



# Δίκτυα Επικοινωνιών II :

## Εισαγωγή στην ποιότητα υπηρεσίας

Δρ. Απόστολος Γιάμας

Διδάσκων 407/80

gkamas@uop.gr

Διαφάνεια 1

Δίκτυα Επικοινωνιών II

# Θέματα Διάλεξης



- Εισαγωγή στην Ποιότητα Υπηρεσίας
- Μετρικές Ποιότητας
- Ποιότητα Υπηρεσίας σε επίπεδο 1
  - Διαφοροποίηση φυσικών μονοπατιών
- Ποιότητα Υπηρεσίας σε επίπεδο 2
  - ATM και Frame Relay
- Ποιότητα Υπηρεσίας σε επίπεδο δικτύου
  - Εισαγωγή στην IntServ αρχιτεκτονική
  - Εισαγωγή στην DiffServ αρχιτεκτονική
  - Εισαγωγή στην τεχνολογία MPLS και στις δυνατότητες που παρέχει για συνεργασία με την DiffServ αρχιτεκτονική

Διαφάνεια 2

Δίκτυα Επικοινωνιών Π

# Εισαγωγή στην ποιότητα υπηρεσίας



- Τα IP δίκτυα χαρακτηρίζονται σήμερα από:
  - Παρέχουν μόνο την best effort υπηρεσία
  - Παρουσιάζουν συχνά συμφόρηση
  - Μη παροχή εγγυήσεων σε ευαίσθητες εφαρμογές (πχ VoIP, videoconference κλπ)
- Ορισμός Ποιότητας Υπηρεσίας: Η ικανότητα ενός στοιχείου του δικτύου να παρέχει ένα επίπεδο διαβεβαίωσης (εγγύησης) σε ένα υποσύνολο κίνησης ότι οι απαιτήσεις υπηρεσίας της μπορεί να επιτευχθούν με συγκεκριμένη (πολύ μεγάλη) πιθανότητα

# Μετρικές Ποιότητας



- Εύρος ζώνης (Bandwidth)
  - μέγιστο μέγεθος καταιγισμού (maximum burst size)
  - μέγιστη χωρητικότητα (peak bandwidth)
  - ελάχιστη εγγυημένη χωρητικότητα (minimum guaranteed bandwidth)
  - μέση χωρητικότητα (average bandwidth)
- καθυστέρηση (delay)
  - Χρόνος μετάδοσης
  - Χρόνος διάδοσης
  - Χρόνος καθυστέρησης
- jitter (IP packet delay variation)
- απώλεια πακέτων (packet loss)



## Τύποι QoS

- Μηχανισμοί QoS στο φυσικό επίπεδο
  - Διαφοροποίηση μονοπατιών
- QoS στο επίπεδο διασύνδεσης
  - QoS στο ATM
    - Κλάσεις QoS (4 κλάσεις QoS)
  - QoS στο Frame relay
- QoS στο επίπεδο δικτύου
  - Integrated Services Architecture (IntServ)
  - Differentiated Services Architecture (DiffServ)
- «QoS» στο επίπεδο των εφαρμογών

## QoS στο φυσικό επίπεδο



- Το φυσικό επίπεδο αποτελείται από τη φυσική καλωδίωση και το μέσο μετάδοσης στο ίδιο το δίκτυο
- Η κατασκευή διαφοροποιημένων μεταξύ τους φυσικών μονοπατιών σε ένα δίκτυο είναι μια πρώτη προσπάθεια για την παροχή διαφοροποιημένων επιπέδων υπηρεσιών
- Διαφορετικά μονοπάτια κατασκευάζονται κυρίως για χρήση από το επίπεδο δικτύου, παρέχοντας διαθεσιμότητα επιπλέον δικτυακών συνδέσεων στις περιπτώσεις που το πρωτεύων φυσικό μονοπάτι χαθεί για κάποιο λόγο
  - Πολλές φορές η χρήση όλου του διαθέσιμου εύρους τόσο από το πρωτεύων όσο και από τα εναλλακτικά (backup) μονοπάτια φαίνεται ελκυστική.
  - Προβληματική απόδοση

Διαφάνεια 6

Δίκτυα Επικοινωνιών Π

# Διαφοροποίηση φυσικών μονοπατιών (1)



- Η εισαγωγή επιπλέον φυσικών μονοπατιών σε ένα δίκτυο γίνεται προκειμένου να εξασφαλιστούν εναλλακτικά μονοπάτια μέσω πλεονασμού (redundancy)
- Αυτό το μοντέλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παροχή διαφοροποιημένων μεταξύ τους υπηρεσιών στις περιπτώσεις όπου τα διαθέσιμα μονοπάτια έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά
- Παράδειγμα: η **best effort** κίνηση μπορεί να διοχετευτεί από τις συσκευές του επιπέδου δικτύου (δρομολογητές) στο μονοπάτι χαμηλότερης ταχύτητας, ενώ η κίνηση υψηλότερης προτεραιότητας μπορεί να προωθηθεί στο μονοπάτι υψηλότερης ταχύτητας

