



# Δίκτυα Επικοινωνιών II: X.25

Δρ. Απόστολος Γιάμας

Διδάσκων 407/80

gkamas@uop.gr

Διαφάνεια 1

Δίκτυα Επικοινωνιών II



## Θέματα που θα μας απασχολήσουν

- Πρωτόκολλο X.25, τι είναι
- DTE – DCE
- Λειτουργίες X.25
- Επίπεδα X.25
- Νοητά Κυκλώματα
- LAPB πρωτόκολλο
- Packet-Layer Protocol

Διαφάνεια 2

Δίκτυα Επικοινωνιών II

## Εισαγωγή (1/2)



- Τα πρώτα δίκτυα υπολογιστών προορίζονταν για να προσφέρουν περιορισμένες υπηρεσίες και να επιτυγχάνουν συνδέσεις σε μικρή κλίμακα
- Μεγάλο κόστος των υπολογιστών (δεν υπήρχαν ακόμη οι σημερινοί πανίσχυροι **microprocessors**, μνήμες ακριβές με μικρή χωρητικότητα)
- Ακριβή η ανάπτυξη συστημάτων δικτύων τα οποία να κάνουν αποτελεσματικό routing ή switching και γενικότερη διαχείριση δικτύου
- Η λύση ήταν επομένως η αγορά και εγκατάσταση αποκλειστικών κυκλωμάτων / γραμμών σύνδεσης με συγκεκριμένα μεγάλα mainframe συστήματα. Η έλλειψη όμως κάποιων standards έκανε απαγορευτική την επέκταση τέτοιων συστημάτων προκειμένου να συνδεθούν με άλλα διαφορετικά συστήματα

## Εισαγωγή (2/2)



- Η ανάγκη για διασύνδεση διαφορετικών συστημάτων, που εν γένει είναι πολύ απομακρυσμένα μεταξύ τους, έκανε επιτακτική την ανάγκη χρήσης των δημοσίων δικτύων επικοινωνιών (παλαιότερα χρησιμοποιούνταν ιδιωτικές μισθωμένες γραμμές επικοινωνίας)
- Έτσι, προκειμένου να διασυνδέονται πολλά ετερογενή περιβάλλοντα πάνω από ένα κοινό μέσο (δημόσια δίκτυα), έγινε απαραίτητη η σύσταση κάποιων standards που ορίζουν ακριβώς τον τρόπο σύνδεσης (interface) μεταξύ των συνδρομητών και του δικτύου

## Πρωτόκολλο X.25 (1/2)



- Τι είναι:
  - Είναι μια σύσταση της CCITT που καθορίζει αυστηρά το interface μεταξύ συνδρομητών (DTE – Data Terminal Equipment) και του δικτύου μεταγωγής (DCE – Data Circuit Terminating Equipment)

Διαφάνεια 5

Δίκτυα Επικοινωνιών Π

## Πρωτόκολλο X.25 (2/2)



- Το X.25 είναι συμβατή με το πρότυπο OSI του ISO και προδιαγράφεται για τα 3 πρώτα επίπεδά του
- Τα επίπεδα από το 4ο και πάνω είναι στην αρμοδιότητα του χρήστη

Διαφάνεια 6

Δίκτυα Επικοινωνιών Π



## DTE (Data Terminal Equipment)

- Είναι γενικά μια συσκευή που συνδέεται στο δίκτυο και η οποία λειτουργεί ανταλλάσσοντας πακέτα (π.χ. ένα σύγχρονο τερματικό)
- Για να συνδεθεί ένα ασύγχρονο τερματικό σε ένα δίκτυο μεταγωγής πακέτων, θα πρέπει να παρεμβληθεί ειδική συσκευή που λέγεται PAD - Packet Assembler Disassembler, η οποία πρώτα συγκεντρώνει δεδομένα σε πακέτα και μετά τα προωθεί στο δίκτυο

Διαφάνεια 7

Δίκτυα Επικοινωνιών II

# DCE (Data Circuit Terminating Equipment)



- Είναι γενικά ένας κόμβος ενός δικτύου μεταγωγής πακέτων και ο οποίος είναι επιφορτισμένος με καθήκοντα προώθησης των εισερχόμενων κλήσεων προς άλλα DTEs, κ.λ.π.
- Συνήθως, τα DCEs είναι οι κόμβοι του δικτύου στους οποίους συνδέονται τα διάφορα DTEs.

