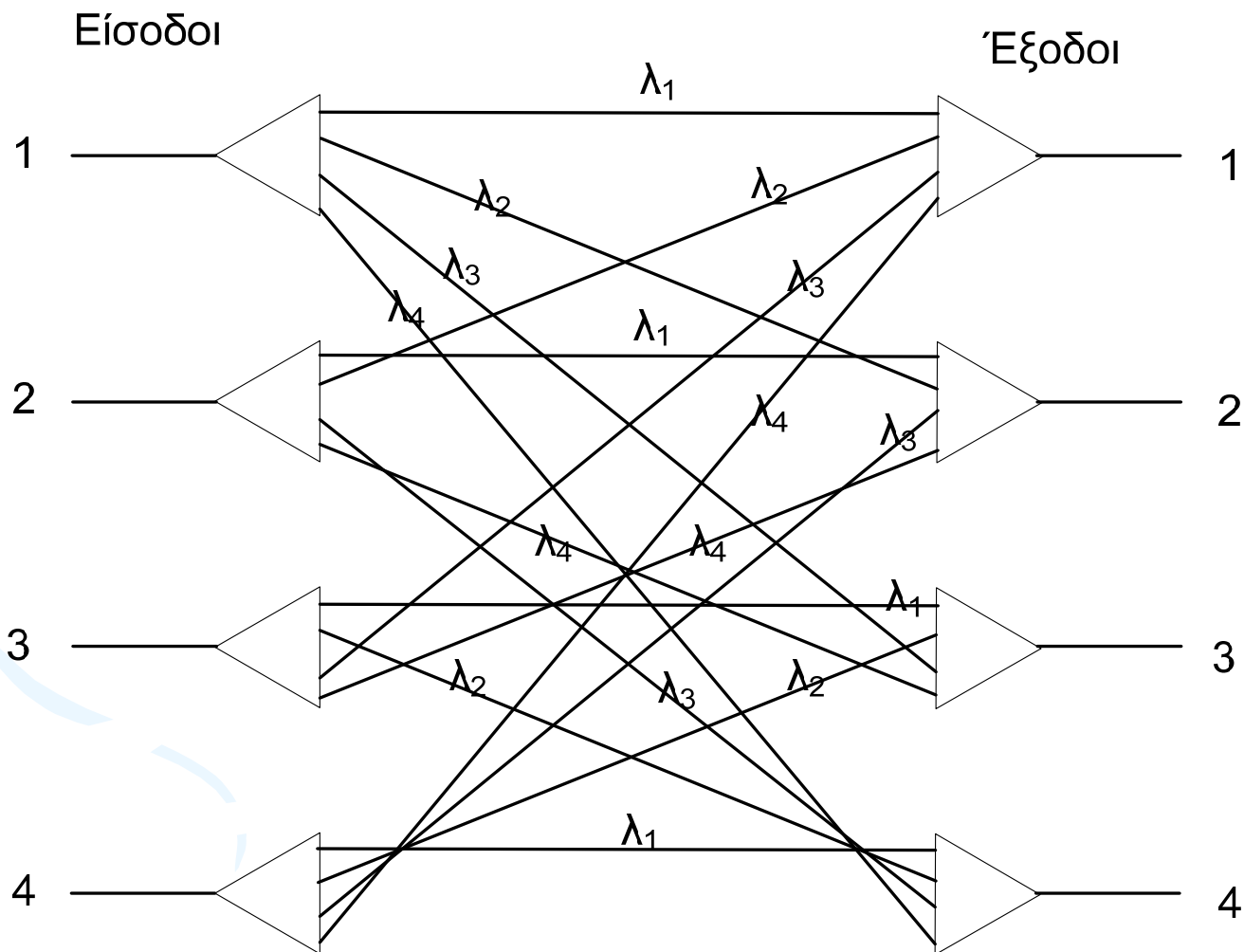
# ΠΑΘΗΤΙΚΟΣ ΑΣΤΕΡΑΣ (2/2)



