

Δίκτυα Πρόσβασης Ευρείας Ζώνης

Τεχνολογίες Μεταγωγής Κυκλώματος & Μεταγωγής Πακέτου (2ου στρώματος)



Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου, Τμήμα Επιστήμης & Τεχνολογίας Τηλεπικοινωνιών

Δομή της Διάλεξης

- **Αναδρομή στις βασικές αρχιτεκτονικές δικτύων μεταγωγής πακέτου / κυκλώματος**
 - ✓ Τεχνολογίες κόμβων μεταγωγής
 - ✓ Βασικά λειτουργικά χαρακτηριστικά του επιπέδου ελέγχου
- **Αναδρομή σε ευρέως χρησιμοποιημένα πρωτόκολλα 2ου στρώματος**
 - ✓ X.25
 - ✓ Frame Relay
 - ✓ ISDN
 - ✓ ATM

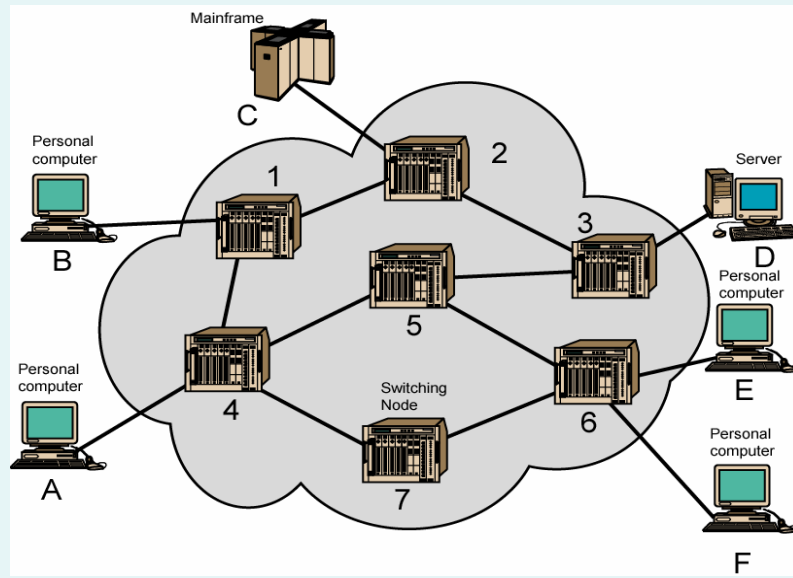
Αναγκαιότητα των Κόμβων Μεταγωγής

- Η μετάδοση σε μεγάλες αποστάσεις απαιτεί την διέλευση της πληροφορίας μέσω κομβικών σημείων διασύνδεσης των απομακρυσμένων σημείων (*Κόμβοι Μεταγωγής*)
- Οι Κόμβοι Μεταγωγής δεν επεξεργάζονται κατά καμία έννοια τα δεδομένα που διέρχονται μέσω αυτών παρά μόνο τα δρομολογούν προς το κατάλληλο τμήμα του δικτύου (και ενδεχομένως ενισχύουν ή μετατρέπουν κατάλληλα το σήμα πληροφορίας)
- Το σύνολο των τερματικών σταθμών (Η/Υ, τηλέφωνα κ.α.) και των κόμβων μεταγωγής αποτελεί το *Δίκτυο Επικοινωνίας*

Αρχιτεκτονικές Δικτύων - Λειτουργικότητα Κόμβων

- Οι κόμβοι μεταγωγής του δικτύου διασυνδέονται μεταξύ τους ή και με τερματικούς σταθμούς
- Οι γραμμές μεταξύ των κόμβων εφαρμόζουν κάποιο είδος πολυπλεξίας (όπως συζητήθηκε στην προηγούμενη διάλεξη)
- Συνήθως δεν υπάρχει ένα-πρός-ένα διασύνδεση μεταξύ όλων των κόμβων
- Δύο είναι οι εφαρμοσμένες λύσεις για την επικοινωνία και την μεταγωγή των δεδομένων μέσω των κόμβων του δικτύου
 - ✓ *Μεταγωγή Κυκλώματος (Circuit switching)*
 - ✓ *Μεταγωγή Πακέτου (Packet switching)*

Παράδειγμα Απλού Δικτύου Μεταγωγής



Οργανωδίκης Θεοφάνης

Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου

Τεχνολογίες Μεταγωγής Κυκλώματος & Μεταγωγής Πακέτου (2ου στρώματος)

Μεταγωγή Κυκλώματος



Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου, Τμήμα Επιστήμης & Τεχνολογίας Τηλεπικοινωνιών

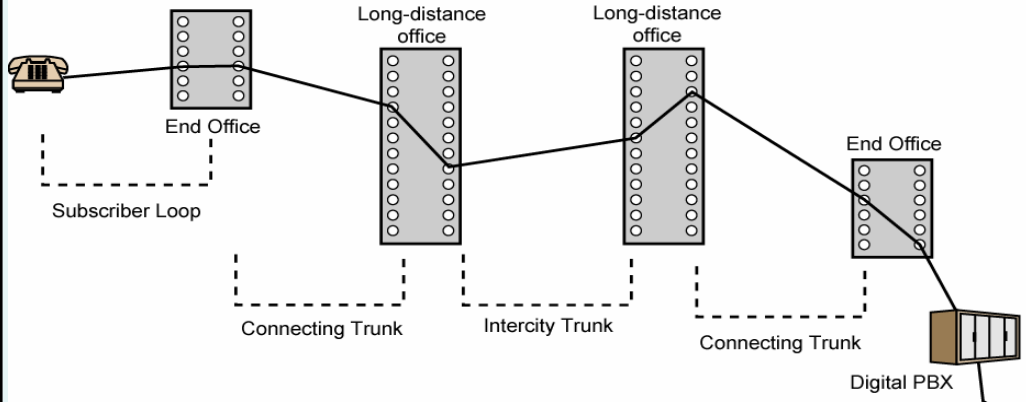
Μεταγωγή Κυκλώματος (Circuit switching)