Διαφάνεια 7

Δίκτυα Επικοινωνιών II

## Διαφοροποίηση φυσικών μονοπατιών (2)



- Δρομολόγηση βάσει του Προορισμού και Επιλογή Μονοπατιού
  - Τα IP πακέτα δρομολογούνται με βάση πληροφορία για τον προορισμό τους που περιλαμβάνεται στην επικεφαλίδα του κάθε πακέτου
  - Ένας QoS μηχανισμός διαφοροποίησης μέσω επιλογής μονοπατιού θα μπορούσε να εφαρμοστεί πιο αποτελεσματικά σε επιλεγμένη εισερχόμενη κυκλοφορία, ενώ η εξερχόμενη κυκλοφορία θα προσαρμοζόταν στις QoS απαιτήσεις του παραλήπτη.
  - Ένα δίκτυο δρομολόγησης βάσει του προορισμού δεν μπορεί να ρυθμίσει τα QoS μονοπάτια τόσο της εισερχόμενης όσο και της εξερχόμενης κυκλοφορίας προς έναν οποιονδήποτε προορισμό



## Διαφοροποίηση φυσικών μονοπατιών (3)



### — TCP και Συμμετρική Επιλογή Μονοπατιού

- Η αξιόπιστη μεταφορά δεδομένων απαιτεί ροή δεδομένων και προς τις δύο κατευθύνσεις, γεγονός που σημαίνει ότι η κάθε μετάδοση που αρχικοποιείται από έναν συγκεκριμένο αποστολέα γενικά απαιτεί την αποστολή κυκλοφορίας ελέγχου και από τον παραλήπτη.
- Η αντίστροφη ροή δεδομένων χρησιμοποιείται για να καθορίσει την επιτυχία της μετάδοσης, να λύσει το πρόβλημα της ενδεχομένως μη ταξινομημένης παραλαβής δεδομένων από τον παραλήπτη και για τη μεταφορά άλλων σημάτων ελέγχου
- Τέλος, επιτρέπει στον αποστολέα να εκτιμήσει την κατάσταση κατά μήκος του μονοπατιού μετάδοσης των δεδομένων στον παραλήπτη, δίνοντάς του τη δυνατότητα να βελτιστοποιήσει το ρυθμό μετάδοσης δεδομένων προκειμένου να κάνει βέλτιστη χρήση του μεριδίου του στο μέσο προς τον προορισμό

## QoS στο επίπεδο 2



- Η διαφοροποίηση στις υπηρεσίες επιτυγχάνεται κυρίως μέσω μηχανισμών στο επίπεδο σύνδεσης:
  - Με τη χρήση του ATM
    - Το ATM είναι μια από τις τεχνολογίες μετάδοσης που παρέχουν ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων μεγαλύτερες των 155Mbps.
    - Παρέχει ένα πολύπλοκο υποσύνολο από μηχανισμούς διαχείρισης της κυκλοφορίας, διαχείρισης εικονικών κυκλωμάτων (Virtual Circuits - VCs) και συσχετισμού των παραμέτρων για ποιότητα υπηρεσίας με τα εικονικά αυτά κυκλώματα.
    - το ATM χρησιμοποιείται κυρίως λόγω των μεγάλων ταχυτήτων μετάδοσης που υποστηρίζει και της ευελιξίας για πολύπλεξη που παρέχεται στις διάφορες ATM υλοποιήσεις
  - και του Frame Relay

Διαφάνεια 10

Δίκτυα Επικοινωνιών II

## QoS σε ATM δίκτυα (1)



- Υπάρχουν δύο τάξεις Ποιότητας Υπηρεσίας στο ATM:
  - Η τάξη που ορίζει παραμέτρους απόδοσης (specified QoS class)
  - Η τάξη όπου δεν ορίζονται παράμετροι απόδοσης (unspecified QoS class)
- Οι τάξεις Ποιότητας Υπηρεσίας αφορούν κάθε μεμονωμένη σύνδεση και ορίζουν μια σειρά από παραμέτρους απόδοσης και αντικειμενικές τιμές για κάθε παράμετρο απόδοσης που ορίζεται
- Ένα δίκτυο ATM μπορεί να υποστηρίζει διαφορετικές τάξεις Ποιότητας Υπηρεσίας, ωστόσο μόνο μια από αυτές μπορεί να είναι μη καθορισμένη (unspecified)

Διαφάνεια 11

Δίκτυα Επικοινωνιών Π

## QoS σε ATM δίκτυα (2)



- Κάθε σύνδεση ATM δηλώνει την απαιτούμενη Ποιότητα Υπηρεσίας με τον ορισμό μιας συγκεκριμένης τάξης.
- Στα μόνιμα εικονικά κυκλώματα (Permanent Virtual Circuits - PVCs) το σύστημα διαχείρισης δικτύου (Network Management System - NMS) χρησιμοποιείται για να υποδεικνύει τις τάξεις της Ποιότητας Υπηρεσίας μέσω της UNI σηματοδότησης (User-Network Interface)
- Στα εικονικά κυκλώματα μεταγωγής (Switched Virtual Circuits - SVCs) χρησιμοποιούνται τα τμήματα της πληροφορίας του πρωτοκόλλου σηματοδότησης για να δηλωθεί στο δίκτυο μέσω του UNI η τάξη Ποιότητας Υπηρεσίας.

