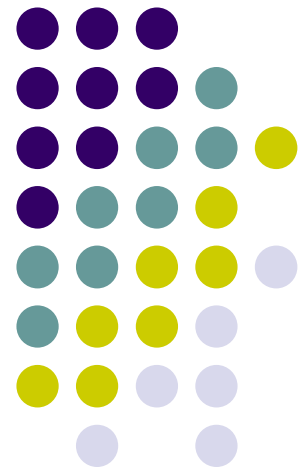


# Συμπύεση και Μετάδοση Πολυμέσων: Μετάδοση Πολυμέσων II



Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου  
Τμήμα Επιστήμης & Τεχνολογίας  
Τηλεπικοινωνιών

Ευάγγελος Α. Κοσμάτος





# Real-Time Protocol (RTP)

- Παρέχει μια συγκεκριμένη μορφή πακέτου για εφαρμογές πραγματικού χρόνου
  - ένα τμήμα δεδομένων πολυμέσων ενθυλακώνεται μέσα σε ένα πακέτο RTP
- Τυπικά εφαρμόζεται πάνω από UDP





# Real-Time Protocol (RTP)

- Καθορίζει τα παρακάτω πεδία επικεφαλίδας
  - **Payload Type:** 7 bits, παρέχει 128 πιθανές διαφορετικές τιμές για τον χαρακτηρισμό της κωδικοποίησης, π.χ. PCM, MPEG2 video
  - **Sequence Number:** 16 bits, χρησιμοποιείται για την ανίχνευση απωλειών στα πακέτα
  - **Timestamp (χρονοσφραγίδα):** 32 bits, αντικατοπτρίζει την χρονική στιγμή της δειγματοληψίας του πρώτου byte στο πακέτο RTP. Χρησιμοποιείται για την εξάλειψη της μεταβολής της καθυστέρησης (jitter) που εισάγεται από το δίκτυο
  - **Synchronization Source identifier (SSRC):** 32 bits, ένα μοναδικό καθοριστικό (id) για την πηγή του ρεύματος δεδομένων. Ανατίθεται τυχαία από την πηγή.

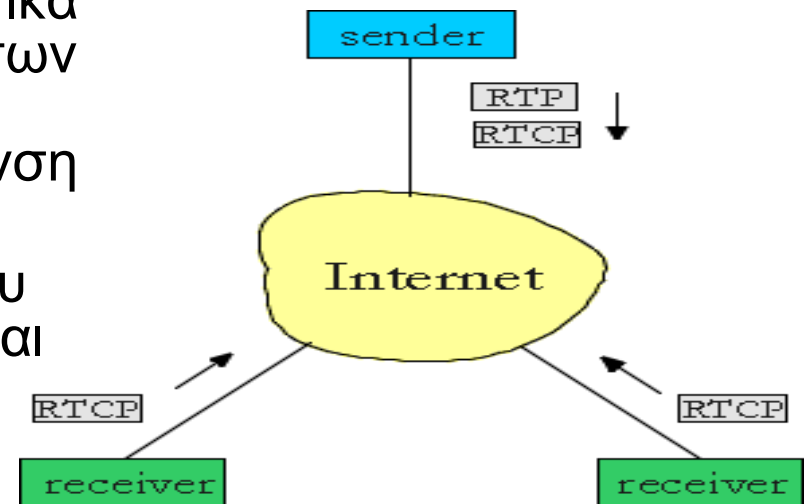


RTP Header



# RTP Control Protocol (RTCP)

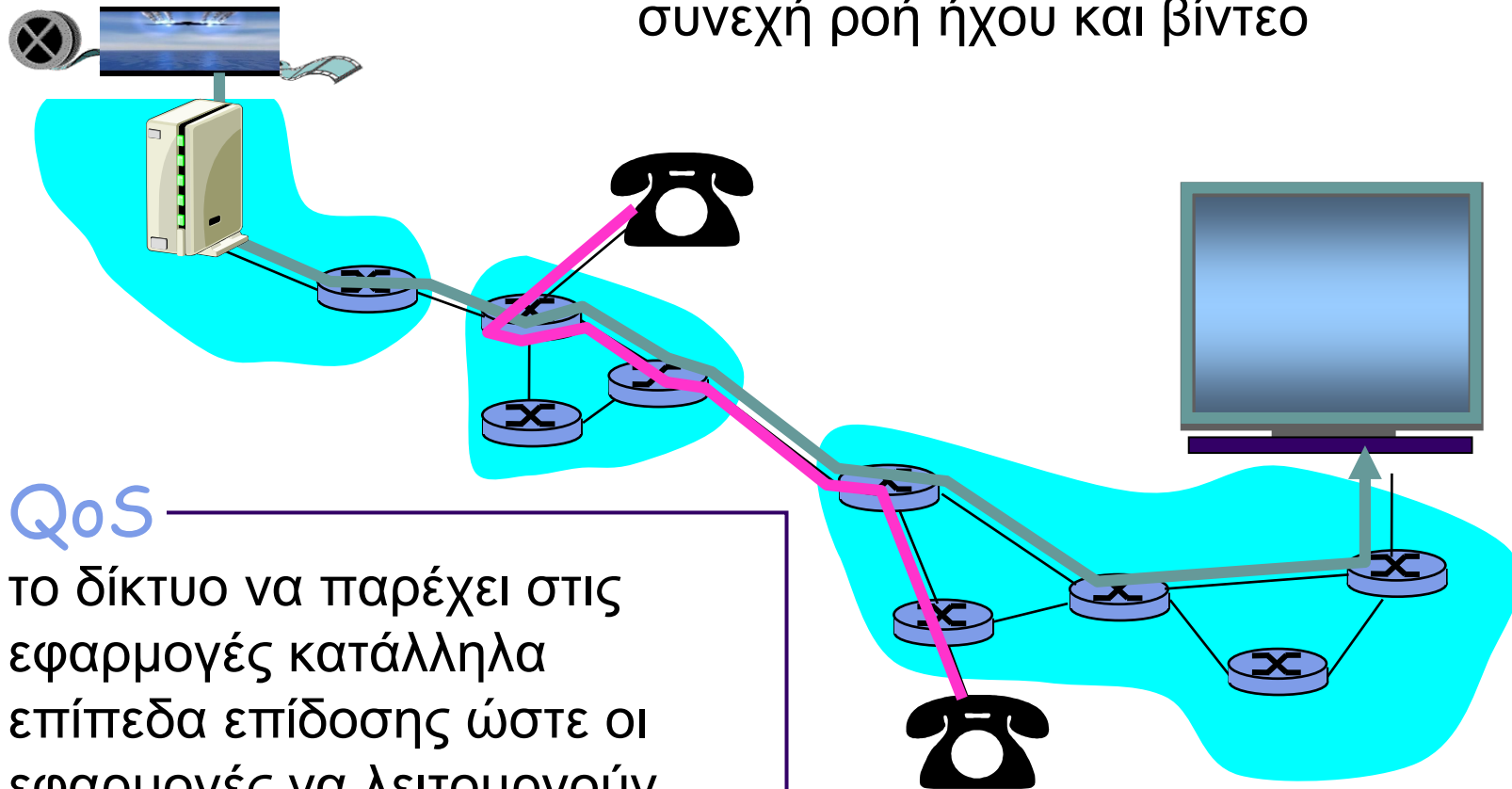
- Το πρωτόκολλο RTCP καθορίζει πακέτα στατιστικών στοιχείων (reports) που ανταλλάσσονται μεταξύ πηγών και προορισμών κατά τη διάρκεια της μετάδοσης πολυμέσων
- Χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με το RTP
- Καθορίζει τρία είδη αναφορών (reports): αναφορά παραλήπτη, αναφορά αποστολέα, περιγραφή πηγής
- Οι αναφορές περιλαμβάνουν στατιστικά στοιχεία όπως τον αριθμό των πακέτων που στάλθηκαν, τον αριθμό των πακέτων που χάθηκαν, την διακύμανση της καθυστέρησης (jitter)
- Χρησιμοποιείται για την μεταβολή του ρυθμού μετάδοσης του αποστολέα και για διαγνωστικούς σκοπούς