- **Υλοποιεί σταθερές συνδέσεις μεταξύ τερματικών**
- **Ακολουθεί τρεις φάσεις**
 - ✓ *Αποκατάσταση σύνδεσης (Establish)*
 - ✓ *Μεταφορά δεδομένων (Transfer)*
 - ✓ *Κατάργηση σύνδεσης (Disconnect)*
- **Για να ολοκληρωθεί η πρώτη φάση απαιτείται να εξασφαλιστεί η αναγκαία χωρητικότητα σε κάθε ενδιάμεσο κόμβο για την εξυπηρέτηση της σύνδεσης**
- **Η δρομολόγηση μιας σύνδεσης μέσω συγκεκριμένων κόμβων απαιτεί αυξημένη λειτουργικότητα**

Μεταγωγή Κυκλώματος - Χαρακτηριστικά

- **Ανελαστική διαχείριση εύρους ζώνης**
 - ✓ *Η χωρητικότητα του καναλιού δεσμεύεται είτε γίνεται χρήση είτε όχι καθ'όλη τη διάρκεια της σύνδεσης*
- **Η φάση αποκατάστασης σύνδεσης είναι χρονοβόρα**
- **Μετά την αποκατάσταση η ύπαρξη της σύνδεσης είναι «διάφανη» στον χρήστη**
- **Μελετήθηκε και εφαρμόστηκε με στόχο την υποστήριξη υπηρεσιών φωνής (τηλεφωνία)**
 - ✓ *Το κλασικότερο παράδειγμα αρχιτεκτονικής δικτύου μεταγωγής κυκλώματος (παρουσιάστηκε και στην 1η διάλεξη)*

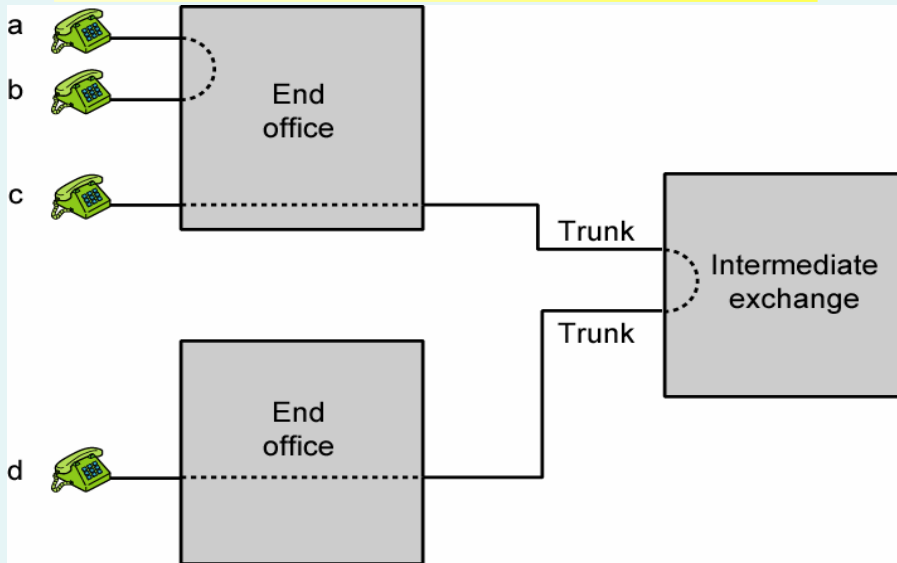
Public Switched Telephone Network (PSTN)



Οργανωδίκης Θεωρίας

Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου

Παραδείγματα Αποκατάστασης Σύνδεσης



Οργανωδίκης Θεωρίας

Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου

Δίκτυα Πρόσβασης Ευρείας Ζώνης

Η σημασία των συστημάτων σηματοδοσίας ως καθοριστικός παράγοντας της αρχιτεκτονικής και της λειτουργικότητας



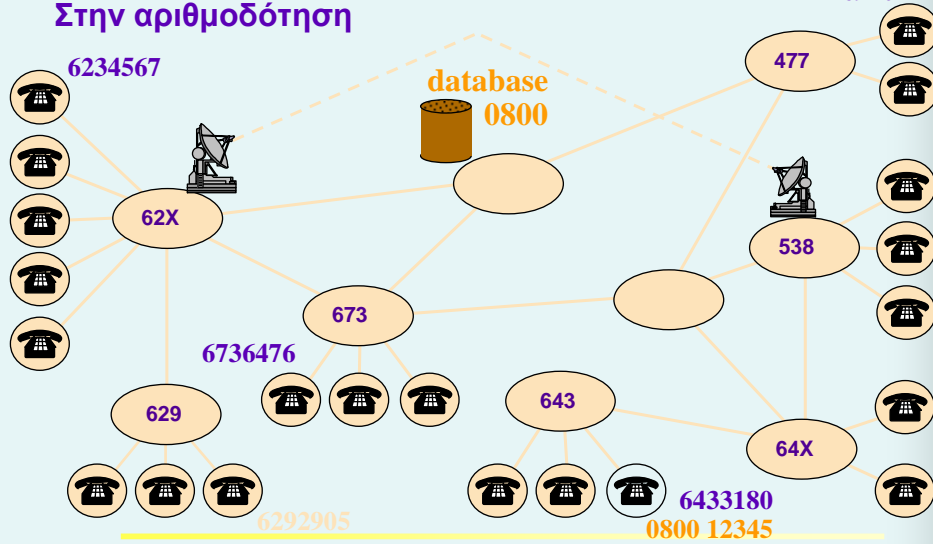
Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου, Τμήμα Επιστήμης & Τεχνολογίας Τηλεπικοινωνιών

Βασικό Λειτουργικό Στοιχείο: Σηματοδοσία

- **Ηχητικά σήματα επικοινωνίας με τον χρήστη/συνδρομητή**
- **Μετάδοση αριθμών κλήσης/διευθύνσεων**
- **Ενδείξεις καταστάσεων της κλήσης**
 - ✓ Αδυναμία αποκατάστασης σύνδεσης
 - ✓ Ένδειξη τέλους κλήσης
 - ✓ ...
- **Ένδειξη εισερχόμενης κλήσης**
- **Πληροφορίες χρέωσης**
- **Κατάσταση ενδιάμεσων συσκευών κόμβων**
- **Διαγνωστικά μηνύματα**

Ευφυείς Υπηρεσίες (Intelligent Network IN) (I)