Διαφάνεια 12

Δίκτυα Επικοινωνιών Π



## QoS σε ATM δίκτυα (3)

- Ένας συνδυασμός από τάξεις Ποιότητας Υπηρεσίας και κατηγορίες υπηρεσιών του ATM έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία των παρακάτω κατηγοριών υπηρεσιών:
  - Κατηγορία Υπηρεσίας Α. Εξομοίωση κυκλωμάτων, μετάδοση video με χρήση CBR.
  - Κατηγορία Υπηρεσίας Β. VBP ήχος και video
  - Κατηγορία Υπηρεσίας Γ. Μεταφορά δεδομένων με προσανατολισμό στη σύνδεση
  - Κατηγορία Υπηρεσίας Δ. Μεταφορά δεδομένων χωρίς σύνδεση

## QoS σε ATM δίκτυα (4)



- Τάξεις Ποιότητας Υπηρεσίας στο ATM:
  - 1η Τάξη Ποιότητας Υπηρεσίας: Υποστηρίζει Ποιότητα Υπηρεσίας που απαντά στις απαιτήσεις της Κατηγορίας Υπηρεσίας Α. Έχει απόδοση παρόμοια με αυτή των ψηφιακών ιδιωτικών γραμμών.
  - 2η Τάξη Ποιότητας Υπηρεσίας: Υποστηρίζει Ποιότητα Υπηρεσίας που απαντά στις απαιτήσεις της Κατηγορίας Υπηρεσίας Β. Έχει απόδοση που μπορεί να εξυπηρετήσει εφαρμογές μετάδοσης video με χρήση πακέτων καθώς επίσης και εφαρμογές τηλεδιάσκεψης και πολυμέσων.
  - 3η Τάξη Ποιότητας Υπηρεσίας: Υποστηρίζει Ποιότητα Υπηρεσίας που απαντά στις απαιτήσεις της Κατηγορίας Υπηρεσίας Γ. Μπορεί να υποστηρίζει πρωτόκολλα όπως το Frame Relay.
  - 4η Τάξη Ποιότητας Υπηρεσίας: Υποστηρίζει Ποιότητα Υπηρεσίας που απαντά στις απαιτήσεις της Κατηγορίας Υπηρεσίας Δ. Μπορεί να υποστηρίζει πρωτόκολλα όπως το IP.
- Η βασική διαφορά μεταξύ των καθορισμένων και μη (specified και unspecified) τάξεων είναι ότι στις μη καθορισμένες τάξεις καθορίζονται στόχοι απόδοσης



## Υλοποίηση QoS σε ATM (1)

- Από τη στιγμή που για κάποια σύνδεση έχουν δεσμευθεί τα άκρα της και το δίκτυο για κάποιο συμβόλαιο κίνησης, τότε πρέπει να αναπτυχθούν μηχανισμοί που να ελέγχουν αν ικανοποιείται το συμβόλαιο αυτό
  - Οι μηχανισμοί αυτοί βοηθούν το χρήστη να διαφοροποιήσει τα χαρακτηριστικά της κίνησης που εισάγει στο δίκτυο (**traffic shaping**) και το δίκτυο να προστατευθεί από χρήστες οι οποίοι παραβιάζουν το συμβόλαιο κίνησης ηθελημένα ή όχι.
- Ο μηχανισμός ο οποίος ελέγχει το ρυθμό ροής των κελιών (**cells**), ονομάζεται γενικός αλγόριθμος ρυθμού κελιού (**Generic Cell Rate Algorithm – GCRA**).
  - Εφαρμόζεται σε κάθε κελί και αποφασίζει αν ικανοποιείται το συμβόλαιο κίνησης.
  - Με αυτό τον τρόπο μπορεί να εφαρμοστεί από τις λειτουργίες ελέγχου κίνησης (**UPC**) για να ανιχνευτούν τα κελιά που παραβιάζουν το συμβόλαιο και να απορριφθούν ή να μαρκαριστούν ως υποψήφια για απόρριψη (μέσω του **bit Cell Loss Priority**).

## Υλοποίηση QoS σε ATM (2)



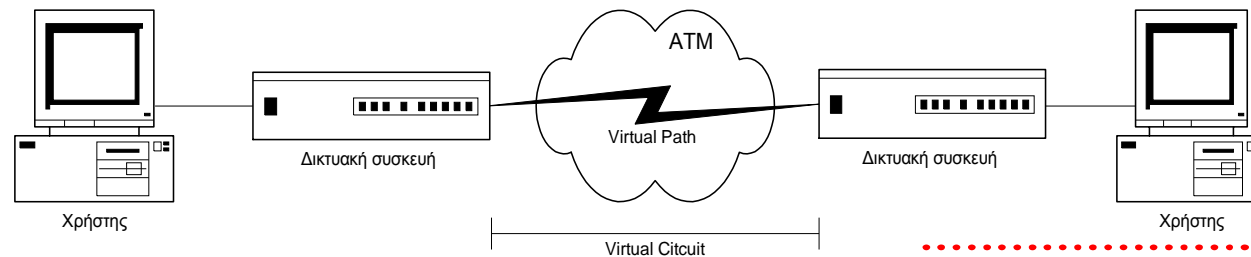
- Για να πραγματοποιηθεί μια σύνδεση που έχει κάποιες απαιτήσεις όσον αφορά την ποιότητα που αναμένει από το δίκτυο, θα πρέπει να δεσμευθούν πόροι σε όλες τις δικτυακές συσκευές κατά μήκος του μονοπατιού
- Επίσης θα πρέπει για κάθε κελί που εισάγεται στο δίκτυο να ελέγχεται αν ικανοποιεί το συμβόλαιο κίνησης και αν όχι να γίνονται οι απαραίτητες ενέργειες.
- Όλο αυτό το σύνολο λειτουργιών είναι ιδιαίτερα πολύπλοκο. Αν κάθε δικτυακή συσκευή υλοποιούσε αυτές τις λειτουργίες τότε θα μπορούσε να εξυπηρετήσει μόνο λίγες κλήσεις.
- Για να επιλυθεί το πρόβλημα αυτό τα δίκτυα ATM ορίζουν δύο επίπεδα σύνδεσης:
  - το επίπεδο νοητού μονοπατιού (virtual path)
  - και το επίπεδο νοητού κυκλώματος.
- Πάνω από το φυσικό δίκτυο ορίζονται νοητές συνδέσεις μεταξύ οποιονδήποτε κόμβων και έτσι δημιουργείται ένα άλλο (νοητό) δίκτυο. Για τις συνδέσεις στο επίπεδο αυτό ορίζονται κάποια χαρακτηριστικά κίνησης και κάποιες απαιτήσεις που πρέπει να ικανοποιούν και την πιο απαιτητική εφαρμογή που θα διέλθει μέσω αυτού του μονοπατιού. Τα νοητά κυκλώματα χρησιμοποιούν αυτό το δίκτυο.





