



Ελληνική Δημοκρατία  
Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό  
Ίδρυμα Ηπείρου

# Προχωρημένα Θέματα

## Προγραμματισμού Δικτύων

### Ενότητα 12: Διαφοροποιημένες Υπηρεσίες διαδικτύου – MPLS

Φώτης Βαρζιώτης



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής ΤΕ

## Προχωρημένα Θέματα Προγραμματισμού Δικτύων

Ενότητα 12: Διαφοροποιημένες Υπηρεσίες διαδικτύου – MPLS

Φώτης Βαρτζιώτης  
Καθηγητής Εφαρμογών  
Άρτα, 2015



# Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



# Χρηματοδότηση

- 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.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο ΤΕΙ Ηπείρου**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

# Περιεχόμενα Ενότητας

- Μοντέλο διαφοροποιημένων υπηρεσιών διαδικτύου.
- Πλαίσιο MPLS.

# Διαφοροποιημένες υπηρεσίες (1/3)

**Στόχος:** παροχή διαφορετικών υπηρεσιών στα πακέτα του χρήστη

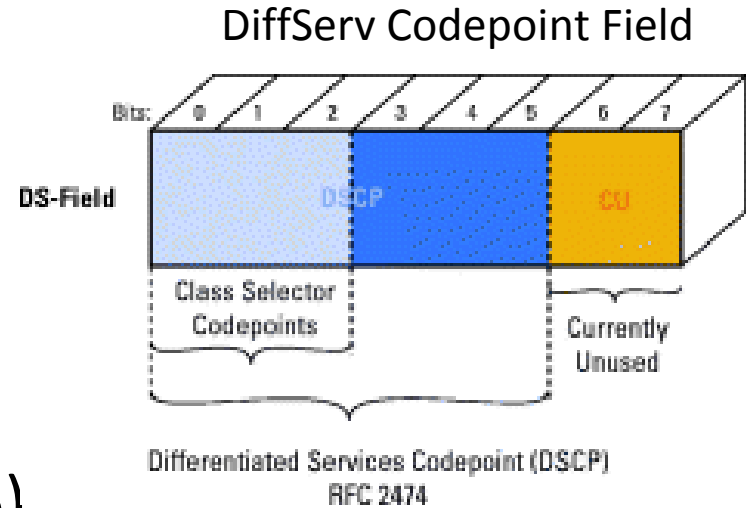
- οργανώνονται γύρω από περιοχές.
- αφορούν τους τελικούς χρήστες και του ενδιάμεσους κόμβους.

## Λειτουργία

- Τα πακέτα κατηγοριοποιούνται και επισημαίνονται κατάλληλα στις άκρες του δικτύου.
- Διαφορετική αντιμετώπιση για κάθε πακέτο.
- Δεν παρέχουν αυστηρές εγγυήσεις QoS (απουσία πρωτοκόλλου για δέσμευση πόρων)
  - συνεπώς, διαφορετική μεταχείριση ανά κατηγορία πακέτων.
- Λιγότερο πολύπλοκες στην υλοποίηση από τις Ολοκληρωμένες υπηρεσίες.

# Διαφοροποιημένες υπηρεσίες (2/3)

Για την κατηγοριοποίηση των πακέτων χρησιμοποιείται το *Type of Service (ToS)* byte στην IP επικεφαλίδα (IPv4) ή το Traffic Class (IPv6).



