



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΠΑΤΡΩΝ  
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά  
μαθήματα ΠΠ

# Οπτικά Δίκτυα Επικοινωνιών

Ενότητα 3: Τεχνολογίες Διαδικτύου Πάνω από το  
Οπτικό Στρώμα

Βλάχος Κυριάκος

Πολυτεχνική Σχολή

Τμήμα Μηχανικών Η/Υ και Πληροφορικής

# Σκοποί ενότητας

Σκοπός της ενότητας είναι η παρουσίαση των τεχνολογιών διαδικτύου πάνω από το οπτικό στρώμα όπως αυτές καθορίζονται από το πρωτόκολλο IP, τα δίκτυα ATM, Gigabit ethernet και SONET και την ιεραρχία SDH



# Περιεχόμενα ενότητας

- Synchronous Optical Network (SONET)
- Synchronous Digital Hierarchy (SDH)
- Asynchronous Transfer Mode (ATM)
- Gigabit Ethernet
- Internet Protocol (IP)



# Τεχνολογίες Διαδικτύου Πάνω από το Οπτικό Στρώμα

# Synchronous Optical Network (SONET)/ Synchronous Digital Hierarchy (SDH)



# Εισαγωγή

- Τα SONET και SDH είναι πρωτυποποιημένα πρωτόκολλα πολυπλεξίας και μετάδοσης τα οποία χρησιμοποιούνται στη Β. Αμερική και Ευρώπη-Ιαπωνία, αντίστοιχα. Τα βασικά χαρακτηριστικά τους συνοψίζονται στα εξής:
  - ⇒ Απλοποιημένη πολυπλεξία και αποπολυπλεξία
    - ⇒ Όλοι οι κόμβοι του δικτύου είναι απόλυτα συγχρονισμένοι με κεντρικό ρολόι.
    - ⇒ Οι ρυθμοί μετάδοσης είναι ακέραια πολλαπλάσια ενός βασικού ρυθμού (51.84 ή 155 Mbps).
  - ⇒ Διαχείριση δικτύου: Το SONET/SDH παρέχει μηχανισμούς διαχείρισης όπως εποπτεία απόδοσης, ανίχνευση τύπου κίνησης και συνδεσιμότητας, ανίχνευση και προβολή σφαλμάτων, και κανάλι δεδομένων για τη διακίνηση πληροφορίας διαχείρισης
  - ⇒ Διαθεσιμότητα δικτύου: Το πρότυπο SONET/SDH συμπεριλαμβάνει συγκεκριμένες δικτυακές τοπολογίες και τεχνικές προστασίας, καθώς και αντίστοιχα πρωτόκολλα για την παροχή υπηρεσιών με υψηλή διαθεσιμότητα (αποκατάσταση σε χρόνο μικρότερο από 60 ms)

# Πολυπλεξία (I)

SONET	SDH	Ρυθμός Μετάδοσης (Mbps)
STS-1		51.84
STS-3	STM-1	155.52
STS-12	STM-4	622.08
STS-24		1244.16
STS-48	STM-16	2488.32
STS-192	STM-64	9953.28
STS-768	STM-256	39814.32

- ❑ Βασικός ρυθμός για την πολυπλεξία στο SONET είναι τα 51.84 Mbps (STS-1)
- ❑ Μεγαλύτεροι ρυθμοί (STS-N) παράγονται μέσω της παρεμβολής (interleaving) συγχρονισμένων πλαισίων STS-1
- ❑ Κατά τη μετάδοση πάνω από οπτικές ίνες, τα STS-N σήματα μετατρέπονται στις οπτικές διεπαφές του εξοπλισμού σε αντίστοιχα οπτικά τα οποία καλούνται OC-N
- ❑ Βασικός ρυθμός στο SDH είναι 155 Mbps (STM-1)
- ❑ Μεγαλύτεροι ρυθμοί μετάδοσης στο SDH είναι δυνάμεις του 4
- ❑ Ειδική περίπτωση: πλαίσια που δηλώνονται STS/STM-Nc μεταφέρουν πληροφορία σε ρυθμό μετάδοσης μεγαλύτερο από STS/STM-1 και δεν αποπολυπλέκονται

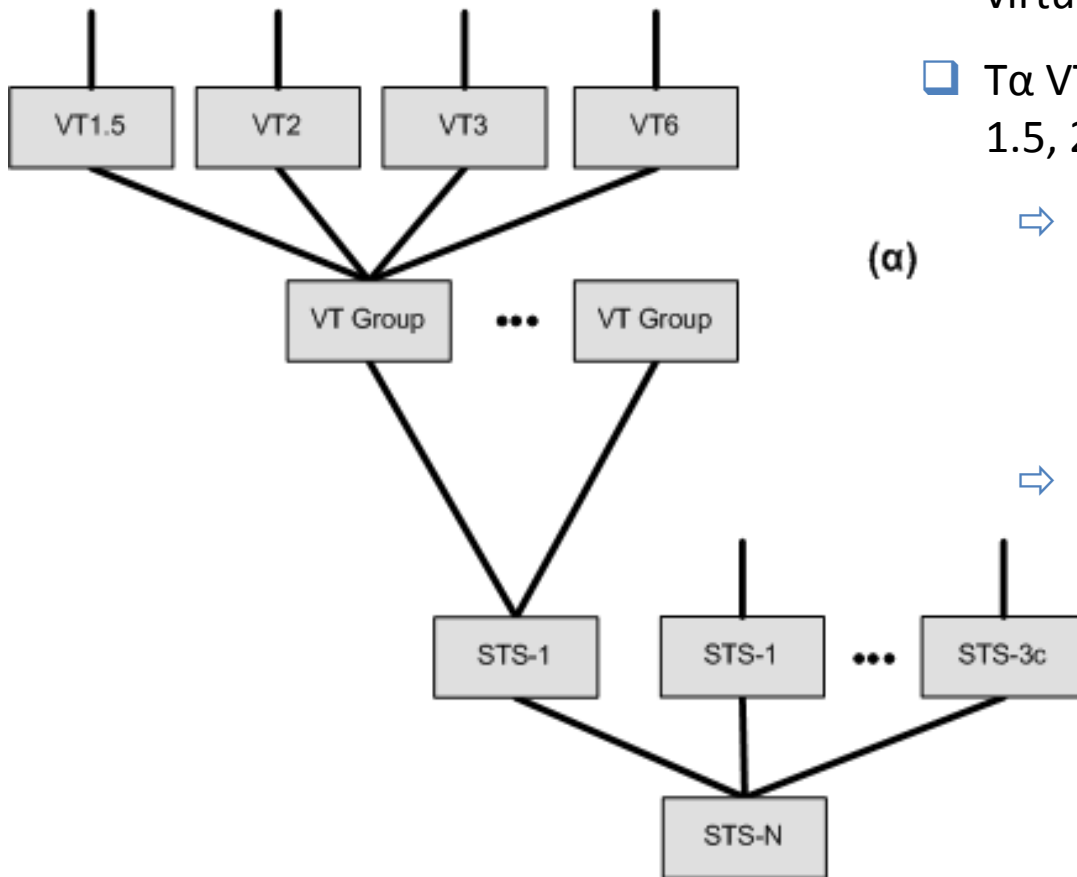
# Πολυπλεξία (II) - SONET

□ Σήματα με ρυθμό μετάδοσης μικρότερο του STS-1 αντιστοιχούνται στο SONET σε virtual tributaries (VT)