Υπέρβαση της χρήσης γεωγραφικών κωδικών
Στην αριθμοδότηση

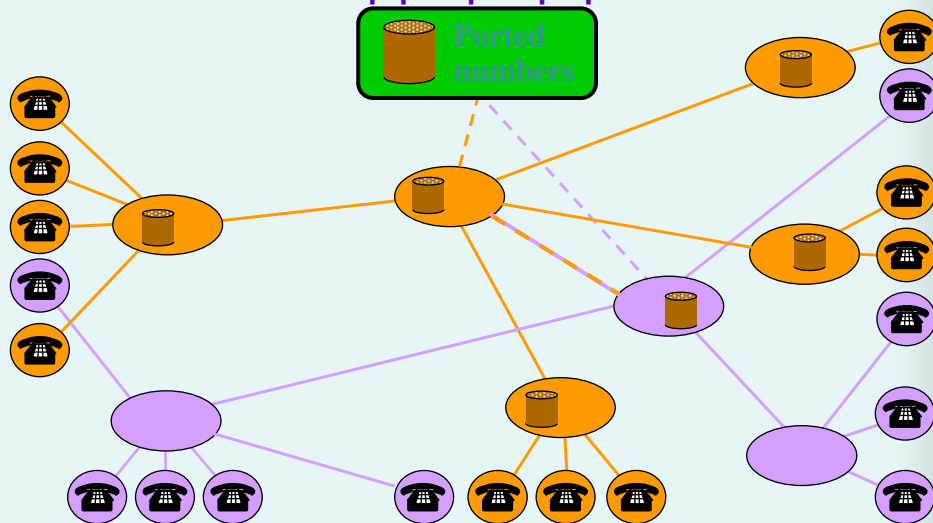


Οργανισμός Θεοφάνης

Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου

Ευφυείς Υπηρεσίες (Intelligent Network IN) (II)

Φορητότητα αριθμών

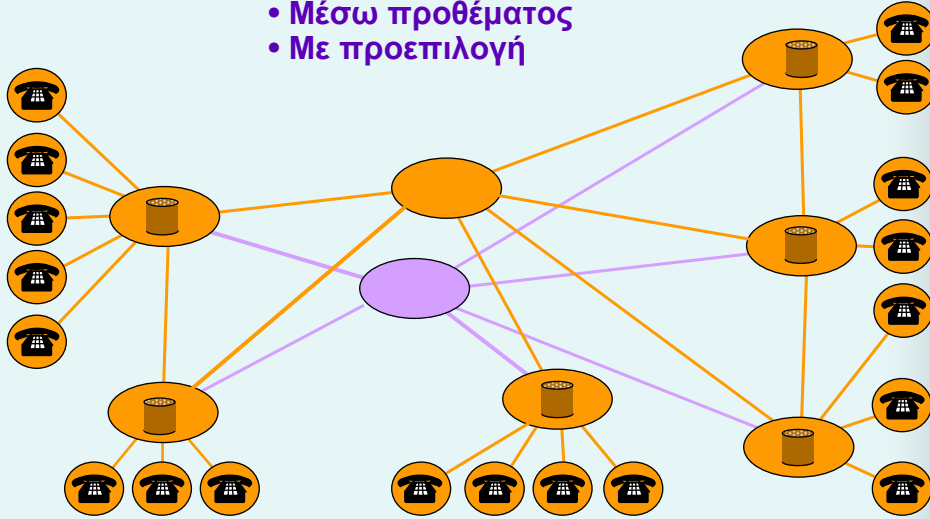


Οργανισμός Θεοφάνης

Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου

Ευφυείς Υπηρεσίες (Intelligent Network IN) (III)

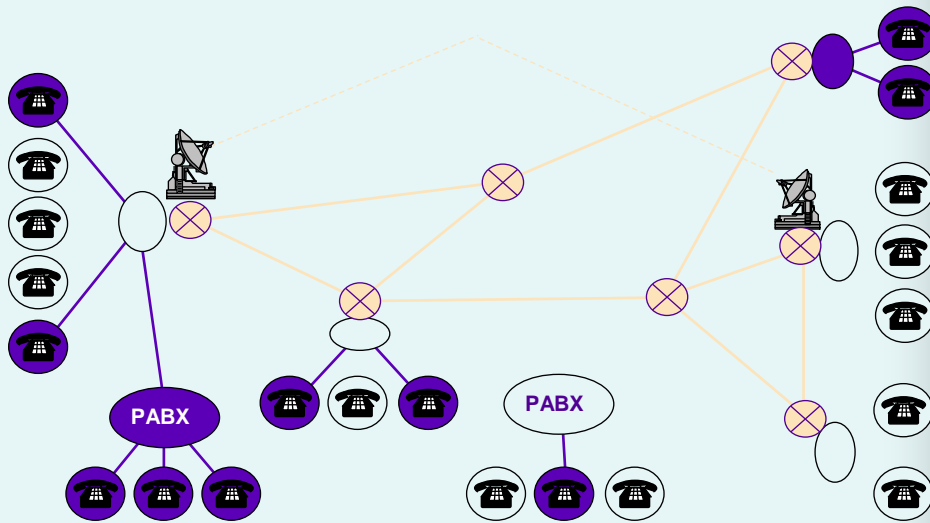
- Επιλογή φορέα
- Μέσω προθέματος
 - Με προεπιλογή



Οργανωδίκης Θεοφάνης

Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου

Χρήση του SDH ως Πολλαπλών Υπηρεσιών Δίκτυο



Οργανωδίκης Θεοφάνης

Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου

Παράδειγμα Εξέλιξης Σηματοδοσίας

- Αρχικά αμφότερες οι συσκευές είναι ανενεργές (on hook)
- Ο καλών σηκώνει το ακουστικό (off hook)
- Το τοπικό του κέντρο (κόμβος) αντιλαμβάνεται το σήμα
- Ανταποκρίνεται με το σήμα/ήχο της ελεύθερης γραμμής
- Ο καλών πληκτρολογεί τον αριθμό
- Αν είναι δυνατή η αποκατάσταση σύνδεσης δίνεται αντίστοιχο σήμα
- Σήμα κατάστασης του καλούμενου
 - ✓ *Καλεί, κατηλειμμένος, μη προσβάσιμος*
- Με την απάντηση του καλούμενου τερματίζονται οι προηγούμενες ενδείξεις
- Αποκαθίσταται η σύνδεση για την εξέλιξη της επικοινωνίας
- Κατάργηση με την αντίστοιχη ένδειξη/σήμα (off hook) από τον καλούντα