# Διαφοροποιημένες υπηρεσίες (3/3)

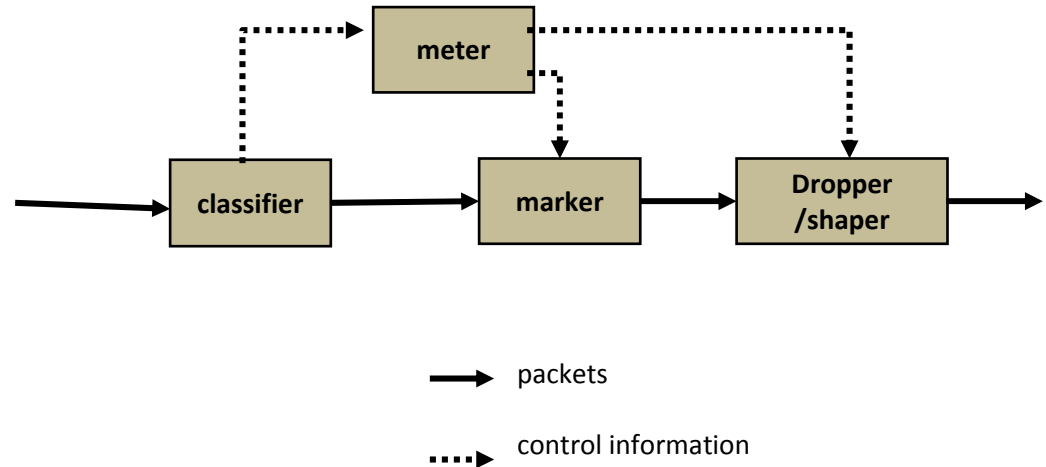
- Πλαίσιο μηχανισμών για την υποστήριξη Διαφοροποιημένων Υπηρεσιών.
- Μηχανισμοί:
  - Conditioner:
    - τοποθετούνται στα άκρα του δικτύου,
    - κατηγοριοποίηση πακέτων (θέτει τιμή στα bits του πεδίου DSCP (**D**iff**S**erv **C**ode **P**oint) στην επικεφαλίδα του πακέτου,
    - βελτιστοποίηση κυκλοφορίας.
  - Per-hop-behavior (PHB):
    - περιγράφει τον τρόπο προώθησης πακέτων στους ενδιάμεσους κόμβους.



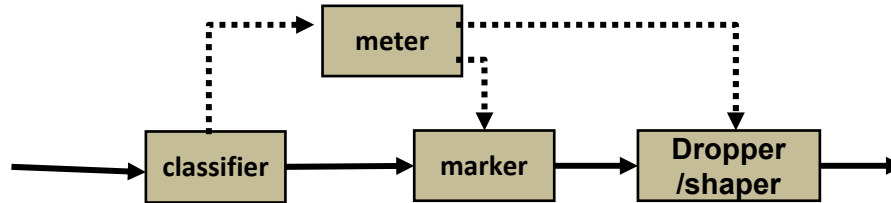
# Διαφοροποιημένες υπηρεσίες

## Classification and Conditioning (1/2)

- Classifier
- Conditioner:
  - meter
  - marker
  - shaper/dropper



# Διαφοροποιημένες υπηρεσίες- Classification and Conditioning (2/2)



- **Classifier:** επισήμανση πακέτων βάση προκαθορισμένων κανόνων κατηγοριοποίησης.
- **Marker:** επισημαίνει τα εισερχόμενα πακέτα και καθορίζει τα:
  - in-profile,
  - out-of profile,
  - **Shaper:** μορφοποίηση πακέτου βάσει in-profile.
- **Dropper:** διαγραφή πακέτων που παραβιάζουν τα κριτήρια.
- **Meter :** μέτρηση κυκλοφορίας για να προσδιοριστεί αν τα πακέτα συμμορφώνονται με τις παραμέτρους της κίνησης (αφορά τον διαχειριστή).

# Μηχανισμός Conditioner (1/4)

- Conditioners: καθορίζουν την ποιότητα υπηρεσίας για κάθε πακέτο.
  - βάσει συμβολαίου με τον χρήστη (SLA)
    - *Service Level Agreements (SLAs)*
      - Περιέχει πληροφορίες όπως:  
πηγή, προορισμός, port.
- Κάθε πακέτο που εισέρχεται στο δίκτυο:
  - επισημαίνεται από τον marker.
  - προωθείται στο επόμενο κόμβο.