□ Τα VT1.5 , VT2, VT3 και VT6 μεταφέρουν 1.5, 2, 3 και 6 Mbps, αντίστοιχα

⇒ Τα VTs ομαδοποιούνται σε ομάδες VT (VT groups), που αποτελούνται από τέσσερα VT1.5, τρία VT2, δύο VT3 ή ένα VT6

⇒ Επτά VT group ομαδοποιούνται σε ένα STS-1





# Πολυπλεξία (II) - SDH

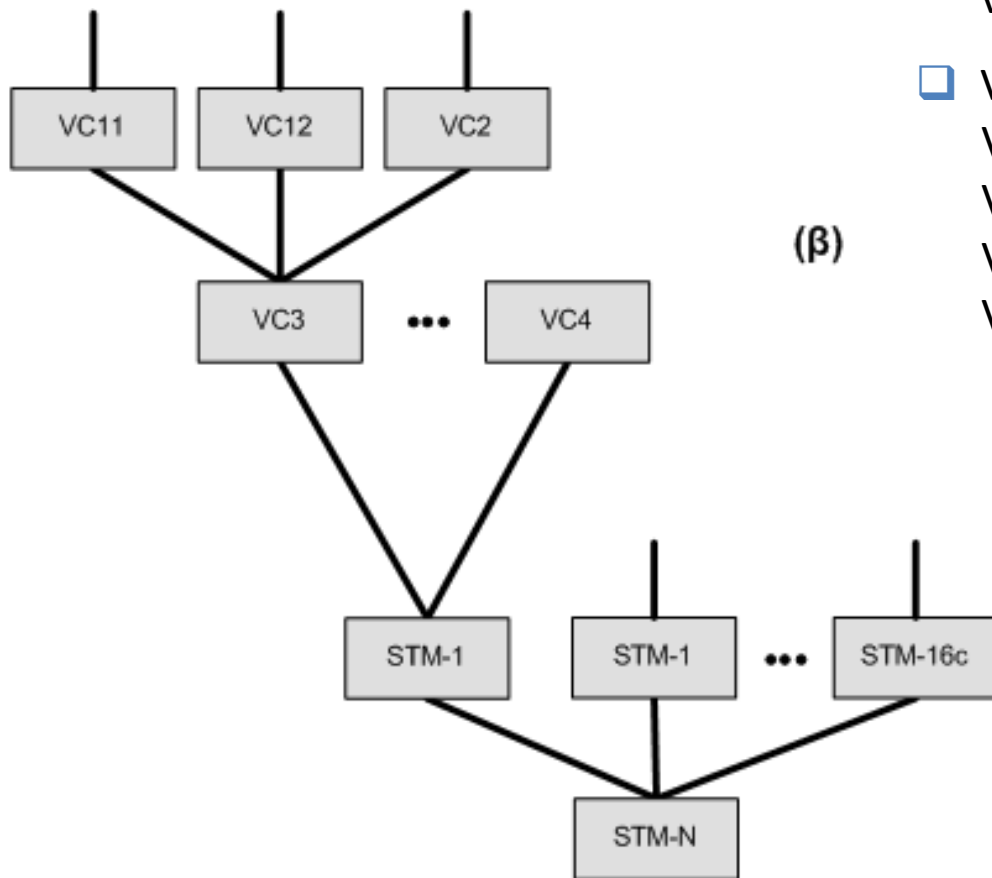
❑ Σήματα με ρυθμό μετάδοσης μικρότερο του STS-1 αντιστοιχούνται στο SDH σε virtual containers (VC)

❑ VC-11 για μετάδοση 1.5 Mbps, VC-12 για μετάδοση 2 Mbps, VC-2 για μετάδοση 6 Mbps, VC-3 για μετάδοση 45 Mbps και VC-4 για μετάδοση 140 Mbps

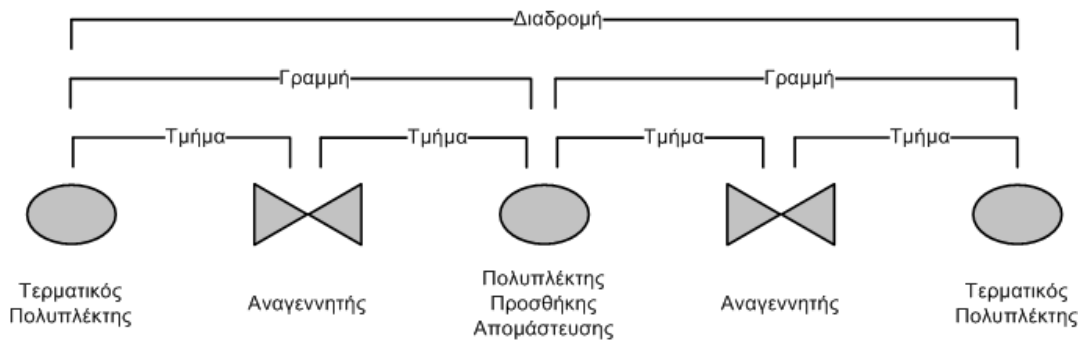
⇒ Τα VC-11, VC-12 και VC-2 ομαδοποιούνται σε σήματα VC-3 και VC-4

⇒ Τα VC-3 και VC-4 ομαδοποιούνται σε σήματα STM-1

(β)