Διαφάνεια 8

Δίκτυα Επικοινωνιών Π



## Λειτουργία X.25



- Ανταλλαγή κωδίκων για την αποκατάσταση μιας σύνδεσης (link set-up)
- Αλληλουχία λειτουργιών που αφορούν στη μετάδοση / λήψη δεδομένων, στη διαχείριση διαδικασιών ελέγχου σφαλμάτων, στην εξασφάλιση έγκυρης και σωστής λήψης πληροφοριών

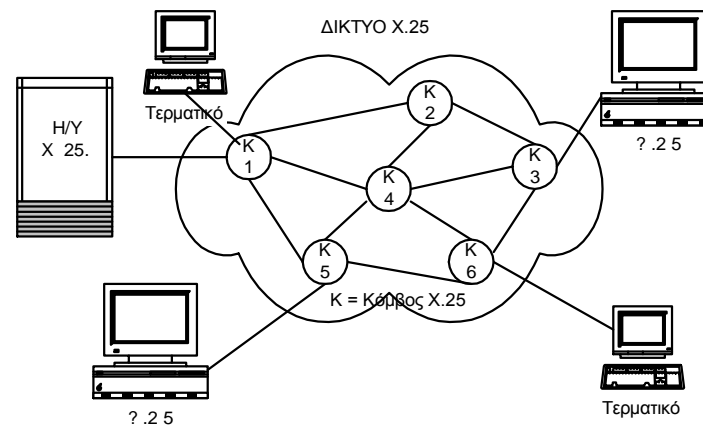
Διαφάνεια 9

Δίκτυα Επικοινωνιών II



## Τυπικό Δίκτυο X.25

- Αποτελείται από κόμβους μεταγωγής πακέτων, συνδεδεμένων ανά δύο point-to-point (Connected Mesh Topology)
- Υπάρχει επομένως ένας τουλάχιστον φυσικός δρόμος επικοινωνίας μεταξύ οποιονδήποτε δύο κόμβων του δικτύου



## Προδιαγραφές X.25



- Η σύσταση X.25 ορίζει τον τρόπο και τις διαδικασίες επικοινωνίας μεταξύ του DTE και του DCE. Η επικοινωνία ορίζεται σε 3 επίπεδα:
  - X.25 επίπεδο 1 (φυσικό επίπεδο)
  - X.25 επίπεδο 2 (επίπεδο διασύνδεσης δεδομένων)
  - X.25 επίπεδο 3 (επίπεδο δικτύου)

Διαφάνεια 11

Δίκτυα Επικοινωνιών Π



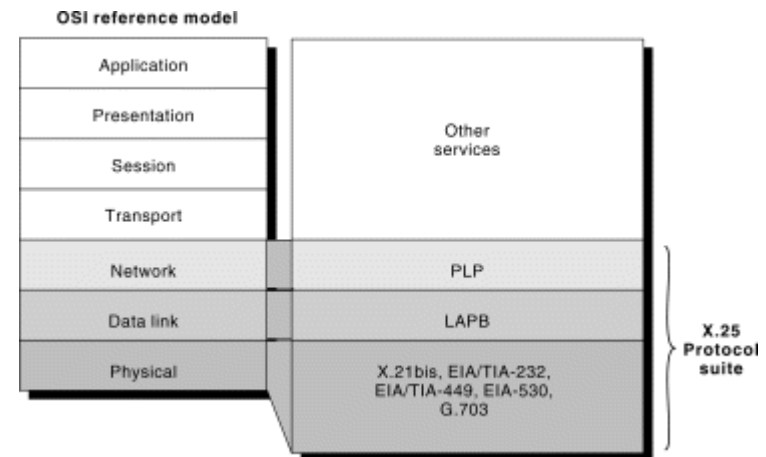
## Επίπεδα X.25 (1/3)