# ΠΑΘΗΤΙΚΟΣ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΤΗΣ (1/2)

- Passive Router: πραγματοποιεί τη μεταγωγή όλων των μηκών κύματος μίας οπτικής ίνας στην είσοδο, στα ίδια μήκη κύματος σε μία οπτική ίνα εξόδου
- Μπορεί να επιτρέψει την επαναχρησιμοποίηση μήκους κύματος (wavelength reuse)
- Η διαδικασία επιλογής των μηκών κύματος εξόδου πραγματοποιείται με βάση ένα πίνακα δρομολόγησης (routing matrix)

# ΠΑΘΗΤΙΚΟΣ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΤΗΣ (2/2)

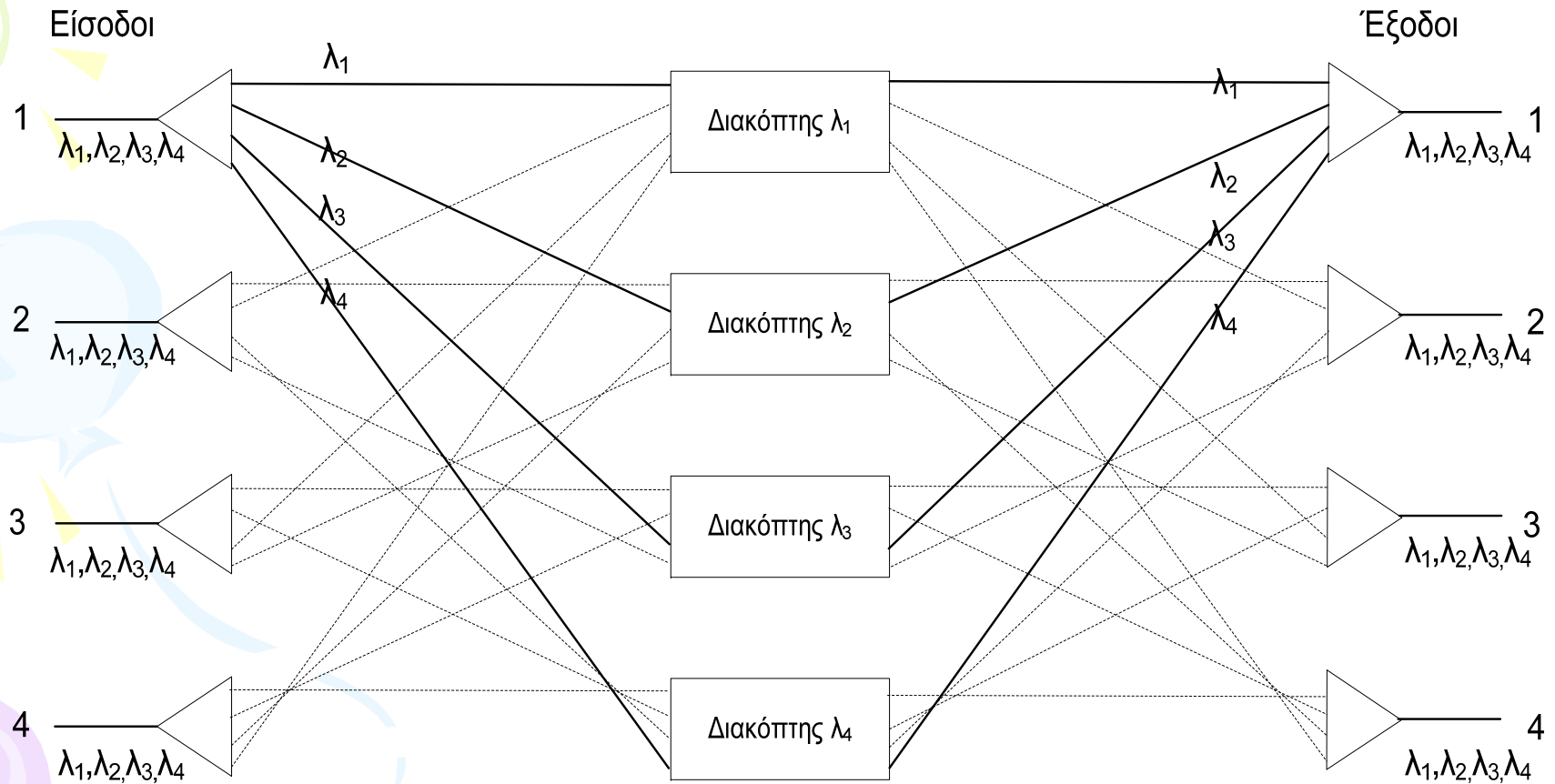




# ΕΝΕΡΓΟΣ ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ (1/2)

- Ένας  $N \times N$  ενεργός διακόπτης επιτρέπει την επαναχρησιμοποίηση μηκών κύματος και υποστηρίζει  $N^2$  ταυτόχρονες συνδέσεις
- Ο πίνακας δρομολόγησης μπορεί να επαναπροσδιοριστεί κατ' αίτηση (on demand)
- Απαιτεί την παροχή ισχύος και δεν είναι ανεκτικός έναντι βλαβών σε σχέση με τον παθητικό αστέρα και τον παθητικό δρομολογητή

