



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΠΑΤΡΩΝ  
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά  
μαθήματα ΠΠ

# Τηλεπικοινωνιακά Δίκτυα Ευρείας Ζώνης

Ενότητα 7: MPLS: Πρωτόκολλα Λειτουργίας

Μιχαήλ Λογοθέτης

Πολυτεχνική Σχολή

Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών  
και Τεχνολογίας Υπολογιστών

# Σκοποί ενότητας

- Εισαγωγικά στοιχεία για τους μηχανισμούς σηματοδοσίας σε δίκτυα MPLS
- Παρουσίαση των μηχανισμών κατανομής ετικετών σε δίκτυα MPLS
- Περιγραφή του πρωτοκόλλου κατανομής ετικετών με περιορισμούς
- Περιγραφή του πρωτοκόλλου δέσμευσης πόρων



# Περιεχόμενα ενότητας

- ❑ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΕΤΙΚΕΤΩΝ
- ❑ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΣΗΜΑΤΟΔΟΣΙΑΣ
- ❑ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΕΤΙΚΕΤΩΝ ΜΕ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΥΣ
- ❑ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΔΕΣΜΕΥΣΗΣ ΠΟΡΩΝ



# Περιεχόμενα ενότητας

## ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΕΤΙΚΕΤΩΝ

ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΣΗΜΑΤΟΔΟΣΙΑΣ

ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΕΤΙΚΕΤΩΝ ΜΕ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΥΣ

ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΔΕΣΜΕΥΣΗΣ ΠΟΡΩΝ



# Πρωτόκολλο Κατανομής Ετικετών (1/4)

- Το Label Distribution Protocol (LDP) είναι ένα πρωτόκολλο για την κατανομή της πληροφορίας δεσίματος ετικετών στα LSRs σε ένα δίκτυο MPLS. Δηλαδή, με χρήση του LDP τα LSRs επικοινωνούν μεταξύ τους και δένουν τις ετικέτες στα πακέτα.
- Το LDP χρησιμοποιείται για την αντιστοίχιση των FECs σε ετικέτες για να δημιουργηθούν τα LSPs.
- Ανάμεσα σε ομότιμα LSR (όχι αναγκαστικά γειτονικά) εγκαθίστανται σύνοδοι LDP.



# Πρωτόκολλο Κατανομής Ετικετών (2/4)

- Καθορίζει σύνολο από διεργασίες και μηνύματα με τα οποία οι LSRs εγκαθιδρύουν LSPs
- Δύο LSR που χρησιμοποιούν LDP για να ανταλλάξουν πληροφορίες για συνδεδεμένες ετικέτες ονομάζονται ομότιμα και η σύνδεση μεταξύ τους ονομάζεται συνεδρία
- Για την εγκαθίδρυση συνεδριών χρησιμοποιείται το πρωτόκολλο TCP, το οποίο εγγυάται την αξιόπιστη μεταφορά των μηνυμάτων κάθε συνεδρίας
- Μηχανισμός εύρεσης ομότιμων LSRs
- Δύο μέθοδοι κατανομής ετικετών
  - Downstream Unsolicited
  - Downstream On demand



# Πρωτόκολλο Κατανομής Ετικετών (3/4)

- Τα ομότιμα LDP ανταλλάσσουν τους ακόλουθους τύπους μηνυμάτων LDP:
- Μηνύματα ανακάλυψης (discovery messages): ανακοινώνουν και διατηρούν την παρουσία ενός LSR στο δίκτυο.
- Μηνύματα συνόδου (session messages): εγκαθιστούν, διατηρούν και τερματίζουν συνόδους ανάμεσα σε ομότιμους LDP.
- Μηνύματα αγγελίας (advertisement messages): δημιουργούν, τροποποιούν και διαγράφουν την αντιστοίχιση ετικετών σε FECs.
- Μηνύματα ειδοποίησης (notification messages): παρέχουν συμβουλευτικές πληροφορίες και πληροφορίες σφαλμάτων.