# Μηχανισμός Conditioner (2/4)

- Κάθε ενδιάμεσος κόμβος:
  - κοιτάζει το πεδίο κατηγορίας (DSCP) για το που ανήκει το πακέτο
  - και το πεδίο προορισμού
  - το τοποθετεί στην κατάλληλη ουρά (ουρά προτεραιότητας).
- Ενοποίηση πολλών διαφορετικών ροών.
- Ενδεχομένως διαφορετικά σύνολα υπηρεσιών ανά περιοχή

# Μηχανισμός Conditioner (3/4)

Απαιτείται:

- Συμφωνία μεταξύ των περιοχών για αντιστοίχιση υπηρεσιών
- Συμφωνία αντιστοίχισης τιμών (bits στο ToS πεδίο) σε περίπτωση ίδιας υπηρεσίας
  - είτε ο κόμβος εξόδου της πρώτης περιοχής κάνει την αντιστοίχιση και αλλάζει το πεδίο ToS
  - είτε ο κόμβος εισόδου της δεύτερης αλλάζει το ToS.

# Μηχανισμός Conditioner (4/4)

- Σε περίπτωση που η επικοινωνία γίνεται μεταξύ χρηστών που βρίσκονται σε δύο διαφορετικές περιοχές (domains) και
  - υποστηρίζουν διαφοροποιημένες υπηρεσίες,
  - **αλλά** παρεμβάλλεται περιοχή που δεν υποστηρίζει διαφοροποιημένες υπηρεσίες αλλά RSVP ή μπορεί υποστηρίζει και ολοκληρωμένες υπηρεσίες.
- Τότε
  - διαφοροποιημένες υπηρεσίες πάνω από RSVP ή
  - πάνω από ολοκληρωμένες υπηρεσίες.
    - Δέσμευση πόρων (RSVP).

# Συνύπαρξη διαφοροποιημένων και ολοκληρωμένων υπηρεσιών

- Μπορεί να συνυπάρχουν οι διαφοροποιημένες με τις ολοκληρωμένες υπηρεσίες.
  - Απαιτείται εξασφάλιση πόρων για διαφοροποιημένες υπηρεσίες
  - Αφού οι διαφοροποιημένες υπηρεσίες δεν έχουν πρωτόκολλο για δέσμευση πόρων ενώ οι ολοκληρωμένες έχουν.
- Το πεδίο ToS καθορίζει την ποιότητα υπηρεσίας.
- Η δρομολόγηση γίνεται με τον παραδοσιακό τρόπο.
- Οι διαφοροποιημένες υπηρεσίες είναι:
  - πιο ευέλικτες (λιγότερο πολύπλοκες) από τις ολοκληρωμένες υπηρεσίες.
  - δεν παρέχουν αυστηρές εγγυήσεις σε ποιότητα υπηρεσίας.

# **MPLS**

Multiprotocol Label Switching



# Multiprotocol Label Switching

Εφαρμόζεται:

- Για την ενεργοποίηση IP δυνατοτήτων σε συσκευές που δεν υποστηρίζουν προώθηση IP datagram (παραδοσιακός τρόπος).
- Για την προώθηση IP πακέτων σε ρητά προκαθορισμένες διαδρομές.
  - μπορεί να διαφέρουν από αυτά που θα επέλεγε μια συνήθης πολιτική δρομολόγησης.
- Για την υποστήριξη VPN (Virtual Private Network) υπηρεσιών.

# MPLS (Multiprotocol Label Switching)

Παραδοσιακά Δρομολόγηση IP :

- κάθε δρομολογητής
  - έχει πίνακες δρομολόγησης της μορφής:  
<διεύθυνση προορισμού, διεπαφή εξόδου>.
  - εξετάζει την κεφαλή του πακέτου και ένας αλγόριθμος δρομολόγησης.
  - προωθεί το πακέτο στην κατάλληλη διεπαφή εξόδου (βασισμένος IP διεύθυνση του προορισμού).

MPLS: τα πακέτα προωθούνται βάσει ετικέτας (που ενσωματώνεται στην IP επικεφαλίδα) Label Switching.

