

Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας  
Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής & Τηλεπικοινωνιών

---

# Εισαγωγή στις Τηλεπικοινωνίες

**Ενότητα 1: Δίκτυα Τηλεπικοινωνιών**

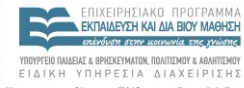
Αν. καθηγήτρια Μαλαματή Λούτα

e-mail: [louta@uowm.gr](mailto:louta@uowm.gr)

Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών



Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας



# 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 παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ψηφιακά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη 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.



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



# Περιεχόμενα ενότητας 1/1

---

- Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων
  - X.25
  - *Frame Relay*
  - *ATM*



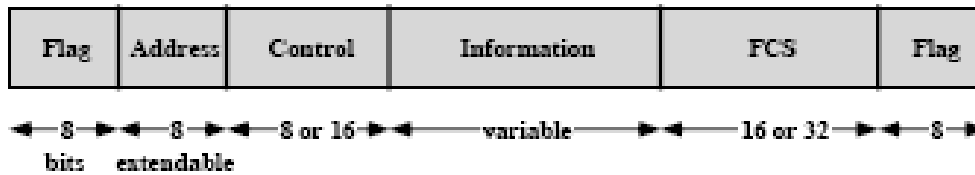
# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων

## • X.25

- Καθορίσθηκε από την *ITU-T*. Αποτελεί πρότυπο για τα δημόσια δίκτυα μεταγωγής πακέτων που προσφέρουν τις υπηρεσίες τους σε πολλούς συνδρομητές, ανεξάρτητα του τύπου του εξοπλισμού που αυτοί διαθέτουν.
- Πρότυπο Διεπαφής ανάμεσα στους σταθμούς συνδρομητών (Data Terminal Equipment -*DTE*) και σε έναν κόμβο δικτύου μεταγωγής πακέτων (Data Circuit Terminating Equipment - *DCE*).
- Η λειτουργικότητα του X.25 έχει καθορισθεί σε τρία επίπεδα:
  - Φυσικό Επίπεδο
    - Ασχολείται με τη φυσική διεπαφή ανάμεσα σε ένα σταθμό (υπολογιστή, τερματικό) και στη σύνδεση που συνδέει αυτόν τον σταθμό με τον κόμβο μεταγωγής πακέτων.
    - Χρησιμοποιεί την προδιαγραφή φυσικού επιπέδου του προτύπου X.21, αλλά σε πολλές περιπτώσεις χρησιμοποιούνται άλλα πρότυπα, όπως το *EIA-232*.
  - Επίπεδο Ζεύξης
    - Παρέχει αξιόπιστη μεταφορά δεδομένων κατά μήκος της φυσικής σύνδεσης.
    - Οργάνωση των δεδομένων σε μία ακολουθία από πλαίσια.
    - Το πρότυπο του Επιπέδου Ζεύξης εκδόθηκε από την *ITU-T* και αναφέρεται ως *LAPB (Link Access Protocol Balanced)*. Είναι υποσύνολο του *HDLC*. Παρέχει μόνο ασύγχρονο ισοσταθμισμένο τρόπο μετάδοσης (*ABM*).
  - Επίπεδο Δικτύου
    - Παρέχει υπηρεσία εξωτερικού νοητού κυκλώματος – αναφέρεται στη διεπαφή του συνδρομητή με το δίκτυο.
    - Εγκαθιδρύει λογικές συνδέσεις (νοητά κυκλώματα) ανάμεσα στους σταθμούς συνδρομητών.
    - Το X.25 μπορεί να υιοθετηθεί και με ένα δίκτυο αυτοδύναμων πακέτων.
      - » Στην περίπτωση αυτή ο κόμβος που συνδέεται στο σταθμό προορισμού αποθηκεύει τα πακέτα και τα ταξινομεί πριν τα αποστείλει στον σταθμό.
    - Η πληροφορία ελέγχου που προστίθεται στην επικεφαλίδα του στρώματος πακέτου περιλαμβάνει μεταξύ άλλων:
      - » Τον αριθμό ακολουθίας του νοητού κυκλώματος,
      - » Αριθμούς ακολουθίας πακέτων που χρησιμοποιούνται για έλεγχο ροής και σφαλμάτων σε κάθε νοητό κύκλωμα.



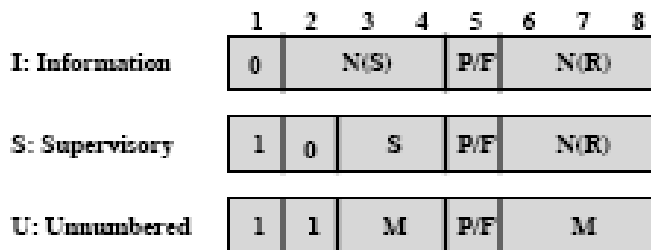
# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων



(a) Frame format



(b) Extended Address Field



N(S) = Send sequence number  
 N(R) = Receive sequence number  
 S = Supervisory function bits  
 M = Unnumbered function bits  
 P/F = Poll/final bit

(c) 8-bit control field format

## HDLC Πακέτο



# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων

- **X.25**

- Βασικές Έννοιες

- Ένα δίκτυο X.25 αποτελείται από επικοινωνιακούς κόμβους μεταγωγής πακέτων συνδεδεμένων μεταξύ τους με σημείο προς σημείο ζεύξεις.
    - Πολλά πακέτα δεδομένων από διαφορετικούς χρήστες πολυπλέκονται και χρησιμοποιούν τους ίδιους κόμβους και κοινές επικοινωνιακές διατάξεις έως ότου καταλήξουν στον τελικό αποδέκτη.
    - Αντικειμενικός Σκοπός: Μεγιστοποίηση της χρήσης του δικτύου.
    - Απαιτήση: Τα δεδομένα που δρομολογούνται μέσα από το δίκτυο να φθάνουν χωρίς σφάλματα και στη σωστή σειρά στον αποδέκτη.

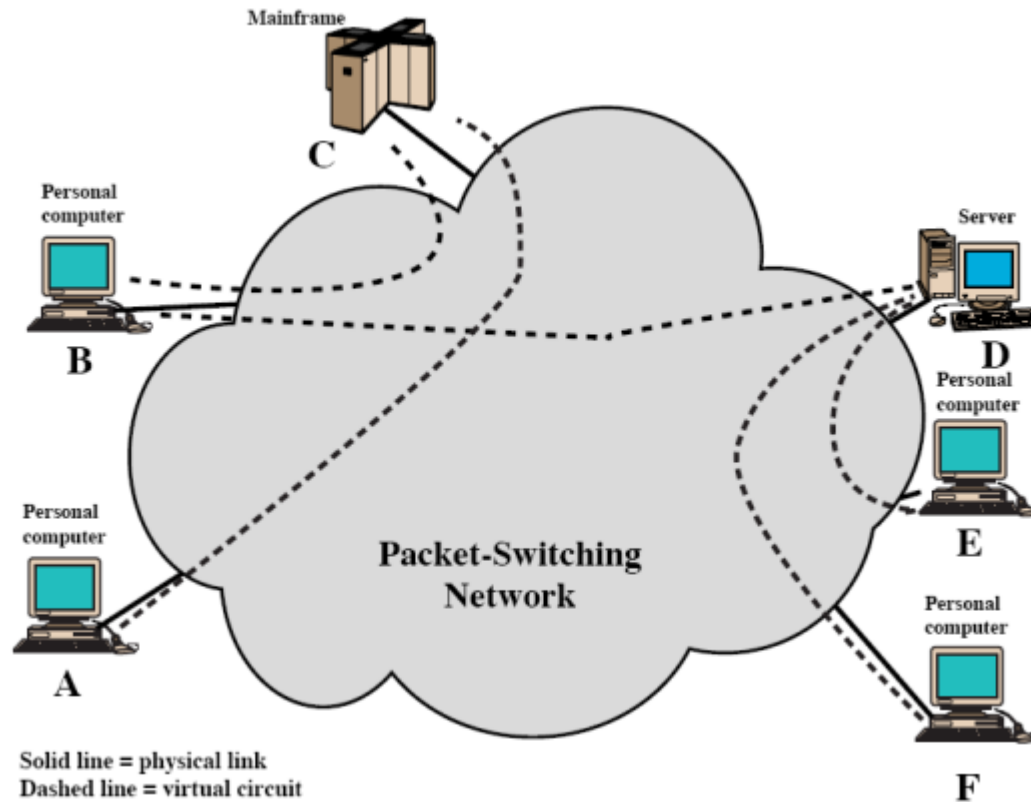
- Είναι συνδεομοστραφής τεχνική (*connection – oriented technique*).

- Νοητά Κυκλώματα

- Λογικό Μονοπάτι επικοινωνίας ανάμεσα σε συνδρομητές.
    - Αποτελείται από πολλά Λογικά Κανάλια.
      - Το μήκος του Λογικού Καναλιού περιορίζεται σε μία σύνδεση DTE/DCE.
    - Μόνιμο Νοητό Κύκλωμα (*Permanent Virtual Circuit-PVC*).
      - Μόνιμη νοητή σύνδεση μεταξύ δύο συνδρομητών DTE.
      - Η εγκαθίδρυσή του γίνεται μία φορά. Δεν απαιτείται κάθε φορά αποκατάσταση κλήσης για την επικοινωνία δύο συνδρομητών.
    - Προσωρινό Νοητό Κύκλωμα (*Switched Virtual Circuit-SVC*).
      - Προσωρινή νοητή σύνδεση μεταξύ δύο DTE.
      - Η σύνδεση παραμένει μόνο κατά τη διάρκεια της κλήσης και διακόπτεται μετά το πέρας της μετάδοσης δεδομένων.



# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων



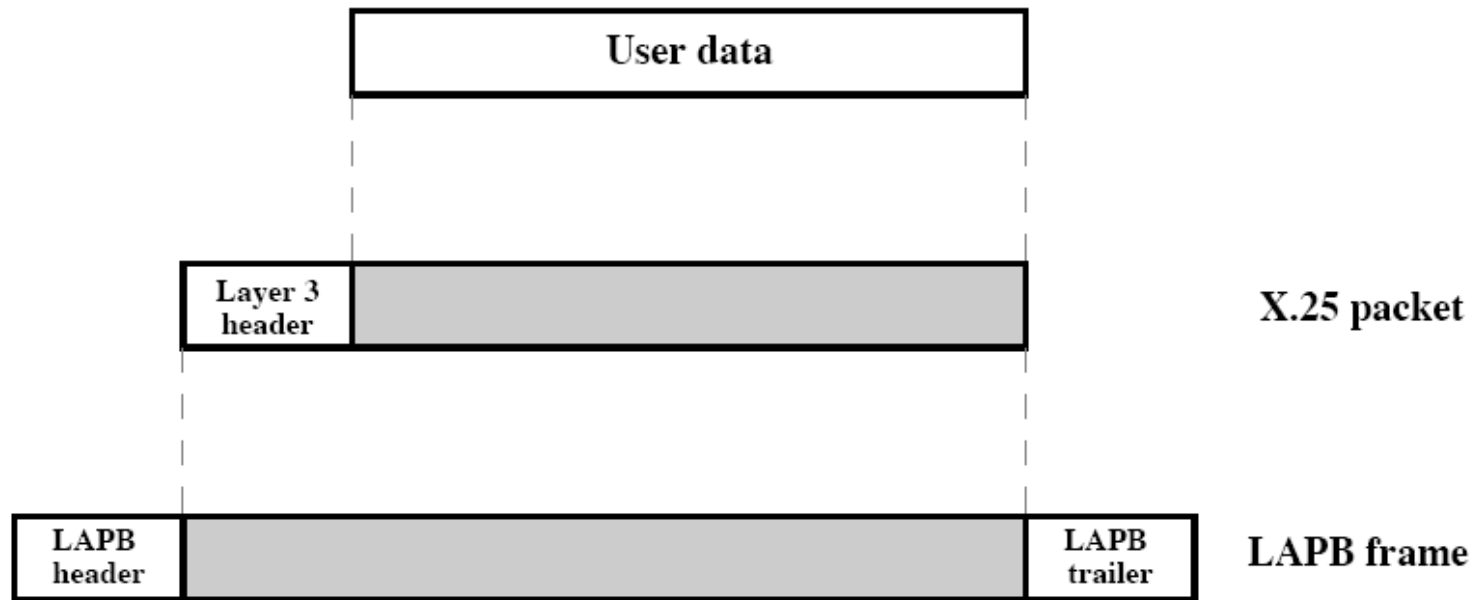
Νοητά Κυκλώματα σε Δίκτυα Μεταγωγής Πακέτων





# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων

---



Νοητά Κυκλώματα σε Δίκτυα Μεταγωγής Πακέτων



# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων

## • X.25

### – Ακολουθία Γεγονότων σε μία Νοητή Κλήση.

- Εγκαθίδρυση Λογικής Σύνδεσης (Νοητού Κυκλώματος) ανάμεσα στους συνδρομητές.
- Μεταφορά Δεδομένων.
- Τερματισμός Λογικής Σύνδεσης (Νοητού Κυκλώματος) ανάμεσα στους συνδρομητές.
- Αναλυτικότερα:
  - Αίτηση Κλήσης – *Call Request* (DTE A προς DCE A & DCE A προς DCE B).
    - » Το πακέτο περιλαμβάνει τις διευθύνσεις πηγής και προορισμού και τον αριθμό του λογικού καναλιού που θα χρησιμοποιηθεί.
  - Εισερχόμενη Κλήση – *Incoming Call* (DCE B προς DTE B).
    - » Το πακέτο εισερχόμενης κλήσης έχει την ίδια μορφή με το πακέτο Αίτησης Κλήσης, αλλά διαφορετικό αριθμό λογικού καναλιού (επιλεγμένο από το DCE B).
  - Αποδοχή Κλήσης – *Call Accepted* (DTE B προς DCE B & DCE B προς DCE A).
  - Σύνδεση Κλήσης – *Call Connected* (DCE A προς DTE A).
    - » Χρησιμοποιείται ο αριθμός λογικού καναλιού που είχε ορισθεί στην Αίτηση Κλήσης.
  - Αποστολή πακέτων συνδρομητών A και B.
  - Αίτηση Τερματισμού – *Clear Request* (DTE A προς DCE A & DCE A προς DCE B ή DTE B προς DCE B & DCE B προς DCE A).
  - Ένδειξη Τερματισμού – *Clear Indication* (DCE B προς DTE B ή DCE A προς DTE A).
  - Επιβεβαίωση Τερματισμού – *Clear Confirmation* (DTE B προς DCE B & DCE B προς DCE A ή DTE A προς DCE A & DCE A προς DCE B).



# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων

## • X.25

### – Η επικεφαλίδα του X.25:

- Αποτελείται από 3 Byte.
  - Το πρώτο Byte αποτελεί τον Αναγνωριστή Γενικής Μορφής (*General Format Identifier*) και το πεδίο LCGN (*Logical Channel Group Number*). Ο Αναγνωριστής Γενικής Μορφής αποτελείται από το *Q Bit*, το *D Bit* και το *SN* (*Sequence Numbering*). Το *Q Bit* παίρνει την τιμή 1, όταν το πακέτο απευθύνεται όχι στο *DTE*, αλλά σε μία άλλη συσκευή που είναι συνδεδεμένη σε αυτό (*PAD-Packet Assembler Disassembler*). Το *D Bit* παίρνει τιμή 1 σε περίπτωση που επιθυμούμε από άκρο σε άκρο επιβεβαίωση σωστής λήψης των πακέτων δεδομένων. Το *SN* προσδιορίζει το αν η απαρίθμηση των πακέτων γίνεται *modulo 8* ή *modulo 128*.
  - Το δεύτερο Byte περιλαμβάνει τον αριθμό του Λογικού Καναλιού (*LCN-Logical Channel Number*). Τα Πεδία *LCGN* και *LCN* αποτελούν τον αναγνωριστή του Λογικού Καναλιού (12 Bit - αριθμός ομάδας & αριθμός καναλιού).
  - Το τρίτο Byte αποτελεί τον Αναγνωριστή του Τύπου του Πακέτου (*Packet Type Identifier-PTI*), ο οποίος προσδιορίζει τον τύπο του πακέτου. Στο πεδίο αυτό περιλαμβάνεται ο αριθμός της ακολουθίας των πακέτων που έχουν αποσταλεί και έχουν ληφθεί (*P(S)* και *P(R)*) για την υποστήριξη των λειτουργιών ελέγχου ροής και σφαλμάτων. Οι ακολουθίες αυτές αποτελούνται είτε από 3 Bit, είτε από 7 Bit, είτε από 15 Bit. Τα πακέτα ελέγχου ροής (*RR*, *RNR*, *REJ*) διαθέτουν μόνο αριθμό ακολουθίας πακέτων που έχουν ληφθεί. Επιπρόσθετα, υπάρχει το *M Bit*, το οποίο καθορίζει το αν το πακέτο δεδομένων είναι μέρος ενός μεγαλύτερου πακέτου ή όχι.
- Πεδίο Διεύθυνσης διαθέτουν μόνο τα πακέτα αίτησης κλήσης, εισερχόμενης κλήσης, αποδοχής κλήσης και σύνδεσης κλήσης. Τα πεδία διεύθυνσης καθορίζουν τις διευθύνσεις των δύο *DTE*. Κατά την πορεία των πακέτων αυτών μέσα στο δίκτυο καταλαμβάνονται τα κατάλληλα λογικά κανάλια. Στη συνέχεια, τα πακέτα μεταξύ των δύο συνδρομητών δρομολογούνται μέσω των λογικών καναλιών που ορίστηκαν στην κλήση.



# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων

## • X.25

- Ο έλεγχος ροής επιτυγχάνεται με το μηχανισμό ολισθαίνοντος παραθύρου. Για τον έλεγχο σφαλμάτων χρησιμοποιείται οπισθοδρόμηση κατά  $N$  (ARQ Go Back  $N$ ). Η επιβεβαίωση και ο έλεγχος ροής μπορεί να έχει είτε τοπική είτε από άκρο σημασία.
  - Η τοπική επιβεβαίωση είναι περισσότερο διαδεδομένη και πλεονεκτεί λόγω του υψηλότερου ρυθμού μετάδοσης που επιτυγχάνει. Το DTE όμως δεν μπορεί να είναι βέβαιο για το αν το πακέτο που έστειλε έχει παραδοθεί στον τελικό αποδέκτη, όπως επίσης δεν γνωρίζει και τον αριθμό των πακέτων που είναι στο δίκτυο προς τον τελικό αποδέκτη.
- Πληροφορία ελέγχου που σχετίζεται με αποκατάσταση, συντήρηση και τερματισμό νοητών κυκλωμάτων μεταδίδεται μέσω των πακέτων ελέγχου κλήσης που μεταφέρονται από το ίδιο κανάλι που χρησιμοποιούν τα δεδομένα. Επομένως, χρησιμοποιείται ενδοκαναλική σηματοδότηση εντός ζώνης.
  - Σε κάθε ενδιαμέσο κόμβο κατασκευάζεται πίνακας κατάστασης για κάθε νοητό κύκλωμα για τον έλεγχο και τη διαχείριση των κλήσεων.
- Η πολυπλεξία των νοητών κυκλωμάτων γίνεται στο Στρώμα 3.
- Έλεγχος Σφαλμάτων & Έλεγχος Ροής πραγματοποιείται τόσο από το Στρώμα 2 όσο και από το Στρώμα 3.



# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων

## • X.25

- Το X.25 παρέχει τις ακόλουθες υπηρεσίες για τον έλεγχο και την ανάκτηση εξαιτίας σφαλμάτων.
  - *Interrupt*
    - Χρησιμοποιείται κατά τη φάση μεταφοράς δεδομένων. Τα πακέτα δεν διαθέτουν αρίθμηση ακολουθιών και χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο καλής λειτουργίας του νοητού κυκλώματος. Με ένα πακέτο *Interrupt*, το *DTE* ζητάει μία άμεση απάντηση από το *DTE* του δεύτερου συνδρομητή και δεν περιορίζεται από έλεγχο ροής ή κάποια άλλη υπερφόρτωση του δικτύου.
  - *Reset*
    - Στην περίπτωση ενός *Reset*, τα δύο *DTE* (κατόπιν συμφωνίας) μηδενίζουν τους μετρητές *P(S)* και *P(R)* στο νοητό κύκλωμα που προσδιορίζει ο αριθμός λογικού καναλιού του πακέτου *Reset*.
    - Το *Reset* μπορεί να προκληθεί από λανθασμένες συνθήκες: απώλεια πακέτου, λανθασμένη αρίθμηση, συμφόρηση, απώλεια του εσωτερικού νοητού κυκλώματος.
    - Χρησιμοποιούνται τόσο στα *PVC*, όσο και στα *SVC*.
  - *Clear*
    - Χρησιμοποιείται στα *SVC* και ποτέ στα *PVC*. Διακόπτουν μία *SVC* σύνδεση.
  - *Restart*
    - Το *Restart* αντιμετωπίζει μία πιο σοβαρή κατάσταση σφάλματος. Αντιστοιχεί με την αποστολή μίας Αίτησης Τερματισμού όλων των νοητών κλήσεων.
    - Κατάσταση που απαιτεί *Restart* είναι η προσωρινή απώλεια πρόσβασης στο δίκτυο.
  - *Diagnostic*
    - Το πακέτο αυτό αποστέλλεται από το *DCE* στο *DTE* για να ενημερώσει ότι έχει διαγνωσθεί μία ανωμαλία, η οποία δεν είναι δυνατόν να διορθωθεί με μηχανισμούς τρίτου επιπέδου.



# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων

---

- **X.25**

- Με την τεχνολογία του X.25, εισάγεται αξιοσημείωτη επιβάρυνση, η οποία μπορεί να δικαιολογηθεί όταν υπάρχει σημαντική πιθανότητα σφάλματος σε οποιαδήποτε από τις συνδέσεις του δικτύου.
- Στα σημερινά δίκτυα με την υψηλής ποιότητας τεχνολογία ψηφιακής μετάδοσης και τις αξιόπιστες συνδέσεις μετάδοσης, η τεχνολογία του X.25 είναι ακατάλληλη και μειώνει σημαντικά τον βαθμό χρήσης του διαθέσιμου υψηλού ρυθμού μετάδοσης δεδομένων.



# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων

- **Frame Relay**

- Το *Frame Relay* εξαλείφει μεγάλο μέρος από την επιβάρυνση που εισάγεται από το X.25. Οι βασικές διαφορές ανάμεσα στο X.25 και στο *Frame Relay* είναι οι ακόλουθες:
  - Η σηματοδότηση ελέγχου κλήσης μεταφέρεται σε διαφορετική λογική σύνδεση από τα δεδομένα του χρήστη. Επομένως, οι ενδιάμεσοι κόμβοι δεν απαιτείται να κατασκευάζουν πίνακες κατάστασης ή να επεξεργάζονται μηνύματα που σχετίζονται με τον έλεγχο κλήσης ξεχωριστά ανά σύνδεση.
  - Η πολυπλεξία γίνεται στο στρώμα 2 και όχι στο στρώμα 3.
  - Δεν υπάρχει έλεγχος ροής και έλεγχος σφαλμάτων. Η χρήση τέτοιας υπηρεσίας από άκρο σε άκρο είναι ευθύνη ενός υψηλότερου στρώματος. Επομένως, δεν υπάρχει η ανταλλαγή πλαισίων δεδομένων και επιβεβαιώσεων από άλμα σε άλμα.
- Το πλεονέκτημα του *Frame Relay* είναι ότι έχει απλοποιηθεί η διαδικασία της επικοινωνίας. Η λειτουργικότητα του πρωτοκόλλου έχει μειωθεί με αποτέλεσμα να έχουμε βελτίωση στη διαμετακομιστική ικανότητα του δικτύου με τη χρήση του *Frame Relay* σε σχέση με το X.25 (μίας τάξης μεγέθους) και μείωση της καθυστέρησης.
- Είναι συνδεοστραφής τεχνική (*connection – oriented technique*).



# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων

---

- ***Frame Relay***

- Αρχιτεκτονική *Frame Relay*

- Δύο ξεχωριστά επίπεδα λειτουργίας

- Επίπεδο Ελέγχου (*Control Plane*)

- » Εμπλέκεται στην εγκατάσταση και στον τερματισμό των λογικών συνδέσεων.

- Επίπεδο Χρήστη (*User Plane*)

- » Είναι υπεύθυνο για τη μεταφορά δεδομένων ανάμεσα στους συνδρομητές.

- » Παρέχει λειτουργικότητα από άκρο σε άκρο.





# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων

- **Frame Relay**

- Αρχιτεκτονική *Frame Relay*

- Επίπεδο Ελέγχου

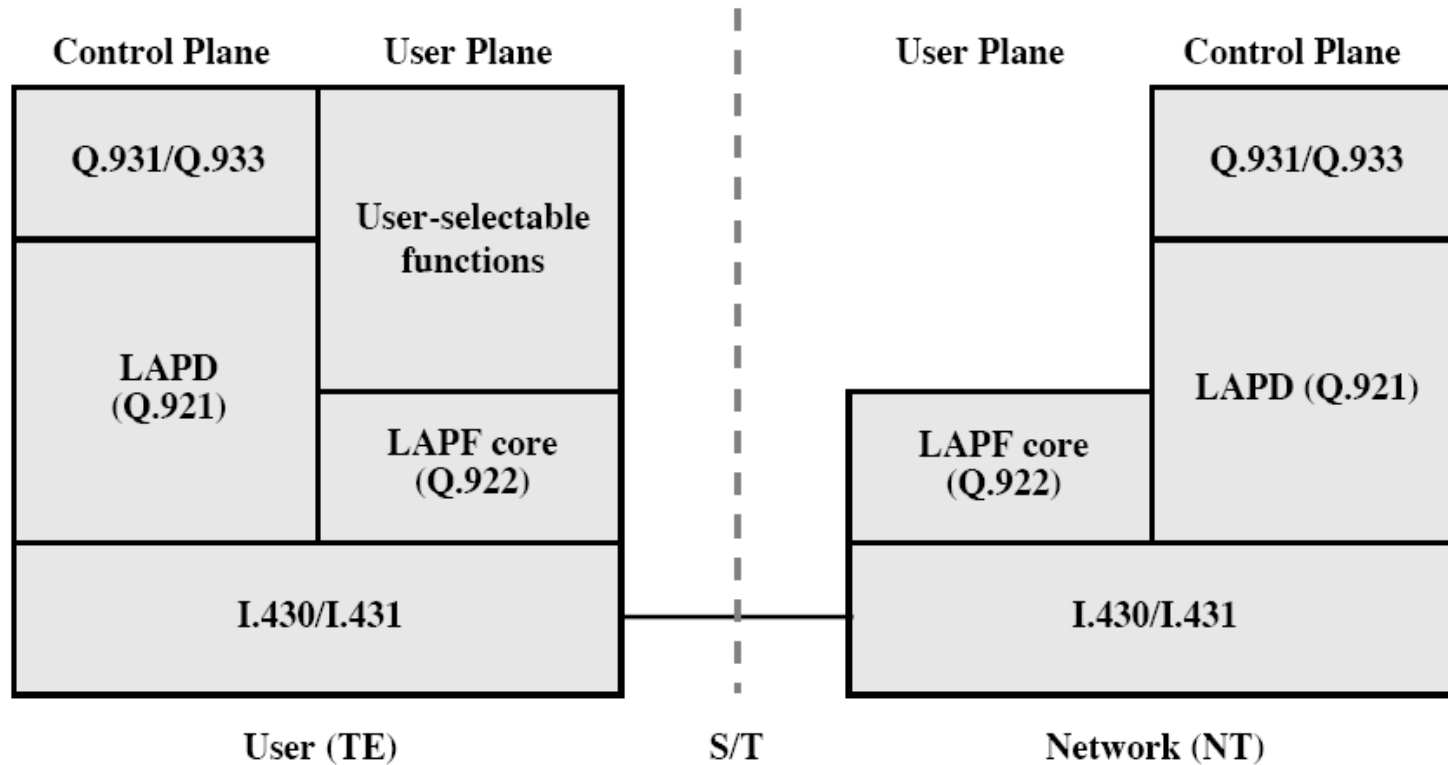
- Χρησιμοποιείται ξεχωριστό λογικό κανάλι για τη μεταφορά πληροφορίας ελέγχου (παρόμοια με τη σηματοδοσία κοινού καναλιού για υπηρεσίες μεταγωγής κυκλώματος).
- Στο Στρώμα Ζεύξης Δεδομένων χρησιμοποιείται το *LAPD* για παροχή αξιόπιστης υπηρεσίας ελέγχου ζεύξης δεδομένων με έλεγχο σφαλμάτων και έλεγχο ροής ανάμεσα στο χρήστη και στο δίκτυο (για τη μεταφορά πληροφορίας σηματοδοσίας).

- Επίπεδο Χρήστη

- Στο Στρώμα Ζεύξης Δεδομένων χρησιμοποιείται το *LAPF Core (Link Access Procedure for Frame Mode Bearer Services)*.
- Το *LAPF* είναι μία αναβαθμισμένη έκδοση του *LAPD*.
- Το *LAPF Core* μπορεί να θεωρηθεί υπόστρωμα του στρώματος ζεύξης δεδομένων. Οι λειτουργίες που υποστηρίζονται είναι οι ακόλουθες:
  - » Οριοθέτηση, Παράταξη και Διαφάνεια Πλαισίων.
  - » Πολυπλεξία – Αποπολυπλεξία πλαισίων χρησιμοποιώντας το πεδίο διεύθυνσής τους.
  - » Έλεγχος Πλαισίων ως προς το μέγεθος τους.
  - » Ανίχνευση σφαλμάτων μετάδοσης.
  - » Έλεγχος Συμφόρησης (καινούργια λειτουργία του *LAPF*). Συμφόρηση προκαλείται όταν ο αριθμός των πακέτων που μεταδίδονται σε ένα δίκτυο προσεγγίζει τη δυνατότητα χειρισμού πακέτων από το δίκτυο.
- Στο *LAPF Core* δεν υποστηρίζονται λειτουργίες ελέγχου ροής και ελέγχου σφαλμάτων.
- Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει επιπρόσθετες λειτουργίες ζεύξης δεδομένων ή επιπέδου δικτύου από άκρο σε άκρο. Οι λειτουργίες αυτές δεν είναι μέρος της υπηρεσίας *Frame Relay*.
- Με βάση τις λειτουργίες του *LAPF Core*, το *Frame Relay* προσφέρει:
  - » Διατήρηση της σειράς μεταφοράς των πλαισίων από το ένα άκρο στο άλλο.
  - » Μικρή πιθανότητα απώλειας πλαισίων.



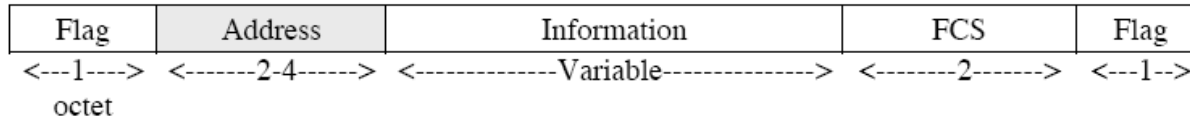
# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων



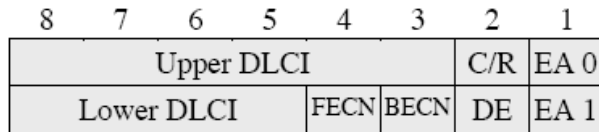
## Αρχιτεκτονική *Frame Relay*



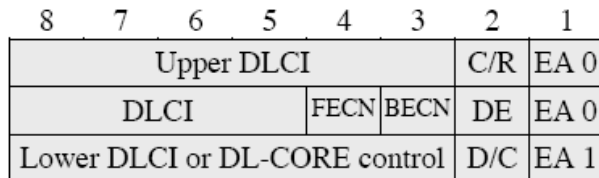
# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων



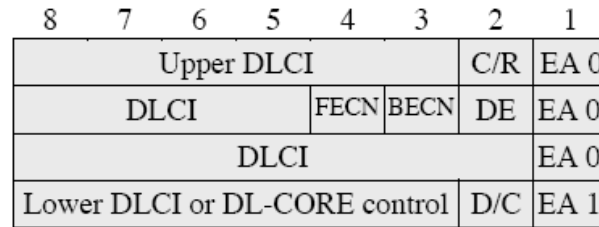
(a) Frame format



(b) Address field - 2 octets (default)



(c) Address field - 3 octets



(d) Address field - 4 octets

- EA Address field extension bit
- C/R Command/response bit
- FECN Forward explicit congestion notification
- BECN Backward explicit congestion notification
- DLCI Data link connection identifier
- D/C DLCI or DL-CORE control indicator
- DE Discard eligibility

*LAPF Core*



# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων

- **Frame Relay**

- Μορφή *LAPF Core* Πακέτου

- Μορφή παρόμοια με αυτή των *LAPD* και *LAPB* μόνο που δεν υπάρχει το πεδίο ελέγχου.
      - Υπάρχουν μόνο πλαίσια για μετάδοση πληροφορίας χρήστη (Δεν υπάρχουν πλαίσια ελέγχου).
      - Δεν είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί σηματοδότηση εντός ζώνης.
      - Δεν είναι δυνατόν να εκτελούνται οι λειτουργίες του ελέγχου ροής και του ελέγχου σφαλμάτων (δεν υπάρχουν αριθμοί ακολουθίας).
    - *DLCI (Data Link Connection Indicator)*
      - Αντίστοιχη λειτουργία με τον αριθμό νοητού κυκλώματος στο X.25 (πολυπλεξία πολλών λογικών καναλιών πάνω στην ίδια φυσική σύνδεση).
    - *FECN (Forward Explicit Congestion Notification)*
      - Ενημερώνει τις επόμενες συσκευές του δικτύου ή τον τελικό αποδέκτη ότι στο δίκτυο υπάρχει συμφόρηση και τα δεδομένα που έχουν αποσταλεί θα ληφθούν με μεγαλύτερες καθυστερήσεις από τις συνήθεις. Ο παραλήπτης ενημερώνει τον αποστολέα, ώστε προσωρινά να περιορίσει τον όγκο των δεδομένων που αποστέλλει.
    - *BECN (Backward Explicit Congestion Notification)*
      - Ενημερώνει τον αποστολέα (χρησιμοποιώντας ένα πακέτο με κατεύθυνση προς τον αποστολέα) ότι στο δίκτυο υπάρχει κίνδυνος συμφόρησης και πρέπει να ελαττωθεί ο ρυθμός αποστολής δεδομένων.
    - *EA (Address Bit Extension Field)*
    - *C/R (Command/Response Bit)*
      - Δεν χρησιμοποιείται από το *Frame Relay (application specific)*.
    - *DE (Discard Eligibility Indicator)*
      - Ειδοποιεί το δίκτυο ότι το πλαίσιο μπορεί να απορριφθεί σε περίπτωση συμφόρησης.



# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων

---

- ***Frame Relay***

- Έλεγχος Συμφόρησης σε Δίκτυα *Frame Relay*.

- Ο έλεγχος συμφόρησης σε δίκτυα *Frame Relay* έχει ως στόχο:

- Την ελαχιστοποίηση των πλαισίων που απορρίπτονται από το δίκτυο.
      - Τη διατήρηση μίας συμφωνημένης ποιότητας υπηρεσίας με υψηλή πιθανότητα και μικρή διακύμανση.
      - Την ελαχιστοποίηση της πιθανότητας να μονοπωλεί ένας χρήστης τους πόρους του δικτύου σε βάρος άλλων χρηστών.
      - Τη δίκαιη κατανομή πόρων ανάμεσα στους τελικούς χρήστες.
      - Τη δημιουργία ελάχιστης επιπρόσθετης κίνησης δικτύου.
      - Την αποτελεσματική λειτουργία ανεξάρτητα από τη ροή της κίνησης προς οποιαδήποτε κατεύθυνση τελικών χρηστών.
      - Τον περιορισμό της εξάπλωσης της συμφόρησης σε άλλα δίκτυα και στοιχεία εσωτερικά του δικτύου.
      - Την ελαχιστοποίηση της επίδρασης σε άλλα συστήματα του δικτύου *Frame Relay*.
      - Την ελαχιστοποίηση της διαφοράς ποιότητας υπηρεσίας ανεξάρτητων συνδέσεων στο δίκτυο κατά τη διάρκεια συμφόρησης (δεν θα πρέπει να υπάρχει ξαφνική υποβάθμιση στην ποιότητα των λογικών συνδέσεων όταν η συμφόρηση αρχίζει ή έχει ήδη συμβεί).



# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων

---

- ***Frame Relay***

- Έλεγχος Συμφόρησης σε Δίκτυα *Frame Relay*.

- Ο έλεγχος συμφόρησης είναι δύσκολος σε δίκτυα *Frame Relay*, λόγω του ότι δεν υπάρχει έλεγχος της ροής πλαισίων (δεν χρησιμοποιείται για παράδειγμα ένα πρωτόκολλο ελέγχου ροής ολισθαίνοντος παραθύρου).

- Τεχνικές ελέγχου συμφόρησης.

- Διαδικασίες Αποφυγής Συμφόρησης (*Congestion Avoidance*).

- » Εκτελούνται στο ξεκίνημα της συμφόρησης για να ελαχιστοποιηθούν οι συνέπειες στο δίκτυο. Καθώς η συμφόρηση είναι σε αρχικά στάδια, θα πρέπει να υπάρχει κάποιος μηχανισμός εμφανούς σηματοδότησης από το δίκτυο που θα ξεκινά τις διαδικασίες αποφυγής συμφόρησης.



# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων

- **Frame Relay**

- Έλεγχος Συμφόρησης σε Δίκτυα *Frame Relay*.

- Τεχνικές ελέγχου συμφόρησης.

- Διαδικασίες Ανάκτησης από Συμφόρηση (*Congestion Recovery*).

- » Χρησιμοποιούνται για να αποτρέψουν την κατάρρευση του δικτύου σε περίπτωση που αυτό αντιμετωπίζει σοβαρή συμφόρηση.

- » Οι διαδικασίες αυτές ξεκινούν σε περίπτωση που το δίκτυο έχει αρχίσει να απορρίπτει πλαίσια λόγω συμφόρησης.

- » Αυτά τα πλαίσια καταγράφονται και εξυπηρετούν ως μηχανισμός ενδεχόμενης σηματοδοσίας.

- Στρατηγική Απόρριψης (*Discard Strategy*).

- » Σχετίζεται με την πιο σημαντική αντίδραση κατά της συμφόρησης.

- » Όταν η συμφόρηση γίνει αρκετά σοβαρή, το δίκτυο αναγκάζεται να απορρίψει πλαίσια. Τα πλαίσια που απορρίπτονται θα πρέπει να επιλέγονται με έναν τρόπο δίκαιο προς όλους τους χρήστες.



# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων

- **Frame Relay**

- Έλεγχος Συμφόρησης σε Δίκτυα *Frame Relay*.

- Στρατηγικές Απόρριψης.

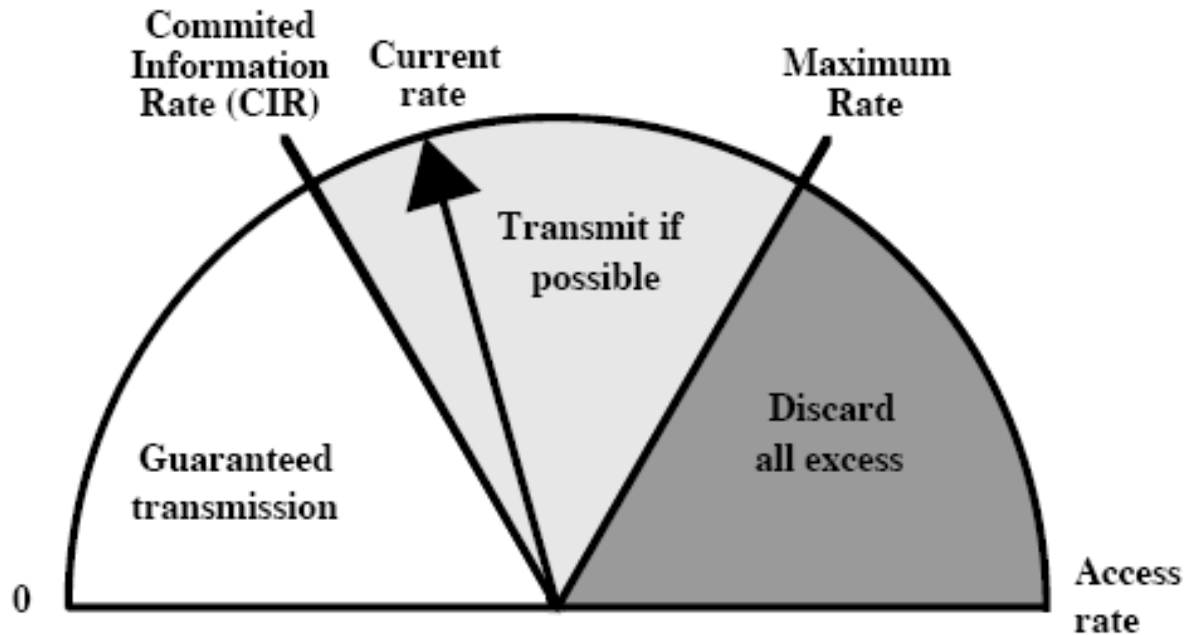
- Διαχείριση Ρυθμού Κίνησης

- » Σε περίπτωση σοβαρής συμφόρησης, το δίκτυο πρέπει να απορρίψει πλαίσια.
        - » Ο πιο απλός τρόπος είναι τα πλαίσια να απορρίπτονται αυθαίρετα, χωρίς να λαμβάνεται υπόψιν η πηγή ενός πλαισίου. Στην περίπτωση αυτή, η καλύτερη στρατηγική για ένα τερματικό σύστημα είναι να μεταδίδει πλαίσια όσο γρηγορότερα μπορεί. Αυτό βέβαια επιδεινώνει το πρόβλημα της συμφόρησης.
        - » Μία πιο δίκαιη κατανομή πόρων επιτυγχάνεται με το Δεσμευμένο Ρυθμό Πληροφορίας (*Committed Information Rate – CIR*). Ο Δεσμευμένος Ρυθμός πληροφορίας είναι ένας ρυθμός μετάδοσης σε *bit* ανά δευτερόλεπτο, που το δίκτυο συμφωνεί να υποστηρίζει για μία συγκεκριμένη σύνδεση. Όποια δεδομένα μεταδίδονται πέρα από τον *CIR* έχουν μεγαλύτερη προτεραιότητα για απόρριψη σε περίπτωση συμφόρησης δικτύου. Τα πλαίσια αυτά διαχωρίζονται από το πεδίο *DE (Discard Eligibility)* στο πλαίσιο *LAPF*.
        - » Ο ρυθμός *CIR* δεν είναι σίγουρο ότι θα ικανοποιηθεί. Σε περιπτώσεις ακραίας συμφόρησης, το δίκτυο μπορεί να αναγκασθεί να παρέχει μία υπηρεσία μικρότερη από τον *CIR*. Βέβαια, η απόρριψη των πλαισίων θα αρχίσει πρώτα από τα πλαίσια των συνδέσεων που έχουν ξεπεράσει το *CIR* τους.
        - » Επιπρόσθετα, καθορίζεται ένας μέγιστος ρυθμός, τέτοιος ώστε όλα τα πλαίσια πάνω από το μέγιστο ρυθμό απορρίπτονται.





# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων



## Λειτουργία του *CIR*



# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων

- **Frame Relay**

- Έλεγχος Συμμόρφωσης σε Δίκτυα *Frame Relay*.

- Τεχνικές ελέγχου συμμόρφωσης.

- Διαχείριση Ρυθμού Κίνησης

- » Κάθε κόμβος θα πρέπει να διαχειρίζεται τόσες συνδέσεις ώστε το συνολικό *CIR* των συνδέσεων να είναι μικρότερο ή ίσο με τη χωρητικότητα του κόμβου. Επιπρόσθετα, οι συνδέσεις ενός χρήστη με ένα κόμβο δικτύου *Frame Relay* δεν πρέπει να ξεπερνούν το ρυθμό πρόσβασης του χρήστη στο δίκτυο (ρυθμός δεδομένων ανάμεσα στο χρήστη και στο δίκτυο).
        - » Ο *CIR* δεν παρέχει αρκετή ευελιξία. Στην πράξη, μετριέται η κίνηση κάθε λογικής σύνδεσης για ένα χρονικό διάστημα και βάσει της ποσότητας των δεδομένων που ελήφθησαν κατά τη διάρκεια αυτού του διαστήματος λαμβάνονται κάποιες αποφάσεις.
        - » Εκτός από τον *CIR*, ορίζονται δύο ακόμη παράμετροι:

- α. Δεσμευμένο Μέγεθος Καταιγισμού (*Committed Burst Size - B<sub>c</sub>*).

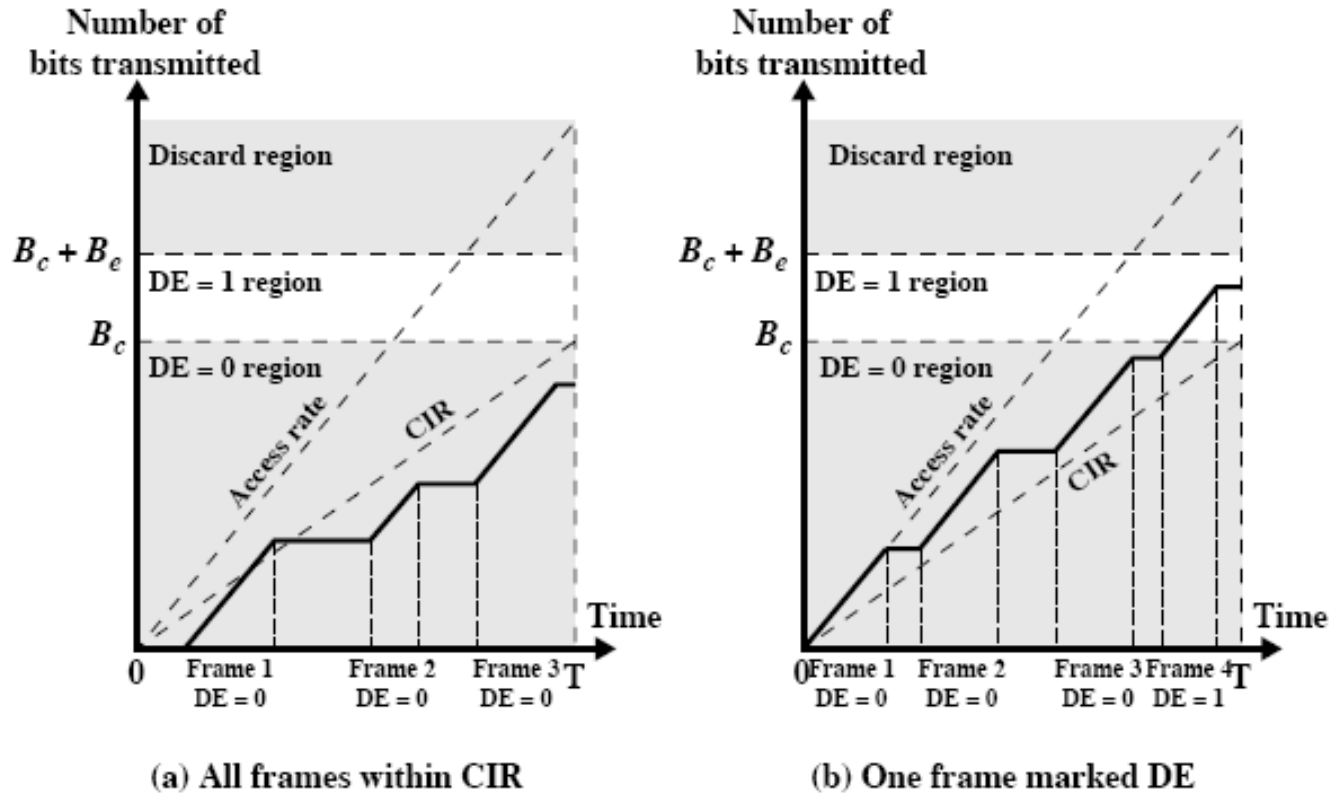
Ορίζεται ως το μέγιστο μέγεθος δεδομένων που συμφωνεί να μεταφέρει το δίκτυο, κάτω από κανονικές συνθήκες, για ένα χρονικό διάστημα  $T$ . Τα δεδομένα μπορεί να είναι ή να μην είναι συνεχόμενα (δηλ. μπορεί να εμφανίζονται σε ένα πλαίσιο ή σε πολλά πλαίσια). Ισχύει  $T=B_c/CIR$

- β. Μέγεθος Υπέρβασης Καταιγισμού (*Excess Burst Size - B<sub>e</sub>*).