## Υλοποίηση QoS σε ATM (3)

- Αν το VP έχει δεσμεύσει τους απαραίτητους πόρους και μπορεί να εξυπηρετήσει τη ζητούμενη σύνδεση (δηλαδή το VC που πρέπει να δημιουργηθεί), τότε η σύνδεση γίνεται.
- Τα χαρακτηριστικά της κίνησης, ακόμα και η ύπαρξη του VC, είναι γνωστά μόνο στα άκρα του VP. Οι ενδιάμεσες δικτυακές συσκευές δεν γνωρίζουν τίποτα για τη σύνδεση αυτή.
  - Άρα, ο έλεγχος του συμβολαίου κίνησης της σύνδεσης και η δέσμευση των απαραίτητων πόρων γίνεται μόνο στις δύο τερματικές δικτυακές συσκευές. Τα ενδιάμεσα στοιχεία του δικτύου ενδιαφέρονται μόνο για το αν το VP ως σύνολο έχει κίνηση που δεν παραβιάζει το συμβόλαιο κίνησης και γι' αυτό ελέγχουν όλα τα κελί του VP χωρίς να ενδιαφέρονται σε ποιο VC ανήκουν.



# Frame Relay



- Το Frame Relay οφείλει την ύπαρξή του στην ανάπτυξη της ISDN τεχνολογίας, όπου το Frame Relay αρχικά αναπτύχθηκε σαν μια τεχνολογία υπηρεσίας-πακέτου για ISDN δίκτυα
- Με την αφαίρεση της ανίχνευσης λαθών του επιπέδου σύνδεσης, της επαναμετάδοσης και του ελέγχου ροής, το Frame Relay στράφηκε στην από άκρο σε άκρο σηματοδοσία στο επίπεδο μεταφοράς, προκειμένου να εκτελέσει το πρωτόκολλο δρομολόγησης τις παραπάνω λειτουργίες.
- Οι διακόπτες (switches) του δικτύου προωθούν τα πλαίσια (frames) δεδομένων χωρίς να περιμένουν θετική αναγνώριση από το επόμενο διακόπτη, οπότε οι διακόπτες μπορούν να λειτουργήσουν με λιγότερη μνήμη και να οδηγήσουν γρηγορότερα τα κυκλώματα με τη μειωμένη λειτουργικότητα διακοπτών που απαιτεί το Frame Relay.

# QoS σε Frame Relay (1)



- Το Frame Relay αποτελεί μια ενδεικτική περίπτωση ελέγχου της κυκλοφορίας στα δίκτυα με χρήση ενός περιορισμένου συνόλου σημάτων.
- Η σχέση μεταξύ του Frame Relay σαν ένα πρωτόκολλο επιπέδου σύνδεσης και των μηχανισμών για παροχή Ποιότητας Υπηρεσίας στο Διαδίκτυο δεν είναι πολύ καλή.
- Τα Frame Relay δίκτυα λειτουργούν σε ένα τοπικά ορισμένο επίπεδο με επιλεκτική απόρριψη πλαισίων σαν μέσο για να επιβληθεί ένα όριο στο ρυθμό μετάδοσης της κίνησης, καθώς αυτή εισέρχεται στο δίκτυο
  - Η αντιμετώπιση αυτή αποτελεί την πρωταρχική αντίδραση στη συμφόρηση.
  - Η επιλογή των πλαισίων προς απόρριψη γίνεται χωρίς να λαμβάνεται υπ' όψη οποιοδήποτε είδους πληροφορία από τα πρωτόκολλα των ανώτερων επιπέδων.
  - Το TCP πρωτόκολλο χρησιμοποιεί την απώλεια πακέτων σαν την πρωταρχική ένδειξη για συμφόρηση στο δίκτυο, αλλά η ένδειξη αυτή αναγνωρίζεται μόνο από τον «δημιουργό» μιας TCP συνόδου. Σαν αποτέλεσμα, όταν το δίκτυο τείνει να προσεγγίσει μια κατάσταση συμφόρησης, η μέθοδος με την οποία οι εφαρμογές στο επίπεδο εφαρμογών του συστήματος υποβαθμίζονται δεν ακολουθεί καμία ορισμένη πολιτική.