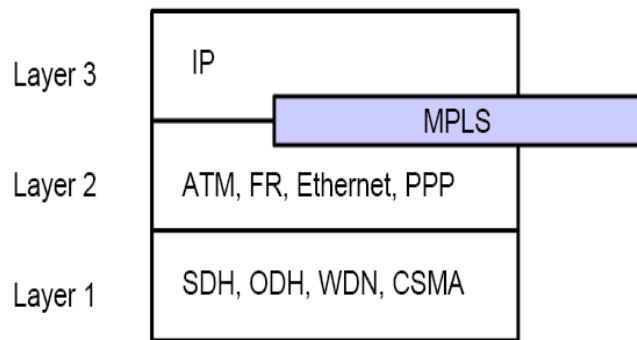
# MPLS

## Λειτουργία

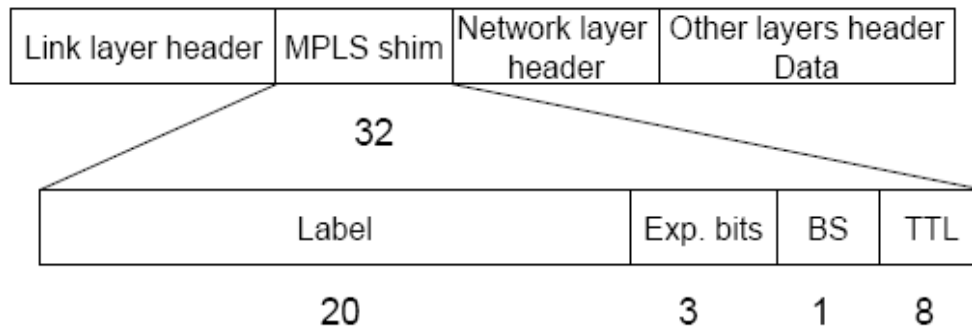
- Πλαίσιο μεταγωγής πακέτων με ετικέτα (label switching).
- *Ιδέα*: χρήση μιας σταθερού μήκους ετικέτας στη επικεφαλίδα του πακέτου, ώστε να αποφασίζεται η προώθησή του.
  1. Η ετικέτα εισάγεται στο εισερχόμενο πακέτο.
  2. Το πακέτο προωθείται στον επόμενο κόμβο
    - <ετικέτα, διεπαφή εισόδου, διεπαφή εξόδου, νέα ετικέτα, QoS>.
    - στους δρομολογητές: επεξεργασία σε επίπεδο δικτύου, για να καθοριστεί η κλάση υπηρεσίας στην οποία ανήκει το πακέτο
- Όλη απαιτούμενη πληροφορία στην ετικέτα

# Θεώρηση MPLS και της ετικέτας του

## Θέση MPLS (OSI)



## Γενική δομή MPLS ετικέτας



Exp.bits: Experimental Bits, often used for Class of Service

BS: Bottom of Stack bit, is set if no label follows

TTL: Time To Leave, used in the same way like in IP

# Ετικέτα MPLS

- Η εισαγωγή ετικέτας:
  - επιτρέπει αποτελεσματική χρήση της τεχνικής προώθησης.
- Μπορεί να διαφέρει από δρομολογητή σε δρομολογητή.
- Το MPLS διαχωρίζει τις λειτουργίες
  - προώθησης,
  - δρομολόγησης.
- Και είναι ικανό να υποστηρίξει διάφορες πολιτικές δρομολόγησης.
  
- Δεν απαιτεί ενθυλάκωση διευθύνσεων αποστολέα και παραλήπτη.
- Όλη η πληροφορία είναι στην ετικέτα.
  
- Πλεονεκτήματα
  - μικρό overhead (πολύ μικρή σε μέγεθος ετικέτα).
  - ταχύτερο σε εφαρμογές πραγματικού χρόνου.

# Label Switching

- Εφαρμογή προώθησης σε υλικό (2<sup>ο</sup> επίπεδο OSI)  
=> αύξηση της ταχύτητας μετάδοσης (π.χ. MPLS over ATM).
- Με τα παραδοσιακά IP πρωτόκολλα επικάλυψη
  - στο χρόνο: ίδια απόφαση για την δρομολόγηση των πακέτων κάποιας ροής πολλές φορές (για κάθε πακέτο).
  - στο χώρο: η απόφαση ενός δρομολογητή δεν είναι ανεξάρτητη από την απόφαση που πήρε κάποιος προηγούμενός του.
- Απαλλαγή από επιβαρύνσεις.