# ΕΝΕΡΓΟΣ ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ (2/2)





# ΠΕΡΙΓΡΑΜΜΑ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗΣ

□ ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

□ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ

□ ΟΠΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

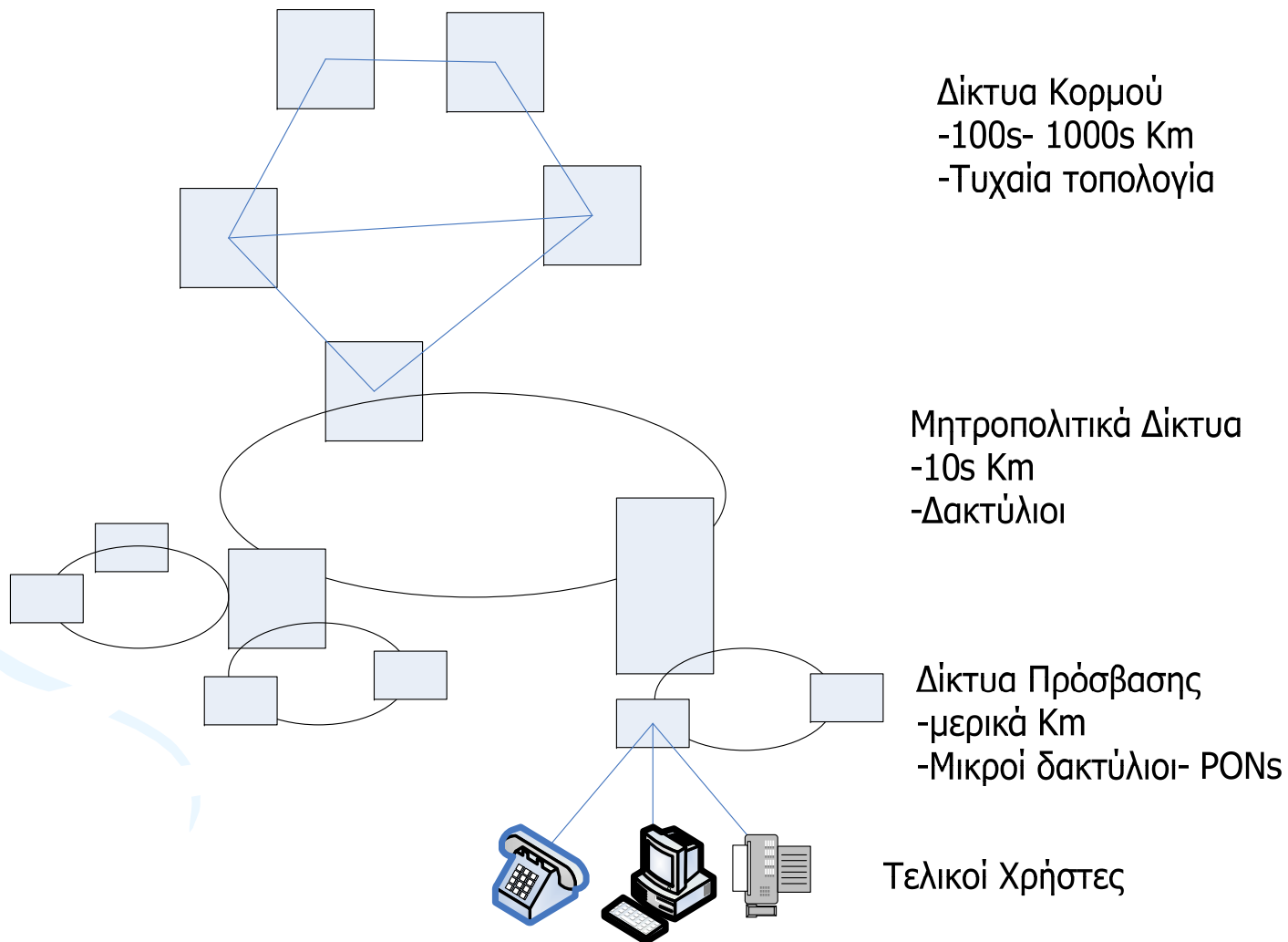
□ ΟΠΤΙΚΗ ΠΟΛΥΠΛΕΞΙΑ

□ ΟΠΤΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΔΙΚΤΥΩΝ

**□ ΟΠΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ**

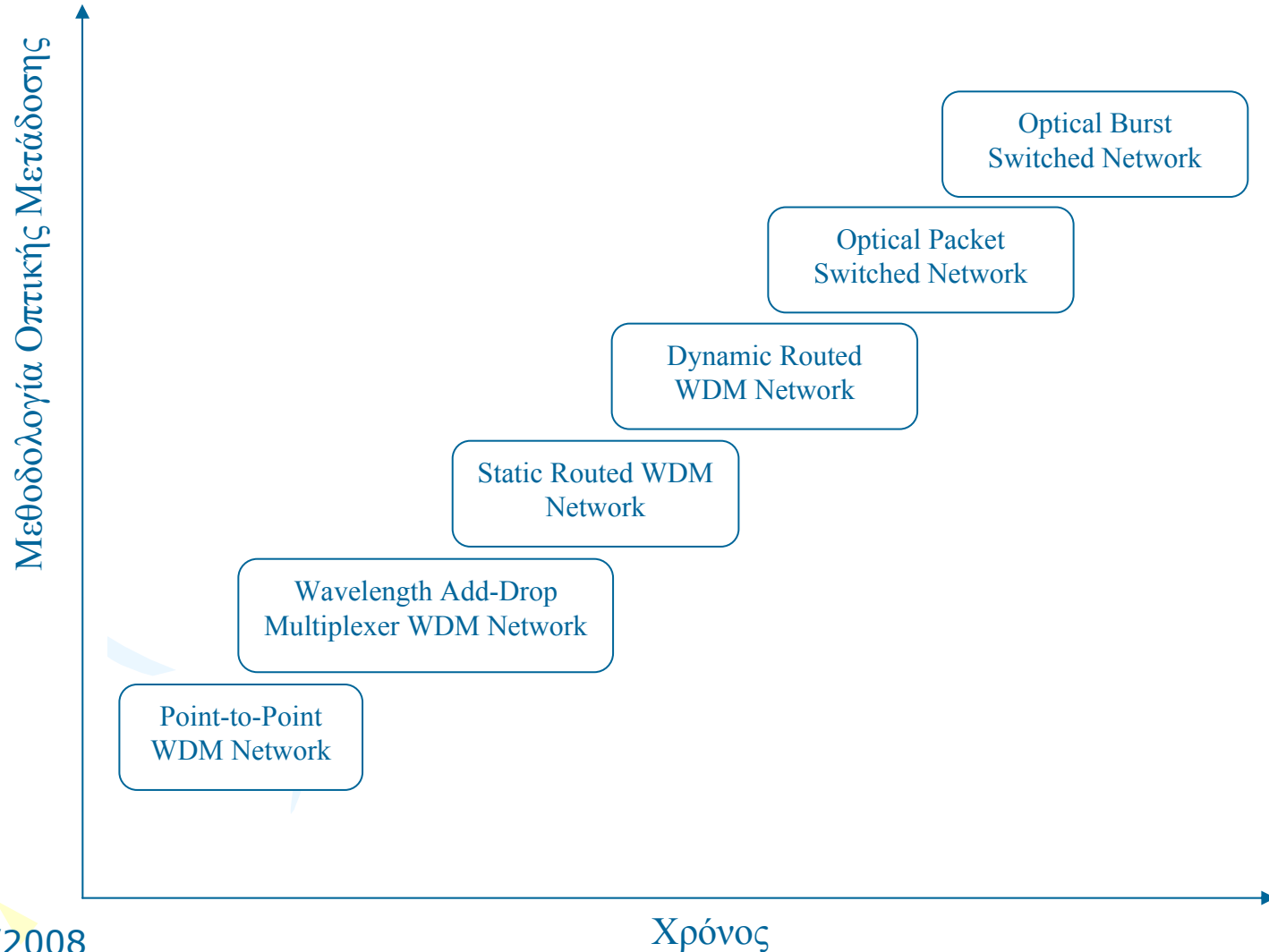