Τεχνολογίες Μεταγωγής Κυκλώματος & Μεταγωγής Πακέτου (2ου στρώματος)

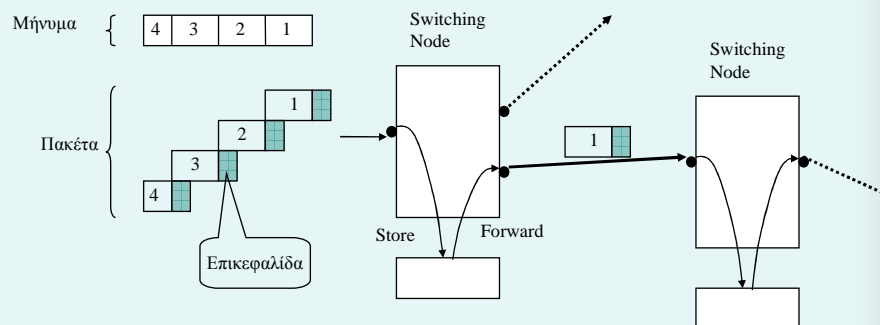
Μεταγωγή Πακέτου



Βασικές Αρχές (I)

- **Μετάδοση δεδομένων τεμαχισμένων σε μικρά**
 - ✓ Συνήθως στα όρια των 1000 οκτάδων
 - ✓ Μεγάλα μηνύματα τεμαχίζονται
 - ✓ Κάθε πακέτο μεταφέρει τμήμα της πληροφορίας και επιπλέον πληροφορίες ελέγχου (επικεφαλίδα, ουρά κλπ.)
- **Πληροφορία ελέγχου**
 - ✓ Κυρίως δρομολόγηση (Routing -addressing)
- **Τα πακέτα σε κάθε κόμβο παραλαμβάνονται, αποθηκεύονται προσωρινά, υφίστανται επεξεργασία και προωθούνται (Store and forward)**

Βασικές Αρχές (II)



Πλεονεκτήματα

- **Αποδοτική χρήση συνδέσεων**
 - ✓ Κάθε κόμβος χρησιμοποιείται από πλήθος πακέτων και συνδέσεων στη διάρκεια του χρόνου
 - ✓ Ευελιξία στην αποθήκευση και προώθηση πακέτων
- **Προσαρμογή ρυθμού μετάδοσης**
 - ✓ Κάθε σταθμός μπορεί να συνδέεται και να μεταδίδει με δικό του ρυθμό
 - ✓ Στους κόμβους η δυνατότητα αποθήκευσης δίνει την δυνατότητα προσαρμογής ρυθμών
- **Τα πακέτα γίνονται αποδεκτά ακόμα και αν οι κόμβοι είναι απασχολημένοι**
 - ✓ Με αντίτιμο μεγαλύτερη καθυστέρηση
- **Δυνατότητα εφαρμογής διαφορετικών προτεραιοτήτων**

Τεχνικές Μεταγωγής

- Τα μηνύματα τεμαχίζονται σε πακέτα
- Τα πακέτα μεταδίδονται με τη σειρά
- **Δύο τεχνικές μεταγωγής πακέτων**
 - ✓ Μεταγωγή Δεδομενογραμμάτων (Datagram)
 - ✓ Μεταγωγή Νοητών Κυκλωμάτων (Virtual circuit)

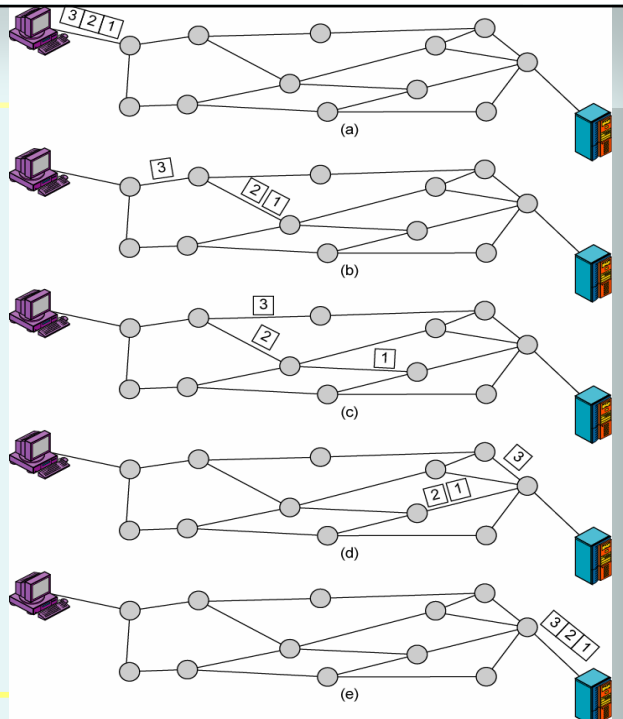
Μεταγωγή Δεδομενογραμμάτων (Datagram)

- Η βασική εφαρμογή του Διαδικτύου
- Κάθε πακέτο αντιμετωπίζεται ξεχωριστά
- Κάθε πακέτο μπορεί να ακολουθήσει δυνητικά διαφορετικές διαδρομές
- Κατά συνέπεια τα πακέτα μπορούν να φτάσουν με διαφορετική σειρά
- Πακέτα μπορεί να απολεσθούν
- Ευθύνη του δέκτη να ανακατατάξει τα αφικνούμενα πακέτα και να αντιμετωπίσει πιθανές απώλειες