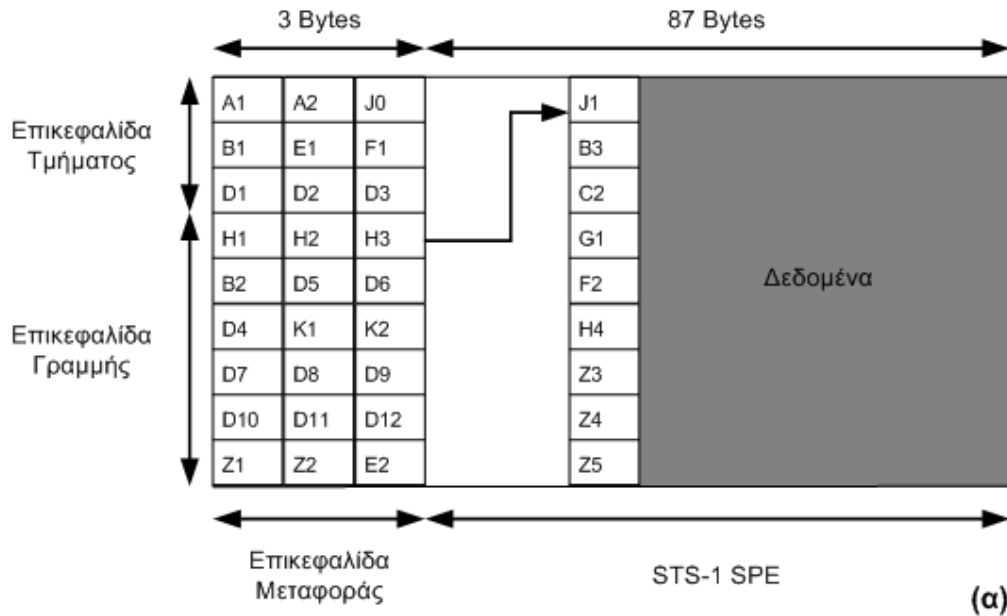


# Υποστρώματα SONET/SDH



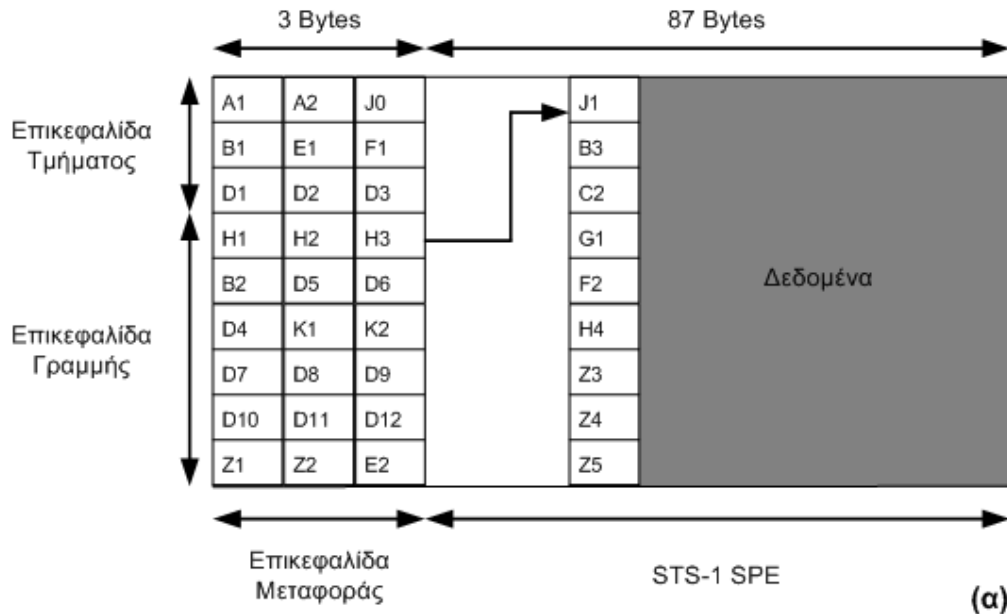
- ❑ Το υπόστρωμα διαδρομής είναι υπεύθυνο για την από άκρο εις άκρο σύνδεση μεταξύ κόμβων και τερματίζει στα άκρα μιας σύνδεσης SONET
- ❑ Το υπόστρωμα γραμμής πολυπλέκει συνδέσεις μονοπατιού σε μία ζεύξη μεταξύ δύο κόμβων, και τερματίζει σε κάθε ενδιάμεσο πολυπλέκτη
  - ⇒ Επιτελεί λειτουργίες μεταγωγής προστασίας και ανάκτησης παροχής υπηρεσίας
- ❑ Το υπόστρωμα τμήματος ελέγχει τη λειτουργία στα τμήματα αναγέννησης και τερματίζει σε κάθε ενδιάμεσο αναγεννητή
- ❑ Το φυσικό υπόστρωμα είναι υπεύθυνο για τη μετάδοση πληροφορίας σε οπτική μορφή πάνω στην ίνα

# Δομή Πλαισίου (I) – Πλαίσια STS-1



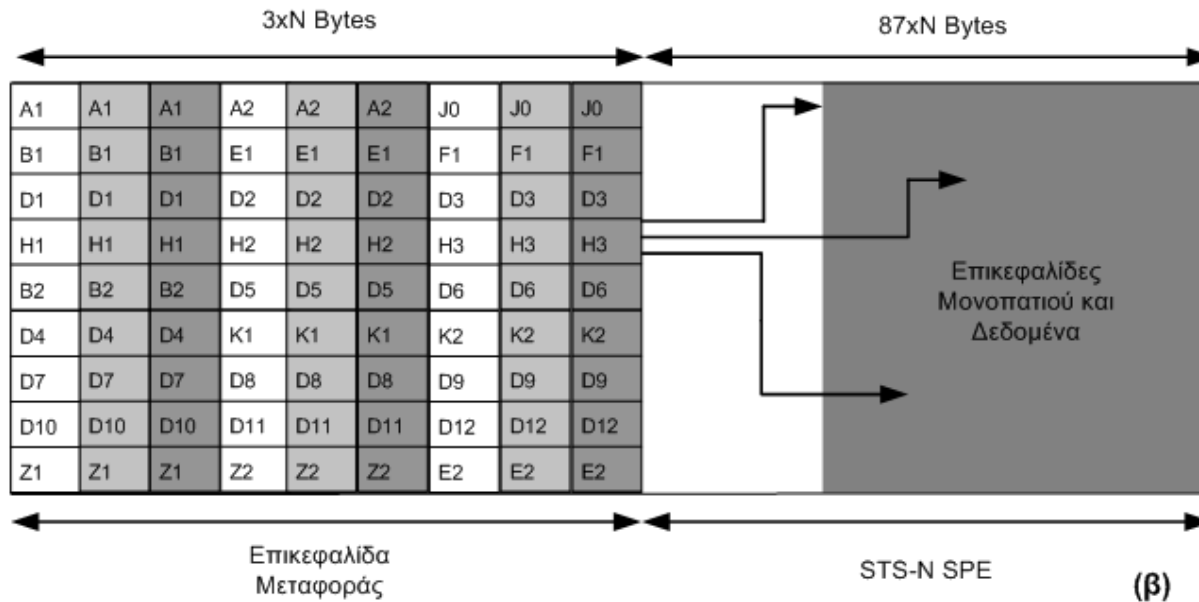
- Η πληροφορία στο SONET/SDH μεταφέρεται σε μορφή πλαισίων, τα οποία διαρκούν 125 μsec ανεξάρτητα από το μεταδιδόμενο ρυθμό
- Το πλαίσιο αποτελείται από 810 bytes, τα οποία μπορούν να αναπαρασταθούν ως 9 γραμμές και 90 στήλες
- Οι τρεις πρώτες στήλες αποτελούν την επικεφαλίδα μεταφοράς, στην οποία κωδικοποιούνται πεδία σχετικά με τα υποστρώματα γραμμής

# Δομή Πλαισίου (II) – Πλαίσια STS-1



- Οι υπόλοιπες 87 στήλες αποτελούν το σύγχρονο φάκελο περιεχομένου (synchronous payload envelope – SPE), στις οποίες μεταφέρονται τα δεδομένα καθώς και πληροφορία σχετική με το υποστρώμα διαδρομής
- Τα περιεχόμενα του SPE είναι δυνατόν να μη βρίσκονται ακριβώς μετά την επικεφαλίδα μεταφοράς, οπότε το SONET χρησιμοποιεί κατάλληλους δείκτες που υποδηλώνουν που ακριβώς ξεκινούν τα περιεχόμενα