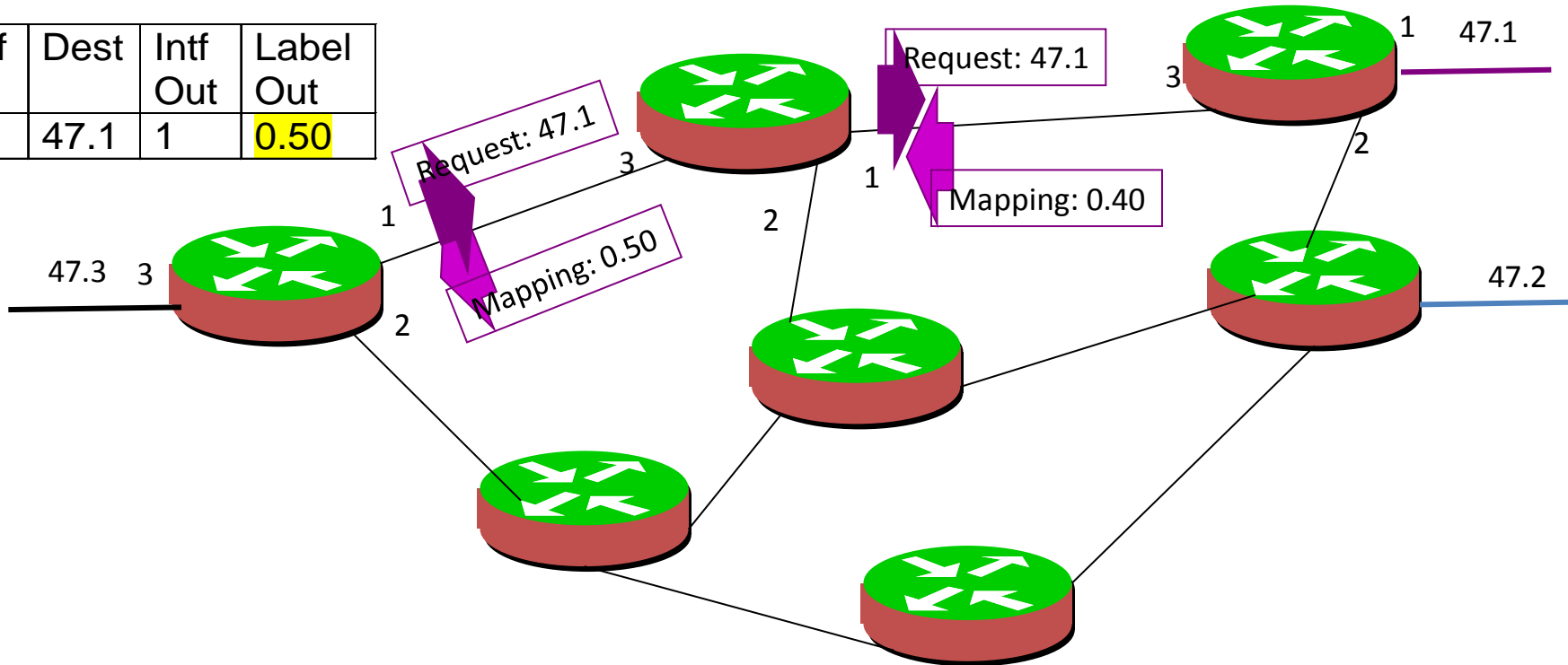
# Πρωτόκολλο Κατανομής Ετικετών (4/4)