Οργανωδίκης Θεοφάνης

Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου

Datagram



Οργανωδίκης Θεοφάνης

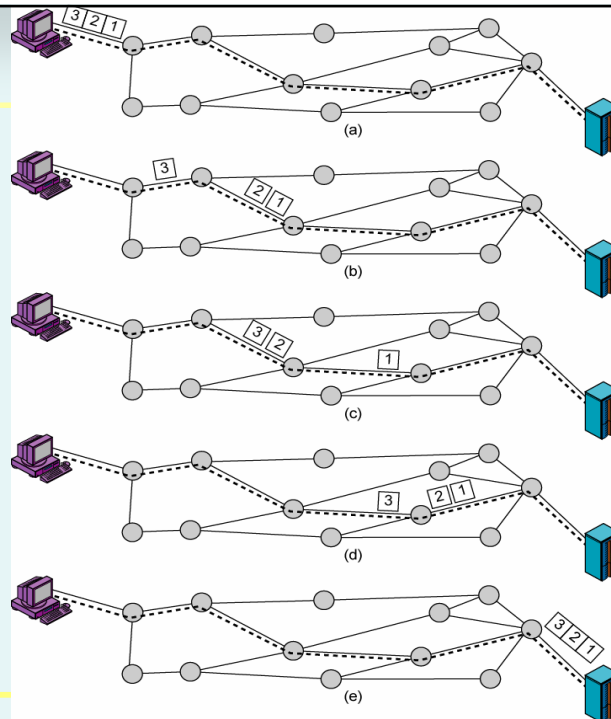
Μεταγωγή Νοητών Κυκλωμάτων (Virtual circuit)

- Κάθε πακέτο ακολουθεί διαδρομή η οποία έχει προυπολογιστεί και εγκατασταθεί πριν από την αποστολή
- Ανταλλαγή αιτήσεως/αποδοχής για την εγκατάσταση κάθε κλήσης (Call request /call accept handshake)
- Κάθε πακέτο μεταφέρει τον αναγνωριστικό αριθμό νοητού κυκλώματος και όχι τη διεύθυνση προορισμού
- Δεν απαιτούνται αποφάσεις δρομολόγησης με τη διέλευση κάθε διερχόμενου πακέτου δεδομένων
- Η σύνδεση καταργείται μόνο μετά από αντίστοιχη αίτηση και ένδειξη
- Κάθε μονοπάτι δεν είναι στατικά εγκατεστημένο

Οργανουδάκης Θεοφάνης

Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου

Virtual Circuit



Οργανουδάκης Θεοφάνης

Τεχνολογίες Μεταγωγής Κυκλώματος & Μεταγωγής Πακέτου (2ου στρώματος)

Μεταγωγή Πακέτου



Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου, Τμήμα Επιστήμης & Τεχνολογίας Τηλεπικοινωνιών

Τεχνολογίες Μεταγωγής Κυκλώματος & Μεταγωγής Πακέτου (2ου στρώματος)

X.25

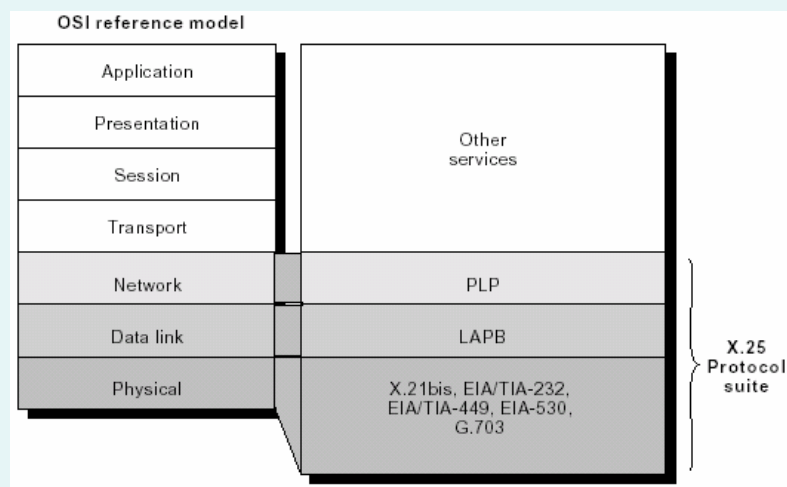


Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου, Τμήμα Επιστήμης & Τεχνολογίας Τηλεπικοινωνιών

Το Πρώτυπο X.25

- Η 1η γενιά προτύπων διασύνδεσης μεταξύ τερματικών και δικτύων μεταγωγής πακέτου
- Διεθνώς εφαρμοσμένο σε δίκτυα μεταγωγής πακέτου και ISDN
- Προσδιορίζει τρία επίπεδα
 - ✓ Φυσικό (Physical)
 - ✓ Ζεύξης (Link)
 - ✓ Πακέτου (Packet)

Επίπεδα X.25 & Στρώματα OSI



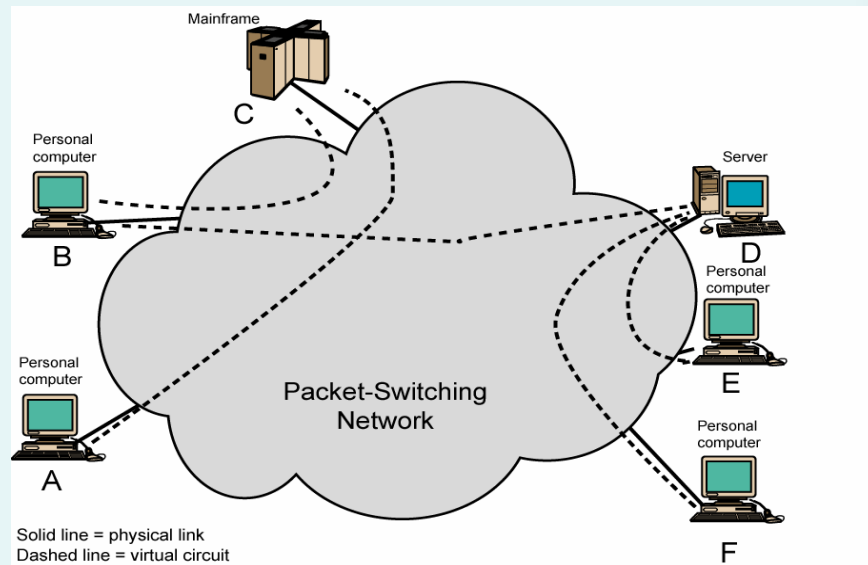
Χ.25 – Φυσικό Επίπεδο

- **Πρότυπο φυσικού στρώματος: Χ.21**
 - ✓ Προσδιορίζει τη διεπαφή και τα χαρακτηριστικά του μέσου μεταξύ του τερματικού και του κόμβου μεταγωγής
 - ✓ Συσκευές χρηστών (Data terminal equipment -DTE)
 - ✓ Συσκευές τερματισμού κυκλώματος (Data circuit terminating equipment DCE –μεταγωγείς)
 - ✓ Αξιόπιστη μεταφορά πάνω από τη ζεύξη (ανίχνευση σφαλμάτων)
 - ✓ Παράδοση πλαισίων σε σειρά