# Δομή Πλαισίου (III) – Πλαίσια STS-N



- Η πολυπλεξία της πληροφορίας σε πλαίσια STS-N γίνεται με παρεμβολή bytes
- Κατά τη δημιουργία του STS-N πλαισίου παρεμβάλλεται μία στήλη από κάθε αρχικό πλαίσιο (τα αρχικά πλαίσια είναι συγχρονισμένα)
- Προκύπτει πλαίσιο με επικεφαλίδα μεταφοράς  $3N$  στηλών και SPE  $87N$  στηλών
- Σε STS-Nc πλαίσια οι  $3N$  στήλες της επικεφαλίδας μεταφοράς δεν είναι ανεξάρτητες και λαμβάνουν ειδικές τιμές

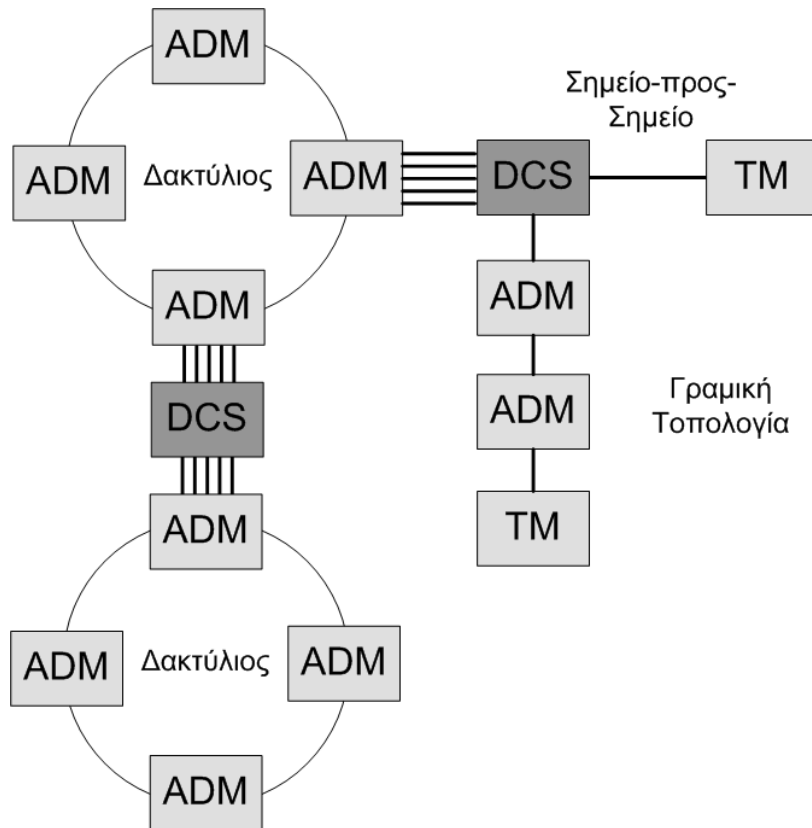
# Φυσικό Στρώμα

- ❑ Intraoffice (I) συνδέσεις, για αποστάσεις μικρότερες από 2 km
- ❑ Short-haul interoffice (S) συνδέσεις για αποστάσεις 15 km σε μήκη κύματος λειτουργίας 1310 nm και 40 km σε μήκη κύματος λειτουργίας 1550 nm
- ❑ Long-haul interoffice (L) συνδέσεις για αποστάσεις 40 km σε μήκη κύματος λειτουργίας 1310 nm και 80 km σε μήκη κύματος λειτουργίας 1550 nm
- ❑ Very-long-haul interoffice (V) συνδέσεις για αποστάσεις 60 km σε μήκη κύματος λειτουργίας 1310 nm και 120 km σε μήκη κύματος λειτουργίας 1550 nm
- ❑ Ultra-long-haul interoffice (U) συνδέσεις για αποστάσεις περίπου 160 km

## Ίνες και Πομποί

- ❑ Μονότροπες ίνες (ITU-G.652), ίνες μετατοπισμένης διασποράς (ITU-G.653) και ίνες μη μηδενικής μετατοπισμένης διασποράς (ITU-G.655)
- ❑ LEDs/πολυρυθμικά lasers (1310 nm) για μικρές αποστάσεις και ρυθμούς μετάδοσης
- ❑ Μονορυθμικά lasers (1550 nm) για μεγαλύτερες αποστάσεις και ρυθμούς μετάδοσης

# Τοπολογίες και Δομικά Στοιχεία

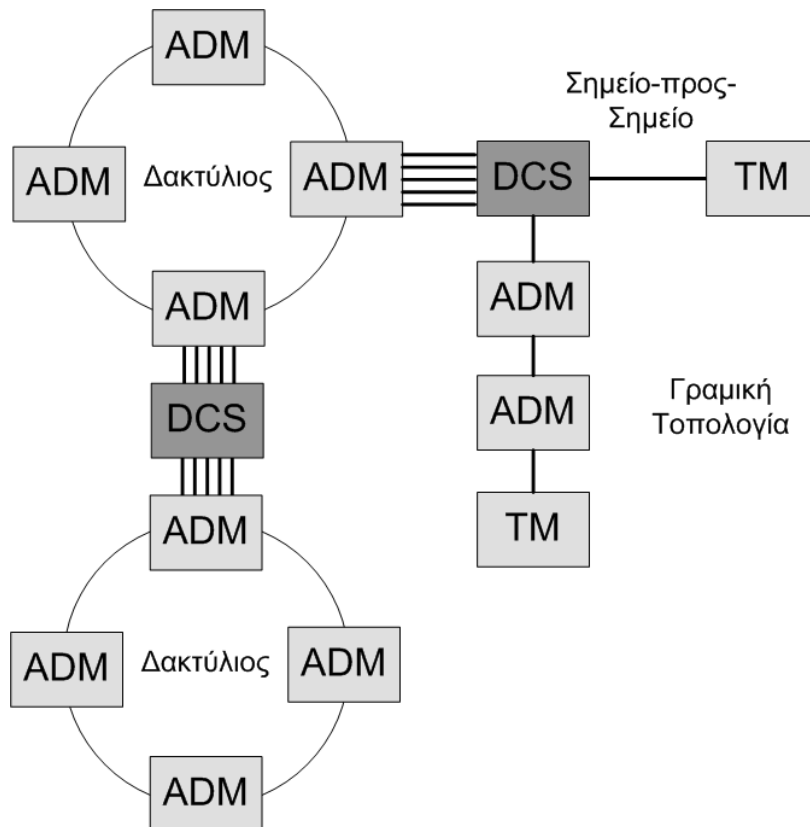


## Δομικά Στοιχεία

- ❑ TM: Terminal Multiplexer
  - ⇒ Κόμβοι στα άκρα ζεύξης σημείου προς σημείο
- ❑ ADM: Add/Drop Multiplexer
  - ⇒ Πολυπλεξίας και αποπολυπλεξία πλαισίων
- ❑ DCS: Digital Crossconnect
  - ❑ Πολυπλεξίας και αποπολυπλεξία κίνησης
  - ❑ Ομαδοποίηση κίνησης ανάλογα με τον κόμβος προορισμού, την επιθυμητή ποιότητα υπηρεσίας και τον τύπος κίνησης