□ TRAFFIC GROOMING

# ΟΠΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ (1/2)





# ΟΠΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ (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

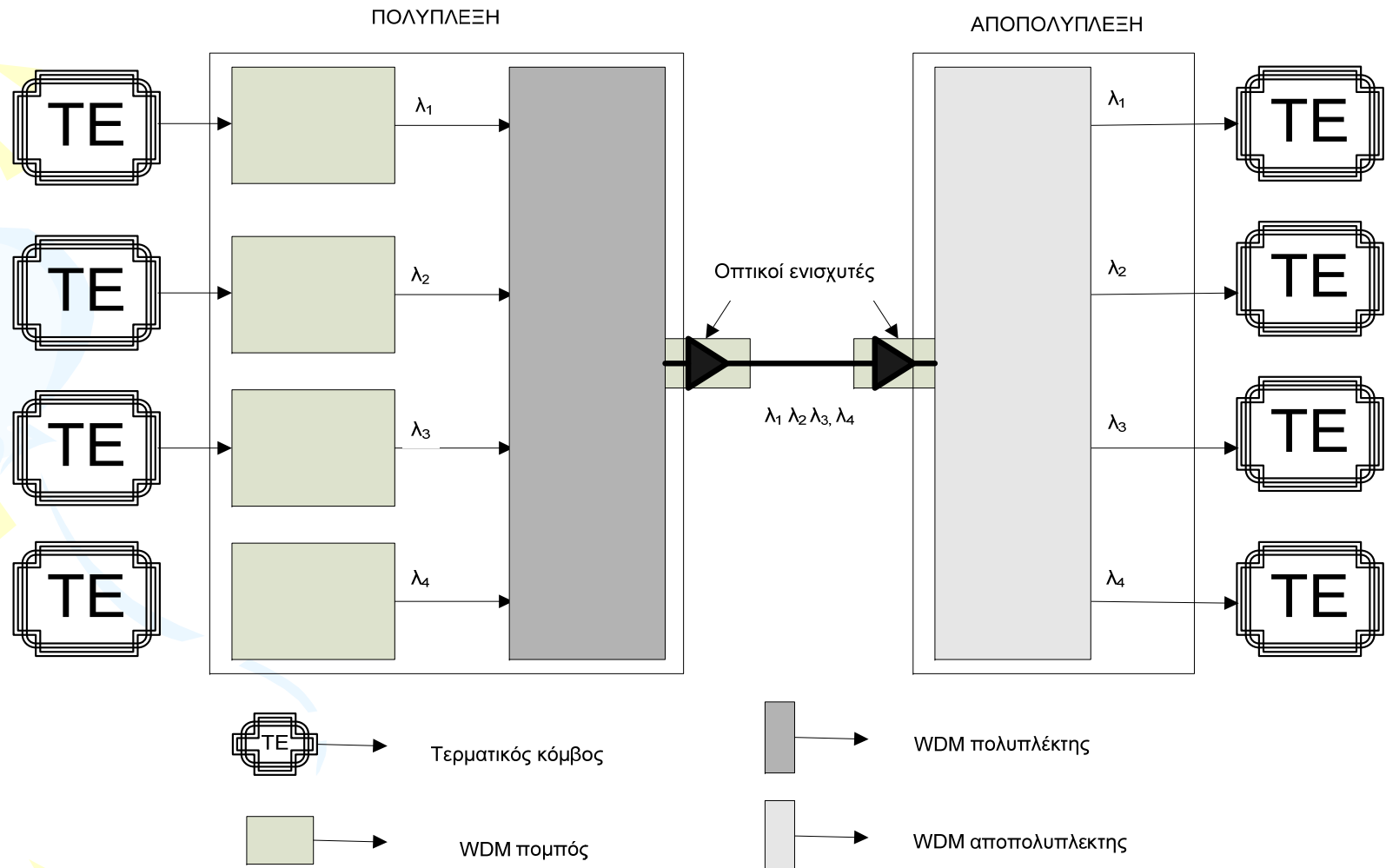
Μήκος ζεύξης  $< 50$  Km: χρήση πολλών ινών