- X.25 Επίπεδο 1 (ή επίπεδο bits)
  - Ορίζει τα μηχανικά, ηλεκτρικά, λειτουργικά και διαδικαστικά χαρακτηριστικά για την ενεργοποίηση της σύνδεσης μεταξύ DTE με DCE, ώστε να μεταφέρονται bit πληροφορίας
- X.25 Επίπεδο 2 (ή επίπεδο πλαισίων)
  - Η πληροφορία ομαδοποιείται σε frames (πλαίσια)
  - Ορίζονται οι διαδικασίες ανταλλαγής πλαισίων και αντιμετώπισης σφαλμάτων μετάδοσης
- X.25 Επίπεδο 3 (ή επίπεδο πακέτων)
  - Τα δεδομένα μαζί με τις πληροφορίες ελέγχου παίρνουν τη μορφή πακέτων και μεταφέρονται με τη βοήθεια των πλαισίων στο δίκτυο



## Επίπεδα X.25 (2/3)

- Packet-Layer Protocol (PLP)
- LAPB
- X.21bis, EIA/TIA-232, EIA/TIA-449, EIA-530, G.703



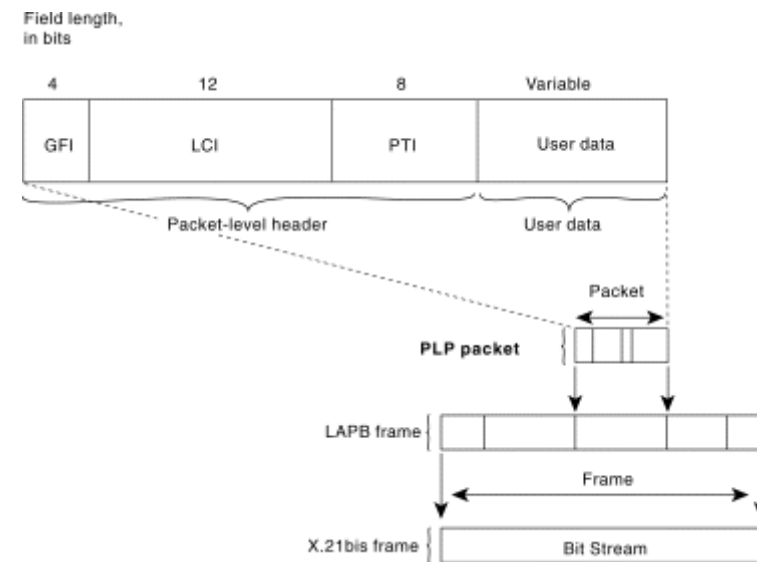
Διαφάνεια 13

Δίκτυα Επικοινωνιών II



## Επίπεδα X.25 (3/3)

- Packet Layer Protocol: Τα δεδομένα του χρήστη χωρίζονται σε πακέτα. Το είδος δεδομένων του χρήστη δεν αφορούν το X.25
- Το επίπεδο 2: Τοποθετεί τα data στο frame μαζί με τις πρόσθετες πληροφορίες ελέγχου και ανίχνευσης σφαλμάτων



Διαφάνεια 14

Δίκτυα Επικοινωνιών II

# Νοητά Κυκλώματα (Virtual Circuits) (1/2)



- Είναι οι συνδέσεις μεταξύ δύο DTE, μέσω ενός δικτύου μεταγωγής πακέτων
- Δεν αναπαριστά μια φυσική σύνδεση, αλλά ένα λογικό μονοπάτι επικοινωνίας
- Ένα DTE επικοινωνεί με περισσότερα από ένα DTE μέσω του δικτύου (τα πακέτα που περιέχουν πληροφορία και διευθύνσεις αποστολέα πολυπλέκονται στο επίπεδο 2)

## Νοητά Κυκλώματα (Virtual Circuits) (2/2)



- Αφού τα πακέτα μεταφερθούν από το DTE στο DCE φθάνουν στο δίκτυο
- Η διαδικασία που ξεκινάει ένα DTE για τη δημιουργία ενός νοητού κυκλώματος είναι γνωστή ως κλήση
- Υπάρχουν 2 τύποι νοητών κυκλωμάτων:
  - PVC – Permanent Virtual Circuit
  - SVC – Switched Virtual Circuit