# Τοπολογίες και Δομικά Στοιχεία

## Τοπολογίες



- Σημείο προς σημείο  
⇒ Μεταξύ TM και DCS
- Γραμμικές τοπολογίες  
⇒ Διαδοχικοί ADM μεταξύ TM και DCS
- Δακτύλιοι  
⇒ Αποτελούνται από ADMs διασυνδεδεμένους σε δακτύλιο  
✓ Παρέχουν μία τουλάχιστον εναλλακτική διαδρομή για την αντιμετώπιση βλαβών



# Asynchronous Transfer Mode (ATM)

# Εισαγωγή

- ❑ Το ATM (Asynchronous Transfer Mode) είναι δικτυακό πρότυπο το οποίο δημιουργήθηκε με πολλούς στόχους, ένας από τους οποίους είναι η ενοποίηση των δικτύων δεδομένων και φωνής
- ❑ Βασικό πλεονέκτημα του ATM είναι η παροχή εγγυήσεων ποιότητας υπηρεσίας (Quality-of-Service guarantees) σε εφαρμογές για μεγέθη όπως το εύρος ζώνης και η καθυστέρηση
- ❑ Τα ATM δεδομένα μεταφέρονται:
  - ⇒ Από χρήστες στο ATM δίκτυο μέσω user-to-network interfaces (UNIs)
  - ⇒ Μεταξύ ATM μεταγωγέων του δικτύου μέσω network-to-network interfaces (NNIs)
- ❑ Το ATM δίκτυο χρησιμοποιεί πακέτα (κελιά) σταθερού μεγέθους ίσο με 53 bytes, από τα οποία επικεφαλίδα (header) είναι 5 bytes και το φορτίο (payload) είναι 48 bytes



# Δομή Πλαισίου και Επικεφαλίδας

- ❑ GFC: Χρησιμοποιείται για έλεγχο της ροής δεδομένων από το χρήστη στο ATM δίκτυο
- ❑ PT: Καθορίζει τον τύπο του μεταφερόμενου πακέτου (πληροφορία χρήστη ή διαχείρισης)
- ❑ CLP: Καθορίζει ποια πακέτα θα απορριφθούν πρώτα σε περίπτωση συμφόρησης
- ❑ HEC: Προστατεύει τα υπόλοιπα byte της επικεφαλίδας από σφάλματα
- ❑ VPI/VCI: Χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία συνδέσεων και τη μεταγωγή και προώθηση των ATM πακέτων



# Virtual Circuits – Virtual Paths (I)

- ❑ Το ATM μεταφέρει δεδομένα μεταξύ δύο κόμβων εγκαθιστώντας μεταξύ τους μία virtual channel (virtual channel)
- ⇒ Κάθε ενδιάμεσος κόμβος της σύνδεσης διατηρεί εσωτερικά πίνακα δρομολόγησης, ο οποίος για κάθε εισερχόμενο VCI καθορίζει (α) τη ζεύξη εξόδου και (β) το εξερχόμενο VCI
- ⇒ Το VCI μιας σύνδεσης μεταβάλλεται σε κάθε ζεύξη του δικτύου (μια σύνδεση καθορίζεται ως μοναδική ακολουθία VCIs)



# Virtual Circuits – Virtual Paths (II)

- Αν περισσότερες από μία συνδέσεις διατρέχουν κοινό κομμάτι του δικτύου, για το κοινό αυτό κομμάτι, τα πακέτα όλων των συνδέσεων μεταγονται και προωθούνται από κοινού, συνεπώς οι λειτουργίες μεταγωγής και προώθησης μπορούν να ομαδοποιηθούν
- ⇒ Τα τμήματα δικτύου τα οποία είναι κοινά μεταξύ συνδέσεων ονομάζονται ιδεατά μονοπάτια (virtual paths) και περιγράφονται στα πεδία VPI των ATM επικεφαλίδων
- ⇒ Σε κάθε ενδιάμεσο κόμβο το VPI καθορίζει (α) τη ζεύξη εξόδου και (β) το εξερχόμενο VPI



# Virtual Circuits – Virtual Paths (III)

- ⇒ Στους κόμβους που ανήκουν στο ιδεατό μονοπάτι, η μεταγωγή και προώθηση γίνεται με βάση την 8 ή 12 bit τιμή του VPI
- ⇒ Στους κόμβους στους οποίους τερματίζει το ιδεατό μονοπάτι, η προώθηση γίνεται με βάση την τιμή του 16 bit VCI
- ✓ Απλοποίηση της προώθησης πακέτων και υλοποίηση ATM μεταγωγών μικρού κόστους



# Στρώματα Προσαρμογής

- Το ATM παρέχει στρώματα προσαρμογής (ATM Adaptation Layers – AALs) για την υποστήριξη της μετάδοσης σταθερών ροών δεδομένων και πακέτων μεγάλου μήκους
- ⇒ Τα AAL τεμαχίζουν τα δεδομένα χρήστη σε ATM πακέτα στην αφετηρία και τα επανενώνουν στον προορισμό
- AAL-1: Χρησιμοποιείται για τη μεταφορά δεδομένων σταθερού ρυθμού μετάδοσης όπως κυκλώματα, φωνή και εικόνα. Τα δεδομένα, τα οποία τεμαχίζονται σε φορτία των 47 bytes. Το ένα byte φορτίου που απομένει είναι η επικεφαλίδα του AAL-1
- AAL-2: Χρησιμοποιείται για τη μεταφορά δεδομένων μη-σταθερού ρυθμού μετάδοσης, τα οποία όμως είναι ευαίσθητα σε χρονικές καθυστερήσεις
- AAL-3/4: Έχει σχεδιασθεί για τη μεταφορά πακέτων μεταβλητού μήκους, για δεδομένα τα οποία δεν είναι ευαίσθητα σε χρονικές καθυστερήσεις. Το AAL-3/4 τεμαχίζει τα εισερχόμενα πακέτα, και τα αποστέλλει σε φορτία των 44 bytes τα οποία πλαισιώνονται από πληροφορία ελέγχου του AAL-3/4 μεγέθους 4 bytes
- AAL-5: Αποτελεί απλοποιημένη εκδοχή του AAL-3/4. Έχει σχεδιασθεί για τη μεταφορά πακέτων μεταβλητού μήκους με μέγεθος μέχρι 65536 bytes, με σημαντικότερη χρήση τη μεταφορά IP πακέτων πάνω από το ATM.