Χ.25 – Επίπεδα 2 & 3

- **Επίπεδο Ζεύξης**
 - ✓ Link Access Protocol Balanced (LAPB)
 - Παρόμοιο με το HDLC
- **Επίπεδο Πακέτου**
 - ✓ Υλοποίηση λογικών κυκλωμάτων μεταξύ των συνδρομητών
 - External virtual circuit
 - ✓ Προκαθορισμένες διαδρομές εντός του δικτύου
 - Internal virtual circuit
 - ✓ Συνήθως ενα-προς-ένα αντιστοιχία εξωτερικών και εσωτερικών νοητών κυκλωμάτων
- **Η χρήση του Χ.25 μπορεί να συνδυαστεί με τη μεταγωγή δεδομενογραμμάτων (IP datagrams)**

Νοητά Κυκλώματα στο X.25



Οργανωδίκης Θεοφάνης

Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου

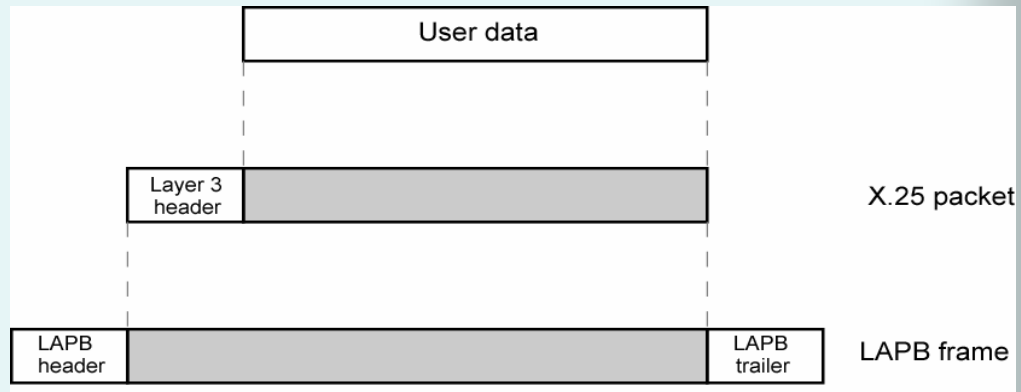
Επίπεδα X.25

- Τα δεδομένα της εφαρμογής παρέχονται στο 3ο επίπεδο του X.25
- X.25 προσθέτει πληροφορία ελέγχου
 - ✓ Επικεφαλίδα
 - ✓ Αναγνωριστικό νοητού κυκλώματος
 - ✓ Αρίθμηση πακέτων για έλεγχο ροής και σφαλμάτων
 - Αλγόριθμοι συρομένου παραθύρου
 - Κώδικες ελέγχου σφαλμάτων
- X.25 πακέτα παραδίδονται στην οντότητα LAPB
- LAPB προσθέτει επιπλέον πληροφορία ελέγχου

Οργανωδίκης Θεοφάνης

Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου

Ενθυλάκωση στο X.25



Ορφανουδάκης Θεοφάνης

Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου

Τεχνολογίες Μεταγωγής Κυκλώματος & Μεταγωγής Πακέτου (2ου στρώματος)

Frame Relay



Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου, Τμήμα Επιστήμης & Τεχνολογίας Τηλεπικοινωνιών

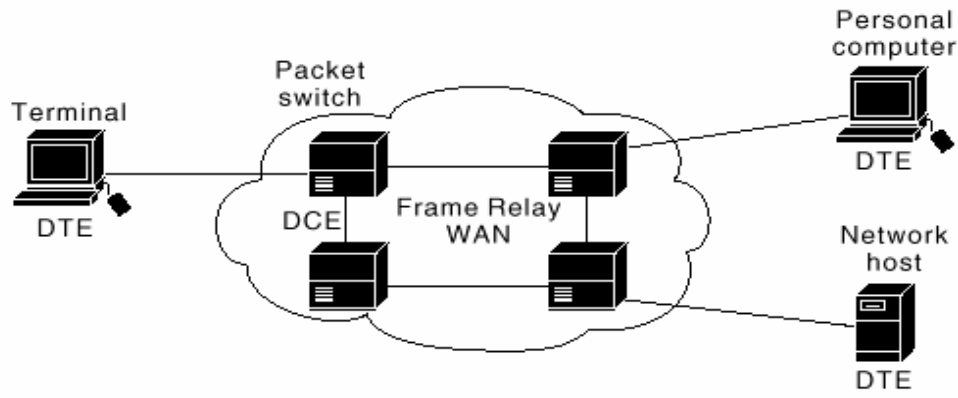
Frame Relay: Ιστορικό - Χαρακτηριστικά (I)

- Πρωτόκολλο επιπέδου ζεύξης δεδομένων που βασίζεται στη τεχνολογία μεταγωγής πακέτου
- Σχεδιάστηκε για την αντικατάσταση του πρωτοκόλλου X.25 στα μέσα της δεκαετίας του '80
- Προσφέρει μικρότερη αξιοπιστία σε σχέση με τους αυστηρούς ελέγχους του X.25
- Λειτουργεί πάνω από πιο γρήγορες και αξιόπιστες WAN διασυνδέσεις σε σχέση με το X.25

Frame Relay: Ιστορικό - Χαρακτηριστικά (II)

- Διαχωρισμός πληροφορίας χρήστη (U-Plane) και σηματοδοτικής πληροφορίας (C-Plane)
- Υποστηρίζει εγκατάσταση ιδεατών (SVC) και μόνιμων κυκλωμάτων (PVC)
- Υποστηρίζει πολύ μεγαλύτερους ρυθμούς μετάδοσης από το X.25
- Χρησιμοποιείται για μετάδοση φωνής (VoFR) και δεδομένων
- Βασίζεται στην προδιαγραφή του LAPD (ITU-T Q.921)