Η Κατανομή Ετικέτας  
 βασίζεται στον  
 πίνακα  
 δρομολόγησης

Intf In	Label In	Dest	Intf Out	Label Out
3	0.50	47.1	1	0.40

Intf In	Label In	Dest	Intf Out
3	0.40	47.1	1

Intf In	Dest	Intf Out	Label Out
3	47.1	1	0.50

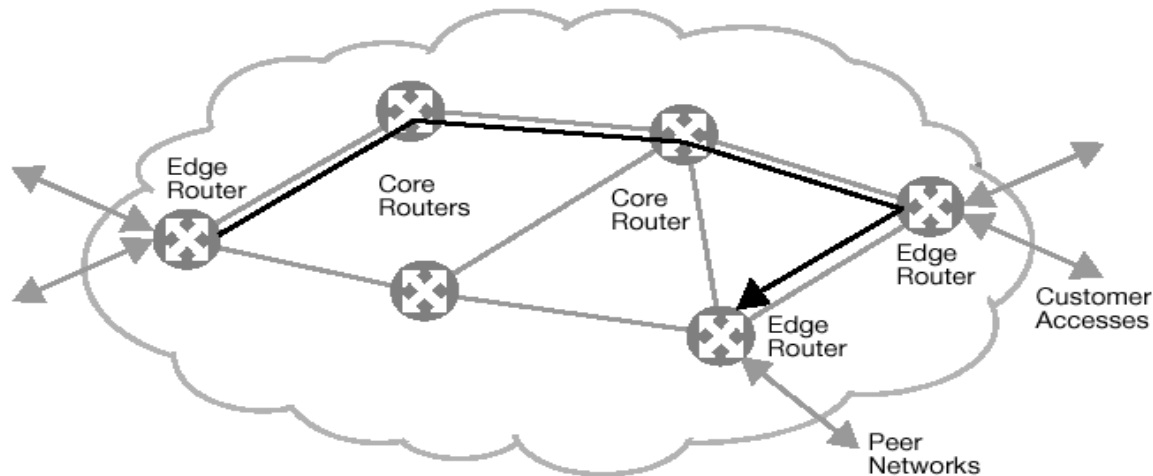


LDP: Πρωτόκολλο Κατανομής Ετικέτας (ενημέρωση των LIB)



# Ρητές Διαδρομές (Explicit Routes)

- Συγκεκριμένη ακολουθία βημάτων από είσοδο προς έξοδο δικτύου
- Αυστηρός έλεγχος
- Κάθε διαδρομή που εγκαθίσταται στο δίκτυο γίνεται με χρήση σηματοδοσίας
- Διαδρομή: Αυστηρή / Χαλαρή
- Σκοποί:
  - Κατανομή κίνησης σε δίκτυο με πολύ κίνηση
  - Δρομολόγηση σε περίπτωση βλάβης (ή για υποστήριξη ενάντια σε βλάβες)