# Πολυμέσα και Ποιότητα Υπηρεσίας

Εφαρμογές πολυμέσων:  
συνεχή ροή ήχου και βίντεο



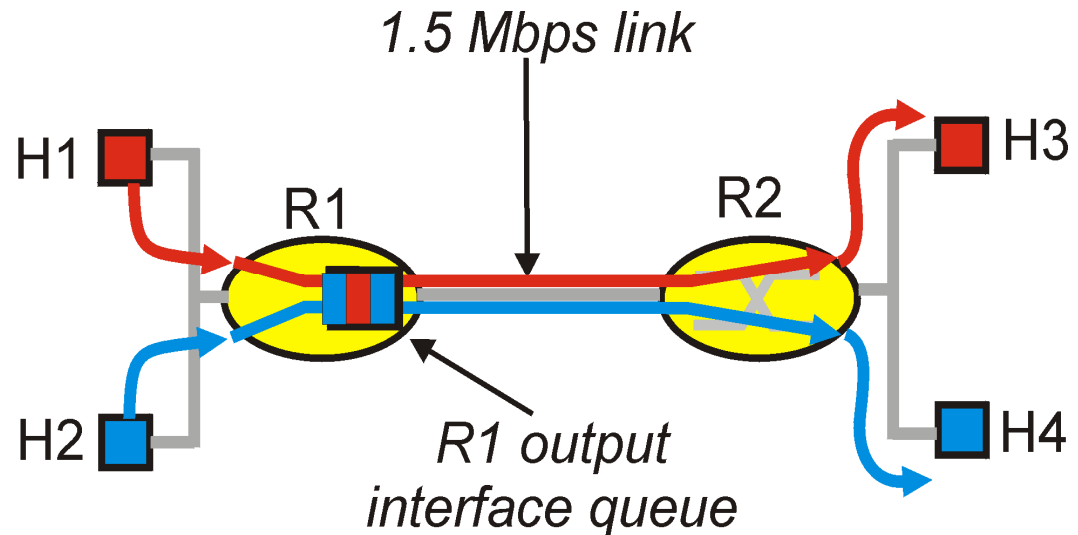
QoS

το δίκτυο να παρέχει στις εφαρμογές κατάλληλα επίπεδα επίδοσης ώστε οι εφαρμογές να λειτουργούν αδιάλειπτα

# Ποιότητα Υπηρεσίας (QoS) σε δίκτυα IP



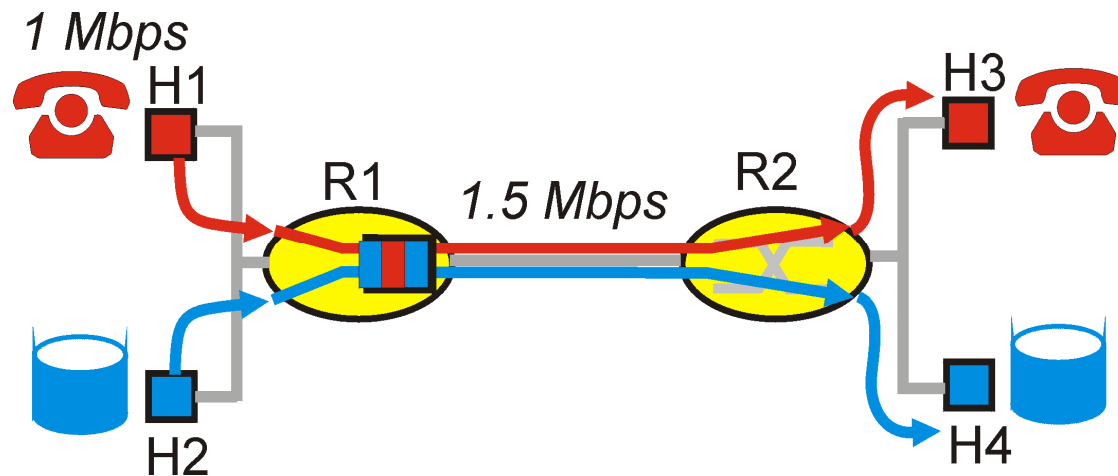
- Οι ομάδες της IETF groups προσπαθούν να βρουν τρόπους για την παροχή μηχανισμών ελέγχου της ποιότητας υπηρεσίας (QoS) στα δίκτυα IP π.χ. να παρέχουν περισσότερες διαβεβαιώσεις από ότι η απλή υπηρεσία βέλτιστης προσπάθειας (best effort)
- Πιο κοινές προτάσεις: πρωτόκολλο RSVP, Διαφοροποιημένες Υπηρεσίες (Differentiated Services), Ενοποιημένες Υπηρεσίες (Integrated Services)
- Απλό μοντέλο για την μελέτη των καταστάσεων συμφόρησης:





# Ποιότητα Υπηρεσίας (1)

- Θεωρούμε μια εφαρμογή τηλεφωνίας με ρυθμό 1Mbps, μια εφαρμογή FTP και μια ζεύξη ρυθμού 1.5 Mbps.
  - μεγάλες εκρήξεις στον ρυθμό της εφαρμογής FTP μπορεί να προκαλέσει συμφόρηση στον δρομολογητή και να προκαλέσει απόρριψη πακέτων φωνής.
  - θέλουμε να δώσουμε μεγαλύτερη προτεραιότητα στα πακέτα φωνής σε σχέση με τα πακέτα FTP
- **Αρχή 1: Η κατηγοριοποίηση (marking) των πακέτων δίνει την δυνατότητα στους δρομολογητές να ξεχωρίζουν τα πακέτα που ανήκουν σε διαφορετικές κατηγορίες κίνησης (classes). Επίσης απαιτείται μια πολιτική στον δρομολογητή που θα περιγράψει πως θα χειριστεί τα πακέτα ανάλογα με την κατηγορία που ανήκουν.**