Frame Relay



- **DTE (Data Terminal Equipment).** Θεωρούνται συσκευές τερματισμού και τυπικά βρίσκονται στην πλευρά του χρήστη (π.χ. Προσωπικοί υπολογιστές)
- **DCE (Data Circuit Equipment).** Είναι συσκευές που ανήκουν στον εξοπλισμό του παροχέα και παρέχουν τις υπηρεσίες μεταγωγής δεδομένων μέσω του Frame Relay δικτύου (π.χ. Packet switch)

Ιδεατά Κυκλώματα (Virtual Circuit -VC)

- **Λειτουργία βασισμένη στα ιδεατά κυκλώματα (VC)**
 - ✓ Κάθε VC είναι μία λογική σύνδεση διπλής κατεύθυνσης μεταξύ δύο τερματικών σημείων DTE
 - ✓ Κάθε φυσική διασύνδεση μεταφέρει δεδομένα που ανήκουν σε πολλά VCs (στατιστική πολυπλεξία)
- **Κάθε λογικό κύκλωμα χαρακτηρίζεται από τον αναγνωριστή σύνδεσης, ο οποίος ονομάζεται DLCI (Data Link Connection Identifier)**
 - ✓ Οι DLCI τιμές καθορίζονται από τον παροχέα του Frame Relay δικτύου και έχουν τοπική σημασία
- **Ένα VC μπορεί να διέρχεται από ένα αριθμό ενδιαμέσων συσκευών DCE**
- **Τα ιδεατά κυκλώματα χωρίζονται σε δύο κατηγορίες**
 - α. Τα μόνιμα ιδεατά κυκλώματα PVCs
 - β. Τα ιδεατά κυκλώματα με αίτηση SVCs

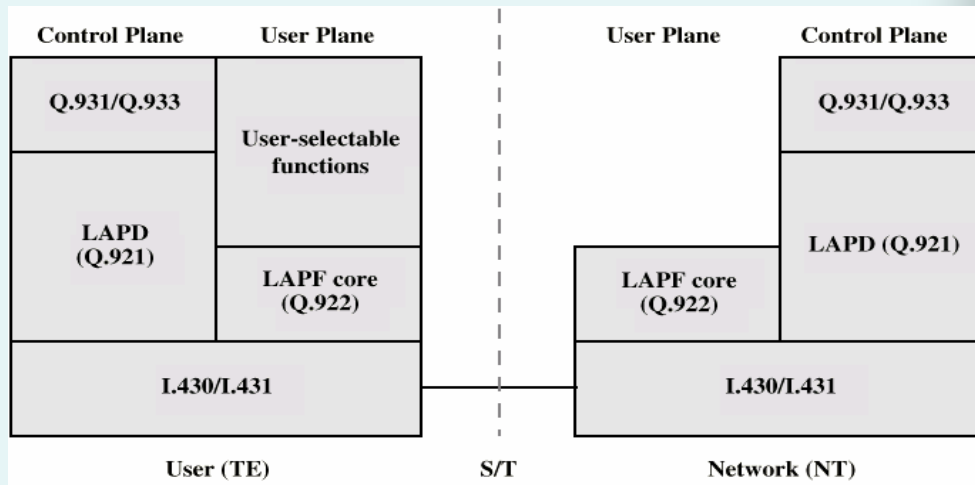
Permanent Virtual Circuit (PVC)

- **Είναι μόνιμες συνδέσεις που χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά δεδομένων μεταξύ των DTE devices**
 - ✓ Η σύνδεση παραμένει ενεργή ακόμα και αν δεν υπάρχουν δεδομένα για μετάδοση
 - ✓ Δεν απαιτούνται σηματοδοτικές διαδικασίες, όπως στην περίπτωση των SVCs
- **Τα κυκλώματα PVCs διαμορφώνονται από τον παροχέα του δικτύου μέσω εντολών στο σύστημα διαχείρισης**
 - ✓ Οι εντολές καθορίζουν τη διαδρομή μεταξύ των τερματικών σημείων της σύνδεσης και τις παραμέτρους υπηρεσίας που σχετίζονται με τη σύνδεση
- **Η επιτήρηση των PVCs γίνεται δυσκολότερη όσο αυξάνεται ο αριθμός τους στο δίκτυο και απαιτείται προσεκτικός σχεδιασμός, γνώση του profile της κίνησης του κάθε χρήστη ώστε η χρησιμοποίηση του διαθέσιμου εύρους ζώνης να γίνεται με βέλτιστο τρόπο**

Switched Virtual Circuit (SVC)

- **Είναι προσωρινές συνδέσεις που χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά δεδομένων μεταξύ των DTE devices**
- **Η επικοινωνία μέσω ενός κυκλώματος SVC αποτελείται από τις εξής φάσεις:**
 - Call Setup (Εγκατάσταση κυκλώματος μεταξύ των DTEs)*
 - Data Transfer (Μεταφορά Δεδομένων)*
 - Call Release (Αποδέσμευση κυκλώματος)*
- **Τα SVCs προσφέρουν δυναμική και όχι στατική δέσμευση του εύρους ζώνης**
 - ✓ Το εύρος ζώνης που δεσμεύεται κατά τη διάρκεια μεταφοράς των δεδομένων διατίθεται και πάλι με τον τερματισμό της κλήσης
- **Η χρήση των SVCs είναι απαραίτητη όταν το δίκτυο του παροχέα είναι αρκετά μεγάλο και σύνθετο στην τοπολογία, γεγονός που δυσκολεύει την επιτήρηση και διαχείριση των PVCs**

Μοντέλο Αναφοράς



Οργανισμός Θεοφάνης

Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου

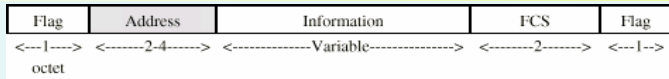
LAPF (Link Access Procedure for Frame Mode Bearer Services)

- Δημιουργία πλαισίων
- Πολύπλεξη πλαισίων μέσω του πεδίου διεύθυνσης
- Ανίχνευση λαθών
- Έλεγχος συμφόρησης
- Παράλληλη λειτουργία με το LAPD
- Προδιαγραφή ITU-T Q.922