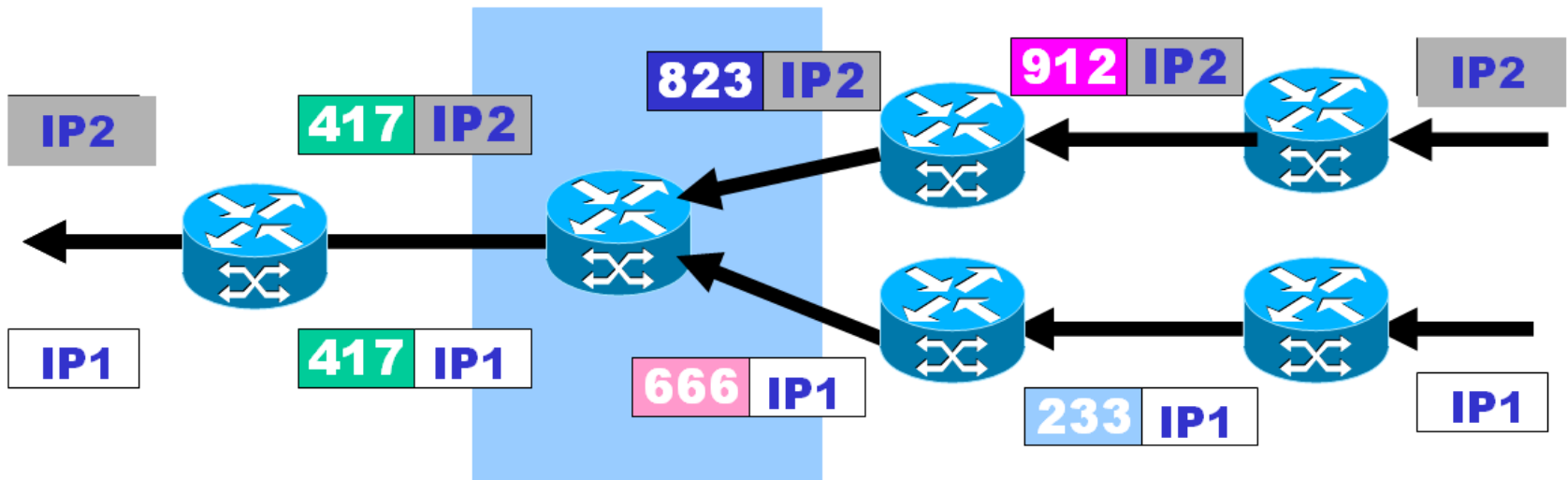


# Συγχώνευση Ετικετών (1/2)

- **Συσσωμάτωση ή συγχώνευση των ροών:** Οι ροές κίνησης ερχόμενες από διαφορετικές διεπαφές μπορούν να συγχωνευτούν μαζί και να πάρουν μια κοινή ετικέτα, εάν αυτές προορίζονται προς τον ίδιο τελικό προορισμό.
- **Συγχώνευση VP/VC:** Εάν το κατώτερο επίπεδο μεταφοράς είναι ένα δίκτυο ATM network, τότε τα LSRs μπορούν να χρησιμοποιήσουν τη συγχώνευση του ιδεατού μονοπατιού (Virtual Path merging) ή του ιδεατού καναλιού (Virtual Channel merging). Στο σενάριο αυτό, πρέπει να βρεθεί τρόπος αποφυγής των προβλημάτων παρεμβολής κυψελών, που προκύπτουν όταν στο δίκτυο ATM συγχωνεύονται πολλαπλές ροές κίνησης .



# Συγχώνευση Ετικετών (2/2)



# Διατήρηση Ετικέτας (Label Retention)

Ένα δέσιμο ετικέτας, που παραλαμβάνεται από έναν LSRs και δεν αντιστοιχεί σε μια μετάβαση προς τον επόμενο κόμβο για ένα δεδομένο FEC, είτε απορρίπτεται είτε διατηρείται:

- **Συντηρητικός τρόπος (Conservative mode)** - Ένα δέσιμο ετικέτας, που παραλαμβάνεται από έναν LSRs και δεν αντιστοιχεί σε μια μετάβαση προς τον επόμενο κόμβο για ένα δεδομένο FEC, απορρίπτεται. Ο τρόπος αυτός απαιτεί από τον LSR να συντηρεί λιγότερες ετικέτες. Ο τρόπος αυτός προτείνεται για ATM–LSRs.
- **Φιλελεύθερος τρόπος (Liberal mode)** - Ένα δέσιμο ετικέτας, που παραλαμβάνεται από έναν LSRs και δεν αντιστοιχεί σε μια μετάβαση προς τον επόμενο κόμβο για ένα δεδομένο FEC, διατηρείται. Ο τρόπος αυτός επιτρέπει γρηγορότερη προσαρμογή στις αλλαγές της τοπολογίας και, αν χρειαστεί, την μεταγωγή της κίνησης σε άλλα LSPs.