Διαφάνεια 19

Δίκτυα Επικοινωνιών II



## QoS σε Frame Relay (2)

- Σε ένα ετερογενές δίκτυο όπου χρησιμοποιείται ένας αριθμός από διαφορετικά πρωτόκολλα του επιπέδου σύνδεσης για να υποστηριχθούν μονοπάτια από άκρο σε άκρο, τα bits ECN και DE του Frame Relay δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για σηματοδότηση από άκρο σε άκρο
- Μια ενδιαφέρουσα τεχνική είναι όταν ο κάθε δρομολογητής εφαρμόζει ενσωμάτωση των IP πακέτων στο Frame Relay.
  - Χρησιμοποιείται ένα πεδίο στην επικεφαλίδα του IP πακέτου για να δηλώσει ένα καθορισμένο επίπεδο ποιότητας, μέσω ενός bit που δηλώνει καταλληλότητα για απόρριψη, και επιτρέπεται ο χαρακτηρισμός αυτός να μεταφέρεται από άκρο σε άκρο σε ολόκληρο το μονοπάτι του δικτύου.
  - Ο δρομολογητής στα σημεία εισόδου (που πραγματοποιεί τη μετατροπή ενός IP datagram σε πλαίσιο του Frame Relay) καθορίζει το DE bit σύμφωνα με την τιμή του bit στην επικεφαλίδα του IP πακέτου και προωθεί το πλαίσιο στον πρώτο διακόπτη του Frame Relay που μπορεί στη συνέχεια να επιβεβαιώσει ή να καθαρίσει το DE bit σύμφωνα με την τοπική πολιτική
- Η αλληλεπίδραση των μηχανισμών υποστήριξης Ποιότητας Υπηρεσίας με τα διάφορα επίπεδα της στοίβας των πρωτοκόλλων είναι αδύνατη χωρίς τη συμβατότητα μεταξύ των δομών σηματοδότησης για τη μετάδοση στο επίπεδο σύνδεσης και τη στοίβα πρωτοκόλλων των ανώτερων επιπέδων.

Διαφάνεια 20

Δίκτυα Επικοινωνιών II



## QoS σε επίπεδο δικτύου

- Κανένας μηχανισμός στα επίπεδα μεταφοράς και δικτύου δεν μπορεί να προσφέρει τη δυνατότητα για διαφοροποίηση υπηρεσιών σε όλα τα είδη ροής δεδομένων
- Ένα δίκτυο που παρέχει ποιότητα υπηρεσίας πρέπει να αναπτύσσει έναν αριθμό από μηχανισμούς για την αντιμετώπιση του μεγάλου εύρους απαιτήσεων των χρηστών.
- Το IETF (Internet Engineering Task Force) έχει προτείνει διάφορα μοντέλα και μηχανισμούς για την επίτευξη ποιότητας υπηρεσίας. Τα πιο σημαντικά μοντέλα είναι:
  - Η αρχιτεκτονική Integrated Services (IntServ)
  - Η αρχιτεκτονική Differentiated Services (DiffServ)
  - Η τεχνολογία MPLS σε συνδυασμό με τις παραπάνω αρχιτεκτονικές (ειδικά με την DiffServ)

Διαφάνεια 21

Δίκτυα Επικοινωνιών Π

# Εισαγωγή στην Αρχιτεκτονική IntServ (1)



- Το μοντέλο **IntServ** ήταν η πρώτη από τις δύο μέχρι στιγμής προσπάθειες που έχουν γίνει για την παροχή εγγυήσεων ποιότητας υπηρεσία (QoS) στο Διαδίκτυο. Η δεύτερη προσπάθεια είναι το μοντέλο των **DiffServ**, που βασίζεται σε διαφορετικές αρχές.
- Η βασική ιδέα της αρχιτεκτονικής **IntServ** είναι ότι δεν απαιτείται να τροποποιηθεί η βασική υποκείμενη αρχιτεκτονική του Διαδικτύου, αλλά αρκεί να προστεθούν κάποιες προεκτάσεις που θα παρέχουν υπηρεσίες πέρα από την παραδοσιακή υπηρεσία «καλύτερης προσπάθειας».
- Χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο **RSVP**

# Εισαγωγή στην Αρχιτεκτονική IntServ (2)



- Η ομάδα εργασίας του μοντέλου IntServ έχει εστιάσει στους εξής στόχους:
  - Στον ξεκάθαρο καθορισμό των υπηρεσιών που θα παρέχονται. (Στον καθορισμό και την τεκμηρίωση αυτού του νέου και βελτιωμένου μοντέλου υπηρεσιών του Διαδικτύου)
  - Στον καθορισμό των υπηρεσιών στο επίπεδο της εφαρμογής, του χρονοπρογραμματισμού των δρομολογητών του Διαδικτύου σχετικά με την δέσμευση των δικτυακών πόρων, και των διασυνδέσεων των δρομολογητών μεταξύ τους.
  - Στην ανάπτυξη απαιτήσεων εγκυρότητας στους δρομολογητές του Διαδικτύου για να εξασφαλίζεται η παροχή της κατάλληλης υπηρεσίας. Το Διαδίκτυο θα συνεχίσει να περιέχει ένα ετερογενές σύνολο δρομολογητών, να τρέχει διάφορα πρωτόκολλα δρομολόγησης και να χρησιμοποιεί διαφορετικούς αλγορίθμους δρομολόγησης. Για αυτό η ομάδα εργασίας πρέπει να θέσει κάποιες απαιτήσεις στους δρομολογητές που θα εξασφαλίζουν ότι το Διαδίκτυο μπορεί να υποστηρίξει το νέο μοντέλο υπηρεσιών