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

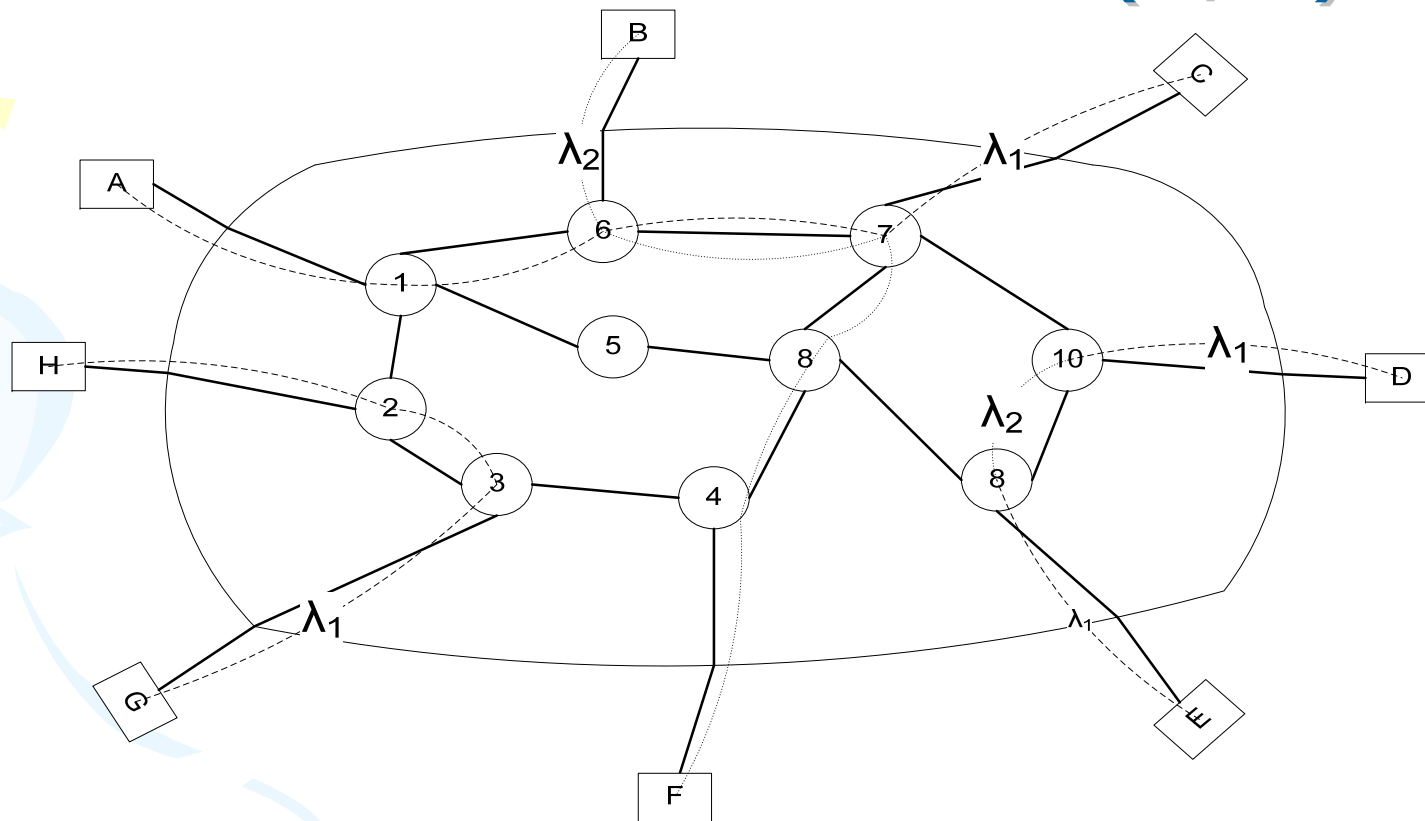
- Η δεύτερη γενιά οπτικών δικτύων χρησιμοποιεί πολυπλέκτες προσθαφαίρεσης μήκους κύματος
- Οπτοηλεκτρονική μετατροπή μόνο σε δεδομένα που ξεκινούν ή τερματίζουν στον κόμβο
- Προσφέρεται η δυνατότητα μετατροπής μήκους κύματος
- Μείωση του overhead, κυρίως στις περιπτώσεις δικτύων δακτυλίου



# ΔΙΚΤΥΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΜΗΚΟΥΣ ΚΥΜΑΤΟΣ (1/2)

- 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

# ΔΙΚΤΥΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΜΗΚΟΥΣ ΚΥΜΑΤΟΣ (2/2)



□ Σταθμός πρόσβασης: Περιέχει ρυθμιζόμενους πομποδέκτες

○ Διακόπτης: Περιέχει οπτικούς διακόπτες και ίσως ενισχυτές, μετατροπείς μήκους κύματος κ.τ.λ.

# ΔΙΚΤΥΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΜΗΚΟΥΣ ΚΥΜΑΤΟΣ – ΣΤΑΤΙΚΗ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗ

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

## ΜΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Μεγάλες πιθανότητες απώλειας σύνδεσης

Αδυναμία διαχείρισης του προβλήματος πτώσης ζεύξεων



# ΔΙΚΤΥΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΜΗΚΟΥΣ ΚΥΜΑΤΟΣ – ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗ

- 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

## ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Μειώνει τις πιθανότητες απώλειας σύνδεσης

Παρέχει λιγότερες απώλειες, σε σχέση με τη χρήση μετατροπών μήκους κύματος

# ΔΙΚΤΥΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΜΗΚΟΥΣ ΚΥΜΑΤΟΣ – ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗ

- 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



# ΠΕΡΙΓΡΑΜΜΑ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗΣ

□ ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

□ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ

□ ΟΠΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

□ ΟΠΤΙΚΗ ΠΟΛΥΠΛΕΞΙΑ

□ ΟΠΤΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΔΙΚΤΥΩΝ

□ ΟΠΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ

**□ TRAFFIC GROOMING**

# 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

Dedicated Wavelength  
Grooming - DWG

Shared Wavelength  
Grooming - SWG

Static traffic

Dynamic traffic

# TRAFFIC GROOMING (3/4)

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

Όταν δεν υπάρχουν απώλειες συνδέσεων και το δίκτυο διαθέτει αρκετούς πόρους ώστε να εξυπηρετήσει όλες τις αιτήσεις σύνδεσης, ο κύριος στόχος είναι η ελαχιστοποίηση του κόστους του δικτύου

Όταν υπάρχουν απώλειες συνδέσεων, ο κύριος στόχος αποτελεί η μεγιστοποίηση της διεκπεραιωτικής ικανότητας (throughput) του δικτύου

# 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

# ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. B. Mukherjee, "*Optical WDM Networks*", Springer, 2006.
2. B. Mukherjee, "*Optical Communication Networks*", McGraw-Hill, 1997.
3. G. P. Agrawal, "*Fiber-Optic Communications Systems, Third Edition*", John Wiley, 2002.
4. A. K. Dutta, N. K. Dutta, and M. Fujiwara, "*WDM Technologies: Active Optical Components*", Elsevier Science, 2002.
5. I. Glesk, R.J Runser, and P.R Prucnal, "New Generation of Devices for All Optical Communications", *Acta Physica Slovaca*, Vol.51 No.2, pp. 151-162, January 2001.
6. J. P. Jue and V. M. Vokkarane, "*Optical Burst Switched Networks*", Springer Science, 2005.
7. N. Bouabdallah, "Sub-Wavelength Solutions for Next-Generation Optical Networks", *IEEE Communications Magazine*, pp. 36-43, August 2007.
8. K. M. Sivalingham, S. Subramaniam, "*Emerging Optical Network Technologies*", Springer Science, 2005.
9. K.E. Zoiros, J. Vardakas, C.S. Koukourlis and T. Houbavlis, "Analysis and design of ultrahigh-speed all-optical semiconductor-optical-amplifier-assisted Sagnac recirculating shift register with an inverter", *Optical Engineering*, Vol.44 (6), 065001, June 2005.