Το μέγιστο ποσό δεδομένων υπέρβασης εκτός του δεσμευμένου μεγέθους καταιγισμού που θα επιχειρήσει να μεταφέρει το δίκτυο, κάτω από κανονικές συνθήκες, για ένα διάστημα  $T$ . Το δίκτυο δεν δεσμεύεται να παραδώσει τα δεδομένα αυτά κάτω από κανονικές συνθήκες. Συνεπώς, τα δεδομένα αυτά παραδίδονται με μικρότερη πιθανότητα από τα δεδομένα του Δεσμευμένου Μεγέθους Καταιγισμού.



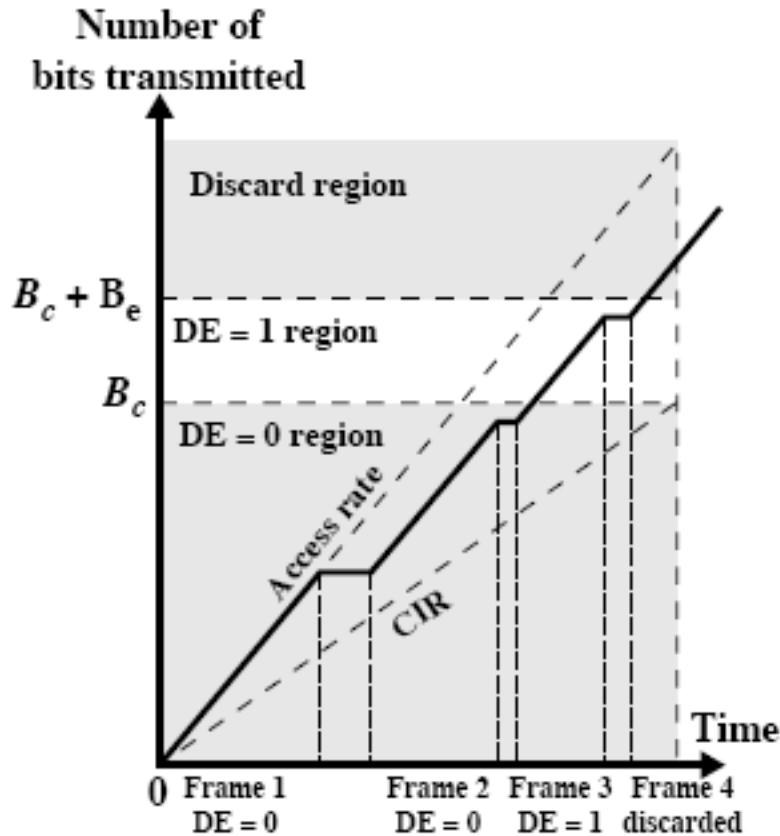
# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων



Παράμετροι Ελέγχου Συμφόρησης σε δίκτυα *Frame Relay*



# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων



Παράμετροι Ελέγχου  
Συμφόρησης σε δίκτυα  
*Frame Relay*

(c) One frame marked DE; one frame discarded



# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων

- ***Asynchronous Transfer Mode (ATM)***

- Συνδυάζει τα πλεονεκτήματα των συστημάτων μεταγωγής κυκλώματος και μεταγωγής πακέτων, επιτρέποντας την ταυτόχρονη μετάδοση πολυμεσικών δεδομένων (φωνής, εικόνας, βίντεο, δεδομένων).
  - Πιο συγκεκριμένα, το *ATM* συνδυάζει υψηλή διαμετακομιστική ικανότητα (*throughput*), μικρές καθυστερήσεις, διαφάνεια και πολύ καλή εκμετάλλευση της γραμμής.
- Βασική Αρχή: Η πληροφορία ανεξαρτήτως μορφής τεμαχίζεται σε μικρά πακέτα σταθερού μεγέθους (κελιά - *cell*), τα οποία πολυπλέκονται σε συνδέσεις υψηλών ταχυτήτων (π.χ. *155,52 Mbps*). Για πολυμεσικές εφαρμογές (μεταφορά ήχου, εικόνας, βίντεο) αφιερώνεται ο αναγκαίος αριθμός κελιών (ο αναγκαίος ρυθμός μετάδοσης), ενώ ταυτόχρονα τα κελιά που απομένουν αχρησιμοποίητα διατίθενται για άλλου είδους μεταφορές, όπως δεδομένων.
- Είναι συνδεοστραφής τεχνική (*connection – oriented technique*).
  - Αποκαθίσταται ένα λογικό μονοπάτι από άκρο σε άκρο (νοητό κύκλωμα) πάνω από το οποίο τα κελιά ταξιδεύουν από την πηγή στον προορισμό.



# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων

## • ***Asynchronous Transfer Mode (ATM)***

- Όπως και στις δύο προηγούμενες *connection – oriented techniques* και στο *ATM* υπάρχει φάση αποκατάστασης κλήσης και φάση μεταφοράς δεδομένων.
- Βασικό πλεονέκτημα της *ATM* είναι η ευελιξία της να δεσμεύει και να παρέχει χωρητικότητα γραμμής ανάλογα με τη ζήτηση και το είδος της εφαρμογής.
  - Παρέχει Ποιότητα Υπηρεσίας (*Quality of Service – QoS*).
  - Υπάρχει διαπραγμάτευση παραμέτρων κίνησης, αποδοχή κλήσης (*Call Admission Control-CAC*) και παρακολούθηση παραμέτρων κίνησης από το δίκτυο (*Usage Parameter Control-UPC*).
- Περιλαμβάνει ελάχιστες λειτουργίες ελέγχου ροής και ελέγχου σφαλμάτων κατά τη μετάδοση των κελιών μέσα στο δίκτυο.
  - Κατά βάση, τις λειτουργίες αυτές αναλαμβάνουν οι ακραίοι σταθμοί και τις επιτελούν με πρωτόκολλα ανωτέρων επιπέδων, γεγονός το οποίο ελαχιστοποιεί την επεξεργασία στους κόμβους.
- Το κελί έχει σταθερό μέγεθος (*53 bytes*), απλοποιώντας και ελαχιστοποιώντας την επεξεργασία που πρέπει να λάβει χώρα στους κόμβους του δικτύου.
  - Η μεταγωγή στους κόμβους υλοποιείται εύκολα σε επίπεδο υλικού.
- Οι δύο προηγούμενες ιδιότητες καθιστούν το *ATM* ένα δίκτυο υψηλών ταχυτήτων.



# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων

---

- ***Asynchronous Transfer Mode (ATM)***

- Παράμετροι Ποιότητας Υπηρεσίας *ATM*

- Ρυθμός Εσφαλμένων Κελιών (*Cell Error Rate-CER*).
    - Ρυθμός Χαμένων Κελιών (*Cell Loss Ratio-CLR*).
    - Καθυστέρηση Μετάδοσης Κελιών (*Cell Transfer Delay-CTD*).
    - Μέση Καθυστέρηση Μετάδοσης Κελιών (*Mean Cell Transfer Delay-MCTD*).
    - Μεταβλητότητα της Καθυστέρησης Μετάδοσης των Κελιών (*Cell Delay Variation-CDV*).
    - Ρυθμός Εσφαλμένων Μπλοκ Κελιών (*Severely – Errored Cell Block Ratio-SECBR*).
    - Ρυθμός Λήψης Άσχετων/Λάθος Τοποθετημένων Κελιών (*Cell Misinsertion Rate-CMR*).



# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων

- ***Asynchronous Transfer Mode (ATM)***

- Τύποι παραμέτρων κίνησης που μπορούν να διαπραγματευθούν περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων:
  - Μέσος Ρυθμός Μετάδοσης Κελιών (*Average Cell Rate-AvCR*).
  - Μέγιστο Ρυθμό Μετάδοσης Κελιών (*Peak Cell Rate-PCR*).
  - Ελάχιστο Ρυθμό Μετάδοσης Κελιών (*Minimum Cell Rate-MCR*).
  - Ανεκτό Ρυθμό Μετάδοσης Κελιών (*Sustainable Cell Rate-SCR*).
    - Αποτελεί άνω όριο του Μέσου Ρυθμού Μετάδοσης Κελιών.
  - Μέγιστο Μήκος Έκρηξης (*Maximum Burst Size -MBS*).
    - Καθορίζει τον αριθμό των συνεχόμενων κελιών που απέχουν χρονικά μεταξύ τους όσο απέχουν δύο διαδοχικά κελιά που εκπέμπονται με το Μέγιστο Ρυθμό Μετάδοσης Κελιών. Ουσιαστικά καθορίζει το μέγιστο αριθμό κελιών που εκπέμπονται σε *PCR*.
  - Ανοχή στον Καταιγισμό Πληροφοριών (*Burst Tolerance-BT*).
    - Άνω όριο της μεταβλητότητας του ρυθμού άφιξης των κελιών σε έναν αποδέκτη. Ως αναφορά χρησιμοποιείται ο Ανεκτός Ρυθμός Μετάδοσης Κελιών.





# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων

- ***Asynchronous Transfer Mode (ATM)***

- Η τεχνολογία ATM είναι ένα μοντέλο τριών επιπέδων:

- Φυσικό Επίπεδο

- Είναι υπεύθυνο για τη μετάδοση και τον συγχρονισμό των κελιών.

- » Ως τρόπος μετάδοσης των κελιών μπορεί να υιοθετηθεί η χρήση μίας συνεχούς ακολουθίας κελιών, χωρίς την επιβολή κάποιου είδους πολυπλεξίας πλαισίων. Ο συγχρονισμός γίνεται κελί προς κελί. Ο τρόπος αυτός μετάδοσης μεγιστοποιεί την εκμετάλλευση των μέσων. Χρησιμοποιείται στα τοπικά δίκτυα *LAN*. Ένας δεύτερος τρόπος μετάδοσης κελιών είναι η ενθυλάκωσή τους σε ένα σύγχρονο πλαίσιο πολυπλεξίας διαίρεσης χρόνου (χρήση *PDH – SDH*). Αυτός ο τρόπος μετάδοσης χρησιμοποιείται σε δίκτυα *WAN*.

- Χωρίζεται σε δύο υπο-επίπεδα:

- » *Transmission Convergence (TC)* – Οι λειτουργίες του εξαρτώνται από την επιλογή του τρόπου μετάδοσης (μετάδοση βασισμένη στο *SDH* ή μετάδοση βασισμένη σε συνεχόμενη αλληλουχία κελιών *ATM*). Είναι υπεύθυνο για την αναγνώριση και την εξαγωγή από την ακολουθία των *bit* της γραμμής των κελιών και αντιστρόφως (οριοθέτηση / συγχρονισμός κελιών), προσθήκη κενών κελιών για την κάλυψη των κενών διαστημάτων, δημιουργία και προσαρμογή του πλαισίου μετάδοσης *SDH* και αποσυσχέτιση του ρυθμού των πακέτων, δημιουργία του πεδίου *HEC (Header Error Control)* της επικεφαλίδας των κελιών κατά τη μετάδοση και έλεγχος του *CRC* κατά τη λήψη, τυχαία αναδιάταξη (*scrambling*) των *Bit* πληροφορίας.



# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων

---

- *Asynchronous Transfer Mode (ATM)*
  - Η τεχνολογία ATM είναι ένα μοντέλο τριών επιπέδων:
    - Φυσικό Επίπεδο
      - Χωρίζεται σε δύο υπο-επίπεδα:
        - » Physical Medium Dependent (PMD) – Υπεύθυνο για τη διασύνδεση με το χρησιμοποιούμενο κάθε φορά φυσικό μέσο (συνεστραμμένα ζεύγη χάλκινων καλωδίων, ομοαξονικά καλώδια, οπτικές ίνες) και για το χρονισμό των *bit*.
        - » Οι ρυθμοί μετάδοσης στο *ATM* ξεκινούν από *1,544 Mbps*. Ο πρώτος ρυθμός που τυποποιήθηκε είναι *155 Mbps* και στη συνέχεια ακολούθησαν επεκτάσεις σε ανώτερες και κατώτερες ταχύτητες.



# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων

- *Asynchronous Transfer Mode (ATM)*
  - Η τεχνολογία *ATM* είναι ένα μοντέλο τριών επιπέδων:
    - Επίπεδο *ATM*
      - Είναι αρμόδιο για τη λειτουργία μεταγωγής των κελιών στο δίκτυο. Προσθέτει την επικεφαλίδα (5 Bytes) στο κελί, στην οποία περιλαμβάνονται οι αναγνωριστές νοητού μονοπατιού και νοητής σύνδεσης (βάσει των οποίων γίνεται η μεταγωγή στους κόμβους) και υλοποιείται ο μηχανισμός ελέγχου ροής στην πλευρά του χρήστη (διασύνδεση χρήστη – δικτύου.)
    - Επίπεδο Προσαρμογής *ATM (AAL – ATM Adaptation Layer)*
      - Είναι το επίπεδο που επιτρέπει τη διαχείριση διαφορετικών κατηγοριών υπηρεσιών (φωνή, δεδομένα, βίντεο) σε ένα δίκτυο *ATM*. Συγκεκριμένα, ο ρόλος του Επιπέδου Προσαρμογής στο *ATM* είναι η προσαρμογή των αναγκών των υπηρεσιών στις δυνατότητες του Επιπέδου *ATM*.
      - Κατάλληλη επικεφαλίδα τοποθετείται σε κάθε κελί, η οποία ενημερώνει τους κόμβους του δικτύου για το είδος της πληροφορίας που μεταφέρει το κάθε κελί (προκειμένου ο κόμβος να το χειρισθεί ανάλογα).
      - Οι λειτουργίες του *AAL* είναι να τεμαχίσουν τα δεδομένα του χρήστη σε κελιά *ATM* και να τα επανασυγκολλήσουν στον αποδέκτη. Οι λειτουργίες αυτές γίνονται από τον τερματικό εξοπλισμό του χρήστη.
      - Το επίπεδο *AAL* διακρίνεται σε δύο υπο-επίπεδα:
        - » Επίπεδο Τεμαχισμού και Επανασυγκόλλησης (SAR- Segmentation and Reassembly) – Τεμαχισμός κελιών και προσθήκη ακολουθίας κελιού στην επικεφαλίδα (για την ορθή επανασυγκόλληση των κελιών)
        - » Επίπεδο Σύγκλισης (Convergence Sublayer) – Χειρισμός χαμένων ή λάθος τοποθετημένων κελιών, έλεγχο σφαλμάτων μετάδοσης του πακέτου δεδομένων πριν από τον τεμαχισμό του, έλεγχο χρονισμού πομπού και δέκτη.



# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων

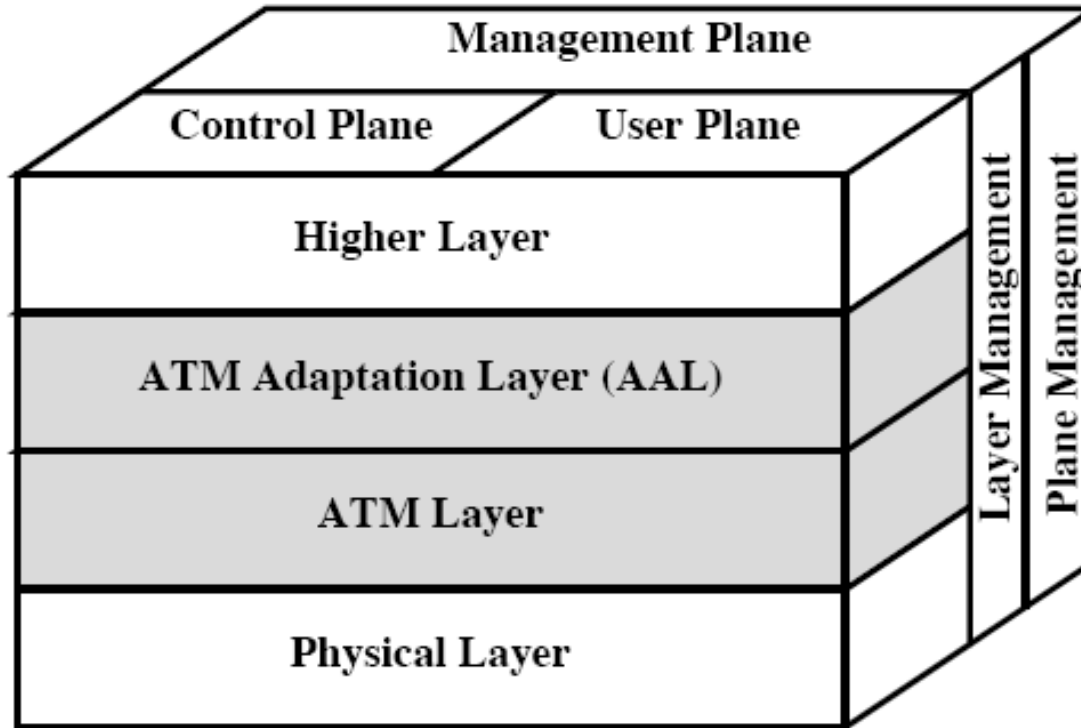
---

- *Asynchronous Transfer Mode (ATM)*
  - Το μοντέλο αναφοράς για το *ATM* περιλαμβάνει τρία ανεξάρτητα επίπεδα:
    - Επίπεδο Χρήστη (*User Plane*)
      - Είναι υπεύθυνο για τη μεταφορά πληροφορίας χρήστη, καθώς και για τους σχετικούς ελέγχους (έλεγχος ροής, έλεγχος σφαλμάτων).
    - Επίπεδο Ελέγχου (*Control Plane*)
      - Εκτελεί τον έλεγχο κλήσης και τις λειτουργίες ελέγχου σύνδεσης.
    - Επίπεδο Διαχείρισης (*Management Plane*)
      - Εκτελεί λειτουργίες διαχείρισης που σχετίζονται με ολόκληρο το σύστημα και παρέχει συντονισμό μεταξύ των επιπέδων.
      - Περιλαμβάνει το σύνολο των λειτουργιών διαχείρισης και ελέγχου κίνησης που διασφαλίζουν την απρόσκοπτη και αποδοτική λειτουργία του δικτύου.



# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων

---



Αρχιτεκτονική Πρωτοκόλλων *ATM*

# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων

- *Asynchronous Transfer Mode (ATM)*

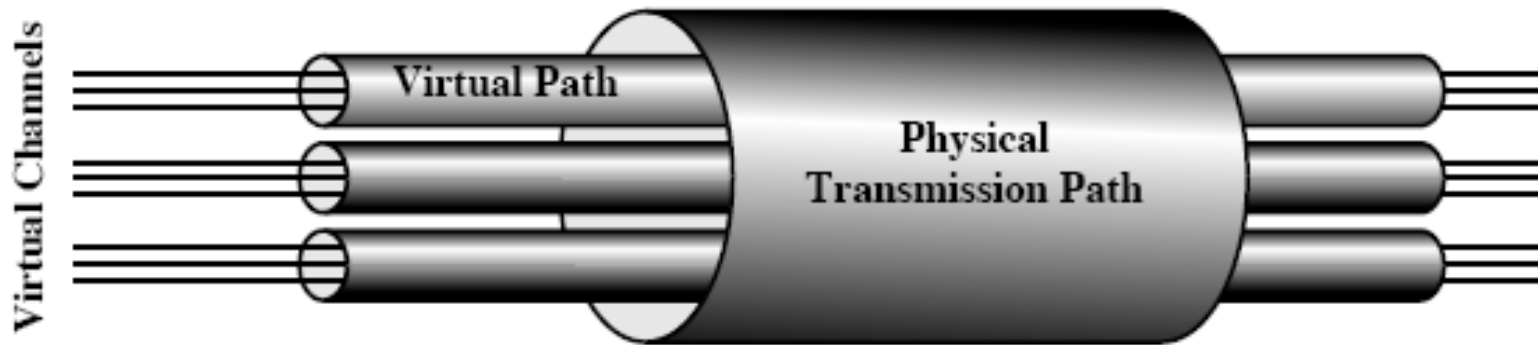
- Λογικές Ζεύξεις

- Σύνδεση Νοητού Καναλιού (*Virtual Circuit Channel-VCC*)
- Σύνδεση Νοητού Μονοπατιού (*Virtual Path Channel-VPC*)
  - Τα νοητά μονοπάτια ομαδοποιούν τις συνδέσεις νοητών καναλιών. Επομένως, λειτουργίες διαχείρισης του δικτύου εφαρμόζονται σε ένα μικρό αριθμό ομάδων συνδέσεων, παρά σε ένα μεγάλο αριθμό ανεξάρτητων συνδέσεων.
  - Τα πλεονεκτήματα της χρήσης νοητών μονοπατιών είναι τα ακόλουθα:
    - » Απλοποιημένη αρχιτεκτονική δικτύου.
    - » Αυξημένη απόδοση και αξιοπιστία δικτύου – το δίκτυο ασχολείται με λιγότερες συναθροισμένες οντότητες.
    - » Μειωμένη επεξεργασία και χρόνος αποκατάστασης σύνδεσης – η προσθήκη νοητών καναλιών σε ένα ήδη εγκαθιδρυμένο νοητό μονοπάτι περιλαμβάνει ελάχιστη επεξεργασία.
    - » Βελτιωμένες υπηρεσίες δικτύου – ο χρήστης μπορεί να καθορίσει κλειστές ομάδες χρηστών ή δίκτυα από δέσμες νοητών καναλιών.



# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων

---



Νοητό Κανάλι και Νοητό Μονοπάτι (Συνδέσεις *ATM*)

# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων

- *Asynchronous Transfer Mode (ATM)*

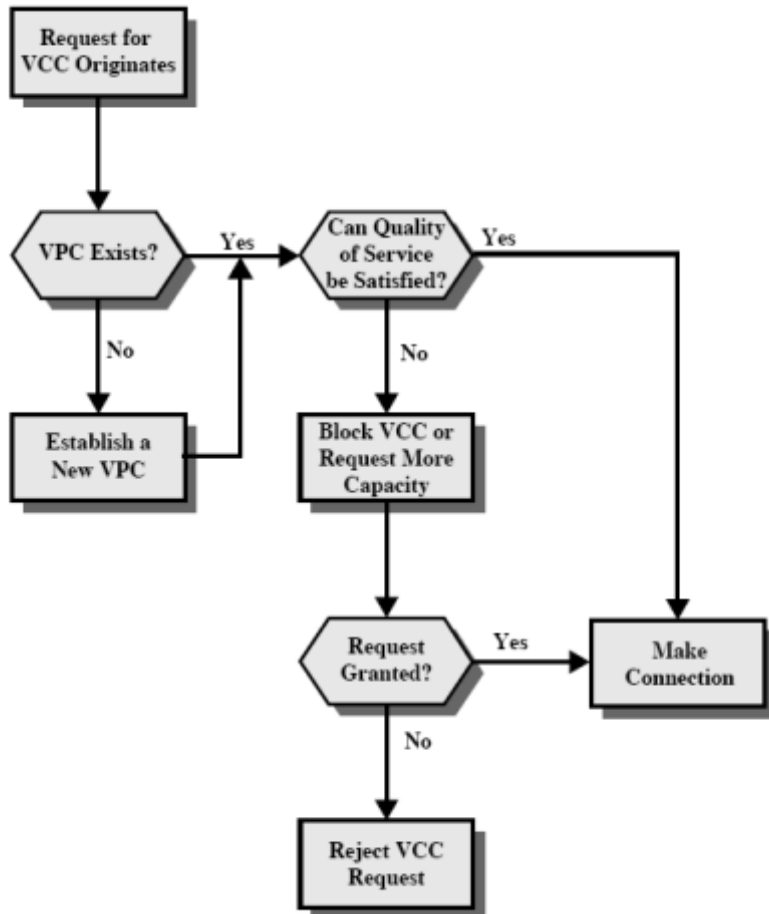
- Λογικές Ζεύξεις

- Η διαδικασία αποκατάστασης μίας σύνδεσης νοητού μονοπατιού είναι διαφορετική από τη διαδικασία αποκατάστασης μίας σύνδεσης νοητού καναλιού.
- Για την αποκατάσταση μίας σύνδεσης νοητού καναλιού θα πρέπει: (α) να υπάρχει μία σύνδεση νοητού μονοπατιού με τον απαιτούμενο κόμβο προορισμού, (β) να υπάρχει αρκετή διαθέσιμη χωρητικότητα για την υποστήριξη του ζητούμενου νοητού καναλιού με την κατάλληλη ποιότητα υπηρεσίας.
- Το νοητό μονοπάτι προσδιορίζεται στην επικεφαλίδα ενός ATM κελιού από τον αναγνωριστή νοητού μονοπατιού (*Virtual Path Identifier- VPI*)
- Το νοητό κανάλι προσδιορίζεται στην επικεφαλίδα ενός ATM κελιού από τον αναγνωριστή νοητού καναλιού (*Virtual Channel Identifier – VCI*), σε συνδυασμό με το *VPI*.
  - Το κάθε νοητό κανάλι αντιστοιχίζεται σε ένα νοητό μονοπάτι.





# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων



Αποκατάσταση σύνδεσης  
νοητών καναλιών



# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων

---

- *Asynchronous Transfer Mode (ATM)*
  - Λογικές Ζεύξεις
    - Τα VCC μπορεί να εγκαθίστανται ανάμεσα:
      - Σε τελικούς χρήστες.
        - » Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να μεταφέρει δεδομένα χρήστη ή πληροφορίες σηματοδοσίας ελέγχου ανάμεσα σε τελικούς χρήστες.
      - Σε έναν τελικό χρήστη και στο δίκτυο.
        - » Χρησιμοποιείται για σηματοδοσία ελέγχου ανάμεσα στο χρήστη και στο δίκτυο.
      - Σε δύο οντότητες δικτύου.
        - » Χρησιμοποιείται για τη διαχείριση της κίνησης του δικτύου και λειτουργίες δρομολόγησης.
    - Σε όλες τις περιπτώσεις μέσα σε ένα VCC διατηρείται η ακεραιότητα ακολουθίας των κελιών.
      - Τα κελιά παραδίδονται με την ίδια σειρά με την οποία έχουν αποσταλεί.



# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων

- *Asynchronous Transfer Mode (ATM)*
  - Λογικές Ζεύξεις
    - Υπάρχουν ημι-μόνιμα *VCC*, τα οποία είναι νοητά κανάλια μεγάλης διάρκειας, εγκαθίστανται μετά από ενέργειες κατά την έναρξη λειτουργίας του δικτύου ή κάποια ενέργεια διαχείρισης του δικτύου.
    - Τα *VCC* είναι συνδέσεις που δημιουργούνται κατόπιν αιτήσεως των χρηστών και η δημιουργία τους απαιτεί σηματοδοσία ελέγχου για την εγκατάστασή τους, την υποστήριξή τους και τον τερματισμό τους.
    - Στην περίπτωση που η ανταλλαγή δεδομένων ανάμεσα στους χρήστες γίνεται από ημι-μόνιμα *VCC* δεν απαιτείται ανταλλαγή σηματοδοσίας ελέγχου.
    - Σε περίπτωση που πρέπει να δημιουργηθεί ένα νέο *VCC* για την ανταλλαγή πληροφοριών χρηστών πρέπει να υπάρξει ανταλλαγή πληροφορίας σηματοδοσίας. Η πληροφορία σηματοδοσίας διακινείται σε διαφορετικές συνδέσεις από τις συνδέσεις για την ανταλλαγή δεδομένων χρηστών. Υπάρχει ένα μόνιμο κανάλι (χαμηλού ρυθμού δεδομένων), το οποίο θα χρησιμοποιηθεί για να δημιουργηθεί ένα κανάλι που θα χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο της κλήσης. Το μόνιμο αυτό κανάλι ονομάζεται κανάλι μετα-σηματοδοσίας και χρησιμοποιείται για την εγκατάσταση καναλιών σηματοδοσίας.
      - Το κανάλι μετα-σηματοδοσίας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εγκατάσταση ενός *VCC* ανάμεσα στο χρήστη και στο δίκτυο για ανταλλαγή πληροφορίας σηματοδοσίας ελέγχου κλήσης. Αυτό το κανάλι μπορεί να χρησιμοποιηθεί με τη σειρά του για την εγκατάσταση ενός *VCC* για τη μεταφορά δεδομένων χρήστη.
      - Το κανάλι μετα-σηματοδοσίας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εγκατάσταση ενός *VCC* ανάμεσα στους χρήστες. Αυτό το κανάλι εγκαθίσταται μέσα σε ένα προεγκατεστημένο *VPC*.



# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων

- *Asynchronous Transfer Mode (ATM)*
  - Κελιά *ATM*
    - Σταθερού Μεγέθους – *53 Bytes*
      - Μικρό Μέγεθος
        - » Μείωση Καθυστέρησης στην ουρά των κόμβων (ειδικά για ένα υψηλής προτεραιότητας κελί).
        - » Αποδοτική μεταγωγή των πακέτων – Υλοποίηση Μεταγωγής σε επίπεδο υλικού.
    - Επικεφαλίδα Κελιού
      - Πεδίο Γενικού Ελέγχου Ροής (*Generic Flow Control –GFC*)
        - » Αποτελείται από *4 bit*.
        - » Εμφανίζεται μόνο στη διεπαφή χρήστη – δικτύου. Επομένως, έλεγχος ροής υπάρχει στην τοπική διεπαφή χρήστη – δικτύου.
        - » Ο μηχανισμός *GFC* χρησιμοποιείται για την ανακούφιση από σύντομες καταστάσεις υπερφόρτωσης.
      - Πεδίο Αναγνωριστή Νοητού Μονοπατιού (*Virtual Path Identifier –VPI*).
        - » Αποτελείται από *8 bit* στη διεπαφή χρήστη – δικτύου και από *12 bit* στη διεπαφή δικτύου – δικτύου.
      - Πεδίο Αναγνωριστή Νοητού Καναλιού (*Virtual Channel Identifier-VCI*)
        - » Αποτελείται από *16 bit*.

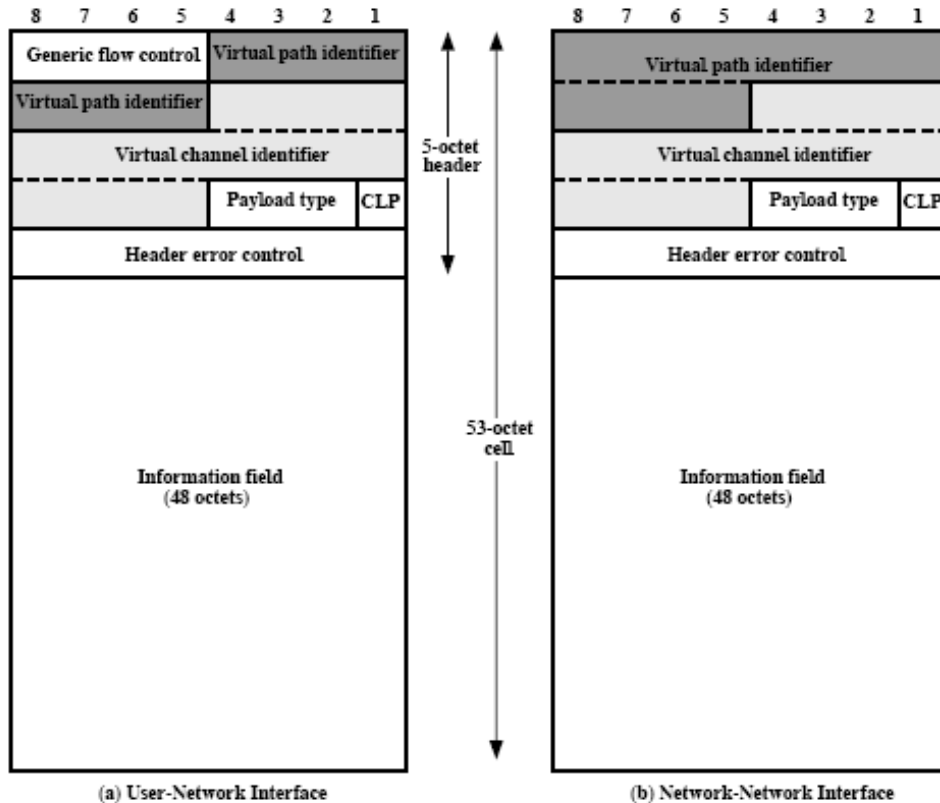


# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων

- *Asynchronous Transfer Mode (ATM)*
  - Κελιά ATM
    - Επικεφαλίδα Κελιού
      - Πεδίο Τύπου Ωφέλιμου Φορτίου (Payload Type).
        - » Δηλώνει τον τύπο της πληροφορίας του πεδίου πληροφορίας.
        - » Αποτελείται από 3 bit. Καθορίζουν εάν τα δεδομένα του πακέτου αποτελούν δεδομένα χρήστη ή πληροφορίες διαχείρισης δικτύου, καθώς και εάν το συγκεκριμένο κελί έχει συναντήσει συμφόρηση στο δίκτυο ή όχι.
        - » Επομένως, με το πεδίο ωφέλιμου φορτίου είναι δυνατόν να παρεμβληθούν κελιά διαχείρισης δικτύου στο VCC του χρήστη, χωρίς να επηρεαστούν τα δεδομένα του χρήστη – πληροφορία ελέγχου εντός ζώνης.
      - Πεδίο Προτεραιότητας Απώλειας Κελιού (Cell Loss Priority – CLP)
        - » 1 Bit. Χρησιμοποιείται για να καθορίσει εάν το συγκεκριμένο πακέτο μπορεί να απορριφθεί σε περίπτωση που εμφανισθεί συμφόρηση στο δίκτυο.
        - » Ο χρήστης μπορεί να χρησιμοποιήσει το πεδίο αυτό για να στείλει επιπρόσθετα κελιά στο δίκτυο πέρα από το συμφωνημένο ρυθμό, τα οποία όμως μπορούν να απορριφθούν από το δίκτυο με μεγαλύτερη προτεραιότητα από τα κελιά που βρίσκονται μέσα στα συμφωνημένα όρια κίνησης.
      - Πεδίο Ελέγχου Σφαλμάτων Επικεφαλίδας (Header Error Control – HEC)
        - » Χρησιμοποιείται για έλεγχο σφαλμάτων επικεφαλίδας κελιού ATM και για οριοθέτηση/συγχρονισμό κελιών ATM (λειτουργίες οι οποίες επιτελούνται από το *Transmission Convergence Sublayer* του Φυσικού Επιπέδου).



# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων



Μορφή Κελιού *ATM*



# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων

- *Asynchronous Transfer Mode (ATM)*
  - Έλεγχος Ροής
    - Ο έλεγχος ροής πραγματοποιείται ανάμεσα στο χρήστη και στο δίκτυο, έτσι ώστε να αποφευχθούν προσωρινές συνθήκες υπερφόρτωσης, σε περίπτωση που πολλοί σταθμοί μοιράζονται ένα κοινό μέσο.
    - Η *ITU-T* δεν έχει προδιαγράψει τις τιμές του πεδίου *GFC*, καθώς υπάρχει άμεση εξάρτηση από το μηχανισμό ελέγχου πρόσβασης που θα χρησιμοποιηθεί.
    - Ο μηχανισμός ελέγχου ροής *GFC* αποτελεί μέρος μίας προτεινόμενης δυνατότητας ελεγχόμενης μεταφοράς κελιών (*Controlled Cell Transfer-CCT*) για τη διασύνδεση *LAN* σε *ATM WAN*.
      - *CCT* – στοχεύει στην παροχή καλών υπηρεσιών για υψηλού μεγέθους καταιγισμού κίνησης με μηνύματα μεταβλητών μεγεθών.
    - Ο μηχανισμός ελέγχου ροής *GFC* πρέπει να υποστηρίζει ένα μηχανισμό επιλογής μεταξύ των πακέτων προς μετάδοση, βασιζόμενο σε απαιτήσεις ποιότητας υπηρεσίας.
      - Αναγκαιότητα ύπαρξης προτεραιοτήτων και κανόνων (π.χ. Επιλογή πακέτων προς επεξεργασία που μεταφέρουν πληροφορία ευαίσθητη στην καθυστέρηση).
      - Είναι προφανής η ανάγκη ομαδοποίησης των υπηρεσιών.



# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων

- *Asynchronous Transfer Mode (ATM)*
  - Έλεγχος Ροής
    - Σύμφωνα με ένα σχήμα, ο μηχανισμός ελέγχου ροής *GFC* μπορεί να υποστηρίζει τέσσερα επίπεδα προτεραιότητας με το κάθε ένα να αντιστοιχεί σε μία διαφορετική κατηγορία υπηρεσιών.
    - Σύμφωνα με ένα δεύτερο σχήμα, μηχανισμός ελέγχου ροής *GFC* μπορεί να υποστηρίζει δύο κατηγορίες υπηρεσίας με δύο στάδια μετάδοσης.
      - Τα κελιά της κατηγορίας υψηλής προτεραιότητας μπορούν να μεταδίδονται και στα δύο στάδια, ενώ τα κελιά χαμηλής προτεραιότητας μπορούν να μεταδίδονται μόνο στο ένα στάδιο. Υπάρχει μετάβαση από το ένα στάδιο στο άλλο με έναν τρόπο που εγγυάται τη χρησιμοποίηση του μέγιστου εύρους ζώνης για τα κελιά που ανήκουν στην κατηγορία υπηρεσίας υψηλής προτεραιότητας και τη δίκαιη κατανομή του παραμένοντος εύρους ζώνης στα κελιά της κατηγορίας υπηρεσιών χαμηλής προτεραιότητας.
      - Αναλυτικότερα, το *GFC* μπορεί να υποστηρίξει δύο ομάδες διαδικασιών:
        - » Μη ελεγχόμενη μετάδοση.
        - » Ελεγχόμενη μετάδοση.
        - » Η ελεγχόμενη μετάδοση είναι δυνατόν να ομαδοποιηθεί επιπρόσθετα σε δύο ομάδες ελεγχόμενων συνδέσεων (Ομάδα Α, Ομάδα Β).





# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων

- *Asynchronous Transfer Mode (ATM)*
  - Έλεγχος Ροής
    - Αλγόριθμος Ελέγχου Ροής
      - Όταν μία μεταβλητή (*TRANSMIT*) πάρει την τιμή *0*, καμία σύνδεση (ελεγχόμενη ή μη ελεγχόμενη) δεν μπορεί να αποστείλει κελιά στο δίκτυο.
        - » Η μεταβλητή *TRANSMIT* παίρνει την τιμή *0* σε περίπτωση που ληφθεί ένα σήμα *HALT* και παραμένει σε αυτή την τιμή μέχρι να ληφθεί ένα σήμα *NO\_HALT*
      - Όταν η μεταβλητή *TRANSMIT* πάρει την τιμή *1*, οι μη ελεγχόμενες συνδέσεις μπορούν να μεταδίδουν οποιαδήποτε στιγμή.
      - Σε περίπτωση που η μεταβλητή *TRANSMIT* έχει την τιμή *1* και καμία μη ελεγχόμενη σύνδεση δεν έχει κελιά προς αποστολή:
        - » Εάν μία μεταβλητή (*GO\_CNTR*) έχει τιμή μεγαλύτερη από το *0*, τότε ο σταθμός μπορεί να αποστείλει ένα κελί σε μία ελεγχόμενη σύνδεση. Στην περίπτωση αυτή, το κελί σηματοδοτείται ως κελί ελεγχόμενης σύνδεσης και η μεταβλητή *GO\_CNTR* μειώνεται κατά *1*.
        - » Εάν η μεταβλητή *GO\_CNTR* έχει τιμή ίση με το *0*, τότε ο σταθμός δεν μπορεί να αποστείλει κελιά σε ελεγχόμενη σύνδεση.
        - » Η μεταβλητή *GO\_CNTR* αρχικοποιείται στην τιμή *0*. Με το σήμα *SET* η τιμή της μεταβλητής τίθεται ίση με την τιμή της μεταβλητής *GO\_VALUE*, η οποία έχει αρχική τιμή *1* ή κάποια μεγαλύτερη.

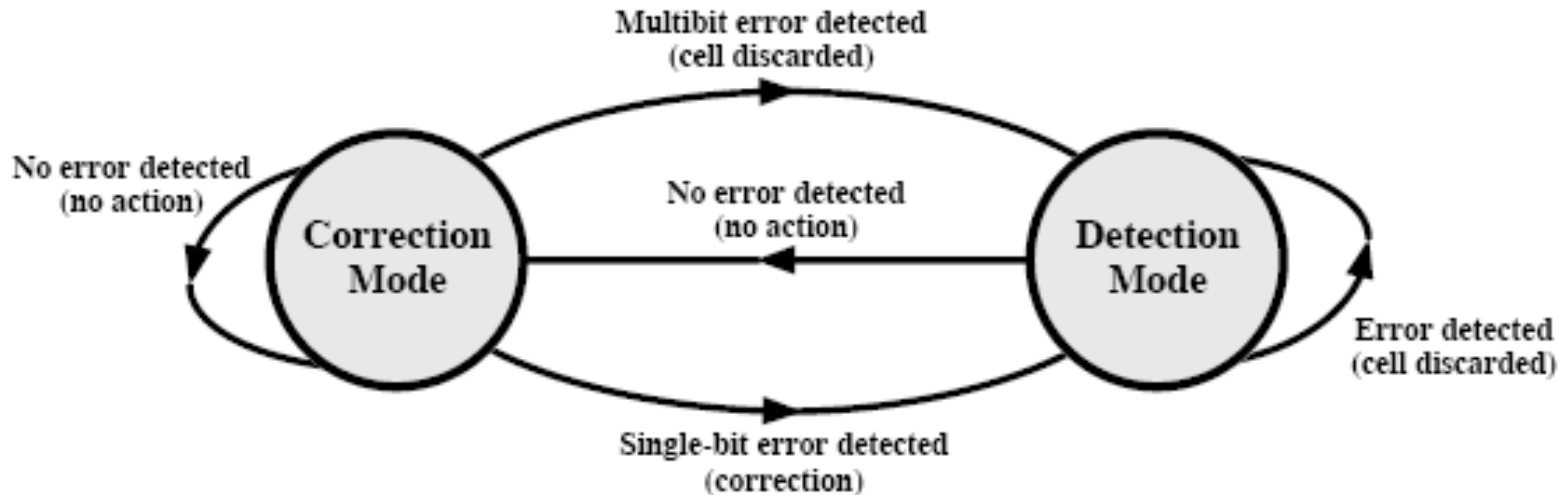


# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων

- *Asynchronous Transfer Mode (ATM)*
  - Έλεγχος Σφαλμάτων Επικεφαλίδας.
    - Το πεδίο ελέγχου σφαλμάτων *HEC* αποτελείται από *8 bit* και υπολογίζεται λαμβάνοντας υπόψη τα υπόλοιπα *32* της κεφαλίδας του κελιού.
    - Επειδή τα *bit* προς έλεγχο είναι σχετικά λίγα σε σχέση με τα *bit* που χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση σφαλμάτων είναι δυνατή και η διόρθωση μονού *bit*.
    - Αλγόριθμος Ελέγχου Σφαλμάτων Επικεφαλίδας στο Δέκτη
      - Αρχικά, ο αλγόριθμος βρίσκεται στην κατάσταση διόρθωσης σφαλμάτων του *1 bit*.
      - Καθώς λαμβάνεται κάθε κελί, εκτελείται ο αλγόριθμος υπολογισμού *HEC* και η σύγκριση με τη λαμβανόμενη ακολουθία.
      - Όταν δεν ανιχνεύονται σφάλματα ο αλγόριθμος βρίσκεται σε κατάσταση διόρθωσης σφάλματος *1 bit*.
      - Σε περίπτωση που ανιχνευθεί σφάλμα, τότε ο δέκτης θα διορθώσει το σφάλμα σε περίπτωση που είναι σφάλμα σε *1 bit*, διαφορετικά ο δέκτης θα ανιχνεύσει ότι έχουμε σφάλμα σε πολλαπλά *bit*. Επιπρόσθετα, ο δέκτης μεταβαίνει στην κατάσταση ανίχνευσης σφάλματος (γιατί ο δέκτης θεωρεί πιθανή τη λήψη και άλλων λανθασμένων κελιών – λόγω ενός καταγιστικού θορύβου).
      - Ο δέκτης παραμένει στην κατάσταση ανίχνευσης σφαλμάτων, όσο λαμβάνονται λανθασμένα κελιά. Στην κατάσταση αυτή δεν γίνεται καμία προσπάθεια διόρθωσης σφαλμάτων και τα κελιά απορρίπτονται.
      - Όταν εξεταστεί μία επικεφαλίδα και βρεθεί ότι δεν περιέχει σφάλμα, τότε ο δέκτης επιστρέφει στην κατάσταση διόρθωσης σφάλματος *1 bit*.



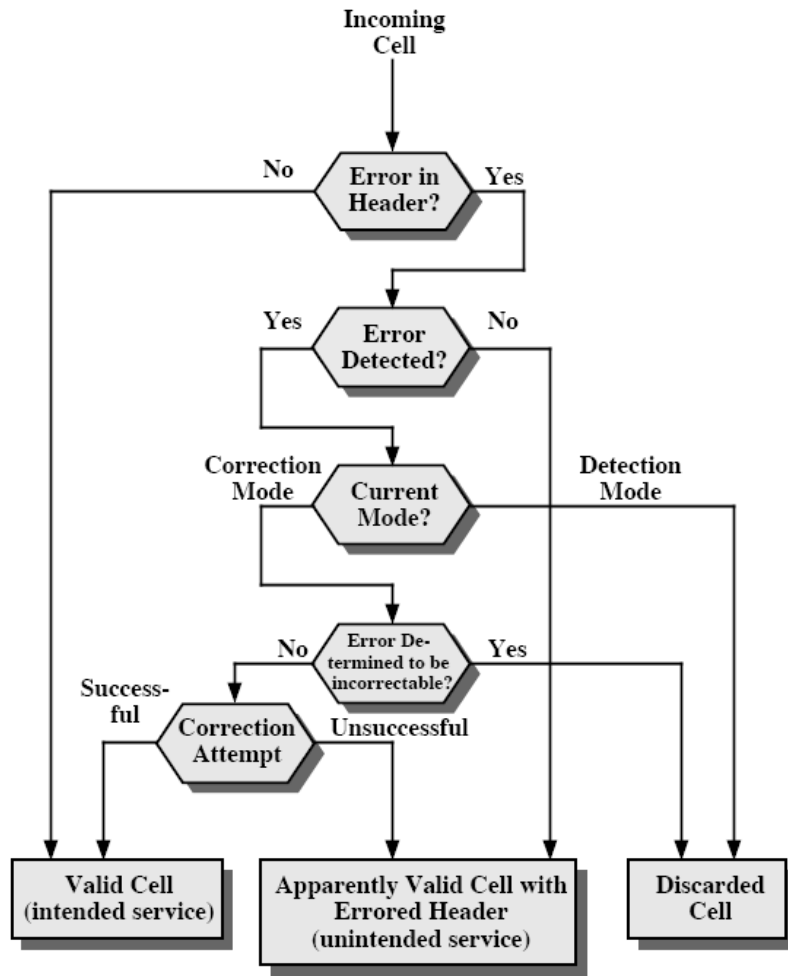
# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων



Λειτουργία Αλγορίθμου *HEC*



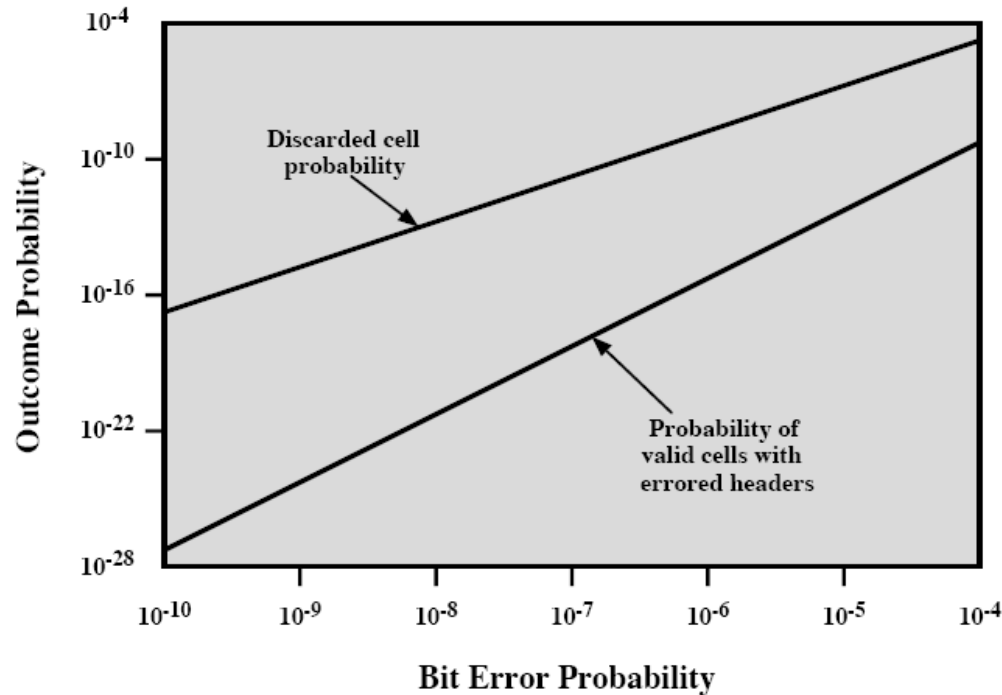
# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων



Λειτουργία Αλγορίθμου  
*HEC*



# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων



Πιθανότητα απόρριψης κελιού και πιθανότητα λήψης φαινομενικά έγκυρου κελιού με εσφαλμένη επικεφαλίδα συναρτήσκει της πιθανότητας λανθασμένου *bit*

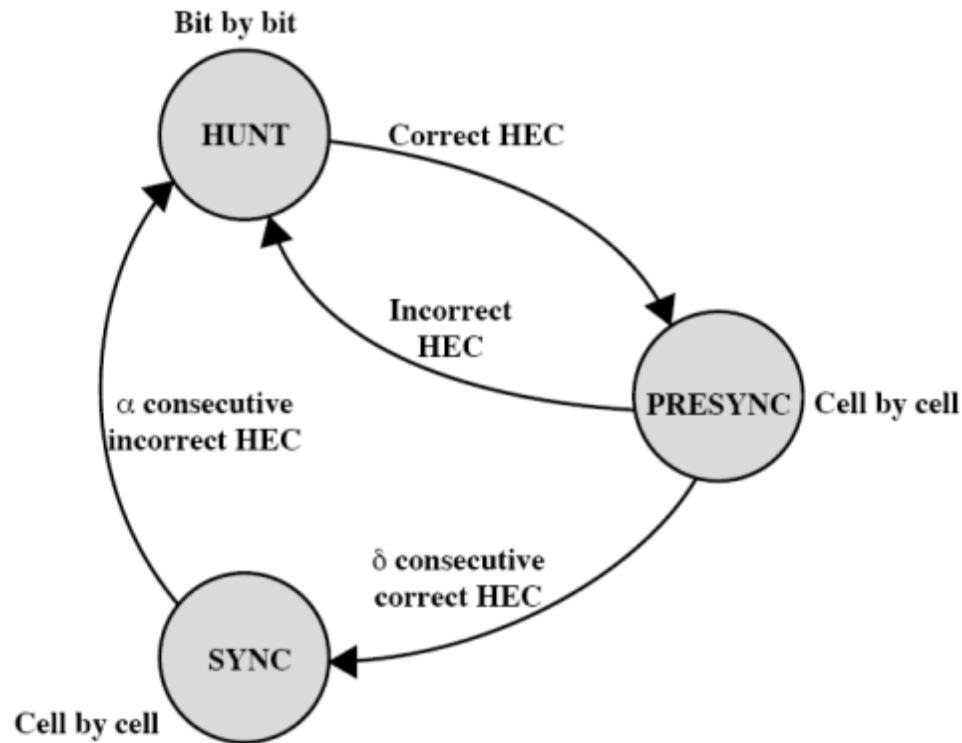


# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων

- *Asynchronous Transfer Mode (ATM)*
  - Μετάδοση Κελιών *ATM*
    - Χρήση μίας συνεχούς ακολουθίας κελιών, χωρίς την επιβολή κάποιου είδους πολυπλεξίας πλαισίων.
      - Διαδικασία Οριοθέτησης Κελιών *ATM* - Ο συγχρονισμός γίνεται κελί προς κελί, βάσει του πεδίου ελέγχου σφαλμάτων της επικεφαλίδας (*HEC*). Η λειτουργία που επιτελείται για το συγχρονισμό είναι η ακόλουθη:
        - » Στην κατάσταση *HUNT* εκτελείται *bit* προς *bit* ένας αλγόριθμος οριοθέτησης κελιού για να διαπιστωθεί αν τηρείται ο κανόνας κωδικοποίησης *HEC*. Αν ταυτίζεται η λαμβανόμενη με την υπολογιζόμενη ακολουθία, τότε θεωρούμε ότι έχει βρεθεί μία επικεφαλίδα και έχουμε μία μετάβαση στην κατάσταση *PRESYNC*.
        - » Στην κατάσταση *PRESYNC* εξετάζεται η δομή του κελιού. Ο αλγόριθμος οριοθέτησης κελιού εκτελείται κελί προς κελί μέχρι να επαληθευτεί ο κανόνας  $\delta$  συνεχόμενες φορές. Στην περίπτωση αυτή έχουμε μία μετάβαση στην κατάσταση *SYNC*, διαφορετικά επανερχόμαστε στην κατάσταση *HUNT*.
        - » Στην κατάσταση *SYNC*, χρησιμοποιείται ο *HEC* για την ανίχνευση και τη διόρθωση σφαλμάτων. Η οριοθέτηση χάνεται (και στην περίπτωση αυτή μεταβαίνουμε στην κατάσταση *HUNT*) όταν έχουμε σφάλμα στο *HEC*  $\alpha$  συνεχόμενες φορές.



# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων



Διάγραμμα Καταστάσεων για την Οριοθέτηση Κελιών



# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων

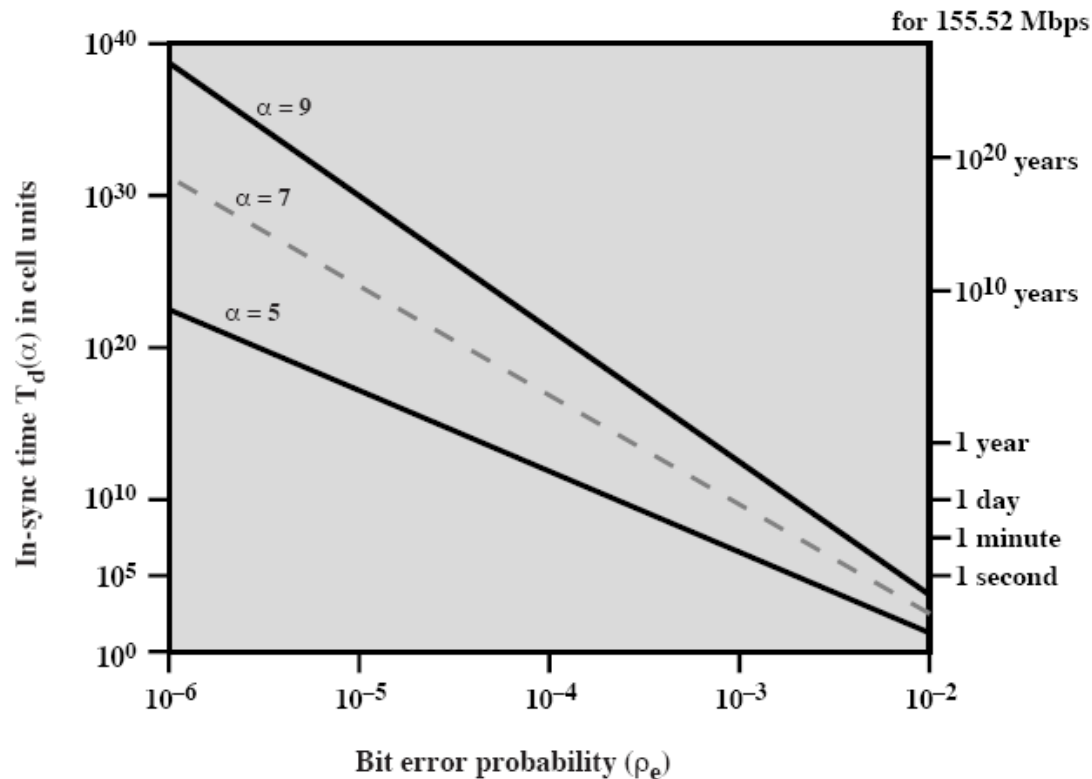
---

- *Asynchronous Transfer Mode (ATM)*
  - Μετάδοση Κελιών *ATM*
    - Χρήση μίας συνεχούς ακολουθίας κελιών, χωρίς την επιβολή κάποιου είδους πολυπλεξίας πλαισίων.
      - Ο συγχρονισμός γίνεται κελί προς κελί, βάσει του πεδίου ελέγχου σφαλμάτων της επικεφαλίδας (*HEC*).
        - » Οι παράμετροι  $\delta$  και  $\alpha$  είναι παράμετροι σχεδιασμού. Μεγαλύτερες τιμές του  $\delta$  έχουν ως αποτέλεσμα μεγαλύτερες καθυστερήσεις στην επίτευξη συγχρονισμού, αλλά και μεγαλύτερη ανθεκτικότητα έναντι λανθασμένου συγχρονισμού. Μεγαλύτερες τιμές του  $\alpha$  έχουν ως αποτέλεσμα μεγαλύτερες καθυστερήσεις στην αναγνώριση μίας λανθασμένης ακολουθίας κελιών, αλλά και μεγαλύτερη ανθεκτικότητα έναντι μίας εσφαλμένης αναγνώρισης λανθασμένης ακολουθίας κελιών.





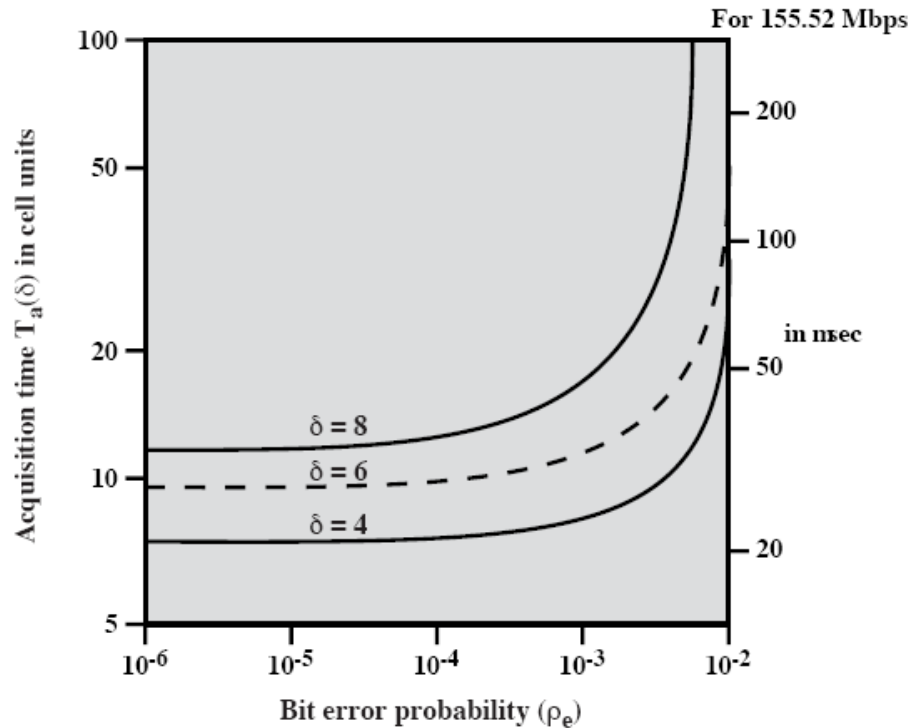
# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων



Χρόνος Διατήρησης Συγχρονισμού σε σχέση με την πιθανότητα εσφαλμένου *bit* για διαφορετικές τιμές της παραμέτρου  $\alpha$



# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων



Χρόνος Επίτευξης Συγχρονισμού σε σχέση με την πιθανότητα εσφαλμένου *bit* για διαφορετικές τιμές της παραμέτρου  $\delta$

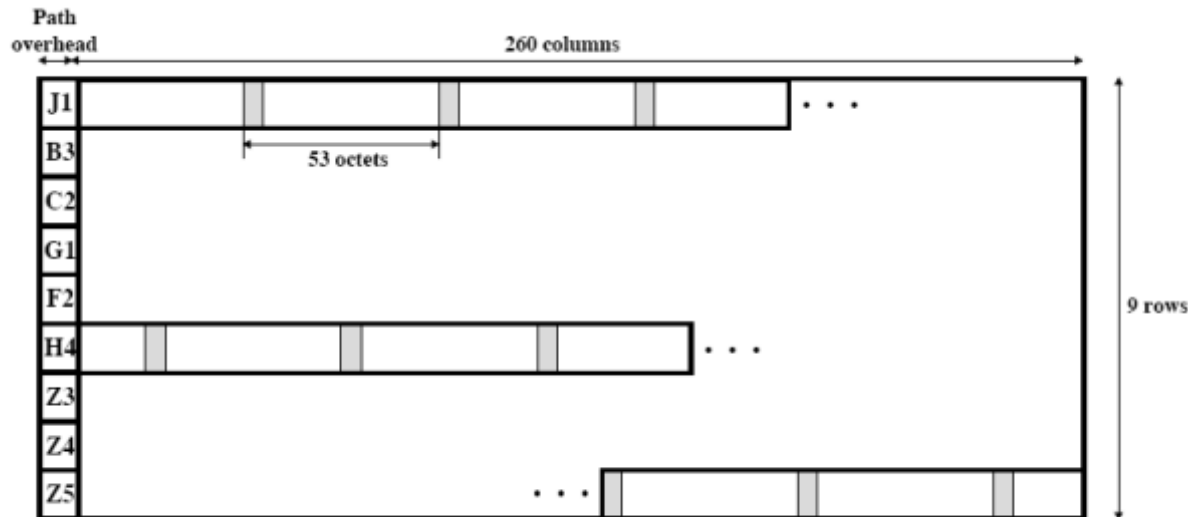


# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων

## *Asynchronous Transfer Mode (ATM)*

### Μετάδοση Κελιών ATM

Ένας δεύτερος τρόπος μετάδοσης κελιών είναι η ενθυλάκωσή τους σε ένα σύγχρονο πλαίσιο πολυπλεξίας διαίρεσης χρόνου (χρήση *PDH – SDH*).



Ωφέλιμο φορτίο *STM-1* για *SDH* μετάδοση κελιών *ATM*



# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων

- *Asynchronous Transfer Mode (ATM)*
  - Μεταγωγή Κελιών *ATM*
    - Η μεταγωγή κελιών γίνεται ανά κελί σύμφωνα με τις πληροφορίες επικεφαλίδας *ATM*.
    - Σε κάθε κόμβο *ATM* διατηρείται ένας πίνακας δρομολόγησης βάσει του οποίου ο κόμβος ανάλογα με την τιμή *VPI/VCI* του κελιού και τη θύρα εισόδου του κελιού αποφασίζει σε ποια θύρα εξόδου θα προωθήσει το κελί και τι τιμές θα δώσει στο πεδίο *VPI/VCI*.
    - Ένας κόμβος μπορεί να χρησιμοποιήσει μόνο το πεδίο *VPI* για τη μεταγωγή κελιού ή τα πεδία *VPI/VCI*.
      - Η μεταγωγή *VP* δρομολογεί όλα τα κελιά με το ίδιο *VPI* στην ίδια θύρα εξόδου.
      - Η μεταγωγή *VP/VC* δρομολογεί κάθε νοητό κανάλι ανεξάρτητα.
    - Οι πίνακες δρομολόγησης που τηρούνται εσωτερικά σε κάθε μεταγωγέα *ATM* πρέπει να ενημερώνονται και να συντηρούνται σύμφωνα με διαδικασίες διαχείρισης ή/και σηματοδοσίας.
    - Ένα κελί που εισέρχεται σε ένα *VP (VC)* μεταγωγέα με τιμή *VPI (VCI)* που δεν εμφανίζεται στον πίνακα δρομολόγησης του μεταγωγέα θεωρείται ότι κακώς εισήλθε στον συγκεκριμένο *VPC (VCC)* και απορρίπτεται (απώλεια κελιών).



# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων

## • **ATM**

### – Διαχείριση Κίνησης & Έλεγχος Συμφόρησης σε Δίκτυα ATM

- Τα δίκτυα ATM παρουσιάζουν δυσκολίες στον αποτελεσματικό έλεγχο της συμφόρησης.
  - Μεγάλος ρυθμός μετάδοσης & μικρό μέγεθος κελιών ATM.
  - Περιορισμένος αριθμός *bit* στην επικεφαλίδα διαθέσιμα για διαχείριση κίνησης & επιβολή ελέγχου ροής.
  - Η πλειονότητα της κίνησης δεν υπόκειται σε έλεγχο ροής.
    - » Πηγές φωνής, βίντεο δεν μπορούν να σταματήσουν να παράγουν κελιά, ακόμη και όταν υπάρχει συμφόρηση στο δίκτυο.
  - Η ανάδραση σε καταστάσεις συμφόρησης είναι αργή, αν λάβουμε υπόψιν μας το μεγάλο ρυθμό μετάδοσης (μικρός χρόνος μετάδοσης κελιού) σε σχέση με τις καθυστερήσεις διάδοσης κατά μήκος του δικτύου.
  - Το ATM υποστηρίζει υπηρεσίες με διαφορετικές απαιτήσεις όσον αφορά την ποιότητα υπηρεσίας (υπηρεσίες με ευαισθησία στην καθυστέρηση και στη μεταβλητότητα καθυστέρησης και υπηρεσίες με ευαισθησία στην απώλεια πακέτων), καθώς και υπηρεσίες με πολύ διαφορετικούς τύπους κίνησης (πηγές σταθερού ρυθμού, πηγές μεταβλητού ρυθμού μετάδοσης).
  - Το ATM υποστηρίζει εφαρμογές με χωρητικότητα από μερικά *Kbps* μέχρι αρκετές εκατοντάδες *Mbps*.
  - Οι υψηλές ταχύτητες μεταγωγής και μετάδοσης κάνουν τα δίκτυα ATM πιο ασταθή από πλευράς ελέγχου συμφόρησης και κίνησης. Τα σχήματα που βασίζονται σε ανάδραση εξετάζοντας μεταβλητές συνθήκες είναι δυνατόν να οδηγήσουν σε ακραίες διακυμάνσεις.



# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων

## • *ATM*

### – Διαχείριση Κίνησης & Έλεγχος Συμφόρησης σε Δίκτυα *ATM*

#### • Επίδραση Ταχύτητας

- Λόγω της υψηλής ταχύτητας μετάδοσης και μεταγωγής κελιών στο *ATM*, μέχρι να φτάσει στην πηγή κάποια ένδειξη ότι υπάρχει συμφόρηση στο δίκτυο (π.χ. ότι ένα πακέτο έχει απορριφθεί από το δίκτυο, οπότε η πηγή θα πρέπει να επαναμεταδώσει το πακέτο που έχει απορριφθεί και πιθανόν όλα τα επόμενα κελιά) έχουν ήδη μεταδοθεί πάρα πολλά νέα πακέτα.

#### • Διακύμανση Καθυστέρησης Κελιού

- Οι υπηρεσίες πραγματικού χρόνου απαιτούν: (α) μικρή καθυστέρηση και (β) μικρή διακύμανση στην καθυστέρηση (ουσιαστικά., τα κελιά θα πρέπει να παραδίδονται με σταθερό ρυθμό στο σύστημα προορισμού).
- Μία διαφοροποίηση στο ρυθμό παράδοσης των κελιών είναι αναπόφευκτη.
  - » Λόγω καταστάσεων συμφόρησης στο δίκτυο (οπότε είτε έχουμε αύξηση καθυστερήσεων στις ουρές των κόμβων που έχουν επηρεαστεί, είτε έχουμε απόρριψη κελιών).



# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων

- **ATM**

- Διαχείριση Κίνησης & Έλεγχος Συμφόρησης σε Δίκτυα ATM

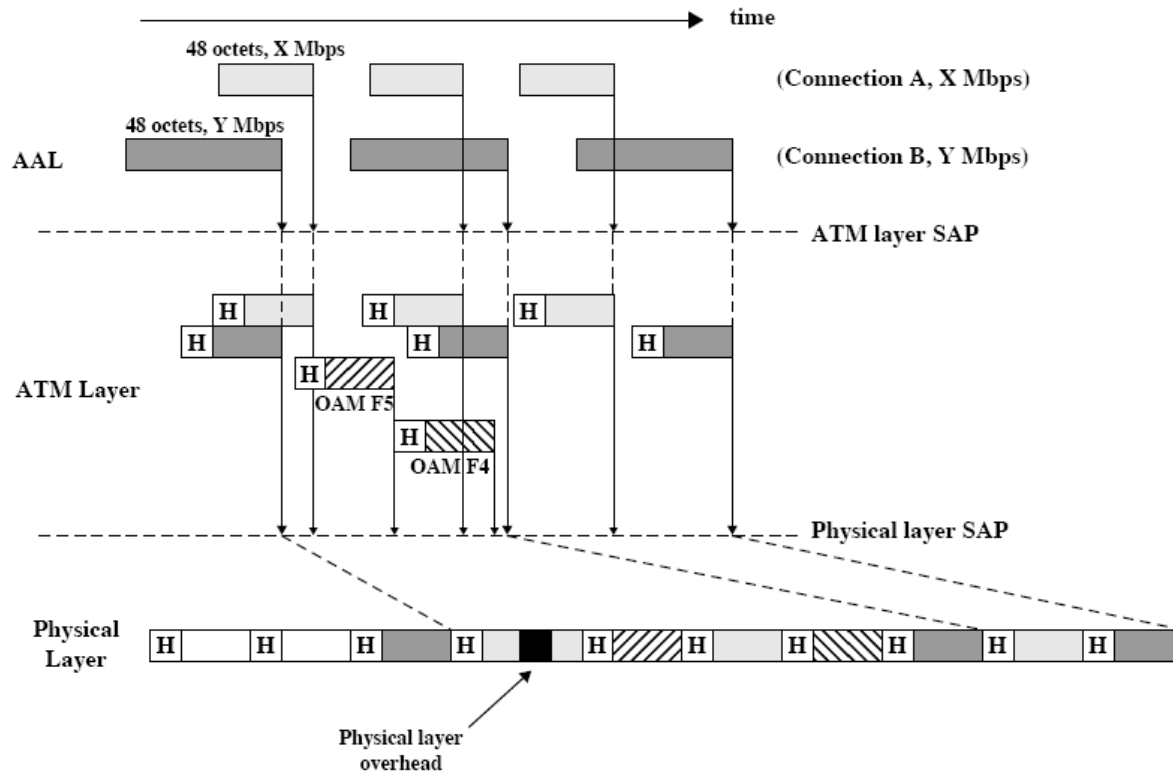
- Διακύμανση Καθυστέρησης Κελιού

- Μία διαφοροποίηση στο ρυθμό παράδοσης των κελιών είναι αναπόφευκτη.

- » Η διακύμανση καθυστέρησης κελιού μπορεί να οφείλεται στην πηγή (ακόμη και αν η εφαρμογή παράγει δεδομένα για μετάδοση με σταθερό ρυθμό), λόγω επεξεργασίας που εκτελείται στα τρία στρώματα του μοντέλου ATM. Συγκεκριμένα, κελιά ATM τα οποία ανήκουν σε διαφορετικές συνδέσεις είναι δυνατόν να φθάνουν σε επικαλυπτόμενους χρόνους (οπότε το κελί της μίας σύνδεσης θα καθυστερήσει τόσο χρονικό διάστημα όσο είναι η διάρκεια της επικάλυψης). Επιπρόσθετα, το στρώμα ATM παράγει κελιά διαχείρισης (*OAM-Operation and Maintenance*) που πρέπει να παρεμβληθούν στα κελιά των χρηστών. Τέλος, χρησιμοποιώντας τον τρόπο μετάδοσης SDH, τα *bit* της επικεφαλίδας που προστίθενται στο φυσικό στρώμα καθυστερούν περισσότερο τα κελιά του στρώματος ATM. Καμία από αυτές τις συνιστώσες καθυστέρησης δεν μπορεί να προβλεφθεί με κάποια λεπτομέρεια και καμία δεν ακολουθεί κάποιο επαναληπτικό μοντέλο.



# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων



## Αιτίες Διακυμάνσεων στην Καθυστέρηση Κελιών





# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων

## • *ATM*

### – Διαχείριση Κίνησης & Έλεγχος Συμφόρησης σε Δίκτυα *ATM*

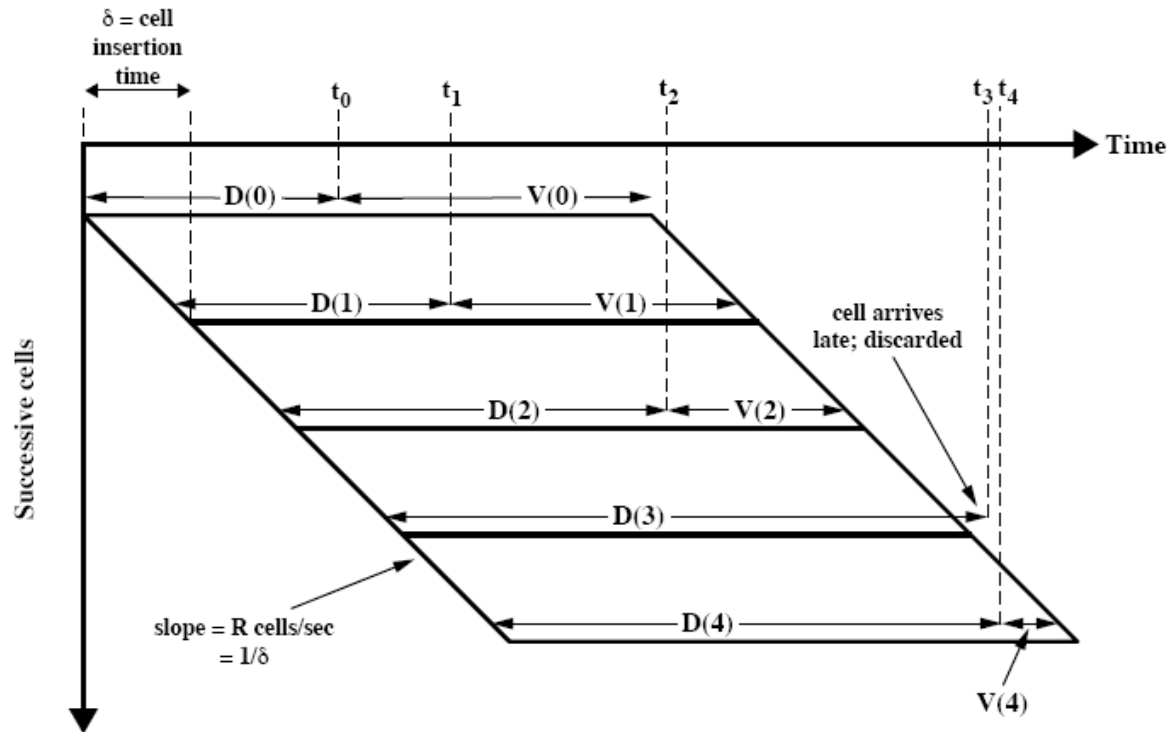
#### • Διακύμανση Καθυστέρησης Κελιού

– Για να επιτευχθεί σταθερός ρυθμός παράδοσης κελιών στο σύστημα προορισμού, εφαρμόζεται η ακόλουθη διαδικασία:

- » Ο χρήστης προορισμού καθυστερεί κάθε κελί που φθάνει στον προορισμό κατά ένα μέγεθος  $V$  πριν να το παραδώσει στην εφαρμογή. Η επιπρόσθετη αυτή καθυστέρηση είναι μεταβλητή και υπολογίζεται ώστε ο ρυθμός παράδοσης των κελιών να είναι σταθερός ίσος με  $R$  κελιά / δευτερόλεπτο.
- » Εάν η υπολογιζόμενη τιμή της καθυστέρησης  $V$  είναι αρνητική (ουσιαστικά, το πακέτο έχει καθυστερήσει πάρα πολύ και δεν μπορεί να παραδοθεί στον επιτρεπόμενο χρόνο  $1/R$ ), τότε το κελί απορρίπτεται.
- » Τα κελιά παραδίδονται με σταθερό ρυθμό στο σύστημα προορισμού, εκτός ίσως από κάποια κενά, λόγω της απόρριψης κελιών που έχουν καθυστερήσει αρκετά.
- » Το μέγεθος της μέγιστης επιπρόσθετης καθυστέρησης  $V$  είναι μία συνάρτηση της μέσης καθυστέρησης που εμφανίζεται σε όλα τα κελιά, καθώς και της διακύμανσης καθυστέρησης κελιού που έχει προβλεφθεί.



# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων



## Αντιμετώπιση Διακυμάνσεων στην Καθυστέρηση Κελιών



# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων

---

- **ATM**

- Διαχείριση Κίνησης & Έλεγχος Συμφόρησης σε Δίκτυα ATM

- Ο έλεγχος κίνησης και συμφόρησης του στρώματος ATM θα πρέπει να υποστηρίζει ένα σύνολο από κλάσεις υπηρεσίας στρώματος ATM επαρκείς για όλες τις προβλεπόμενες υπηρεσίες δικτύου.
    - Ο έλεγχος κίνησης και συμφόρησης του στρώματος ATM δεν θα πρέπει να βασίζεται στα πρωτόκολλα AAL ή σε ανώτερα στρώματα που εξαρτώνται από την εφαρμογή.
    - Ο σχεδιασμός του μηχανισμού ελέγχου κίνησης και συμφόρησης του στρώματος ATM θα πρέπει να ελαχιστοποιεί την πολυπλοκότητα του δικτύου και των τερματικών συστημάτων, ενώ θα μεγιστοποιεί το βαθμό χρήσης του δικτύου.



# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων

- **ATM**

- Διαχείριση Κίνησης & Έλεγχος Συμφόρησης σε Δίκτυα ATM

- Η στρατηγική ελέγχου κίνησης βασίζεται:
  - Στον καθορισμό του κατά πόσο μία νέα σύνδεση ATM μπορεί να εξυπηρετηθεί.
  - Στη συμφωνία με τους συνδρομητές για τις παραμέτρους απόδοσης που θα υποστηριχθούν.
- Συνεπώς, συνάπτεται ένα συμβόλαιο κίνησης ανάμεσα στο συνδρομητή και στο δίκτυο. Ο συνδρομητής συμφωνεί να μην ξεπεράσει τα όρια των παραμέτρων κίνησης και το δίκτυο εγγυάται συγκεκριμένες παραμέτρους ποιότητας / απόδοσης για αυτή τη σύνδεση.
- Οι λειτουργίες ελέγχου κίνησης σχετίζονται με την αποκατάσταση αυτών των παραμέτρων κίνησης και την εφαρμογή τους. Επομένως, σχετίζονται με την αποφυγή συμφόρησης.
- Εάν ο έλεγχος κίνησης αποτύχει, τότε είναι δυνατόν να συμβεί συμφόρηση. Οι λειτουργίες ελέγχου συμφόρησης αντιμετωπίζουν καταστάσεις συμφόρησης και προσπαθούν να ελαχιστοποιήσουν τις συνέπειές της.



# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων

## • ATM

### – Διαχείριση Κίνησης & Έλεγχος Συμφόρησης σε Δίκτυα ATM

- Ο έλεγχος κίνησης και ο έλεγχος συμφόρησης βασίζεται σε ένα σύνολο από λειτουργίες που εκτελούνται σε ένα φάσμα από χρονικά διαστήματα.
  - Μακροπρόθεσμες λειτουργίες.
    - » Είναι έλεγχοι που επηρεάζουν περισσότερες από μία συνδέσεις ATM και αποκαθίστανται για μακροχρόνια χρήση.
    - » Παράδειγμα: Διαχείριση Πόρων χρησιμοποιώντας Νοητά Μονοπάτια.
  - Λειτουργίες κατά τη Διάρκεια Σύνδεσης.
    - » Καθορίζουν αν το δίκτυο μπορεί να εξυπηρετήσει μία νέα σύνδεση μίας συγκεκριμένης ποιότητας υπηρεσίας και τι επίπεδα απόδοσης πρέπει να συμφωνηθούν.
    - » Παράδειγμα: Έλεγχος Αποδοχής Σύνδεσης (*Connection Admission Control-CAC*)
  - Λειτουργίες κατά τη διάδοση ενός κελιού από την πηγή στον προορισμό (*Round-Trip Propagation Time*)
    - » Οι λειτουργίες αυτές επιτελούνται κατά τη διάρκεια ζωής ενός κελιού στο δίκτυο και μπορεί να παρέχει αναδράσεις στην πηγή.
    - » Παράδειγμα: Σηματοδοσία εμφανούς συμφόρησης.
  - Λειτουργίες κατά την εισαγωγή ενός κελιού.
    - » Οι λειτουργίες επιδρούν άμεσα στα κελιά, καθώς αυτά μεταδίδονται.
    - » Παράδειγμα: Έλεγχος Χρήσης Παραμέτρων (*Usage Parameter Control – UPC*)
      - Έλεγχος Προτεραιότητας.
      - Μορφοποίηση Κίνησης.
      - Επιλεκτική Απόρριψη Κελιών.



# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων

---

- **ATM**

- Τεχνικές Διαχείρισης Κίνησης & Έλεγχος Συμφόρησης σε Δίκτυα ATM

- Διαχείριση Πόρων με χρήση Νοητών Μονοπατιών.
    - Έλεγχος Αποδοχής Σύνδεσης.
    - Έλεγχος Χρήσης Παραμέτρων.
    - Επιλεκτική Απόρριψη Κελιών.
    - Μορφοποίηση Κίνησης.
    - Έλεγχος Προτεραιότητας



# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων

- **ATM**

- Τεχνικές Διαχείρισης Κίνησης & Έλεγχος Συμφόρησης σε Δίκτυα ATM
  - Διαχείριση Πόρων με χρήση Νοητών Μονοπατιών.
    - Το δίκτυο παρέχει μία συνολική χωρητικότητα και χαρακτηριστικά απόδοσης στο νοητό μονοπάτι και αυτά μοιράζονται στις νοητές συνδέσεις.
      - » Το νοητό μονοπάτι εκτείνεται από χρήστη σε χρήστη. Σε αυτή την περίπτωση το δίκτυο δεν έχει καμία γνώση για την ποιότητα των ανεξάρτητων νοητών συνδέσεων εσωτερικά του νοητού μονοπατιού. Είναι ευθύνη του χρήστη να εξασφαλίσει ότι οι συνολικές απαιτήσεις από τις νοητές συνδέσεις μπορούν να εξυπηρετηθούν από το νοητό μονοπάτι.
      - » Το νοητό μονοπάτι εκτείνεται ανάμεσα σε ένα χρήστη και μία οντότητα δικτύου. Σε αυτή την περίπτωση, το δίκτυο γνωρίζει την ποιότητα των νοητών συνδέσεων εσωτερικά του νοητού μονοπατιού και πρέπει να τις εξυπηρετήσει.
      - » Το νοητό μονοπάτι εκτείνεται ανάμεσα σε δύο οντότητες δικτύου. Και σε αυτή την περίπτωση, το δίκτυο γνωρίζει την ποιότητα των νοητών συνδέσεων εσωτερικά του νοητού μονοπατιού και πρέπει να τις εξυπηρετήσει.
    - Οι παράμετροι ποιότητας που κυρίως ενδιαφέρουν είναι οι *Cell Loss Ratio (CLR)*, *Cell Transfer Delay (CTD)*, *Cell Transfer Delay Variation (CTDV)*.



# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων

## • ATM

### – Τεχνικές Διαχείρισης Κίνησης & Έλεγχος Συμφόρησης σε Δίκτυα ATM

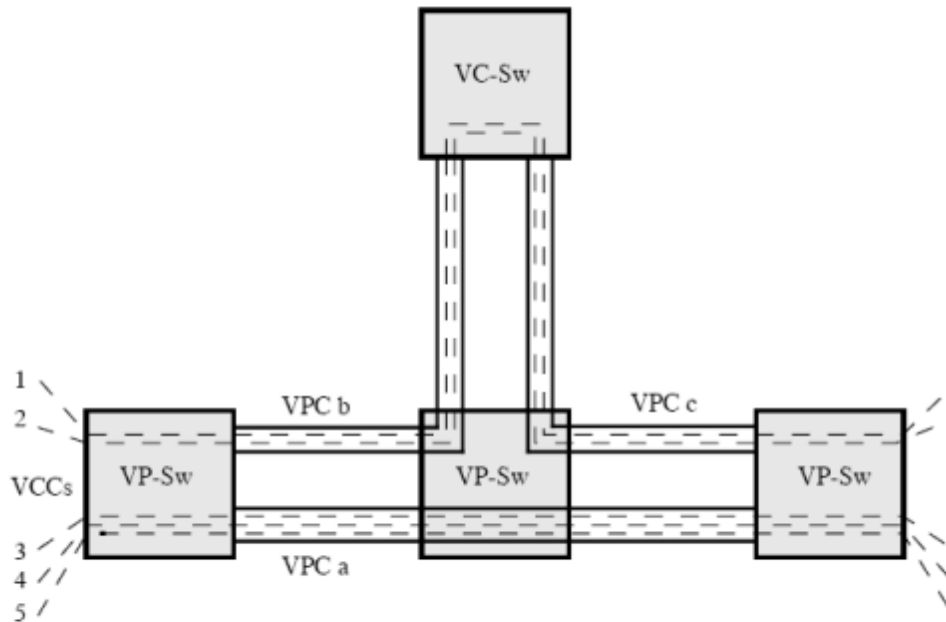
#### • Διαχείριση Πόρων με χρήση Νοητών Μονοπατιών.

- Η απόδοση μίας νοητής σύνδεσης εξαρτάται από την απόδοση του νοητού μονοπατιού ή των νοητών μονοπατιών στα οποία εκτείνεται και από το πώς αντιμετωπίζεται σε κάθε κόμβο που επιτελεί λειτουργίες σχετικές με τη νοητή σύνδεση.
- Η απόδοση ενός νοητού μονοπατιού εξαρτάται από τη χωρητικότητα του νοητού μονοπατιού και τα χαρακτηριστικά κίνησης των νοητών συνδέσεων που περιέχονται σε αυτό το νοητό μονοπάτι.
- Σχετικά με την ανάθεση των νοητών συνδέσεων σε νοητά μονοπάτια μπορεί να ακολουθηθεί μία από τις ακόλουθες δύο προσεγγίσεις:
  - » Ντετερμινιστική Ανάθεση Πόρων: Το νοητό μονοπάτι μπορεί να εξυπηρετήσει το σύνολο των νοητών συνδέσεων στον υψηλότερο ρυθμό μετάδοσης. Αυτό σημαίνει ότι η χωρητικότητα του νοητού μονοπατιού είναι τουλάχιστον ίση με το σύνολο των υψηλότερων ρυθμών μετάδοσης όλων των νοητών συνδέσεων εσωτερικά του νοητού μονοπατιού. Το μειονέκτημα είναι ότι τον περισσότερο χρόνο η χωρητικότητα του νοητού μονοπατιού δεν χρησιμοποιείται πλήρως και επομένως το δίκτυο διαθέτει πόρους που δεν χρησιμοποιούνται επαρκώς.
  - » Στατιστική Ανάθεση Πόρων: Το νοητό μονοπάτι διαθέτει χωρητικότητα μεγαλύτερη ή ίση με τους μέσους ρυθμούς των εσωτερικών νοητών συνδέσεων, αλλά μικρότερη από τη συνολική υψηλότερη ζήτηση. Στην περίπτωση αυτή παρέχεται υπηρεσία στατιστικής πολυπλεξίας. Με τη στατιστική πολυπλεξία, τα νοητά μονοπάτια έχουν μεγαλύτερη καθυστέρηση και διακύμανση καθυστέρησης. Επίσης, είναι δυνατόν να εμφανισθεί μεγαλύτερη απώλεια κελιών (ανάλογα με το μήκος των ουρών των κόμβων που θα χρησιμοποιηθούν).
  - » Όταν χρησιμοποιείται στατιστική πολυπλεξία είναι προτιμότερο να ομαδοποιούνται σε νοητά μονοπάτια νοητές συνδέσεις, οι οποίες έχουν παρόμοια χαρακτηριστικά κίνησης και παρόμοιες απαιτήσεις όσον αφορά ποιότητα υπηρεσίας. Διαφορετικά, θα είναι δύσκολο να παρέχεται δίκαιη πρόσβαση σε ροές κίνησης υψηλών και χαμηλών απαιτήσεων.





# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων



**VCCs και VPCs**

- VPC = Virtual path connection
- VCC = Virtual channel connection
- VP-Sw = Virtual path switching function
- VC-Sw = Virtual channel switching function



# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων

## • *ATM*

### – Τεχνικές Διαχείρισης Κίνησης & Έλεγχος Συμφόρησης σε Δίκτυα *ATM*

#### • Έλεγχος Αποδοχής Σύνδεσης.

- Ο χρήστης στην αίτησή του για δημιουργία ενός νέου νοητού μονοπατιού / νοητής σύνδεσης καθορίζει τα χαρακτηριστικά κίνησης και για τις δύο κατευθύνσεις της σύνδεσης.
- Το δίκτυο αποδέχεται τη σύνδεση μόνο αν μπορεί να διαθέσει τους πόρους που είναι απαραίτητοι για την υποστήριξη αυτού του επιπέδου κίνησης, ενώ ταυτόχρονα μπορεί να διατηρήσει το επίπεδο ποιότητας των ήδη υπαρχόντων συνδέσεων.
- Με την αποδοχή της κλήσης δημιουργείται ένα συμβόλαιο κίνησης με το χρήστη. Το δίκτυο παρέχει τη συμφωνημένη ποιότητα για όσο διάστημα ο χρήστης συμμορφώνεται με το συμβόλαιο κίνησης.
- Το συμβόλαιο κίνησης μπορεί να αποτελείται από τέσσερις παραμέτρους κίνησης:
  - » *Peak Cell Rate – PCR (CBR-VBR πηγές).*
  - » *Cell Delay Variation – CDV (CBR-VBR πηγές).*
  - » *Sustainable Cell Rate – SCR (VBR πηγές).*
  - » *Burst Tolerance – BT (VBR πηγές).*



# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων

---

- **ATM**

- Τεχνικές Διαχείρισης Κίνησης & Έλεγχος Συμφόρησης σε Δίκτυα ATM

- Έλεγχος Αποδοχής Σύνδεσης.

- Ο χρήστης μπορεί να ζητήσει δύο επίπεδα προτεραιότητας κελιού για μία σύνδεση ATM.
      - Η προτεραιότητα ενός ανεξάρτητου κελιού ορίζεται από το χρήστη μέσω του πεδίου *Cell Loss Priority (CLP)*.
      - Όταν χρησιμοποιούνται δύο επίπεδα προτεραιότητας κελιού, οι παράμετροι κίνησης πρέπει να καθοριστούν και για τις δύο ροές κίνησης. Αυτό γίνεται συνήθως με τον ορισμό ενός συνόλου παραμέτρων κίνησης για κίνηση υψηλής προτεραιότητας και ενός συνόλου παραμέτρων κίνησης για κίνηση χαμηλής προτεραιότητας. Με αυτά τα στοιχεία, μπορούμε να έχουμε πιο αποτελεσματική διαχείριση πόρων του δικτύου.



# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων

- **ATM**

- Τεχνικές Διαχείρισης Κίνησης & Έλεγχος Συμφόρησης σε Δίκτυα ATM
  - Έλεγχος Χρήσης Παραμέτρων.
    - Όταν μία σύνδεση γίνει αποδεκτή (με βάση τον έλεγχο αποδοχής σύνδεσης), η λειτουργία ελέγχου χρήσης παραμέτρων του δικτύου παρακολουθεί τη σύνδεση για να καθορίσει κατά πόσο η κίνηση είναι σε συμφωνία με τους όρους του συμβολαίου κίνησης.
    - Ουσιαστικά, η λειτουργία ελέγχου χρήσης παραμέτρων επιτελεί αστυνόμευση κίνησης (*traffic policing*).
    - Ο ρόλος της λειτουργίας ελέγχου χρήσης παραμέτρων είναι η προστασία των πόρων του δικτύου από υπερφόρτωση, η οποία θα επηρέαζε αρνητικά τη λαμβανόμενη ποιότητα όλων των υπολοίπων συνδέσεων.
    - Ο έλεγχος χρήσης παραμέτρων μπορεί να επιτελεστεί:
      - » Σε επίπεδο Νοητού Μονοπατιού.
      - » Σε επίπεδο Νοητού Καναλιού.



# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων

## • **ATM**

### – Τεχνικές Διαχείρισης Κίνησης & Έλεγχος Συμφόρησης σε Δίκτυα ATM

#### • Έλεγχος Χρήσης Παραμέτρων.

– Οι λειτουργίες που επιτελούνται στα πλαίσια του ελέγχου χρήσης παραμέτρων είναι:

» Έλεγχος του μέγιστου ρυθμού κελιού και της σχετικής διακύμανσης καθυστέρησης.

» Έλεγχος του ανεκτού ρυθμού κελιού και της σχετικής ανοχής καταιγιστικής κίνησης.

– Γενικός Αλγόριθμος Ρυθμού Πακέτων (*Generic Cell Rate Algorithm – GCRA*)

» Έχει ως στόχο να καθορίσει αν μία ροή πακέτων συμμορφώνεται με τις προσυμφωνημένες τιμές χρονικής καθυστέρησης  $T$  ( $T_s$ ) και διακύμανσης χρονικής καθυστέρησης  $\tau$  ( $\tau_s$ ).

» Θεωρητικός χρόνος άφιξης πακέτου είναι ο ονομαστικός χρόνος άφιξης του πακέτου σε περίπτωση που όλα τα πακέτα ισαπέιχαν μεταξύ τους κατά  $T$ , όταν μία πηγή είναι ενεργή.

» Αν ο πραγματικός χρόνος άφιξης του πακέτου είναι μεγαλύτερος από την τιμή  $T-\tau$ , τότε το πακέτο είναι σε συμφωνία με τους όρους του συμβολαίου.



# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων

---

- **ATM**

- Τεχνικές Διαχείρισης Κίνησης & Έλεγχος Συμφόρησης σε Δίκτυα ATM

- Έλεγχος Χρήσης Παραμέτρων.

- Ανάλογα με τα αποτελέσματα της λειτουργίας ελέγχου χρήσης παραμέτρων, σύμφωνα με την πιο απλή στρατηγική που θα μπορούσε να υιοθετηθεί, το δίκτυο μεταφέρει τα συμβατά κελιά και απορρίπτει τα κελιά τα οποία δεν είναι σύμφωνα με τους όρους του συμβολαίου κίνησης.
      - Εναλλακτικά, το δίκτυο μαρκάρει τα κελιά τα οποία δεν ικανοποιούν το συμβόλαιο κίνησης ως χαμηλής προτεραιότητας ( $CLP=1$ ) και τα μεταδίδει. Αυτά τα κελιά είναι πιθανό να απορριφθούν από το δίκτυο, αν σε κάποιο σημείο συναντήσουν συμφόρηση.



# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων

## • *ATM*

- Τεχνικές Διαχείρισης Κίνησης & Έλεγχος Συμφόρησης σε Δίκτυα *ATM*
  - Έλεγχος Χρήσης Παραμέτρων.
    - Σε περίπτωση που ο χρήστης έχει καθορίσει δύο επίπεδα προτεραιότητας απώλειας κελιού:
      - » Ένα κελί που ανήκει στη ροή κίνησης υψηλής προτεραιότητας ( $CLP=0$ ) και είναι σύμφωνο με τις παραμέτρους κίνησης της ροής υψηλής προτεραιότητας μεταδίδεται.
      - » Ένα κελί που ανήκει στη ροή κίνησης υψηλής προτεραιότητας ( $CLP=0$ ), δεν είναι σύμφωνο με τις παραμέτρους κίνησης της ροής υψηλής προτεραιότητας, αλλά είναι σύμφωνο με τις παραμέτρους κίνησης της ροής χαμηλής προτεραιότητας ( $CLP=1$ ) μαρκάρεται ως κελί χαμηλής προτεραιότητας και μεταδίδεται.
      - » Ένα κελί που ανήκει στη ροή κίνησης υψηλής προτεραιότητας ( $CLP=0$ ) και δεν είναι σύμφωνο με τις παραμέτρους κίνησης της ροής υψηλής προτεραιότητας ( $CLP=0$ ) και της ροής χαμηλής προτεραιότητας ( $CLP=1$ ) απορρίπτεται.
      - » Ένα κελί που ανήκει στη ροή χαμηλής προτεραιότητας ( $CLP=1$ ) και είναι σύμφωνο με τις παραμέτρους κίνησης της ροής υψηλής προτεραιότητας ( $CLP=0$ ) ή της ροής χαμηλής προτεραιότητας ( $CLP=1$ ) μεταδίδεται.
      - » Ένα κελί που ανήκει στη ροή χαμηλής προτεραιότητας ( $CLP=1$ ) και δεν είναι συμβατό με τις παραμέτρους κίνησης της ροής υψηλής προτεραιότητας ( $CLP=0$ ) ή της ροής χαμηλής προτεραιότητας ( $CLP=1$ ) απορρίπτεται.



# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων

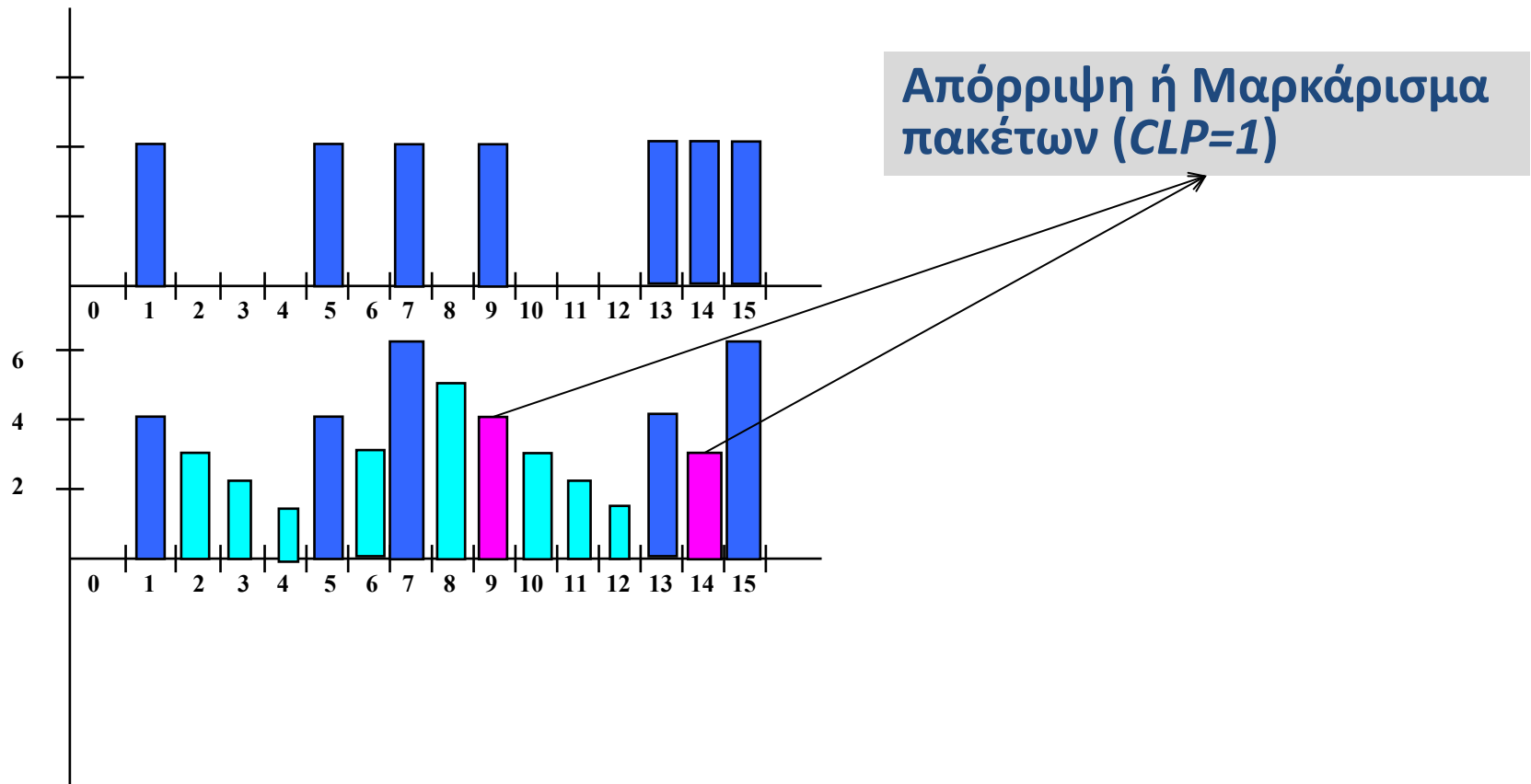
## • **ATM**

- Τεχνικές Διαχείρισης Κίνησης & Έλεγχος Συμφόρησης σε Δίκτυα ATM
  - Έλεγχος Χρήσης Παραμέτρων.
    - Αλγόριθμοι Ελέγχου Χρήσης Παραμέτρων
      - » Οι συστάσεις δεν καθορίζουν σαφώς πώς πρέπει να κατασκευαστούν οι μηχανισμοί ελέγχου χρήσης παραμέτρων.
      - » Βασικός αλγόριθμος ελέγχου χρήσης παραμέτρων: Αλγόριθμος Διαρρέοντος Δοχείου (*Leaky Bucket*).
      - » Ο αλγόριθμος διαρρέοντος δοχείου αποτελείται από ένα δοχείο καθορισμένης χωρητικότητας, του οποίου το περιεχόμενο αδειάζει με ρυθμό μίας μονάδας ανά μονάδα χρόνου και γεμίζει κατά  $T$  μονάδες για κάθε πακέτο που είναι σύμφωνο με το συμβολαίο κίνησης. Η μέγιστη χωρητικότητα του δοχείου είναι  $T+\tau$ . Αν κατά την άφιξη ενός πακέτου το περιεχόμενο του δοχείου είναι μικρότερο ή ίσο με  $\tau$ , τότε το πακέτο ικανοποιεί τους όρους του συμβολαίου κίνησης και γίνεται αποδεκτό, ενώ διαφορετικά είτε απορρίπτεται είτε μαρκάρεται ως ένα κελί που δεν ικανοποιεί τους όρους του συμβολαίου κίνησης.
      - » Παράδειγμα: Για ροή πακέτων στους χρόνους  $1, 5, 7, 9, 13, 14, 15$ , σύμφωνα με τον αλγόριθμο διαρρέοντος δοχείου, τα πακέτα που δεν συμμορφώνονται με τους όρους του συμβολαίου για  $T=4$  και  $\tau=2$  είναι τα  $9$  και  $14$ .





# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων



Παράδειγμα Αλγορίθμου *Leaky Bucket*



# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων

---

- **ATM**

- Τεχνικές Διαχείρισης Κίνησης & Έλεγχος Συμφόρησης σε Δίκτυα ATM

- Επιλεκτική Απόρριψη Κελιού (*Selective Cell Discard*)

- Σε περίπτωση συμφόρησης δικτύου, σύμφωνα με την επιλεκτική απόρριψη κελιού απορρίπτονται τα κελια τα οποία είναι μαρκαρισμένα ως κελιά χαμηλής προτεραιότητας ( $CLP=1$ ).
      - Στόχος αποτελεί η προστασία των κελιών υψηλότερης προτεραιότητας από τα δυσμενή αποτελέσματα της συμφόρησης.
      - Το δίκτυο δεν μπορεί να διακρίνει τα κελιά που έχουν δηλωθεί από το χρήστη ότι ανήκουν στη ροή κίνησης χαμηλής προτεραιότητας ( $CLP=1$ ) από τα κελιά που έχουν μαρκαριστεί ως χαμηλής προτεραιότητας κατόπιν της λειτουργίας του ελέγχου χρήσης παραμέτρων.



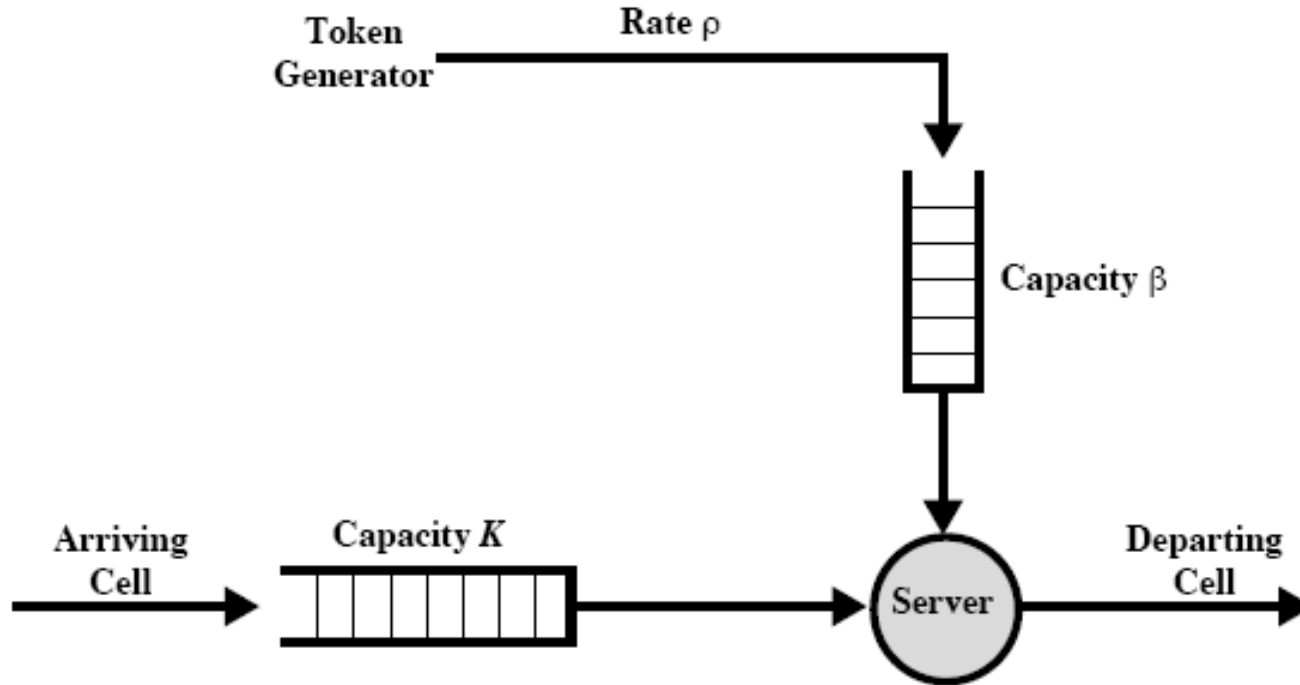
# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων

- **ATM**

- Τεχνικές Διαχείρισης Κίνησης & Έλεγχος Συμφόρησης σε Δίκτυα ATM
  - Μορφοποίηση Κίνησης (*Traffic Shaping*).
    - Η μορφοποίηση κίνησης χρησιμοποιείται για την εξομάλυνση της ροής της κίνησης και της μείωσης της συσσώρευσης κελιών με αποτέλεσμα μία πιο δίκαιη ανάθεση πόρων και μειωμένο μέσο χρόνο καθυστέρησης.
    - Αλγόριθμος Δοχείου με Κουπόνι (*Token Bucket*) για τη μορφοποίηση κίνησης.
      - » Μία γεννήτρια κουπονιών παράγει κουπόνια με ρυθμό  $\rho$  και τα τοποθετεί στον κάδο.
      - » Ο κάδος έχει μία μέγιστη χωρητικότητα  $\beta$  κουπόνια.
      - » Τα κελιά που δημιουργούνται από την πηγή τοποθετούνται σε μία ενδιάμεση μνήμη με μέγιστη χωρητικότητα  $K$  κελιά.
      - » Κάθε φορά που μεταδίδεται ένα κελί αφαιρείται ένα κουπόνι από τον κάδο.
      - » Αν ο κάδος είναι άδειος, το κελί τοποθετείται στην ουρά περιμένοντας το επόμενο κουπόνι για να μεταδοθεί.
      - » Αποτέλεσμα του κάδου με κουπόνι είναι να έχουμε μετάδοση κελιών με ομαλή ροή  $\rho$  κελιά / δευτερόλεπτο, χωρίς διακύμανση καθυστέρησης μέχρι να αδειάσει η ενδιάμεση μνήμη. Επομένως, ο κάδος με κουπόνι εξομαλύνει την καταιγιστική κίνηση.



# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων



**Μορφοποίηση Κίνησης βάσει του Κάδου με Κουπόνι**



# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων

- **ATM**

- Τεχνικές Διαχείρισης Κίνησης & Έλεγχος Συμφόρησης σε Δίκτυα ATM
  - Μορφοποίηση Κίνησης (*Traffic Shaping*).
    - Μορφοποίηση Κίνησης με τον Αλγόριθμο Διαρρέοντος Δοχείου.
      - » Εισάγονται δύο νέες λειτουργίες: Σταμάτημα των πακέτων και Άδεια Εκκίνησης.
      - » Η λειτουργία Σταμάτημα αντικαθιστά την απόρριψη ή το μαρκάρισμα των κελιών που δεν είναι σύμφωνα με το συμβόλαιο κίνησης. Το Σταμάτημα προκαλεί την εναπόθεση του πακέτου στον ενδιάμεσο μεταγωγέα σε περίπτωση που η ροή του θα προκαλούσε υπερχειλίση στο δοχείο. Η Άδεια Εκκίνησης επιτρέπει σε ένα πακέτο να μεταδοθεί και να εισαχθεί στο δοχείο, όταν το περιεχόμενο του δοχείου είναι τέτοιο που με την εισαγωγή του πακέτου δεν θα υπερχειλίσει.
      - » Ερώτηση: Πώς διαμορφώνεται το προηγούμενο παράδειγμα του αλγορίθμου διαρρέοντος δοχείου με τη μορφοποίηση κίνησης;
    - Μορφοποίηση Κίνησης με τον Αλγόριθμο Αραιώσης.
      - » Στη μορφοποίηση κίνησης με αραιώση η προκύπτουσα έξοδος δεν παραβιάζει το χρόνο καθυστέρησης διαδοχικών πακέτων  $T$ , αλλά μπορεί να απορρίψει ή να προσημάνει πακέτα, τα οποία δεν μπορούν να αραιωθούν με κάποια αποδεκτή διακύμανση  $\tau$ .



# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων

- **ATM**

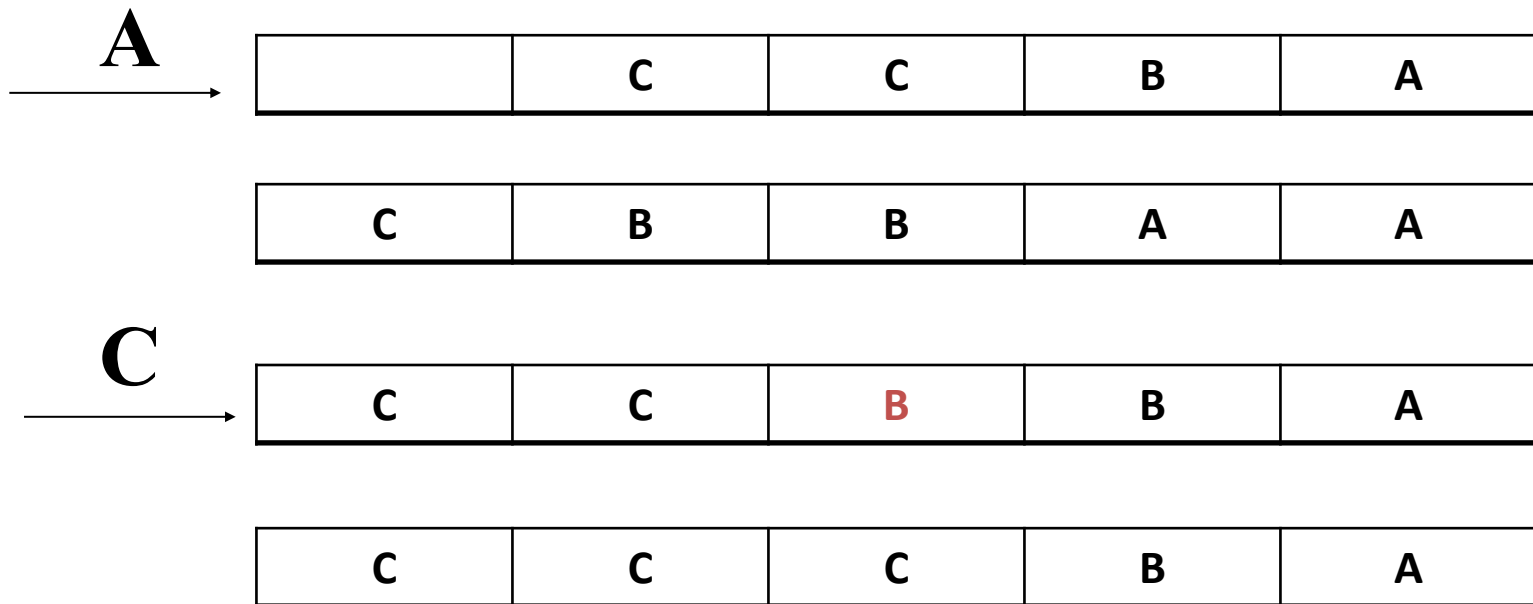
- Τεχνικές Διαχείρισης Κίνησης & Έλεγχος Συμμόρφωσης σε Δίκτυα ATM
  - Αλγόριθμοι Ελέγχου Προτεραιότητας.
    - Εισαγωγή προτεραιοτήτων μπορούμε να έχουμε στο πεδίο του χώρου (απώλειες πακέτων) και στο πεδίο του χρόνου (χρονική καθυστέρηση πακέτων).

Κλάση Υπηρεσίας	Προτεραιότητα στο Χώρο	Προτεραιότητα στο Χρόνο
B	3	2
D	4	4

Ορισμός κλάσεων υπηρεσίας με διαφορετικές προτεραιότητες στο πεδίο του χώρου και στο πεδίο του χρόνου



# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων



Ορισμός κλάσεων υπηρεσίας με διαφορετικές προτεραιότητες στο πεδίο του χώρου και στο πεδίο του χρόνου



# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων

- *Asynchronous Transfer Mode (ATM)*
  - Κατηγορίες Υπηρεσιών *ATM*
    - Η κατηγοριοποίηση των υπηρεσιών αφορά στο μέγεθος της καθυστέρησης (*delay*) και της μεταβλητότητας της καθυστέρησης (*delay variation – jitter*).
    - Υπηρεσίες Πραγματικού Χρόνου (Real Time Services).
      - Οι εφαρμογές πραγματικού χρόνου έχουν αυστηρούς περιορισμούς καθυστέρησης. Συνήθως, καθυστέρηση πάνω από λίγες εκατοντάδες *ms* γίνεται αντιληπτή και ενοχλητική.
      - Υπηρεσία Σταθερού Ρυθμού (Constant Bit Rate – CBR).
        - » Χρησιμοποιείται για τις εφαρμογές όπου απαιτείται ένας σταθερός ρυθμός για τη μετάδοση των δεδομένων και ένα σχετικά αυστηρό άνω όριο καθυστέρησης και μεταβλητότητας καθυστέρησης μεταφοράς της πληροφορίας.
        - » Η *CBR* χρησιμοποιείται συνήθως για μετάδοση ασυμπιεσής πληροφορίας ήχου και βίντεο. Παραδείγματα εφαρμογών αποτελούν: τηλεδιάσκεψη, τηλεφωνία, διανομή ήχου και εικόνας (π.χ. Τηλεόραση) και ανάκτηση ήχου / εικόνας (π.χ. Βίντεο κατά απαίτηση).
      - Υπηρεσία Μεταβλητού Ρυθμού (Variable Bit Rate – rt VBR).
        - » Είναι προορισμένη για εφαρμογές ευαίσθητου χρόνου. Υπάρχουν αυστηροί περιορισμοί για την καθυστέρηση και τη διακύμανση της καθυστέρησης, μόνο που χρησιμοποιώντας αυτή την υπηρεσία οι εφαρμογές μεταδίδουν σε ρυθμό που μεταβάλλεται με το χρόνο. Παράδειγμα αποτελεί η μεταφορά συμπιεσμένου βίντεο.





# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων

- *Asynchronous Transfer Mode (ATM)*
  - Κατηγορίες Υπηρεσιών ATM
    - Υπηρεσίες Μη Πραγματικού Χρόνου (Non Real Time Services)
      - Τις υπηρεσίες αυτές χρησιμοποιούν εφαρμογές, οι οποίες δεν έχουν αυστηρούς περιορισμούς όσον αφορά την καθυστέρηση και τη μεταβλητότητα της καθυστέρησης. Επομένως, το δίκτυο έχει μεγαλύτερη ευελιξία στο χειρισμό τέτοιων ροών κίνησης και μπορεί να κάνει μεγαλύτερη χρήση στατιστικής πολυπλεξίας για την αύξηση της αποδοτικότητας του δικτύου.
      - Υπηρεσία Μεταβλητού Ρυθμού (nrt-VBR)
        - » Με την υπηρεσία αυτή, ο τερματικός σταθμός καθορίζει ένα Μέγιστο Ρυθμό Κελιών (*Peak Cell Rate*), ένα Μέσο /Ανεκτό Ρυθμό Κελιών (*Mean / Sustainable Cell Rate*), και ένα κριτήριο σε σχέση με την καταιγιστική αποστολή κελιών. Με αυτή την πληροφορία, το δίκτυο μπορεί να διανέμει τους πόρους με αποτέλεσμα να παρέχει σχετικά μικρή καθυστέρηση και ελάχιστες απώλειες κελιών.
        - » Η υπηρεσία αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μεταφορές δεδομένων όπου ο χρόνος απόκρισης είναι κρίσιμος. Παραδείγματα τέτοιων εφαρμογών αποτελούν οι κρατήσεις αεροπορικών εταιρειών, οι τραπεζικές συναλλαγές.



# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων

- *Asynchronous Transfer Mode (ATM)*
  - Κατηγορίες Υπηρεσιών *ATM*
    - Υπηρεσίες Μη Πραγματικού Χρόνου (Non Real Time Services)
      - Υπηρεσία Ακαθόριστου Ρυθμού (Unspecified Bit Rate – UBR)
        - » Κάθε δεδομένη στιγμή, μία συγκεκριμένη ποσότητα πληροφορίας καταναλώνεται για τη μεταφορά κίνησης *CBR* και *VBR (rt & nrt)*. Υπάρχει επιπρόσθετη χωρητικότητα, λόγω του ότι δεν έχουν δεσμευθεί όλοι οι πόροι σε κίνηση *CBR* και *VBR* και η *VBR* εξυπηρετεί καταιγιστική κίνηση, οπότε σε δεδομένες στιγμές χρησιμοποιείται λιγότερη από τη δεσμευμένη χωρητικότητα.
        - » Όλη αυτή η διαθέσιμη χωρητικότητα θα μπορούσε να γίνει διαθέσιμη για υπηρεσίες *UBR*. Τα κελιά προωθούνται με τεχνική *FIFO*. Είναι πιθανές απώλειες και καθυστερήσεις. Δεν γίνεται καμία δέσμευση και δεν παρέχεται καμία ανάδραση, η οποία να αφορά τη συμφόρηση.
        - » Αναφέρεται ως υπηρεσία καλύτερης προσπάθειας (Best Effort Services).
        - » Παραδείγματα εφαρμογών είναι: Μεταφορά κειμένου & εικόνας
      - Υπηρεσία Διαθέσιμου Ρυθμού (Available Bit Rate – ABR)
        - » Μία εφαρμογή που χρησιμοποιεί την υπηρεσία *ABR* καθορίζει το μέγιστο ρυθμό κελιού και έναν απαιτούμενο ελάχιστο ρυθμό κελιού. Το δίκτυο διανέμει τους πόρους του, έτσι ώστε όλες οι εφαρμογές να λαμβάνουν τουλάχιστον χωρητικότητα ίση με τον ελάχιστο ρυθμό κελιού. Η αχρησιμοποίητη χωρητικότητα διαμοιράζεται με δίκαιο και ελεγχόμενο τρόπο ανάμεσα σε όλες τις πηγές *ABR*. Κάθε χωρητικότητα που δεν χρησιμοποιείται από τις πηγές *ABR* παραμένει διαθέσιμη για κίνηση *UBR*.



# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων

---

- *Asynchronous Transfer Mode (ATM)*

- Κατηγορίες Υπηρεσιών *ATM*

- *CBR, rt-VBR, nrt-VBR*

- Λειτουργία Ελέγχου Αποδοχής Σύνδεσης και Λειτουργία Ελέγχου Χρήσης Παραμέτρων.
- Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας αποδοχής σύνδεσης, το δίκτυο χρησιμοποιεί το προτεινόμενο συμβόλαιο κίνησης για να καθορίσει αν υπάρχουν διαθέσιμοι πόροι για τη νέα σύνδεση. Αφού αποκατασταθεί η νέα σύνδεση, η λειτουργία ελέγχου χρήσης παραμέτρων μπορεί να απορρίψει ή να μαρκάρει κάθε κελί που ξεπερνά τις παραμέτρους του συμβολαίου κίνησης.
- Έλεγχος Ανοιχτού Βρόχου: Δεν υπάρχει ανάδραση προς την πηγή που να σχετίζεται με συμφόρηση.



# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων

---

- *Asynchronous Transfer Mode (ATM)*
  - Κατηγορίες Υπηρεσιών *ATM*
    - *UBR, ABR*
      - Ο έλεγχος ανοιχτού βρόχου δεν είναι κατάλληλος για πολλές εφαρμογές δεδομένων, για τις οποίες υπάρχει ανοχή σε απρόβλεπτες χρονικές καθυστερήσεις, καθώς και σε χρονικά μεταβαλλόμενη διαμετακομιστική ικανότητα.
      - Σύμφωνα με μία πρώτη προσέγγιση, οι εφαρμογές αυτές μπορούν να μοιράζονται τη χωρητικότητα που δεν χρησιμοποιείται από τις *CBR, VBR* πηγές με σχετικά μη ελεγχόμενο τρόπο. Όταν προκύπτει συμφόρηση μέσα στο δίκτυο, κελιά θα χάνονται και οι πηγές θα προσαρμόζουν αντίστοιχα το ρυθμό μετάδοσης δεδομένων τους (Σηματοδοσία Ενδεχόμενης Συμφόρησης). Στην περίπτωση αυτή μιλάμε για την υπηρεσία *UBR* (Υπηρεσία Βέλτιστης Προσπάθειας).
        - » Αναποτελεσματική Υπηρεσία, γιατί έχουμε αρκετές απορρίψεις κελιών και αντίστοιχα επαναμεταδόσεις.



# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων

- *Asynchronous Transfer Mode (ATM)*
  - Κατηγορίες Υπηρεσιών *ATM*
    - *UBR, ABR*
      - Σύμφωνα με μία δεύτερη προσέγγιση, οι εφαρμογές αυτές μπορούν να μοιράζονται τη χωρητικότητα που δεν χρησιμοποιείται από τις *CBR, VBR* πηγές, παρέχεται όμως ανάδραση στις πηγές ώστε να προσαρμόζουν δυναμικά το ρυθμό μετάδοσης δεδομένων τους. Με τον τρόπο αυτό αποφεύγεται η απώλεια κελιών. Ουσιαστικά παρέχεται έλεγχος κλειστού βρόχου. Η προσέγγιση αυτή χρησιμοποιείται στην υπηρεσία *ABR*.
      - Υπηρεσία *ABR*.
        - » Η διαθέσιμη χωρητικότητα (Επιτρεπόμενος Ρυθμός Μετάδοσης Κελιών – *Admitted Cell Rate - ACR*) που χρησιμοποιείται από μία σύνδεση κυμαίνεται ανάμεσα σε έναν προσυμφωνημένο Ελάχιστο Ρυθμό Κελιού (*MCR*) και στο Μέγιστο Ρυθμό Μετάδοσης Κελιού (*PCR*). Προσαρμόζεται δυναμικά.
        - » Βασική διαφορά της υπηρεσίας *ABR* από την *UBR* είναι ο χαμηλός λόγος απώλειας κελιών που επιτυγχάνεται με τη χρήση της υπηρεσίας *ABR*.



# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων

- *Asynchronous Transfer Mode (ATM)*

- Κατηγορίες Υπηρεσιών *ATM*

- *ABR*

- Μηχανισμός Ανάδρασης

- » Η ανάδραση παρέχεται περιοδικά στη μορφή μίας ακολουθίας από κελιά διαχείρισης πόρων (*Resource Management Cells*).
- » Κάθε κελί διαχείρισης πόρων περιλαμβάνει τρία πεδία που παρέχουν ανάδραση στην πηγή. Ένα *bit* ένδειξης συμφόρησης (*Congestion Indication*), ένα *bit* ένδειξης μη αύξησης του ρυθμού μετάδοσης (*Non – Increase Indication – NI*) και ένα πεδίο σαφούς ρυθμού κελιού (*Explicit Rate*).
- » Εάν το πεδίο *CI* έχει τεθεί ίσο με  $1$ , τότε η πηγή μειώνει το ρυθμό μετάδοσης κελιών εκθετικά βάσει ενός σταθερού παράγοντα μείωσης ρυθμού.
- » Εάν το πεδίο *NI* είναι ίσο με  $0$ , τότε η πηγή μπορεί να αυξήσει το ρυθμό μετάδοσης της γραμμικά βάσει ενός σταθερού παράγοντα αύξησης.
- » Με γραμμική αύξηση και εκθετική μείωση, η πηγή αυξάνει αργά το ρυθμό της όταν δεν υπάρχει ένδειξη συμφόρησης, αλλά σε υψηλούς ρυθμούς όταν υπάρχει ένδειξη συμφόρησης θα μειώνει δραστικά το ρυθμό μετάδοσης.
- » Εάν το πεδίο *NI* έχει τεθεί ίσο με  $1$ , τότε εάν  $ACR > ER$ , τότε η πηγή θέτει  $ACR = ER$ .
- » Σε κάθε περίπτωση ο *ACR* δεν μπορεί να είναι μεγαλύτερος από το ρυθμό *ER*.



# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων

- *Asynchronous Transfer Mode (ATM)*

- Κατηγορίες Υπηρεσιών *ATM*

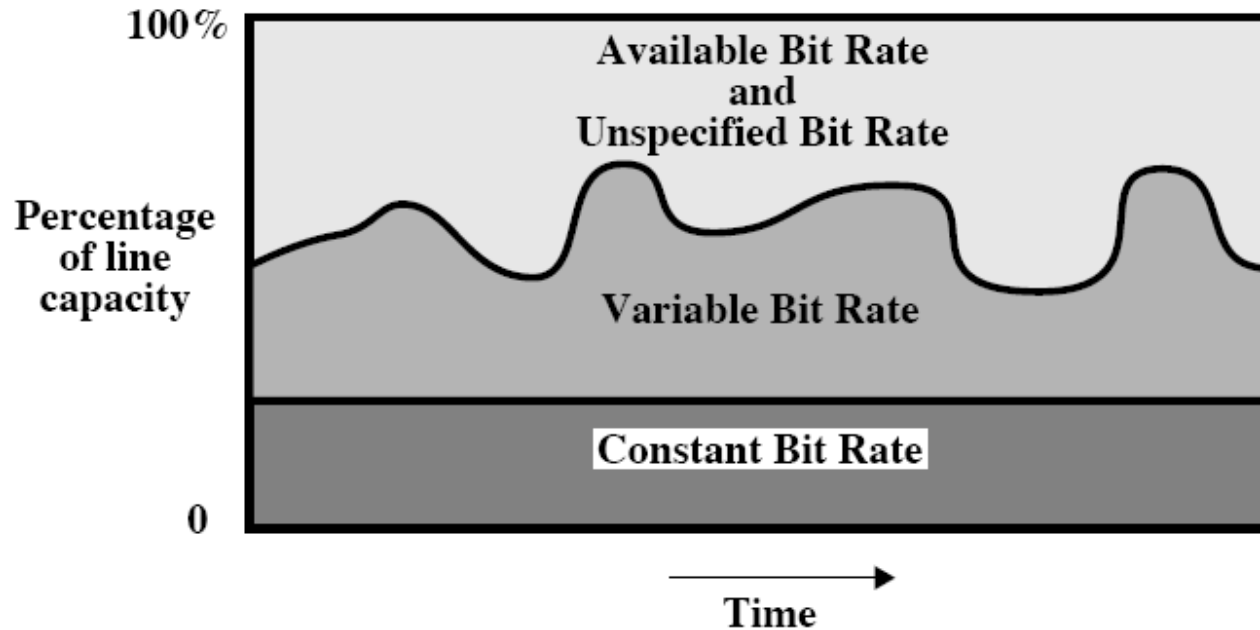
- *ABR*

- Μηχανισμός Ανάδρασης

- » Για έναν ορισμένο αριθμό κελιών δεδομένων, η πηγή μεταδίδει ένα κελί Διαχείρισης Πόρων (*Forward RM-FRM*). Καθώς λαμβάνεται το κελί αυτό από το δέκτη, μεταδίδεται προς την πηγή ένα κελί *Backward RM-BRM*.
        - » Κάθε κελί *FRM* και *BRM* περιλαμβάνει τα πεδία *CI*, *NI* και *ER*. Η πηγή συνήθως θέτει  $CI=0$ ,  $NI=0$  ή  $1$  και *ER* ίσο με κάποιο επιθυμητό ρυθμό μετάδοσης ( $ICR$  *ER* *PCR*).
        - » Οποιοδήποτε από τα πεδία μπορεί να αλλάξει από ένα μεταγωγέα *ATM* ή από τον προορισμό πριν το *BRM* να επιστρέψει στην πηγή.



# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων



Υπηρεσίες ATM





# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων

---

- *Asynchronous Transfer Mode (ATM)*
  - Κατηγορίες Υπηρεσιών *ATM*
    - Υπηρεσίες Μη Πραγματικού Χρόνου (Non Real Time Services)
      - Υπηρεσία Εγγυημένου Ρυθμού (Guaranteed Frame Rate – GFR)
        - » Η υπηρεσία εγγυημένου ρυθμού χρησιμοποιείται για την υποστήριξη *IP* υποδικτύων κορμού.
        - » Η υπηρεσία *ABR* είναι σχετικά δύσκολα υλοποιήσιμη ανάμεσα σε δρομολογητές πάνω από ένα δίκτυο *ATM*.
        - » Μία από τις τεχνικές που χρησιμοποιούνται από την υπηρεσία εγγυημένου ρυθμού είναι το ότι τα στοιχεία δικτύου γνωρίζουν τα όρια ενός πακέτου / πλαισίου. Στην περίπτωση συμφόρησης όπου απαιτείται η απόρριψη κελιών, τα στοιχεία δικτύου απορρίπτουν τα κελιά, τα οποία απαρτίζουν ένα πλαίσιο.



# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων

- *Asynchronous Transfer Mode (ATM)*
  - Κατηγορίες Υπηρεσιών *ATM*
    - Κλάσεις Υπηρεσίας
      - Οι υπηρεσίες *ATM* χωρίζονται σε κλάσεις ανάλογα:
        - » Με το ρυθμό μετάδοσης (σταθερό ή μεταβλητό).
        - » Με τον τρόπο μεταφοράς (με σύνδεση ή χωρίς).
        - » Μία υπηρεσία χαρακτηρίζεται σαν συνδεμοστραφής όταν απαιτείται η έναρξη διαδικασίας σηματοδοσίας πριν τη φάση μεταφοράς πληροφοριών χρήστη. Μία υπηρεσία χαρακτηρίζεται ως ασυνδεμοστραφής όταν απλώς μεταδίδει πληροφορίες στο δίκτυο που επιτρέπουν τη δρομολόγηση κάθε πακέτου ξεχωριστά. Δεν απαιτείται σηματοδοσία και η ακεραιότητα της σωστής σειράς των κελιών δεν είναι εγγυημένη.
        - » Με το συγχρονισμό μεταξύ πηγής και προορισμού.
      - Ανάλογα με το συνδυασμό των παραπάνω παραμέτρων οι εφαρμογές έχουν ταξινομηθεί σε 4 κλάσεις, οι οποίες καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα απαιτήσεων.
        - » Κλάση A: Σταθερή ταχύτητα, σύνδεση *connection-oriented* και απαίτηση συγχρονισμού ανάμεσα στα ακραία σημεία.
        - » Κλάση B: Μεταβλητή ταχύτητα, σύνδεση *connection-oriented* και απαίτηση συγχρονισμού μεταξύ των ακραίων σημείων.
        - » Κλάση C: Μεταβλητή ταχύτητα, σύνδεση *connection-oriented*, δεν απαιτείται συγχρονισμός.
        - » Κλάση D: Μεταβλητή ταχύτητα, σύνδεση *connectionless*, δεν απαιτείται συγχρονισμός.



# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων

- *Asynchronous Transfer Mode (ATM)*
  - Το επίπεδο *ATM* είναι ανεξάρτητο των υπηρεσιών που παρέχει το δίκτυο.
  - Επίπεδο Προσαρμογής *ATM (AAL – ATM Adaptation Layer)*
    - Επιτρέπει τη διαχείριση διαφορετικών τύπων δεδομένων (φωνή, δεδομένα, βίντεο) σε ένα δίκτυο *ATM*.
    - Έχει χαρακτηριστεί ως εξαρτημένο από τις υπηρεσίες και ο ρόλος του είναι η προσαρμογή των αναγκών των υπηρεσιών στις δυνατότητες του στρώματος *ATM*.
    - Οι λειτουργίες του *AAL* είναι οι ακόλουθες:
      - Τεμαχισμός και Επανασυναρμολόγηση.
      - Διαχείριση χαμένων & λάθος τοποθετημένων κελιών.
        - » Διατήρηση της σωστής σειράς των κελιών.
        - » Λάθος στο πεδίο *VPI/VCI* στην επικεφαλίδα του *ATM* κελιού έχει ως αποτέλεσμα τη λανθασμένη εισαγωγή του κελιού σε άλλο *VPI/VCI* (σε περίπτωση που αυτό είναι έγκυρο) ή την απόρριψη του κελιού (σε περίπτωση που το πεδίο *VPI/VCI* δεν βρίσκεται στους πίνακες δρομολόγησης των κόμβων *ATM* του δικτύου).
      - Διαχείριση Σφαλμάτων Μετάδοσης.
        - » Προστασία περιεχομένου κελιού.
      - Έλεγχος ροής και χρονισμού.
        - » Αναλαμβάνει την επανάκτηση του ρυθμού της πηγής (ώστε η τυχαία καθυστέρηση που εισάγεται λόγω της στατιστικής φύσης της πολυπλεξίας ετικετών και της ενταμίευσης στους ενδιάμεσους κόμβους να μην ανακλάται στην ποιότητα υπηρεσίας που λαμβάνει ο χρήστης).

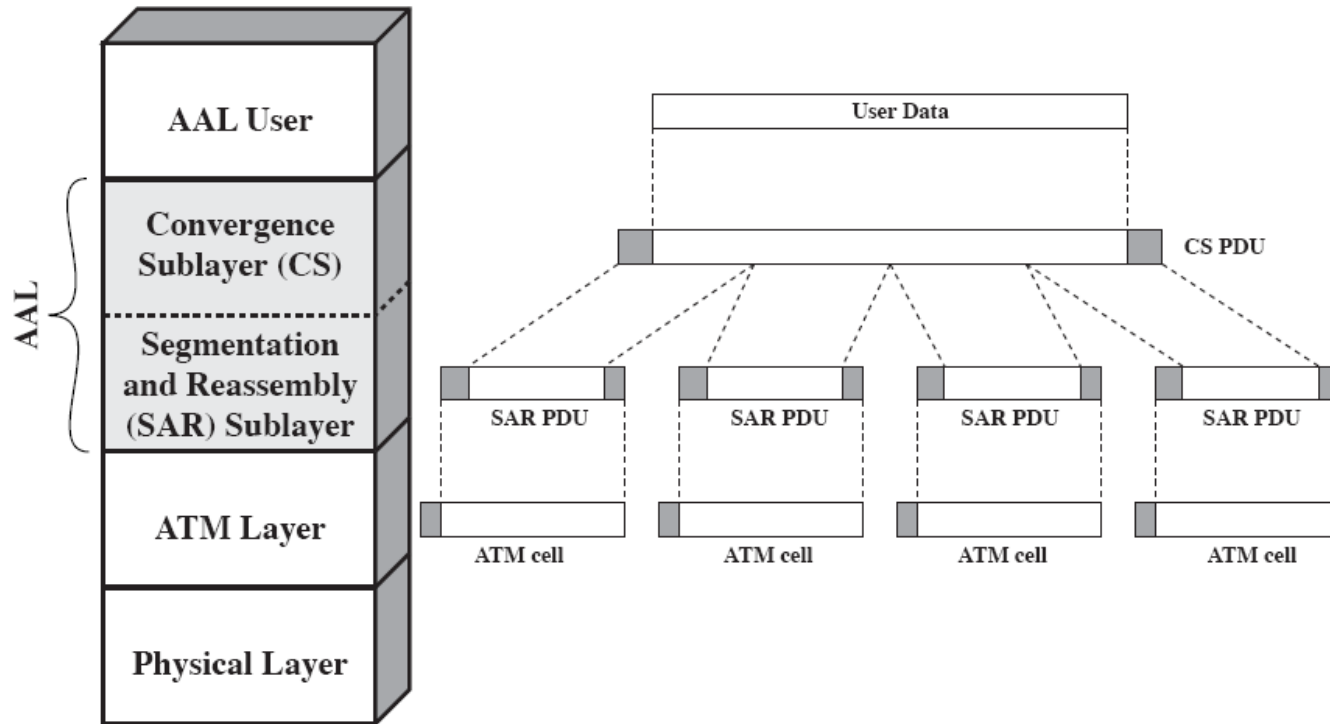


# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων

- *Asynchronous Transfer Mode (ATM)*
  - Επίπεδο Προσαρμογής *ATM (AAL – ATM Adaptation Layer)*
    - Αρχικά ορίστηκαν από την *ITU-T* 4 τύποι *AAL* πρωτοκόλλου (1-4). Αργότερα, οι τύποι 3 και 4 συνενώθηκαν στον τύπο 3/4 και ορίσθηκε ο τύπος πρωτοκόλλου 5.
      - *AAL 1*
        - » Επιτρέπει μία *connection-oriented* σύνδεση για δεδομένα σταθερού ρυθμού (*CBR*). Ο τύπος αυτός είναι κατάλληλος για φωνή και βίντεο.
      - *AAL 2*
        - » Αφορά *connection-oriented* συνδέσεις για εφαρμογές μεταβλητής ταχύτητας (όπως συμπιεσμένο βίντεο).
      - *AAL 3/4*
        - » Ο τύπος αυτός επιτρέπει κίνηση μεταβλητού ρυθμού, η οποία επιπρόσθετα δεν απαιτεί συγχρονισμό ανάμεσα στον αποστολέα και στον παραλήπτη. Επιπρόσθετα, προσφέρει και άλλες υπηρεσίες, μεταξύ των οποίων τη δυνατότητα αξιόπιστης μεταφοράς δεδομένων, καθώς χρησιμοποιεί τμήμα του ωφέλιμου φορτίου (*48 byte*) για την αναγνώριση σφαλμάτων.
      - *AAL 5*
        - » Ο τύπος αυτός έχει τα χαρακτηριστικά του *AAL 3/4*, αλλά δεν προσφέρει τις πρόσθετες υπηρεσίες του προηγούμενου, απλουστεύοντάς το και μη καταναλώνοντας χώρο από το ωφέλιμο φορτίο.



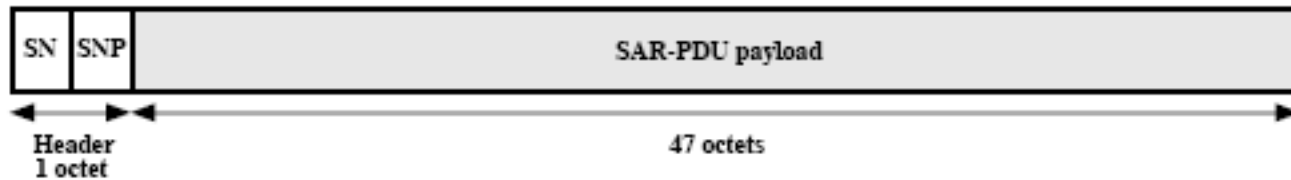
# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων



## Στοιβά Πρωτοκόλλων *ATM*



# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων



(a) AAL Type 1



(b) AAL Type 5

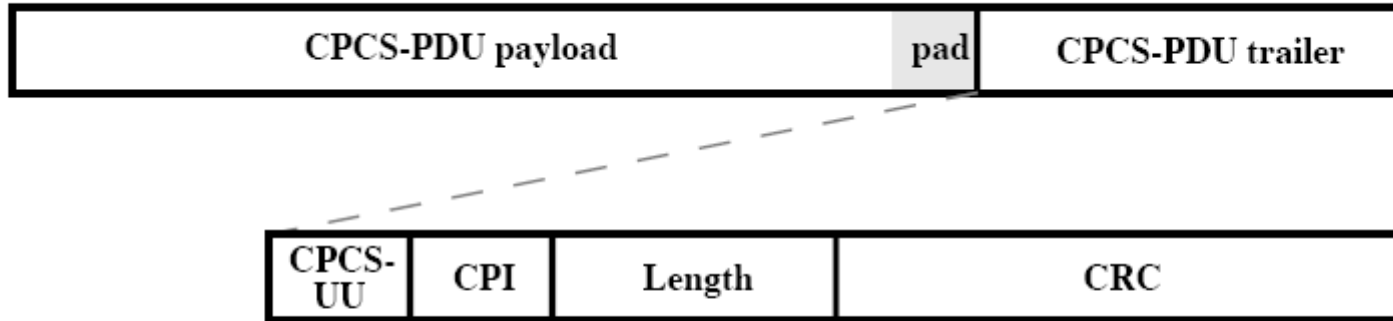
SN = sequence number (4 bits)  
SNP = sequence number protection (4 bits)  
ST = segment type (2 bits)

*SAR PDU για AAL 1 και AAL 5*



# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων

---

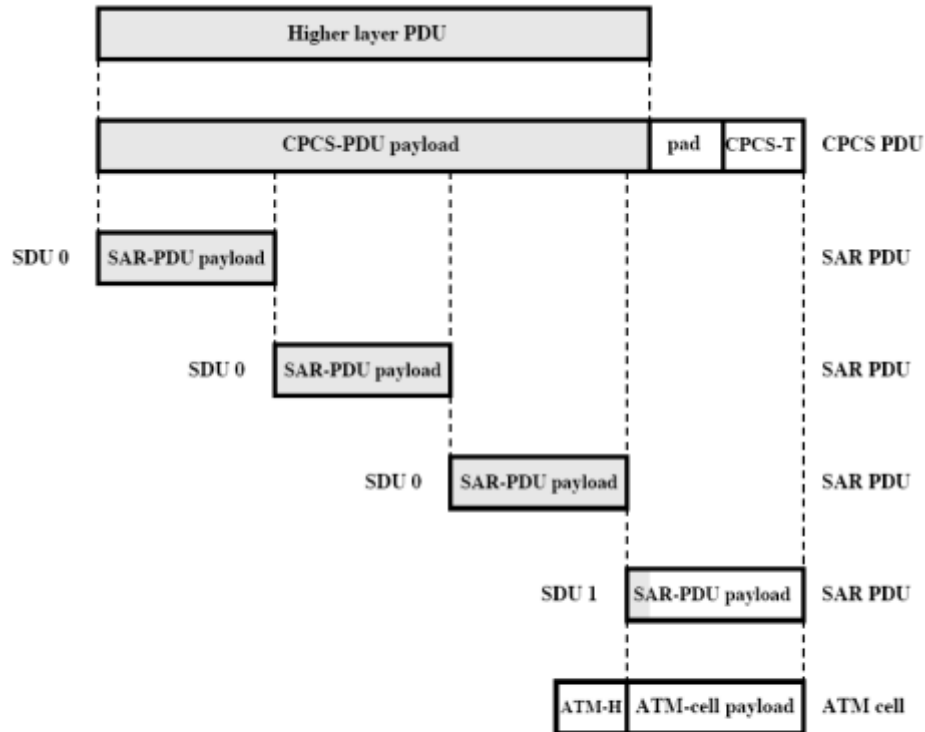


- CPCS-UU = CPCS user-to-user indication (1 octet)
- CPI = common part indicator (1 octet)
- Length = length of CPCS-PDU payload (2 octets)
- CRC = cyclic redundancy check (4 octets)

*AAL 5 PDU*



# Τεχνολογίες Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων



Παράδειγμα  
μετάδοσης AAL -5

- CPCS = common part convergence sublayer
- SAR = segmentation and reassembly
- PDU = protocol data unit
- CPCS-T = CPCS trailer
- ATM-H = ATM header
- SDU = Service Data Unit type bit





---

# Τέλος Ενότητας



# Σημείωμα Αναφοράς

---

- Copyright Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών, Λούτα Μαλαματή. «Δίκτυα Τηλεπικοινωνιών». Έκδοση: 1.0. Κοζάνη 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:

<https://eclass.uowm.gr/courses/ICTE278/>



# 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.



# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων

---

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

## Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες

1. William Stallings, "Επικοινωνίες Υπολογιστών και Δεδομένων", 8η εκδοση
2. Andrew Tanenbaum, "Δίκτυα Υπολογιστών"
3. Α. Αλεξόπουλος και Γ. Λαγογιάννης, "Τηλεπικοινωνίες και Δίκτυα Υπολογιστών"  
Στο μάθημα Δίκτυα Τηλεπικοινωνιών, επιπρόσθετα στη βιβλιογραφία έχουμε και το Ιάκωβος Βενιέρης, "Δίκτυα Ευρείας Ζώνης"
4. Τεχνολογίες αποκατάστασης εδαφών και υπογείων υδάτων από επικίνδυνους ρύπους, Ε. Γιδαράκος, Μ. Αιβαλιώτη, Εκδόσεις Ζυγός, Θεσσαλονίκη, 2005.
5. Περιβάλλον και βιομηχανική ανάπτυξη, τόμος Β, Καλδέλης Ιωάννης Κ., Κονδύλη Αιμιλία Μ., εκδόσεις Σταμούλη ΑΕ, 2006.