Διαφάνεια 23

Δίκτυα Επικοινωνιών II

# Εισαγωγή στην Αρχιτεκτονική IntServ (3)



- Ο όρος εγγύηση ποιότητας υπηρεσίας (QoS) στο περιβάλλον του IntServ αναφέρεται στη φύση της υπηρεσίας μετάδοσης πακέτων που παρέχεται από το δίκτυο, και χαρακτηρίζεται από:
  - το εύρος ζώνης, την καθυστέρηση μετάδοσης πακέτων και τον ρυθμό απώλειας πακέτων.
- Κόμβος του δικτύου θεωρείται κάθε συνιστώσα του δικτύου που χειρίζεται πακέτα δεδομένων και έχει τη δυνατότητα επιβολής ελέγχου ποιότητας υπηρεσίας στα δεδομένα που ρέουν διαμέσου της.
  - οι δρομολογητές, τα τελικά συστήματα και τα υποδίκτυα.
  - Ένας IntServ-συμβατός (IntServ-capable) κόμβος είναι ένας κόμβος που μπορεί να παρέχει μία ή περισσότερες υπηρεσίες του μοντέλου IntServ.
  - Ένας IntServ-ενήμερος (IntServ-aware) κόμβος είναι ένας κόμβος του δικτύου που υποστηρίζει τις συγκεκριμένες διασυνδέσεις που απαιτούνται από το μοντέλο αλλά που δε μπορεί να παρέχει τη ζητούμενη υπηρεσία.

Διαφάνεια 24

Δίκτυα Επικοινωνιών II



# Εισαγωγή στην Αρχιτεκτονική IntServ (4)



- Σημαντικό ρόλο στο μοντέλο IntServ παίζει η έννοια του ελέγχου των πόρων.
  - Οι πόροι του δικτύου (π.χ. εύρος ζώνης) πρέπει να ελέγχονται ώστε να επιτευχθεί το επιθυμητό επίπεδο ποιότητα υπηρεσίας.
- Θεμελιώδης αρχή του μοντέλου IntServ είναι ότι η κυκλοφορία που διαχειρίζεται από αυτό το μοντέλο πρέπει να υπόκειται σε μηχανισμούς ελέγχου αποδοχής.
- Επίσης, εκτός από τον έλεγχο αποδοχής, το μοντέλο IntServ φροντίζει για ένα μηχανισμό δέσμευσης πόρων.
  - Οι εφαρμογές πραγματικού χρόνου δε μπορούν να ικανοποιηθούν χωρίς εγγυήσεις πόρων, και οι εγγυήσεις πόρων δε μπορούν να γίνουν χωρίς δέσμευση πόρων.
- Για την υλοποίηση αυτού του μηχανισμού δέσμευσης πόρων χρησιμοποιείται ένα πρωτόκολλο, όπως το RSVP.

# Εισαγωγή στην Αρχιτεκτονική IntServ (5)



- RSVP πρωτόκολλο
  - Σκοπός του πρωτοκόλλου αυτού είναι να αποτελεί το μέσο καθορισμού των πόρων του δικτύου που απαιτούνται για την επίτευξη της απαιτούμενης ποιότητας υπηρεσίας
  - Η λογική του **RSVP** είναι πως πρέπει κατά μήκος όλης της διαδρομής που ακολουθούν τα πακέτα, να γίνουν δεσμεύσεις πόρων σύμφωνα με τις ανάγκες της κάθε εφαρμογής
  - Η διαδικασία δέσμευσης πόρων είναι ακολουθιακή και ο πρώτος δρομολογητής στέλνει κατάλληλο μήνυμα στον επόμενο όπου ζητά δέσμευση πόρων. Η διαδικασία αυτή εξελίσσεται μέχρι να φτάσει στον παραλήπτη, ο οποίος τότε στέλνει στην αντίθετη διαδρομή επιβεβαιώσεις κράτησης.
  - Το **RSVP** εισάγει ένα **overhead** στο δίκτυο λόγω των μηνυμάτων για σηματοδότηση που ανταλλάσσει
- Προτεινόμενες IntServ υπηρεσίες:
  - **Guaranteed Service** και **Controlled Load**

Διαφάνεια 26

Δίκτυα Επικοινωνιών II

# Εισαγωγή στην Αρχιτεκτονική DiffServ (1)



- Το μοντέλο DiffServ αποτελεί τη δεύτερη σημαντική προσπάθεια για την παροχή εγγυήσεων ποιότητας υπηρεσίας (QoS) στο Διαδίκτυο.
- Η πρώτη προσπάθεια (IntServ) εμφάνισε αρκετά μειονεκτήματα με κυριότερο αυτό της μη επεκτασιμότητας σε μεγάλα δίκτυα.
- Ο σκοπός της ομάδας εργασίας DiffServ ήταν να ορίσει το DS πεδίο στην επικεφαλίδα των IP πακέτων, αντικαθιστώντας το πεδίο TOS (στο IPv4) ή το πεδίο Traffic Class (στο IPv6).
- Οι DiffServ υπηρεσίες χαρακτηρίζονται από το γεγονός ότι παρέχονται προς μια κατεύθυνση (unidirectional) και άρα είναι μη συμμετρικές.

Διαφάνεια 27

Δίκτυα Επικοινωνιών II

# Εισαγωγή στη Αρχιτεκτονική DiffServ (2)



- Η λειτουργία του μοντέλου έχει ως εξής:
  - Οι πελάτες ζητούν ένα συγκεκριμένο επίπεδο υπηρεσίας, μαρκάροντας το DS πεδίο του κάθε πακέτου με μια συγκεκριμένη τιμή
  - Η τιμή αυτή προσδιορίζει την ανά κόμβο συμπεριφορά του δικτύου (Per-Hop Behavior, PHB) ως προς το πακέτο
  - Οι τιμές του DS πεδίου είναι μέσα στα πλαίσια της συμφωνίας ανάμεσα στον πάροχο και στον πελάτη (SLA) και ορίζουν τις παραμέτρους του επιπέδου υπηρεσίας, όπως ο ρυθμός μετάδοσης, η προτεραιότητα μετάδοσης και απόρριψης, η εξυπηρέτηση στην ουρά κ.ά.
- Η αρχιτεκτονική DiffServ αποτελεί το πιο δυναμικό σημείο για την παροχή υπηρεσιών QoS.
  - Η λογική της είναι να αναγνωρίζει κάποιες ροές πακέτων και να τις διαχειρίζεται προνομιακά έναντι των υπολοίπων. Γενικά έχουν προταθεί 2 είδη DiffServ υπηρεσιών.