# Έλεγχος Ετικέτας (Label Control)

Για τον έλεγχο της κατανομής των ετικετών σε γειτονικά LSRs έχουν οριστεί δύο τρόποι:

- **Ανεξάρτητος τρόπος (Independent mode)** - Ένας LSR αναγνωρίζει ένα συγκεκριμένο FEC και αποφασίζει ανεξάρτητα να δέσει την ετικέτα στην FEC και να κατανείμει το δέσιμο στους ομότιμους LSRs. Οι νέες FECs αναγνωρίζονται κάθε φορά που νέες διαδρομές γίνονται αντιληπτές από τον LSR.
- **Ταξινομημένος τρόπος (Ordered mode)** - Ένας LSR δένει μια ετικέτα σε μια συγκεκριμένη FEC εάν είναι ο δρομολογητής εξόδου (egress router) ή εάν έχει λάβει ένα δέσιμο ετικέτας για το FEC από το LSR που είναι επόμενο στο μονοπάτι. Ο τρόπος αυτός προτείνεται για ATM–LSRs.



# Περιεχόμενα ενότητας

ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΕΤΙΚΕΤΩΝ

**ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΣΗΜΑΤΟΔΟΣΙΑΣ**

ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΕΤΙΚΕΤΩΝ ΜΕ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΥΣ

ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΔΕΣΜΕΥΣΗΣ ΠΟΡΩΝ

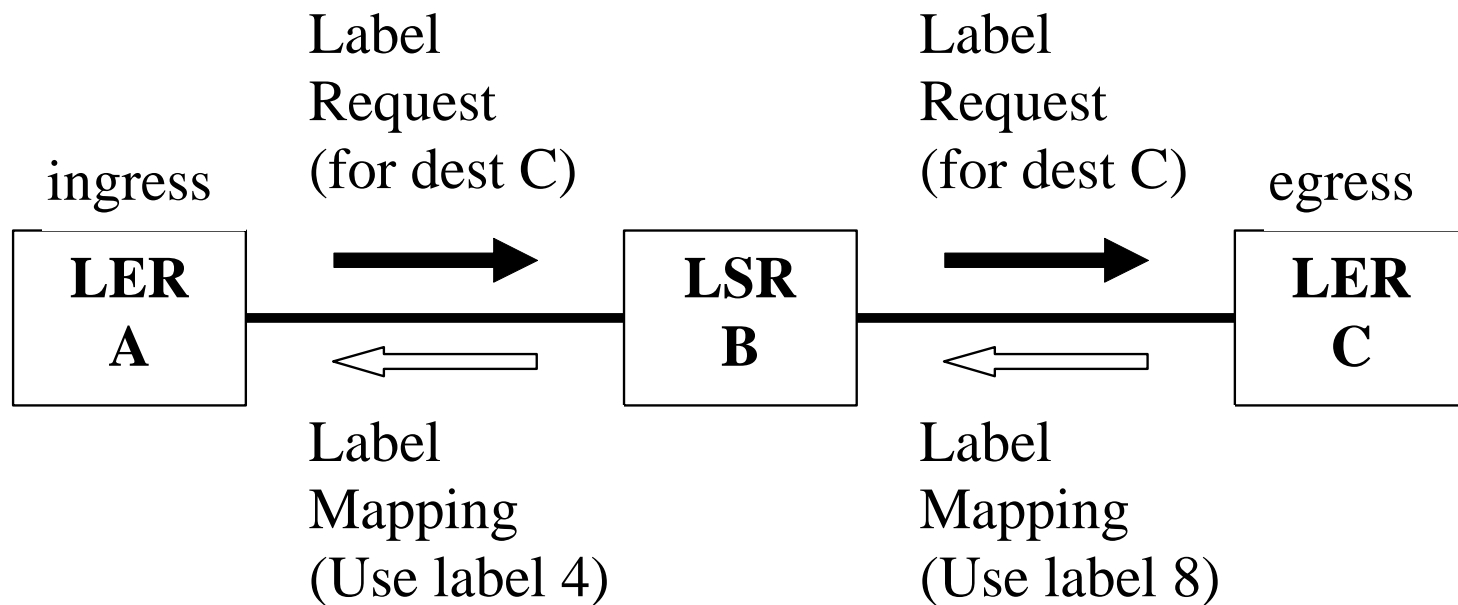


# Μηχανισμοί Σηματοδοσίας (1/2)

- **Αίτηση ετικέτας (Label request)** – Με χρήση του μηχανισμού αυτού, ένας LSR ζητάει μια ετικέτα από τον κατώτερο (downstream) γείτονα, για να την δέσει σε μια συγκεκριμένη FEC. Ο μηχανισμός αυτός μπορεί να χρησιμοποιηθεί κάτω στην αλυσίδα των LSRs μέχρι τον LER εξόδου (δηλ., μέχρι το σημείο όπου το πακέτο βγαίνει από το MPLS domain).
- **Προσδιορισμός ετικέτας (Label mapping)** - Ως απάντηση σε μια αίτηση ετικέτας, ένας downstream LSR θα στείλει μια ετικέτα στον upstream LSR με τη χρήση του μηχανισμού προσδιορισμού ετικέτας.



# Μηχανισμοί Σηματοδοσίας (2/2)





# Περιεχόμενα ενότητας

- ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΕΤΙΚΕΤΩΝ
- ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΣΗΜΑΤΟΔΟΣΙΑΣ
- ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΕΤΙΚΕΤΩΝ ΜΕ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΥΣ**
- ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΔΕΣΜΕΥΣΗΣ ΠΟΡΩΝ



# Δρομολόγηση με περιορισμούς

- Για καλύτερη και πιο αποδοτική εκμετάλλευση των πόρων ενός δικτύου είναι επιθυμητό ένα πακέτο να περάσει από μια συγκεκριμένη διαδρομή LSP σύμφωνα με κάποια κριτήρια-περιορισμούς.
- Για να επιτευχθεί αυτό έχουν προταθεί δύο πρωτόκολλα:
  - Constraint Routed LDP, CR-LDP  
Πρωτόκολλο Κατανομής Ετικετών με Περιορισμούς
  - RSVP με επεκτάσεις, RSVP-TE  
Πρωτόκολλο Δέσμευσης Πόρων με Επεκτάσεις

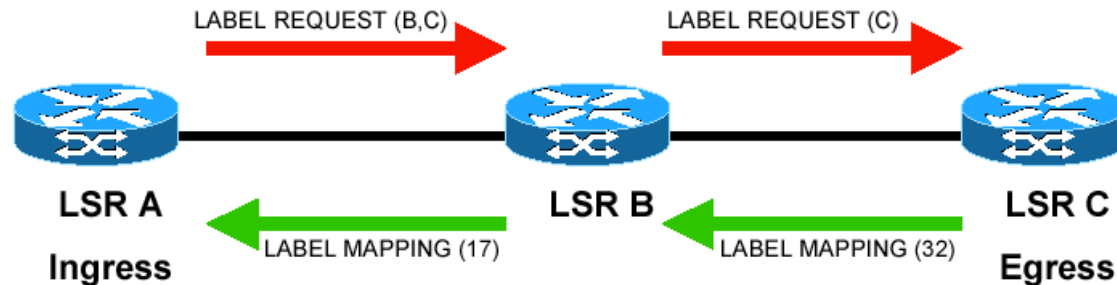


# Πρωτόκολλο Κατανομής Ετικετών με Περιορισμούς (1/2)

- Χρησιμοποιεί μηνύματα απλού LDP
- Εισάγει και επιπλέον δεδομένα για να καθορίζει υποχρεωτικά μονοπάτια ή άλλους περιορισμούς.
- Χρησιμοποιεί συνεδρίες TCP μεταξύ ομότιμων LSRs και στέλνει μηνύματα για κατανομή ετικέτας κατά την διάρκεια των συνόδων