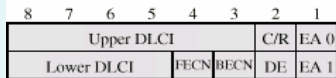
Οργανισμός Θεοφάνης

Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου

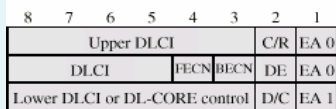
LAPF



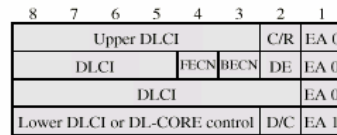
(a) Frame format



(b) Address field - 2 octets (default)



(c) Address field - 3 octets

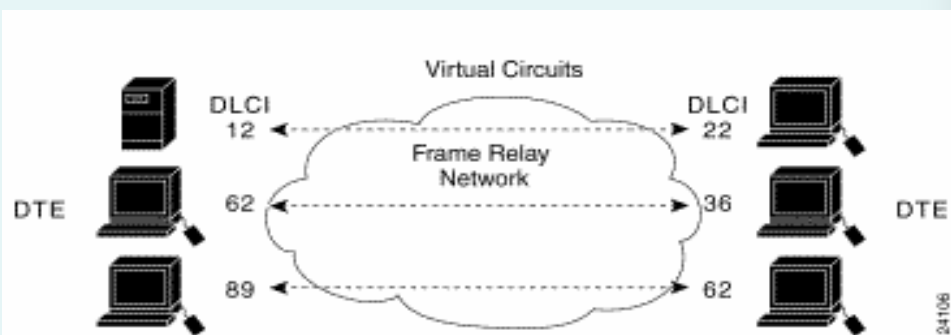


(d) Address field - 4 octets

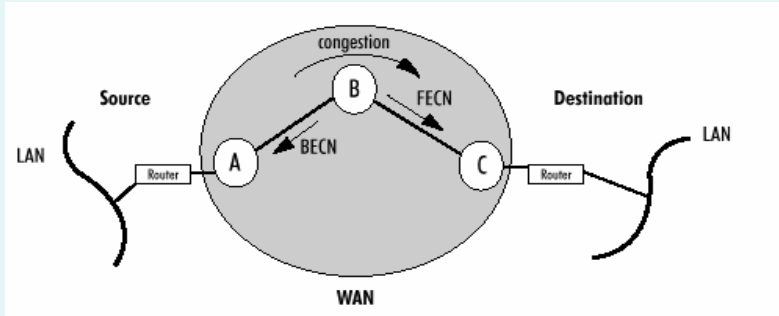
- EA Address field extension bit
- C/R Command/response bit
- FECN Forward explicit congestion notification
- BECN Backward explicit congestion notification
- DLCI Data link connection identifier
- D/C DLCI or DL-CORE control indicator
- DE Discard eligibility

Data Link Connection Identifier (DLCI)

- Μοναδικός 10 bit αριθμός που αντιπροσωπεύει το VC
- Έχει τοπική σημασία
- Παρέχεται με δυναμικό ή στατικό τρόπο



Ελεγχος Συμφόρησης



- **FECN/BECN.** Εάν μία DTE συσκευή στέλνει γρήγορα τα δεδομένα προς τον προορισμό, τότε τα DCE στοιχεία του δικτύου θέτουν σε '1' αυτά τα bits ώστε να τον ειδοποιήσουν να μειώσει το ρυθμό μετάδοσης, γιατί σε αντίθετη περίπτωση θα υπάρξει πρόβλημα συμφόρησης στο δίκτυο
- **Discard Eligibility (DE).** Δηλώνει ότι αυτό το frame έχει χαμηλότερη προτεραιότητα σε σχέση με άλλα frames και μπορεί να απορριφθεί σε περίπτωση συμφόρησης στο δίκτυο. Τίθεται είτε από τη DTE συσκευή είτε από κάποιο DCE

Ποιότητα Υπηρεσίας (QoS)

- Οι παράμετροι που καθορίζουν την ποιότητα των παρεχομένων υπηρεσιών καθορίζονται στη σύμβαση μεταξύ του παροχέα του δικτύου και του κάθε χρήστη
- Η σύμβαση που περιγράφει τις παρεχόμενες υπηρεσίες ονομάζεται **Service Level Agreement (SLA)**
- Κάθε SLA, μεταξύ άλλων, καθορίζει και τις ενέργειες που εκτελούνται στις περιπτώσεις που αυτή παραβιάζεται είτε από τον παροχέα του δικτύου είτε από τον πελάτη

Παράμετροι Ποιότητας Υπηρεσίας

- **Committed Information Rate (CIR).** Η παράμετρος αυτή δίνει την τιμή του εγγυημένου ρυθμού μετάδοσης δεδομένων για ένα ιδεατό κύκλωμα. Ο παροχέας είναι υποχρεωμένος ανεξάρτητα από τις συνθήκες που επικρατούν στο δίκτυο να παρέχει αυτόν τον ελάχιστο εγγυημένο ρυθμό μετάδοσης. Η τιμή του είναι σε Kbps
- **Excess Information Rate (EIR).** Αποτελεί τον μη-εγγυημένο ρυθμό μετάδοσης επιπλέον του CIR. Η διαθεσιμότητα αυτού του ρυθμού εξαρτάται από τη χρήση της φυσικής σύνδεσης από τα υπόλοιπα ιδεατά κυκλώματα που είναι δημιουργημένα σε αυτό (best effort)

Παράμετροι Ποιότητας Υπηρεσίας

- **Committed Burst Size (Bc).** Η παράμετρος αυτή καθορίζει τη μέγιστη ποσότητα των εγγυημένων δεδομένων που ο παροχέας είναι υποχρεωμένος να μεταφέρει ανεξάρτητα από τις συνθήκες που επικρατούν στο δίκτυο. Το DE bit σε αυτά τα πλαίσια είναι πάντα 0
- **Excess Burst Size (Be).** Ορίζεται ως η ποσότητα των επιπλέον της τιμής Bc δεδομένων που το δίκτυο θα προσπαθήσει, χωρίς εγγυήσεις, να μεταφέρει. Αν στο δίκτυο εμφανιστεί συμφόρηση τότε τα πλαίσια αυτά απορρίπτονται πρώτα
- **Tc (Committed Rate Measurement Interval).** Η παράμετρος Tc είναι η χρονική διάρκεια κατά την οποία παρακολουθείται ο ρυθμός μεταφοράς των δεδομένων και ελέγχει ότι η παράμετρος CIR δεν υπερβαίνεται