# Ποιότητα Υπηρεσίας και Έλεγχος Ροής

- Το ATM παρέχει QoS στις συνδέσεις του (π.χ. απώλεια πακέτων, χρονική καθυστέρηση και διασπορά της χρονικής καθυστέρησης)
  - ⇒ Μορφοποίηση κίνησης: Το ATM απαιτεί η κίνηση του χρήστη να συμμορφούται με χαρακτηριστικά τα οποία έχουν εκ των προτέρων συμφωνηθεί μεταξύ χρήστη και δικτύου (π.χ. ο μέγιστος ρυθμός μετάδοσης, ο μέσος ρυθμός μετάδοσης, και ο μέγιστος αριθμός πακέτων που μεταδίδονται με μέγιστο ρυθμό μετάδοσης)
  - ⇒ Αποδοχή σύνδεσης: Με βάση τα χαρακτηριστικά της κίνησης χρήστη που εισέρχεται στο δίκτυο, το ATM δίκτυο μπορεί να καθορίσει ποιες συνδέσεις είναι δυνατόν να αποδεχθεί χωρίς να παραβιάσει τις εγγυήσεις QoS στις τρέχουσες συνδέσεις
- Κλάσεις υπηρεσίας (απώλεια και καθυστέρηση πακέτων, διασπορά καθυστέρησης)
  - ⇒ Κλάση σταθερού ρυθμού μετάδοσης (Constant Bit Rate - CBR): καθορίζει μόνο το μέγιστο ρυθμό μετάδοσης πακέτων, και λαμβάνει εγγυήσεις όσον αφορά απώλεια και καθυστέρηση πακέτων, και διασπορά καθυστέρησης (AAL-1)
  - ⇒ Κλάση αδιευκρίνιστου ρυθμού μετάδοσης (Unspecified Bit Rate - UBR): καθορίζει το μέγιστο ρυθμό μετάδοσης πακέτων αλλά δε λαμβάνει εγγυήσεις QoS (AAL-5)





# Σηματοδοσία και Δρομολόγηση

## Πρωτόκολλο PNNI

- Στόχος του PNNI είναι η εγκατάσταση διαδρομής από τον κόμβο αφετηρία στον κόμβο προορισμού η οποία ικανοποιεί τις απαιτήσεις QoS του χρήστη

## Δρομολόγηση

- ⇒ Κάθε κόμβος ενημερώνει παροδικά όλους τους κόμβους του δικτύου για την κατάσταση των ζεύξεών του με τη μέθοδο της πλημμύρας (flooding)
- ⇒ Κάθε κόμβος γνωρίζει την κατάσταση του δικτύου και μπορεί να αποφασίσει αν η εισερχόμενη αίτηση σύνδεσης μπορεί να γίνει αποδεκτή, καθώς και τη διαδρομή η οποία ικανοποιεί τις απαιτήσεις QoS του χρήστη

## Σηματοδοσία

- ⇒ Όλοι οι ενδιάμεσοι ATM μεταγωγείς ενημερώνονται για τη νέα σύνδεση και της QoS απαιτήσεις της
- ⇒ Όλοι οι ενδιάμεσοι ATM μεταγωγείς ενημερώνονται για τις αντιστοιχίες των πεδίων VPI/VCI της νέας σύνδεσης



# Gigabit Ethernet

---

# Gigabit Ethernet

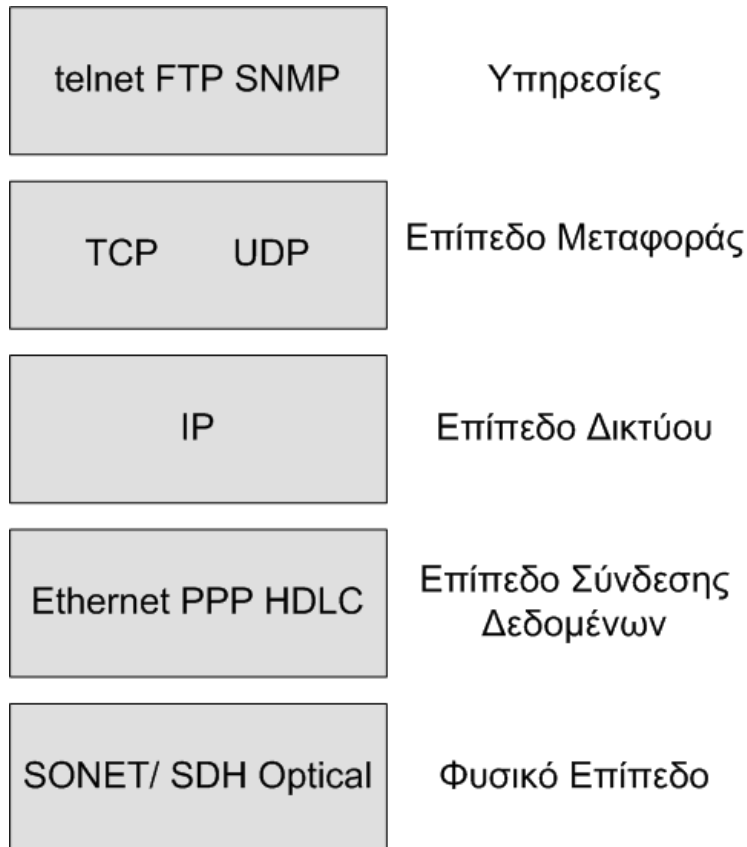
- ❑ Συστήματα Gigabit Ethernet λειτουργούν σε ταχύτητες 1 και 10 Gbps πάνω από οπτικές ίνες
- ❑ Τα συστήματα των 10 Gbps πρωτυποποιούνται με σκοπό τη χρήση τους σε long-haul συστήματα, και το φυσικό επίπεδό τους είναι συμβατό με ρυθμούς SONET/SDH OC-192/STM-64.
- ⇒ Το Ethernet βασίζεται σε τοπολογία αρτηρίας (bus) στην οποία συνδέονται όλοι οι κόμβοι
- ⇒ Οι κόμβοι έχουν πρόσβαση στο μέσο χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection): όταν ένας κόμβος επιθυμεί να στείλει δεδομένα, ελέγχει αν η αρτηρία είναι αδρανής και αν η αρτηρία είναι αδρανής, ο κόμβος μεταδίδει το πακέτο
- ✘ Κατά τη διάρκεια της μετάδοσης υπάρχει η πιθανότητα να έρθει πακέτο από άλλο κόμβο στην αρτηρία, οπότε τα δύο πακέτα χάνονται: η απόδοση του πρωτοκόλλου να μειώνεται σε μεγαλύτερους ρυθμούς μετάδοσης και μήκη αρτηρίας
- ✓ Το Ethernet πλέον υλοποιείται με μόνο δύο κόμβους ανά αρτηρία (χρήστης και μεταγωγέας): οι μεταγωγείς διασυνδέουν περισσότερες της μίας αρτηρίες