# Εισαγωγή στη Αρχιτεκτονική DiffServ (3)



- Per Hop Behavior (PHB) καλείται η «συμπεριφορά προώθησης» (forwarding behavior) που εφαρμόζεται στα πακέτα σε κάθε κόμβο του DiffServ διαχειριστικό τμήμα.
  - Expedited Forwarding (EF).
    - Σε αυτή την κατηγορία υπηρεσιών στόχο αποτελεί η ελαχιστοποίηση της καθυστέρησης και της διακύμανσης καθυστέρησης στοχεύοντας να παρέχει ποιότητα υπηρεσίας στον υψηλότερο βαθμό.
    - Τα πακέτα που υπερβαίνουν το προφίλ της κίνησης που έχει συμφωνηθεί ότι θα εισάγει ο χρήστης (στο SLA του) απορρίπτονται. Γενικά οι υπηρεσίες αυτής της κατηγορίας εξομοιώνουν τη λειτουργία μιας εικονικής μισθωμένης γραμμής.
  - Assured Forwarding (AF).
    - Η κατηγορία αυτή διαθέτει το πολύ 4 κλάσεις εξυπηρέτησης και το πολύ 3 επίπεδα απόρριψης για κάθε κλάση. Η AF κίνηση που υπερβαίνει τα χαρακτηριστικά διανέμεται με όχι τόσο μεγάλη πιθανότητα όσο η εντός προφίλ κίνηση, γεγονός που σημαίνει ότι μπορεί να υποβιβάζεται αλλά δεν σημαίνει απαραίτητα ότι απορρίπτεται

# Εισαγωγή στη Αρχιτεκτονική DiffServ (4)



- Η λειτουργία της DiffServ Αρχιτεκτονικής βασίζεται σε μια σειρά από μηχανισμούς οι οποίοι ενεργούν πάνω στις ροές.
  - Ταξινόμηση των πακέτων
  - Μαρκάρισμα της κίνησης
  - Μέτρηση της κίνησης
  - Μηχανισμός μορφοποίησης της κίνησης
  - Διαχείριση Ουρών
  - Χρονοδρομολογηση κλάσεων (και ουρών)
- Προκειμένου να υλοποιηθούν υπηρεσίες παροχής ποιότητας υπηρεσίας απαιτείται η σωστή σχεδίαση και χρήση όλων αυτών των μηχανισμών

Διαφάνεια 30

Δίκτυα Επικοινωνιών Π



## Εισαγωγή στην τεχνολογία MPLS (1)

- Το MPLS ανήκει μόνο στους δρομολογητές
- Η σημασία του MPLS στα πεδία:
  - Λειτουργικότητα, Κλιμάκωση, Εξέλιξη, Ολοκλήρωση
- Πλεονεκτήματα:
  - Υποστήριξη πολλών πρωτοκόλλων
  - Ανεξαρτησία επιπέδου διασύνδεσης δεδομένων
  - Αυξημένη απόδοση
  - Traffic engineering
  - Υποστήριξη multicast, QoS
- Εισάγει μια ετικέτα μεγέθους 20 bits μεταξύ των επικεφαλίδων επιπέδου 2 και 3

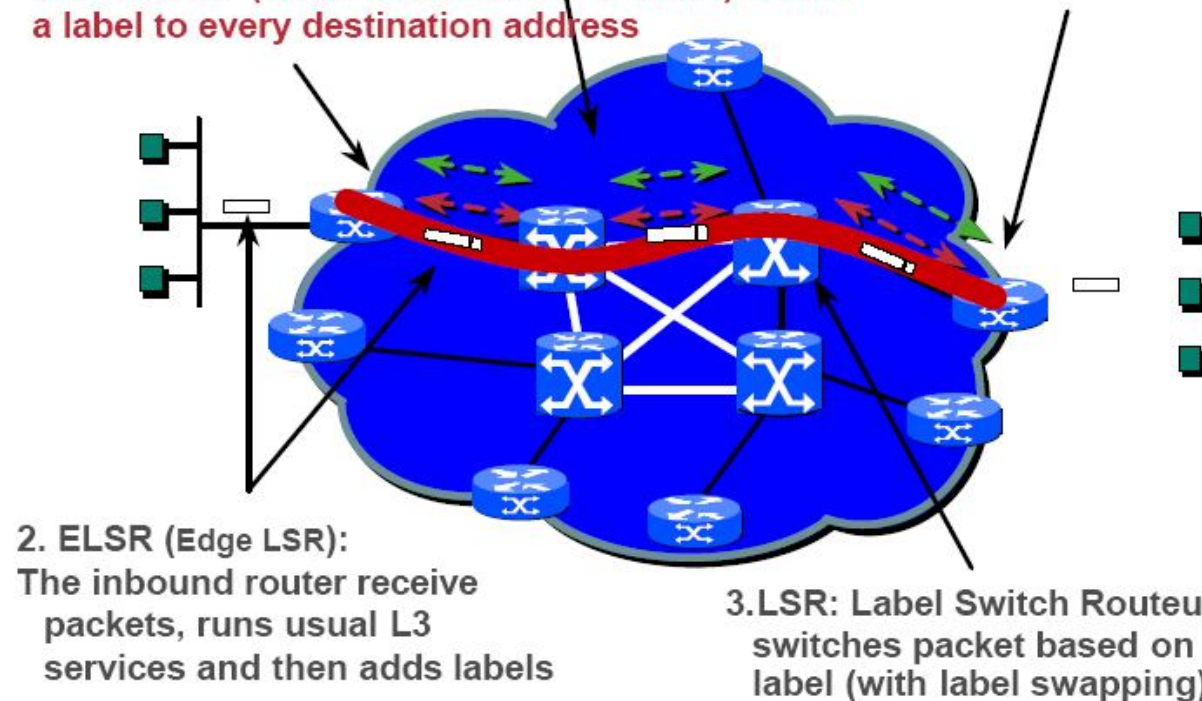
# Εισαγωγή στην τεχνολογία MPLS (2)