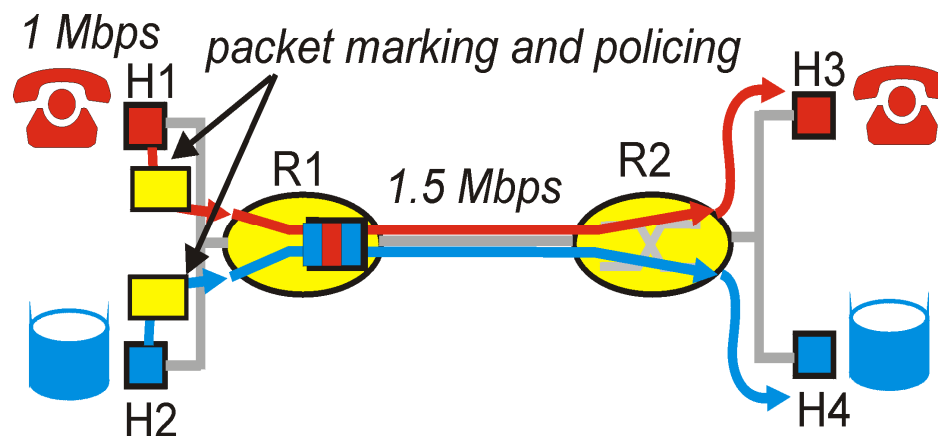


Συμπύεση και Μετάδοση Πολυμέσων



## Ποιότητα Υπηρεσίας (2)

- Προβληματικές Εφαρμογές
  - π.χ. η εφαρμογή φωνής στέλνει πακέτα με μεγαλύτερο ρυθμό από 1Mbps που υποθέσαμε προηγουμένως.
- **Αρχή 2: παρέχεται ένα βαθμός απομόνωσης μεταξύ διαφορετικών μορφών / κατηγοριών κίνησης**
  - η κίνηση μιας εφαρμογής να μην επιρεάζεται αρνητικά από την κίνηση οποιασδήποτε άλλης προβληματικά συμπεριφερόμενης εφαρμογής.
- Απαιτούνται Μηχανισμοί Αστυνόμευσης (Policing) για να διασφαλίσουμε ότι τηρούνται συγκεκριμένα κριτήρια.
  - Οι μηχανισμοί Κατηγοριοποίησης (Marking) και Αστυνόμευσης (Policing) εφαρμόζονται στα «όρια» του δικτύου.

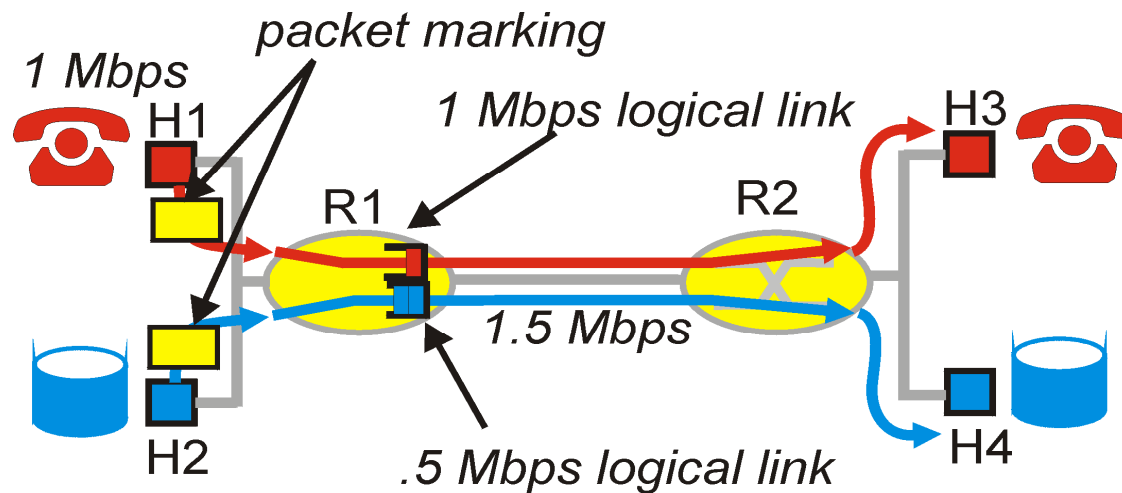






## Ποιότητα Υπηρεσίας (3)

- Εναλλακτική προσέγγιση της Κατηγοριοποίησης και Αστυνόμευσης: μηχανισμός χρονοπρογραμματισμού πακέτων σε επίπεδο ζεύξης (link-level packet scheduling)
  - Μπορεί να οδηγήσει σε υποχρησιμοποίηση του εύρους ζώνης (bandwidth) αν κάποια από τις ροές δεν χρησιμοποιεί το εύρος ζώνης που της έχει διατεθεί.
- **Αρχή 3: Επιπρόσθετα με την απομόνωση είναι επιθυμητό να χρησιμοποιούνται όσο το δυνατόν πιο αποτελεσματικά οι διαθέσιμοι πόροι.**