# Internet Protocol (IP)

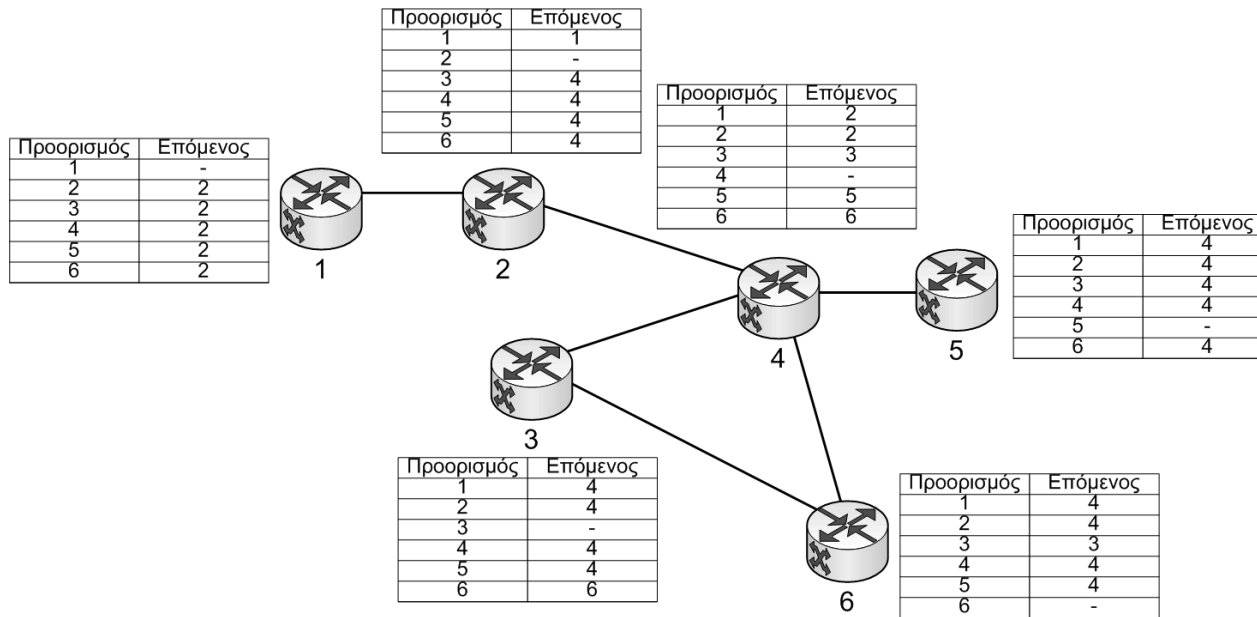
---

# Εισαγωγή



- ❑ Το IP (Internet Protocol) είναι το πλέον διαδεδομένο πρωτόκολλο για δίκτυα ευρείας έκτασης
- ❑ Έχει σχεδιασθεί για να λειτουργεί πάνω από ευρεία γκάμα πρωτοκόλλων ζεύξης δεδομένων
- ✗ Το IP δεν εγγυάται αξιόπιστη και με τη σωστή σειρά παράδοση των δεδομένων στον προορισμό.
- ✓ Οι παραπάνω λειτουργίες επιτελούνται από πρωτόκολλο στρώματος μεταφοράς, τυπικά το TCP (Transmission Control Protocol) ή το UDP (User Datagram Protocol)

# Δρομολόγηση και Προώθηση (I)



- Η προώθηση των πακέτων γίνεται με βάση πίνακες δρομολόγησης στους IP δρομολογητές
- Οι πίνακες δρομολόγησης περιέχουν τον επόμενο δρομολογητή μέσω του οποίου προωθούνται τα πακέτα στο δρομολογητή προορισμού
- Ο δρομολογητής προορισμού περιλαμβάνεται στην επικεφαλίδα του πακέτου

# Δρομολόγηση και Προώθηση (II)

## Πρωτόκολλο δρομολόγησης OSPF

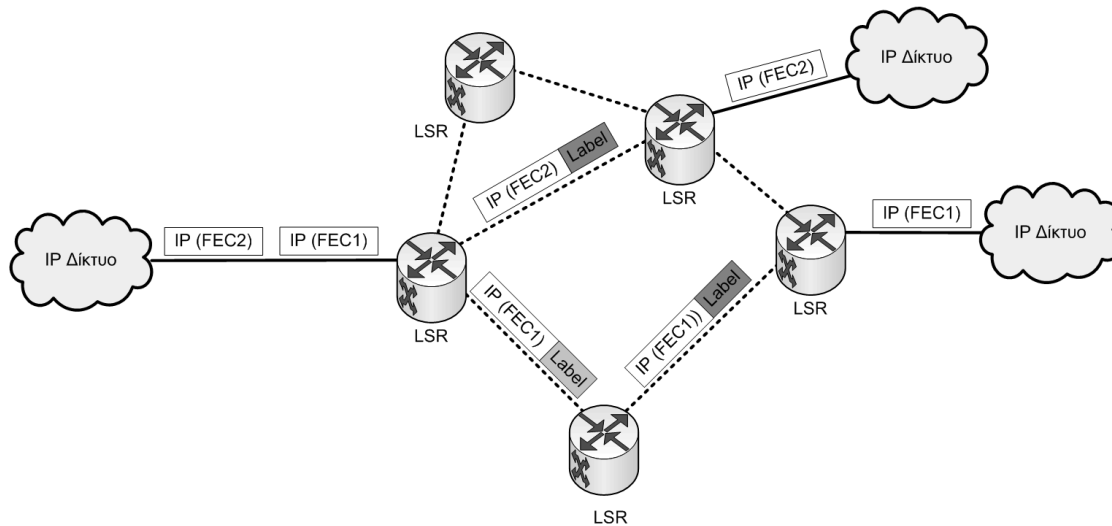
- Η ανανέωση των πινάκων δρομολόγησης γίνεται με το πρωτόκολλο κατανεμημένης δρομολόγησης OSPF
- ⇒ Όταν κάποιος δρομολογητής καταλάβει αλλαγή στην κατάσταση των συνδέσεών του, ενημερώνει όλους τους δρομολογητές του δικτύου με τη μέθοδο της πλημμύρας
- ⇒ Κάθε δρομολογητής υπολογίζει εκ νέου τη συντομότερη διαδρομή προς κάθε άλλο δρομολογητή του δικτύου με αλγορίθμους shortest-path (π.χ. Dijkstra)
- ✘ Η παραπάνω διαδικασία είναι ασύμφορη για μεγάλου μεγέθους IP δίκτυα (π.χ. Internet), καθώς απαιτεί τεράστιους πίνακες δρομολόγησης στους δρομολογητές
- ✓ Τα IP δίκτυα χωρίζονται σε μικρότερου μεγέθους διασυνδεδεμένα domains (Autonomous Systems - AS), μέσα στα οποία η δρομολόγηση γίνεται με το OSPF, ενώ η δρομολόγηση μεταξύ domains γίνεται με το πρωτόκολλο BGP (Border Gateway Protocol)