1a. The Routed protocol (OSPF, IGRP,...) computes the shortest pass to destination within the core

1b. The LDP (Label Distribution Protocol) binds a label to every destination address

4. The last MPLS switch removes label



2. ELSR (Edge LSR):  
The inbound router receive packets, runs usual L3 services and then adds labels

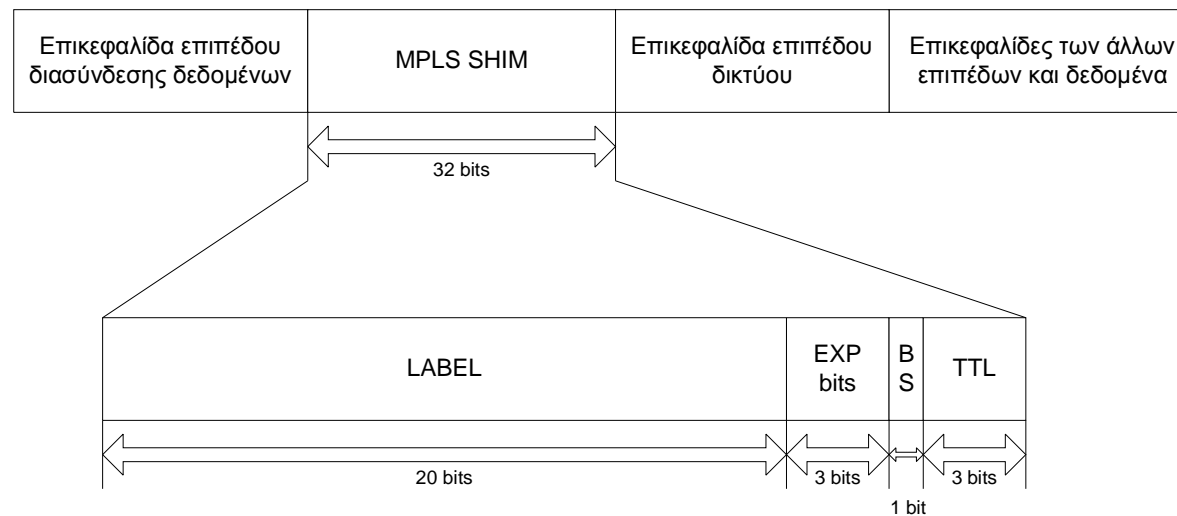
3. LSR: Label Switch Roteur  
switches packet based on label (with label swapping)





## Εισαγωγή στην τεχνολογία MPLS (3)

- Διαθέτει ένα πεδίο 3 bits (EXP) που χρησιμοποιείται για μαρκάρισμα κίνησης (συνδυάζεται με την DiffServ αρχιτεκτονική)
- Στο πεδίο είτε ανατίθεται μια τιμή είτε αντιγράφεται η τιμή του IP Precedence (3 πιο σημαντικά bits του DSCP)





## Εισαγωγή στην τεχνολογία MPLS (4)

- Υποστηρίζει traffic engineering
  - Στόχοι
    - προσανατολίζονται στην κυκλοφορία
    - προσανατολίζονται στους πόρους
  - Μέθοδοι
    - ρητών διαδρομών ή ρητής δρομολόγησης
    - έμμεση δρομολόγηση
  - Υποστηρίζεται με επεκτάσεις σε υπάρχοντα πρωτόκολλα (RSVP-TE και CR-LDP)
- Link failure / fast reroute - Εναλλακτικά μονοπάτια
  - Τα traffic engineering χαρακτηριστικά του μπορούν να συνδυαστούν με την DiffServ αρχιτεκτονική (μαρκάρισμα με χρήση του πεδίου EXP, αστυνόμευση, διαχείριση ουρών και χρονοδρομολόγηση)

# Σύνοψη



- Εισαγωγή στην Ποιότητα Υπηρεσίας
- Μετρικές Ποιότητας
- Ποιότητα Υπηρεσίας σε επίπεδο 1
  - Διαφοροποίηση φυσικών μονοπατιών
- Ποιότητα Υπηρεσίας σε επίπεδο 2
  - ATM και Frame Relay
- Ποιότητα Υπηρεσίας σε επίπεδο δικτύου
  - Εισαγωγή στην IntServ αρχιτεκτονική
  - Εισαγωγή στην DiffServ αρχιτεκτονική
  - Εισαγωγή στην τεχνολογία MPLS και στις δυνατότητες που παρέχει για συνεργασία με την DiffServ αρχιτεκτονική