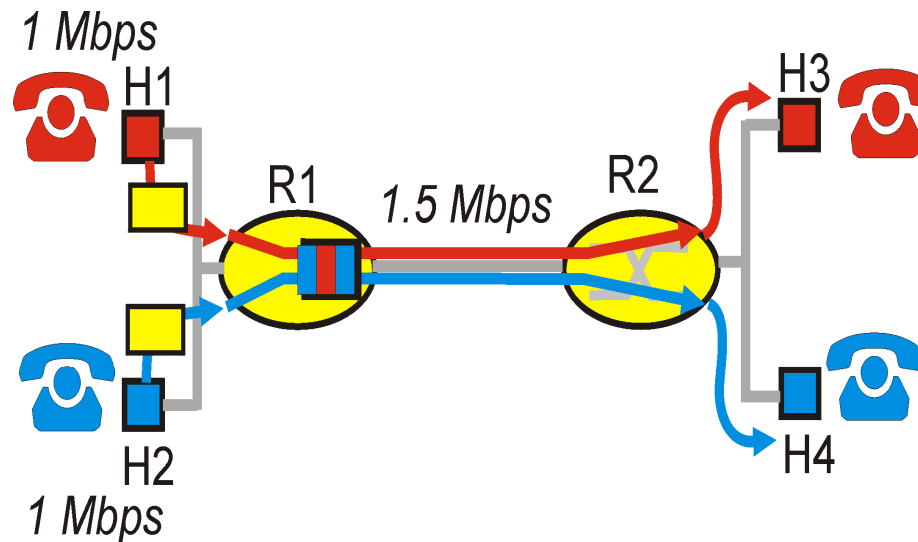


Συμπύεση και Μετάδοση Πολυμέσων



## Ποιότητα Υπηρεσίας (4)

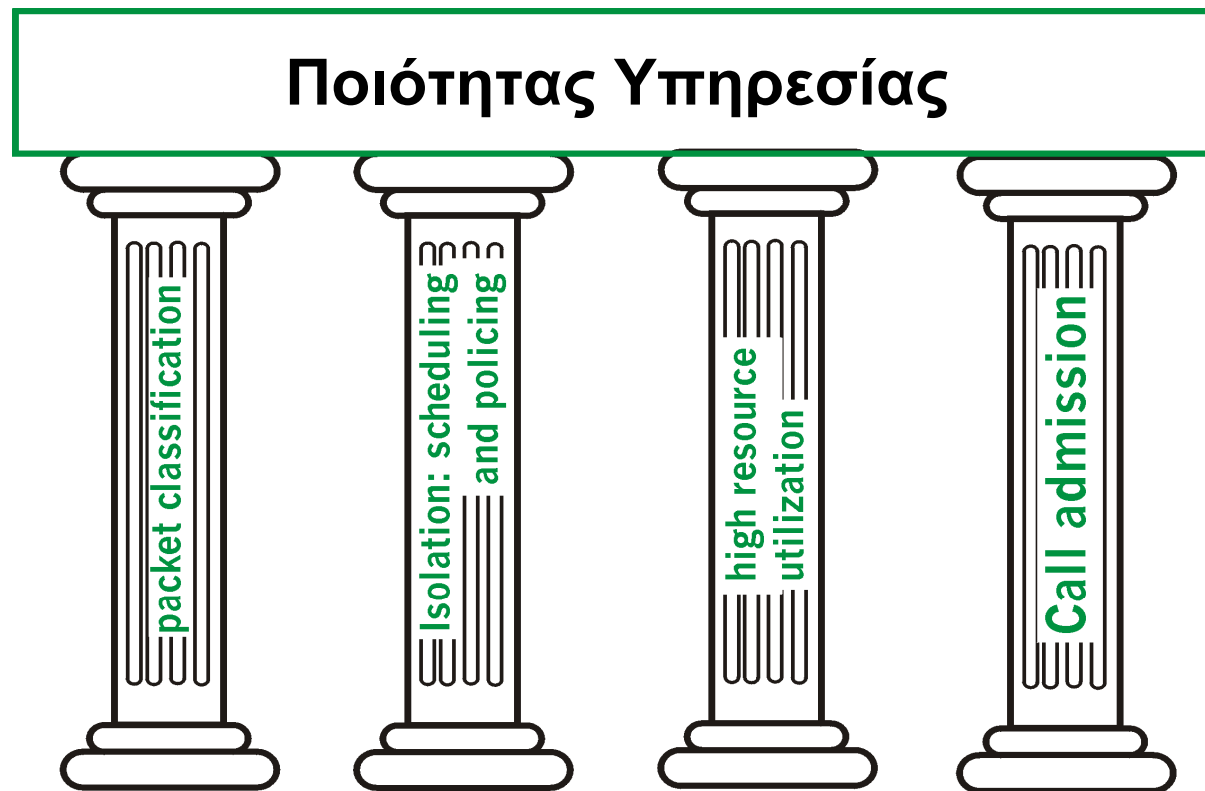
- Δεν μπορούν να υποστηριχτούν ρυθμοί μεγαλύτεροι από το ρυθμό μετάδοσης της σύνδεσης
- **Αρχή 4: Ανάγκη διαδικασίας Αποδοχής Κλήσης (Admission Control).** Οι εφαρμογές δηλώνουν τις ανάγκες τους σε πόρους, το δίκτυο μπορεί να απορρίψει κάποια ροή αν δεν ικανοποιούνται οι συνολικές ανάγκες.





# Ποιότητα Υπηρεσίας (5)

- Κατηγοριοποίηση Πακέτων
- Απομόνωση
- Υψηλή Χρησιμοποίηση των Πόρων
- Αποδοχή Κλήσεων