# Ποιότητα Υπηρεσίας (I) - DiffServ

- Το IP παρέχει best-effort υπηρεσίες μετάδοσης αυτοδύναμων πακέτων
  - ✗ Πακέτα της ίδιας σύνδεσης ακολουθούν διαφορετικές διαδρομές (υφίστανται διαφορετική καθυστέρηση)
  - ✗ Σε περίπτωση συμφόρησης κάποια από τα σημαντικά πακέτα χάνονται
- Η παροχή QoS από το IP δίκτυο γίνεται με το μηχανισμό DiffServ (Differentiated Services )
- ⇒ Τα πακέτα ομαδοποιούνται σε κλάσεις υπηρεσίας:
  - ⇒ Expedited Forwarding (EF): Στην κλάση αυτή ανήκουν πακέτα τα οποία πρέπει να μεταδοθούν όσο το δυνατόν συντομότερα, δηλαδή να υποστούν μικρή καθυστέρηση και διασπορά καθυστέρησης
  - ⇒ Assured Forwarding (AF): Στην κλάση AF ανήκουν πακέτα τα οποία απαιτούν εγγυημένη παράδοση, που επιτυγχάνεται δεδομένου ότι ο ρυθμός μετάδοσής τους δεν υπερβαίνει προκαθορισμένο όριο
  - ⇒ Default: Στην κλάση αυτή ανήκουν πακέτα τα οποία δεν επιθυμούν QoS



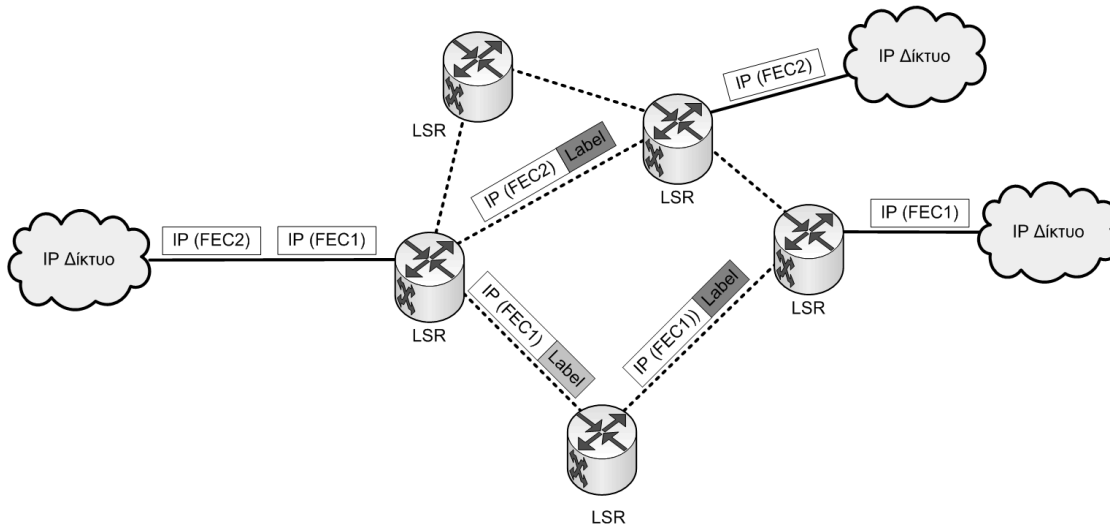
# Ποιότητα Υπηρεσίας (II) - MPLS



- ✘ Το DiffServ δε μπορεί να παρέχει QoS από άκρο σε άκρο καθώς οι κλάσεις έχουν τοπική σημασία εντός των IP δρομολογητών
- ☐ Το MPLS παρέχει QoS από άκρο σε άκρο και μπορεί να θεωρηθεί ως επίπεδο το οποίο βρίσκεται μεταξύ του IP (layer 3) και του επιπέδου σύνδεσης δεδομένων (layer 2)

# Ποιότητα Υπηρεσίας (III) - MPLS

## Πρωώθηση



- ❑ Το MPLS παρέχει διαδρομές μεταγωγής ετικέτας (Label-Switched Paths - LSP) μεταξύ κόμβων του δικτύου
- ❑ Ένας κόμβος με MPLS δυνατότητες ονομάζεται LSR (Label-Switched Router).
- ❑ Κάθε MPLS πακέτο μεταφέρει μία ετικέτα (label) η οποία σχετίζεται με το LSP στο οποίο ανήκει: οι LSRs χρησιμοποιούν τις ετικέτες για να προωθήσουν τα πακέτα με βάση εσωτερικούς πίνακες δρομολόγησης

# Ποιότητα Υπηρεσίας (III) - MPLS

## Πλεονεκτήματα

- ❑ Οι LSRs μπορούν να προωθήσουν σημαντικά μεγαλύτερο αριθμό πακέτων ανά δευτερόλεπτο (η προώθηση με βάση την ετικέτα μπορεί να γίνει εξολοκλήρου σε hardware)
- ❑ Το MPLS είναι η εισαγωγή της έννοιας των ιδεατών κυκλωμάτων (LSPs) στο IP δίκτυο (το IP υποστηρίζει μόνο μετάδοση αυτοδύναμων πακέτων)
  - ✓ Ο διαχειριστής του δικτύου έχει τη δυνατότητα να εγκαταστήσει διαδρομές με κριτήρια όπως η βελτιστοποίηση του διαθέσιμου εύρους ζώνης στο δίκτυο
  - ✓ Είναι εφικτή η ισοκατανομή της κίνησης ώστε να μην υπάρχει συμφόρηση σε τμήματα του δικτύου
  - ✓ Είναι δυνατόν να δεσμεύονται δικτυακοί πόροι (π.χ. εύρος ζώνης) κατά την εγκατάσταση μιας σύνδεσης και να παρέχονται εγγυήσεις QoS
- ❑ Ταχεία αποκατάσταση υπηρεσίας: MPLS τα πακέτα τα οποία ανήκουν σε κάποιο LSP αναδρομολογούνται ταχέως σε περίπτωση που κάποιος ενδιάμεσος(-οι) LSR τεθεί εκτός λειτουργίας

# Ποιότητα Υπηρεσίας (IV) - MPLS

## Δρομολόγηση

- ❑ Η εγκατάσταση των LSPs το MPLS γίνεται με σκοπό τη βελτιστοποίηση αντικειμενικών κριτηρίων όπως ελάχιστη καθυστέρηση ή εγγυημένο εύρος ζώνης
- ❑ Η εγκατάσταση LSPs στο MPLS γίνεται με τα πρωτόκολλα RSVP (Resource Reservation Protocol) και CR-LDP (Label Distribution Protocol with Constrained Routing)
- ⇒ Αμφότερα πρωτόκολλα στέλνουν μήνυμα εγκατάστασης (setup) από την αφετηρία του LSP στον προορισμό
- ⇒ Οι ενδιάμεσοι LSR υπολογίζουν αν υπάρχουν οι διαθέσιμοι πόροι για την εγκατάσταση του LSP
- ⇒ Αν όλοι οι LSR έχουν διαθέσιμους πόρους, ένα μήνυμα επιβεβαίωσης (acknowledgement) μεταδίδεται από τον προορισμό στην αφετηρία για να ολοκληρωθεί η εγκατάσταση σύνδεσης

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. Τεχνολογίες Διαδικτύου Πάνω από το Οπτικό Στρώμα». 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.