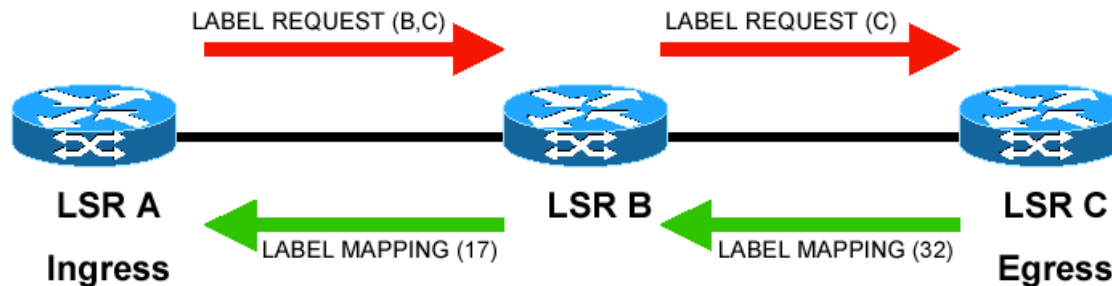


# Εγκατάσταση LSP με CR-LDP (1/2)



- LSP από τον LSR A στον LSR C
- Οι παράμετροι κίνησης απαιτούν το LSP να περάσει μέσω του LSR B.
- Ο LSR A στέλνει **LABEL\_REQUEST** με μια συγκεκριμένη διαδρομή (B, C). Ο LSR A δεσμεύει τους πόρους που χρειάζεται για το καινούργιο LSP, και μετά προωθεί το μήνυμα στον LSR B μέσω της συνόδου TCP.
- Ο LSR B δεσμεύει τους πόρους, τροποποιεί το LABEL\_REQUEST και το προωθεί στον LSR C.
- Ο LSR C διαπιστώνει ότι είναι ο κόμβος εξόδου για το νέο LSP. Εκτελεί οποιαδήποτε τελική διαπραγμάτευση για τους πόρους και δεσμεύει μια ετικέτα για το νέο LSP

# Εγκατάσταση LSP με CR-LDP (2/2)



- Η ετικέτα προωθείται στον LSP B μέσω του **LABEL\_MAPPING** που περιέχει τις τελικές παραμέτρους κίνησης
- Ο LSR B το αντιστοιχεί στην αρχική αίτηση, οριστικοποιεί την δέσμευση, δεσμεύοντας μια νέα τιμή ετικέτας για το LSP, ενημερώνει την LIB του και στέλνει την τιμή της ετικέτας στον LSR A μέσω ενός LABEL\_MAPPING
- Η επεξεργασία στον LSR A είναι παρόμοια, αλλά ο LSR A δεν δεσμεύει ετικέτα ούτε προωθεί το μήνυμα σε έναν επόμενο LSR επειδή αυτός είναι ο LSR εισόδου για το νέο LSP

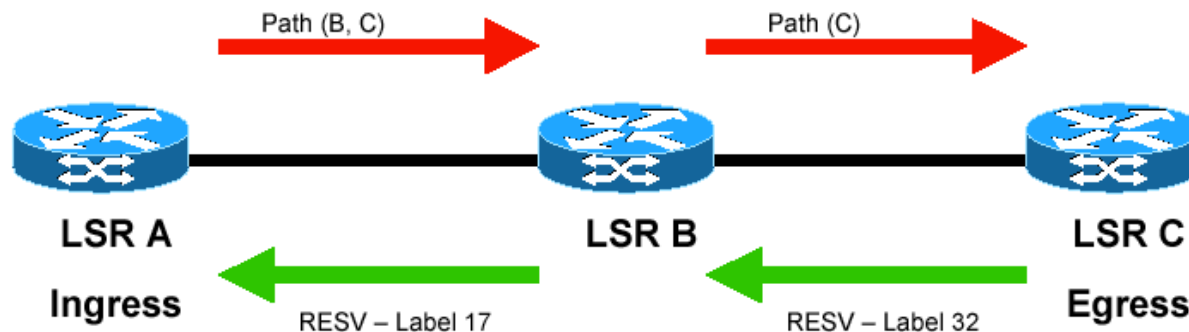


# Περιεχόμενα ενότητας

- ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΕΤΙΚΕΤΩΝ
- ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΣΗΜΑΤΟΔΟΣΙΑΣ
- ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΕΤΙΚΕΤΩΝ ΜΕ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΥΣ
- ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΔΕΣΜΕΥΣΗΣ ΠΟΡΩΝ**