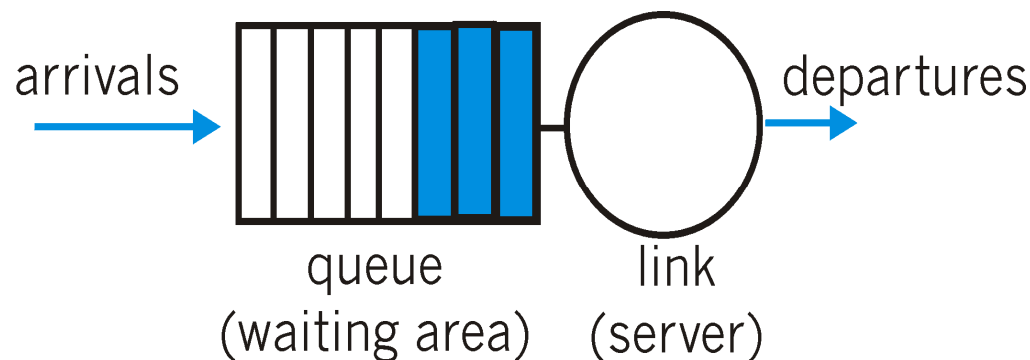


Συμπύεση και Μετάδοση Πολυμέσων



# Μηχανισμοί Προγραμματισμού

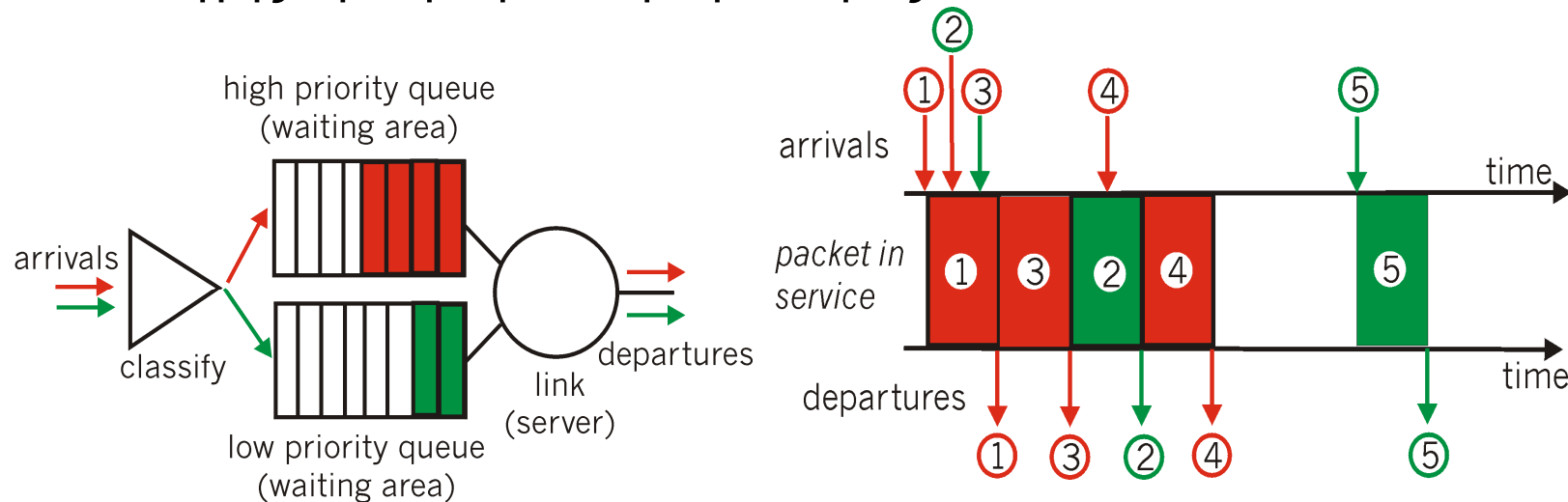
- Προγραμματισμός: επιλογή του επόμενου πακέτου για αποστολή στη ζεύξη
- Μηχανισμός FIFO (first in first out): αποστολή με τη σειρά που φθάνουν στην ουρά
  - πολιτική απόρριψης: αν κάποιο πακέτα φθάσει σε γεμάτη ουρά
    - tail drop: απόρριψη πακέτου που φθάνει
    - priority: απόρριψη ανάλογα με προτεραιότητες
    - random: τυχαία απόρριψη



# Προγραμματισμός με προτεραιότητες



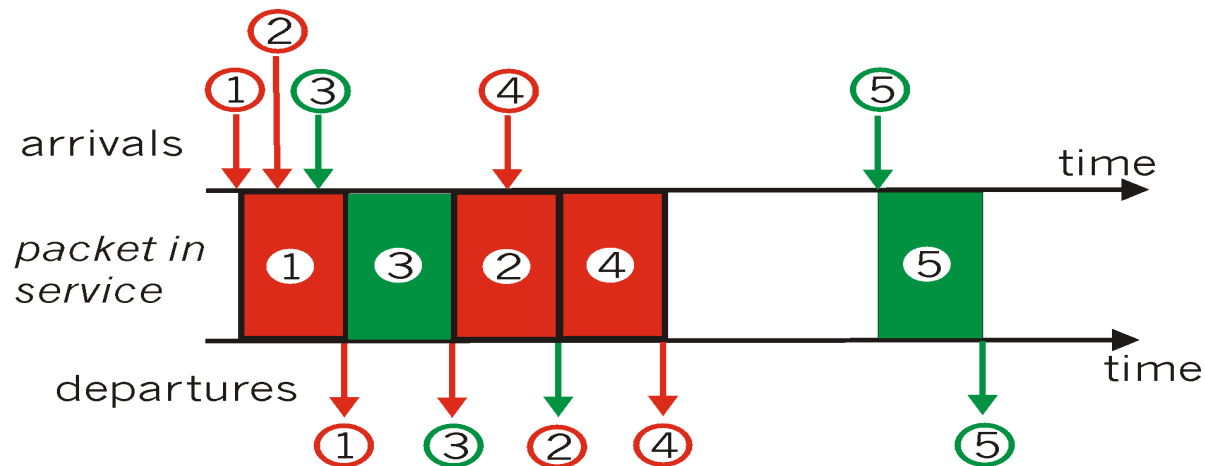
- Priority Scheduling
- Μετάδοση του πακέτου με τη μεγαλύτερη προτεραιότητα πρώτα
- Πολλές κατηγορίες κίνησης (classes) με διαφορετικές προτεραιότητες
  - η κατηγοριοποίηση μπορεί να στηρίζεται σε σήμανση της επικεφαλίδας ή άλλη πληροφορία π.χ. διεύθυνση IP πηγής/προορισμού, αριθμό θύρας





# Κυκλικός Προγραμματισμός

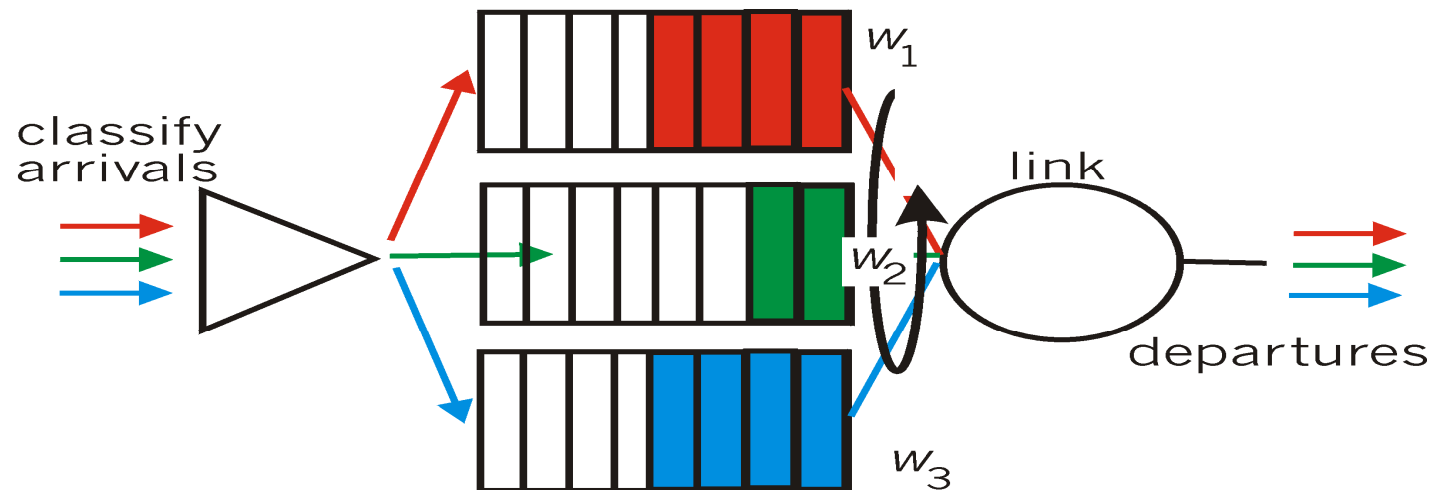
- Round Robin Scheduling
- Πολλές κατηγορίες κίνησης (classes) με διαφορετικές προτεραιότητες
- Κυκλική ανίχνευση πακέτων στις ουρές και εξυπηρέτηση ενός πακέτου ανά κατηγορία (εάν αυτό υπάρχει)





# Σταθμικά Δίκαιος Προγραμματισμός

- Weighted Fair Queuing
- Ποιο γενικός μηχανισμός σε σχέση με τον κυκλικό προγραμματισμό (round robin)
- Σε κάθε κύκλο εκτέλεσης κάθε κατηγορία εξυπηρετείται ανάλογα με το βάρος της (weight).