# Πρωτόκολλα στο MPLS

Όροι σχετικοί με το MPLS

- LDP – Label Distribution Protocol
  - LSR – Label Switching Router
  - LSP – Label Switched Path
- 
- Το MPLS χρησιμοποιεί:
    - το Label Distribution Protocol (LDP) για ανταλλαγή των ετικετών / “traffic trunk”
  - “traffic trunk”
    - συλλογή / ενοποίηση από ροές της ίδιας κλάσης υπηρεσίας,
    - τοποθετούνται μέσα στο ίδιο “Label Switched Path” (LSP).

# Label Switched Path

“LSP”: ακολουθία από ετικέτες  
[“LSR” εισόδου - “LSR” εξόδου]

– μορφή πίνακα:

- *<διασύνδεση εισόδου, ετικέτα εισόδου, διασύνδεση εξόδου, ετικέτα εξόδου>.*

– τα “LSPs” μοιάζουν τα “VCs” μονής κατεύθυνσης του ATM.

– το “LSP” μονοπάτι μπορεί να είναι το ίδιο με αυτό των συμβατικών πρωτοκόλλων.

– ή μπορεί να είναι και προκαθορισμένο (explicit) μονοπάτι.

- μια προκαθορισμένη ακολουθία από κόμβους.



# Προκαθορισμένη (explicit) Δρομολόγηση

- Προκαθορισμένα μονοπάτια (tunels)
  - χρήση στη διαχείριση κίνησης (traffic engineering),
  - καθορίζεται την στιγμή που γίνεται η ανάθεση ετικετών,
  - και δεν χρειάζεται να καθορίζεται για κάθε IP πακέτο ξεχωριστά,
  - η ικανότητα τους επιτρέπει την κατανομή της κυκλοφορίας.
- Όταν ένα πακέτο εισέρχεται στο δίκτυο καθορίζονται:
  - το μονοπάτι από το οποίο θα περάσει,
  - η ποιότητα υπηρεσίας και
  - ο τρόπος που θα προωθείται.
- Τα προκαθορισμένα μονοπάτια επιλέγονται:
  - άμεσα (manual) από τον διαχειριστή του δικτύου,
  - δυναμικά.
- Τα προκαθορισμένα μονοπάτια δημιουργούνται με χρήση του RSVP (δέσμευση πόρων, χρήση μέσω των ετικετών).

# Δυνατότητες MPLS

- Το MPLS μπορεί να υποστηρίξει δρομολόγηση με πολλαπλά μονοπάτια
    - μπορεί να διατεθούν πολλά μονοπάτια για το ίδιο “traffic trunk”.
  - Επιθυμητή
    - η προκαθορισμένη (explicit) δρομολόγηση
    - και η δρομολόγηση με πολλαπλά μονοπάτια **αντί** της παραδοσιακή IP δρομολόγησης.
- π.χ.
- επιτρέπει την επιλογή μονοπατιών βάσει διάφορων πολιτικών διαχείρισης,
  - επιτρέπει την εύκολη υποστήριξη υπηρεσιών για διαφορετική ποιότητα υπηρεσίας,
  - επιτρέπει την κατανομή του φόρτου,
  - μεγιστοποιεί το κέρδος του δικτύου και την ικανοποίηση των χρηστών.

# Βιβλιογραφία

- L.Peterson, B. Davie, (2009), Δίκτυα Υπολογιστών: Μια προσέγγιση από τη σκοπιά των συστημάτων, Εκδ. Κλειδάριθμος.
- Keshav, S., (1997), An Engineering Approach to Computer Networking, Εκδ. Addison – Wesley.

# Σημείωμα Αναφοράς

Βαρτζιώτης Φ. (2015). Προχωρημένα Θέματα Προγραμματισμού Δικτύων.  
ΤΕΙ Ηπείρου, Διαθέσιμο από:  
<http://eclass.teiep.gr/courses/COMP120/>

# Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά Δημιουργού-Μη Εμπορική Χρήση-Όχι Παράγωγα Έργα 4.0 Διεθνές [1] ή μεταγενέστερη. 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».



Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.el>

# Τέλος Ενότητας

Επεξεργασία: Μαργαρίτη Σπυριδούλα  
Άρτα, 2015



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



# Τέλος Ενότητας

Διαφοροποιημένες Υπηρεσίες διαδικτύου –  
MPLS



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