# Πρωτόκολλο Δέσμευσης Πόρων



- Απλό RSVP: για δέσμευση πόρων.
- Δύο βασικά μηνύματα: **PATH** και **RESV**
- Λειτουργικά αντίστοιχο με LDP
- Το μήνυμα PATH επεκτείνεται με παραμέτρους:
  - LABEL\_REQUEST & EXPLICIT\_ROUTE
- Το μήνυμα RESV επεκτείνεται με παράμετρο:
  - LABEL\_MAPPING
- Παράδειγμα: εγκατάσταση LSP από τον LSR A στον LSR C
  - Διαφορά με CR-LDP: η κράτηση πόρων γίνεται με το μήνυμα RESV

# Επαναδρομολόγηση & Προστασία

## Επαναδρομολόγηση LSP

- Εξασφάλιση μιας καινούργιας διαδρομής για ένα LSP μετά από γνωστοποίηση βλάβης ή αλλαγής στην τοπολογία του δικτύου.
- Μια ρητή διαδρομή μπορεί να επαναδρομολογηθεί μόνο από τον LSR εισόδου.
  - ✓ βλάβη σε κάποιο σημείο ενός LSP πρέπει να αναφερθεί σε αυτόν
  - ✓ θα καταστρέψει ολόκληρο το LSP
- Υποστηρίζεται από το CR-LDP και από το RSVP με μικρές διαφορές
  - ✓ Με RSVP: ανανέωση του Path για ένα LSP. Παλιά διαδρομή τερματίζει με time-out (μειονέκτημα: σπαταλούνται πόροι από την παλιά διαδρομή)
  - ✓ Με CR-LDP & RSVP: μέθοδος Make-before-break: η παλιά διαδρομή χρησιμοποιείται κατά την εγκατάσταση της νέας διαδρομής. Μετά ο LSR χρησιμοποιεί τη νέα διαδρομή και καταστρέφει την παλιά (πλεονέκτημα: αποφεύγεται διπλή κράτηση πόρων)

## Προστασία LSP

- Προγραμματισμός εναλλακτικών διαδρομών από την αρχή με αυτόματη μεταγωγή εάν η αρχική διαδρομή καταστραφεί
  - ✓ Μεταγωγή στην νέα διαδρομή στον ελάχιστο χρόνο





# Ανακεφαλαίωση των Πλεονεκτημάτων του MPLS

- Αλλάζει το μοντέλο δρομολόγησης στο IP από connectionless σε connection-oriented
- Βελτιώνει την απόδοση προώθησης πακέτων στο δίκτυο
  - Χρησιμοποιεί τεχνικές μεταγωγής επιπέδου 2
  - Είναι απλό και εύκολα υλοποιήσιμο
  - Είναι πιο γρήγορο
- Υποστηρίζει ποιότητα υπηρεσίας
  - Χρησιμοποιεί τεχνικές εγκατάστασης LSP με βάση την ποιότητα υπηρεσίας
- Είναι κλιμακώσιμο (scalable)
- Συμβάλλει στη διαλειτουργικότητα δικτύων
  - Αποτελεί γέφυρα μεταξύ IP και ATM
  - Διευκολύνει την συνεργασία IP-over-SONET για την κατασκευή δικτύων οπτικής μεταγωγής
  - Διευκολύνει τη δημιουργία VPNs



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 7: MPLS Πρωτόκολλα Λειτουργίας**». Έκδοση: **1.0**. Πάτρα **2015**. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <https://eclass.upatras.gr/courses/EE756/> .



# 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.