# Μηχανισμοί Αστυνόμευσης

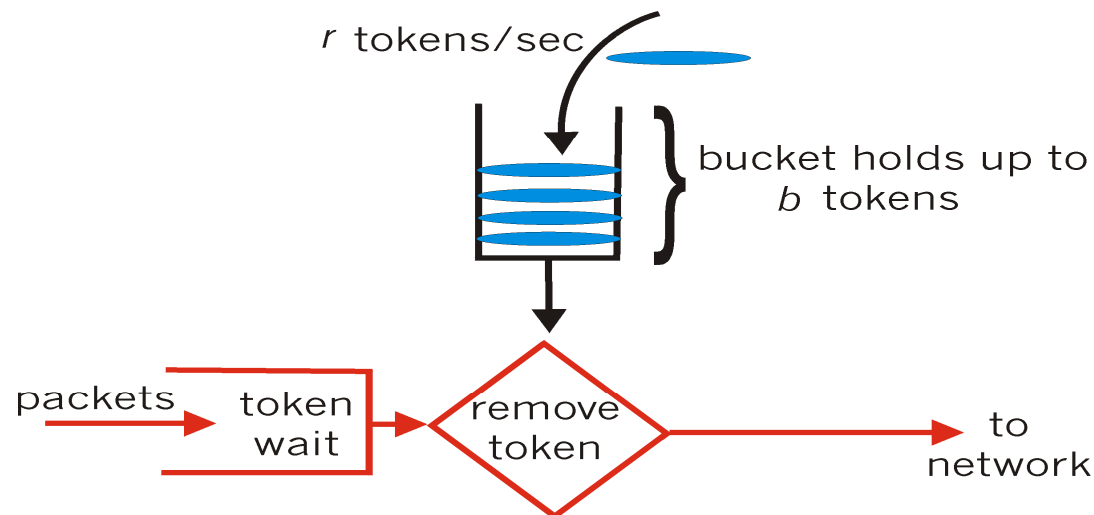
- Μέσος ρυθμός μετάδοσης (Average Rate)
  - μακροπρόθεσμο μέγεθος
  - π.χ. 300 πακέτα / sec ή 18000 πακέτα / min
- Μέγιστος ρυθμός μετάδοσης (Peak Rate)
  - π.χ. 18000 πακέτα / min μέσος ρυθμός, 5000 πακέτα /sec μέγιστος ρυθμός
- Μέγιστο μέγεθος έκρηξης (Max Burst Size)
  - μέγιστος αριθμός πακέτων που στέλνονται διαδοχικά μέσα σε ένα μικρό χρονικό διάστημα





# Μηχανισμοί Αστυνόμευσης

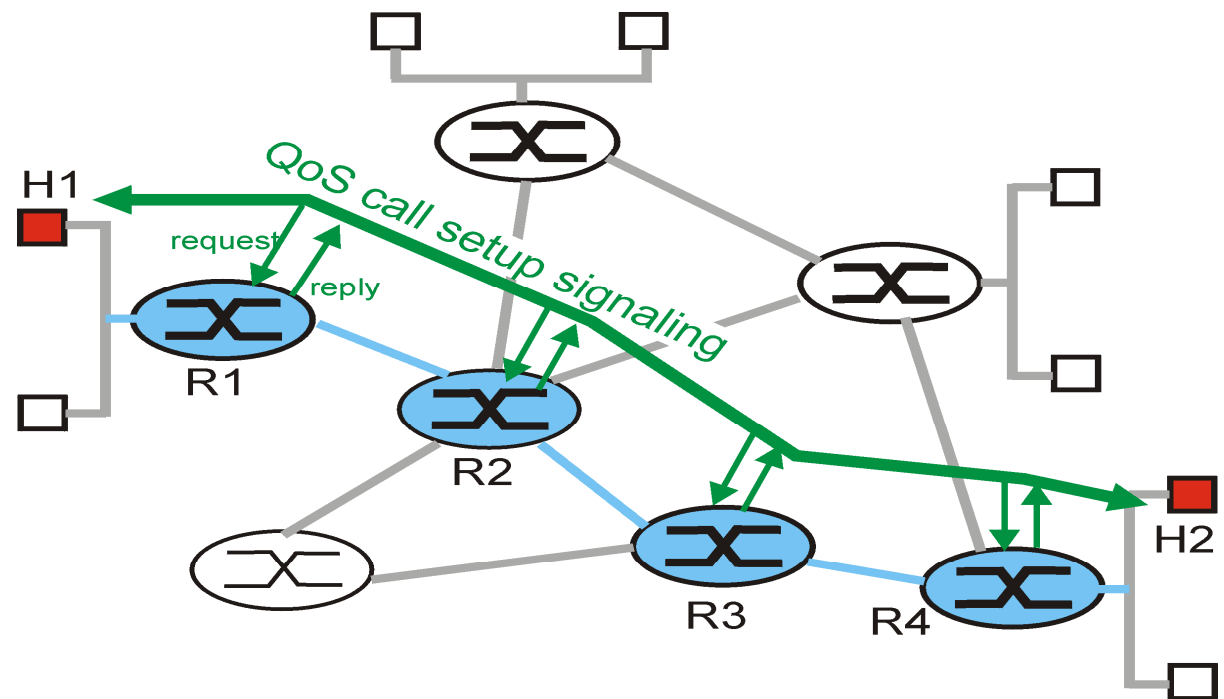
- Μηχανισμός «Τρύπιου Δοχείου» (Token Bucket): παρέχει τα μέσα για τον περιορισμό της εισόδου σε ένα συγκεκριμένο Μέγεθος Έκρηξης Κίνησης (Burst Size) και σε ένα συγκεκριμένο Μέσο Ρυθμό (Average Rate)
- Κάθε δοχείο μπορεί να χωρέσει μέχρι  $b$  κουπόνια (tokens)
- Τα κουπόνια παράγονται με ρυθμό  $r$  token/sec
  - ώσπου το δοχείο να γεμίσει πλήρως με κουπόνια.
- Για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα  $t$ , ο αριθμός των πακέτων που εισέρχονται στη ζεύξη είναι ίσος με  $(r t + b)$ .



# Ενοποιημένες Υπηρεσίες



- Integrated Service
- Αρχιτεκτονική για την παροχή εγγυήσεων ποιότητας υπηρεσίας (QoS guarantees) σε δίκτυα IP για αυτόνομες συνόδους εφαρμογών
- Βασίζεται στην δέσμευση πόρων: οι δρομολογητές πρέπει να διατηρούν πληροφορίες για την κατάσταση των δεσμεύσεων
- Αποφασίζεται η αποδοχή μιας νέας αίτησης ανάλογα με την κατάσταση των υπάρχοντων δεσμεύσεων





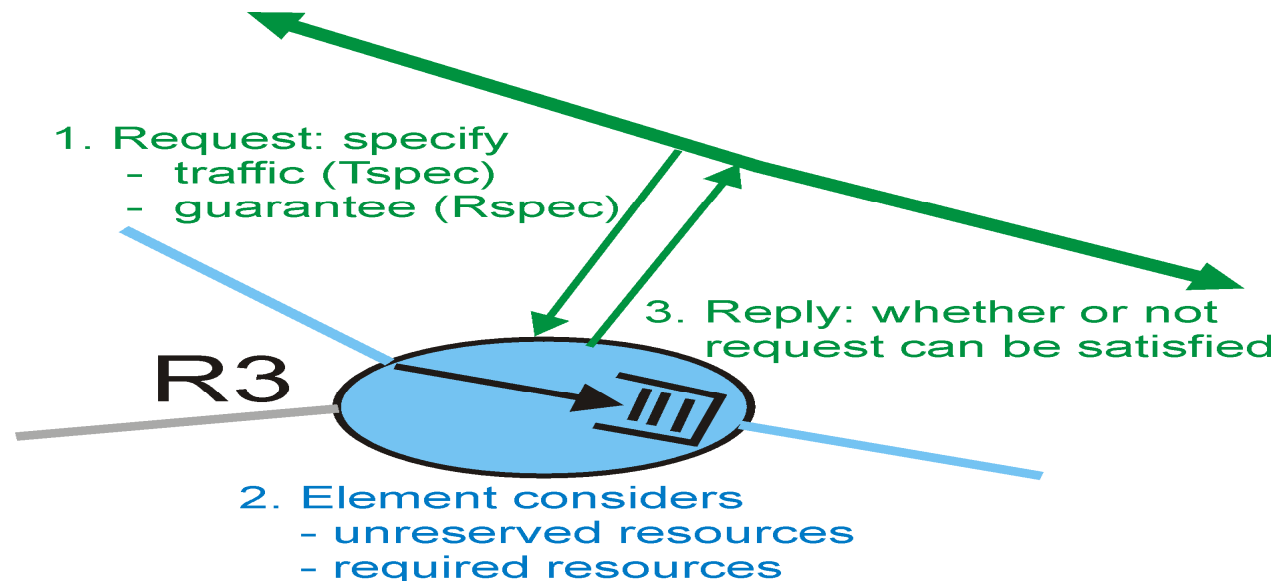
# Αποδοχή Κλήσης

- Κάθε σύνοδος εφαρμογής πρέπει να δηλώσει της απαιτήσεις της σε QoS και να χαρακτηρίσει την κίνηση που πρόκειται να στείλει στο δίκτυο.
- **R-spec**: καθορίζει την αιτούμενη QoS
- **T-spec**: καθορίζει τα χαρακτηριστικά της κίνησης
- Απαιτείται η ύπαρξη πρωτοκόλλου που θα μεταφέρει την πληροφορία των R-spec και T-spec στους δρομολογητές όπου θα γίνουν οι δεσμεύσεις
  - καταλληλότερο το πρωτόκολλο RSVP



# Αποδοχή Κλήσης

- Αποδοχή Κλήσης: οι δρομολογητές αποφασίζουν για την αποδοχή ή την απόρριψη της αίτησης με βάση τα R-spec και T-spec και τους πόρους που έχουν ήδη δεσμευτεί για τις υπάρχουσες κλήσεις.



# Διαφοροποιημένες Υπηρεσίες



- Δημιουργήθηκε για την επίλυση των παρακάτω δυσκολιών που παρουσιάζουν οι αρχιτεκτονικές IntServ και RSVP
  - Κλιμάκωση (Scalability): η διατήρηση καταστάσεων πόρων στους δρομολογητές είναι δύσκολη σε δίκτυα υψηλών ταχυτήτων λόγω του μεγάλου αριθμού των ροών
  - Ευέλικτα Μοντέλα Υπηρεσίας: Η αρχιτεκτονική IntServ χρησιμοποιεί μόνο δύο κατηγορίες κίνησης (classes). Ανάγκη για λεπτομερέστερη διαφοροποίηση των αναγκών των υπηρεσιών
  - Απλούστερη Σηματοδοσία σε σχέση με το RSVP: πολλές υπηρεσίες και εφαρμογές θέλουν να καθορίζουν τις απαιτήσεις τους πιο ποιοτικά

# Διαφοροποιημένες Υπηρεσίες

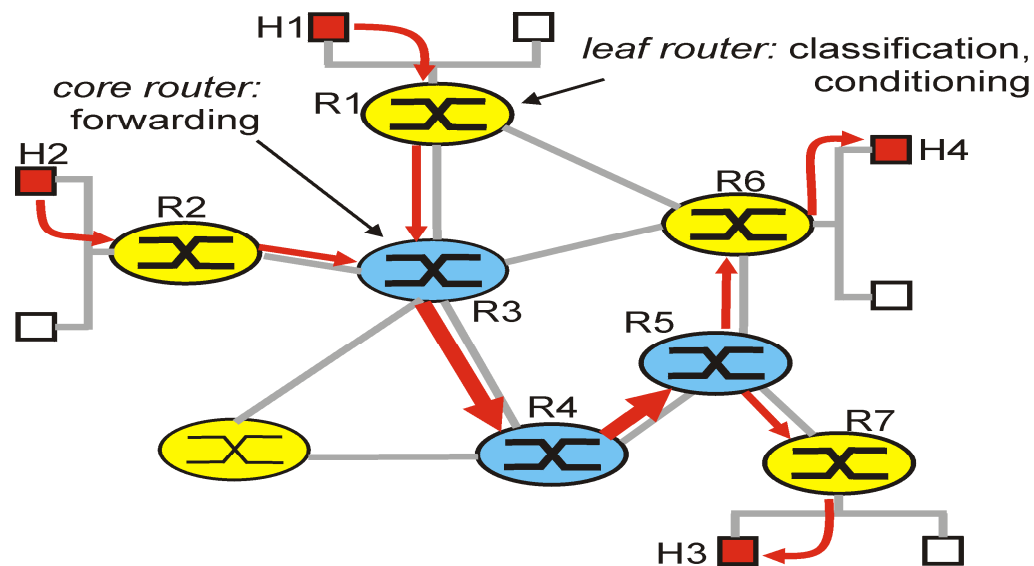


- Προσέγγιση:
  - Χρήση απλών μηχανισμών στο «μέσο» (core) του δικτύου και σχετικά πολύπλοκους μηχανισμούς στα «άκρα» (edge) του δικτύου
  - Δεν καθορίζονται κατηγορίες κίνησης (service classes). Αντί αυτού παρέχονται λειτουργικές μονάδες για την δημιουργία των κατηγοριών κίνησης



# Λειτουργίες στα «Άκρα» του δικτύου

- Σε hosts που υποστηρίζουν DiffServ ή στον πρώτο δρομολογητή που υποστηρίζει DiffServ
- Κατηγοριοποίηση: οι ακραίοι κόμβοι σημαίνουν τα πακέτα σύμφωνα με κανόνες κατηγοριοποίησης που καθορίζονται:
  - διαχειριστή του συστήματος
  - διάφορα πρωτόκολλα
- Προσαρμογή (conditioning) της κίνησης: οι ακραίοι κόμβοι μπορεί να καθυστερούν ή ακόμα και να απορρίπτουν πακέτα

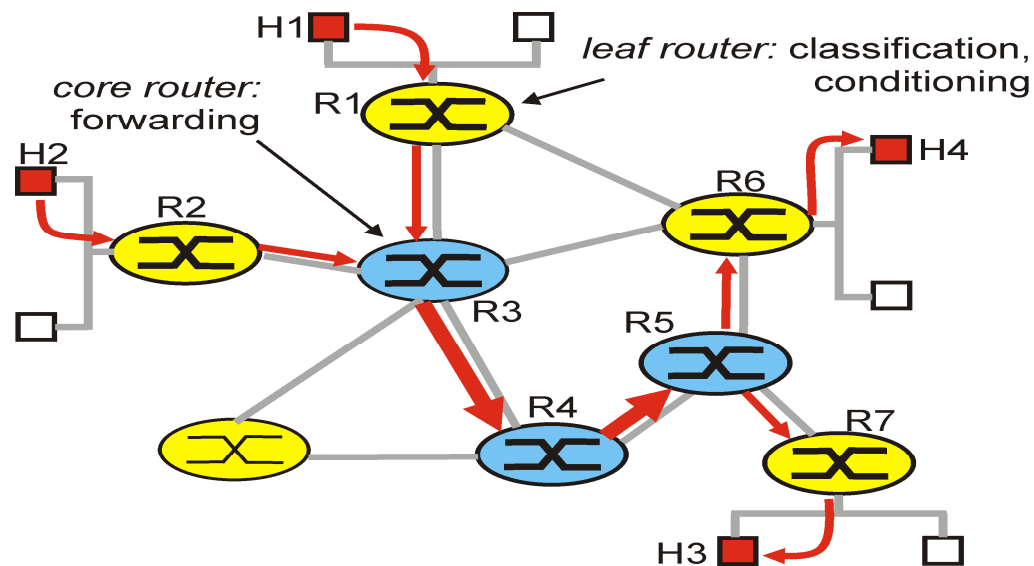


Συμπύεση και Μετάδοση Πολυμέσων



# Λειτουργίες στο «Μέσο» του δικτύου

- Προώθηση (forwarding) πακέτων
  - σύμφωνα με την «Συμπεριφορά Ανά Άλμα» (Per-Hop-Behavior – PHB) που έχει καθοριστεί για κάθε μία κατηγορία κίνησης
  - Το PHB βασίζεται αποκλειστικά στην σήμανση των πακέτων (δεν χρησιμοποιείται κανένα άλλο πεδίο για τον καθορισμό του)
- Μεγάλο πλεονέκτημα
  - Στους δρομολογητές δεν διατηρείται καμία πληροφορία κατάστασης



Συμπύεση και Μετάδοση Πολυμέσων





# Κατηγοριοποίηση και Προσαρμογή

- Σήμανση των πακέτων
  - Type of Service (TOS) στο IPv4
  - Traffic Class στο IPv6
- Differentiated Service Code Point (DSCP)
  - 6 bits χρησιμοποιούνται για τον καθορισμό του PHB που θα λάβει το πακέτο
  - 2 bits αχρησιμοποίητα





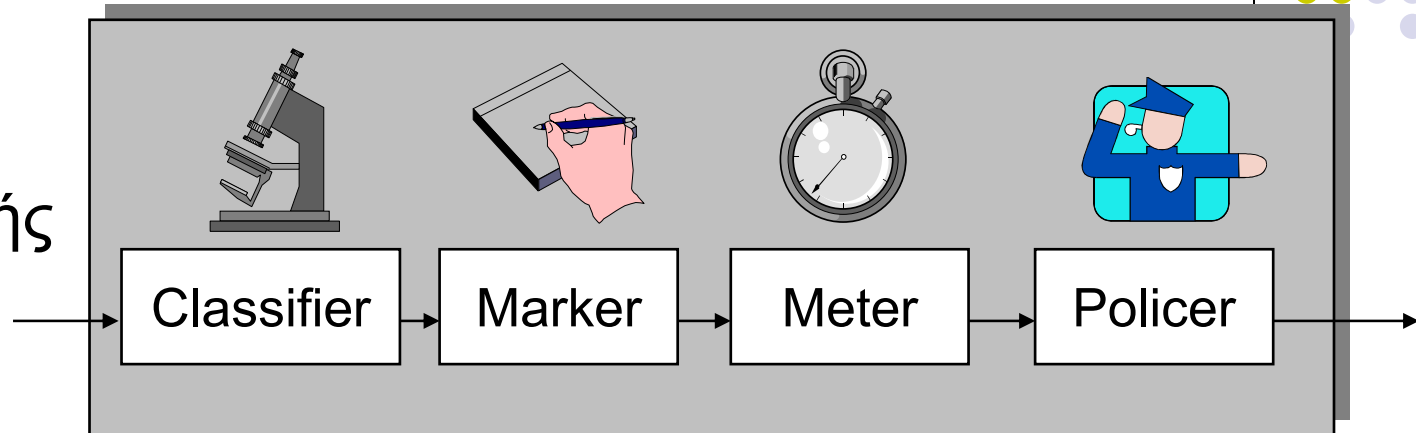
## Πρωώθηση (PHB)

- Η χρήση του PHB έχει ως αποτέλεσμα διαφορετικές μετρούμενες συμπεριφορές πρωώθησης
- Το PHB δεν καθορίζει τους μηχανισμούς που θα χρησιμοποιηθούν για την εξασφάλιση της απαιτούμενης απόδοσης
- Παραδείγματα:
  - Η κατηγορία A θα λάβει το  $x\%$  του εύρους ζώνης της ζεύξης εξόδου μέσα σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο
  - Τα πακέτα κατηγορίας A θα προωθούνται πριν τα πακέτα κατηγορίας B

# Δρομολογητές DiffServ



DiffServ  
Ακραίος  
Δρομολογητής



DiffServ  
Κεντρικός  
Δρομολογητής