Διαφάνεια 16

Δίκτυα Επικοινωνιών II





## Είδη Νοητών Κυκλωμάτων (1/2)

### — Permanent Virtual Circuit (PVC)

- Είναι μια μόνιμη νοητή σύνδεση μεταξύ δύο συνδρομητών DTE του δικτύου και δεν απαιτεί κλήσεις από το χρήστη
- Η σύνδεση δημιουργείται από το φορέα του δικτύου και παραμένει μόνιμα στη διάθεση των χρηστών
- Αντιστοιχούν στις μισθωμένες τηλεφωνικές γραμμές (δεν χρειάζονται διαδικασίες αποκατάστασης και διακοπής τηλεφωνικών κλήσεων από το χρήστη)

Διαφάνεια 17

Δίκτυα Επικοινωνιών Π

## Είδη Νοητών Κυκλωμάτων (2/2)



### — Switched Virtual Circuit (SVC)

- Είναι μια προσωρινή νοητή σύνδεση μεταξύ δύο DTE
- Ο καλών DTE δημιουργεί ένα SVC στέλνοντας προς το δίκτυο ένα πακέτο αίτησης κλήσης (call request packet), το οποίο αποδέχεται ο καλούμενος
- Όταν αποκατασταθεί το SVC οποιοδήποτε μέρος μπορεί να διακόψει το κύκλωμα
- Αντιστοιχεί στις επιλεγόμενες κλήσεις του τηλεφωνικού δικτύου

## Η Βασική Ιδέα του Χ.25 (1/2)



- Η τακτική αποστολής δεδομένων σε πολλά μικρά πακέτα έχει μια σειρά από πλεονεκτήματα, σε σχέση με την αποστολή των δεδομένων σε ένα μοναδικό και μεγάλο πακέτο:
  - Πιο αποτελεσματική δρομολόγηση πακέτων, μιας και ένα πακέτο δεν πρόκειται να μονοπωλεί κάποια DTE/DCE σύνδεση για πολύ χρόνο, μπλοκάροντας έτσι την προώθηση άλλων πακέτων.

Διαφάνεια 19

Δίκτυα Επικοινωνιών II

## Η Βασική Ιδέα του X.25 (2/2)



- Αν κάποιο πακέτο ληφθεί λάθος, τότε χρειάζεται να ξανασταλλεί μόνο αυτό το πακέτο και όχι όλα τα προηγούμενα.
- Ασφάλεια Δεδομένων: προκειμένου κάποιος να κλέψει δεδομένα από το δίκτυο θα πρέπει να κλέψει όλα τα επιμέρους πακέτα της πληροφορίας και μάλιστα να μπορέσει να τα διατάξει και στη σωστή σειρά.
- Μεγαλύτερη Αξιοπιστία: η ανταλλαγή πακέτων κατά τη διάρκεια μιας σύνδεσης παρέχει επίσης ένα μηχανισμό επιβεβαίωσης της μέχρι εκείνη τη στιγμή σωστής επικοινωνίας.

Διαφάνεια 20

Δίκτυα Επικοινωνιών II



## Χ.25 Επίπεδο 1

- Το επίπεδο αυτό ορίζει τα φυσικά χαρακτηριστικά της σύνδεσης DTE/DCE
- Συστάσεις για τα:
  - Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά (επιτρεπόμενες ηλεκτρικές τάσεις, ρυθμοί μετάδοσης, κ.λ.π.)
  - Μηχανικά χαρακτηριστικά (χρησιμοποιούμενα καλώδια, connectors, κ.λ.π.)
  - Λειτουργικά και διαδικαστικά χαρακτηριστικά που απαιτούνται για μια φυσική DTE/DCE σύνδεση

## Φυσική Σύνδεση X.21 bis (1/3)



- Σκοπός να εξασφαλίσει τη μετάδοση δεδομένων υπό μορφή bit μεταξύ DTE και DCE
- Η μετάδοση είναι σύγχρονη
- Καλύπτει ταυτόχρονα και τις δύο κατευθύνσεις (full duplex)

Διαφάνεια 22

Δίκτυα Επικοινωνιών II

## Φυσική Σύνδεση X.21 bis (2/3)

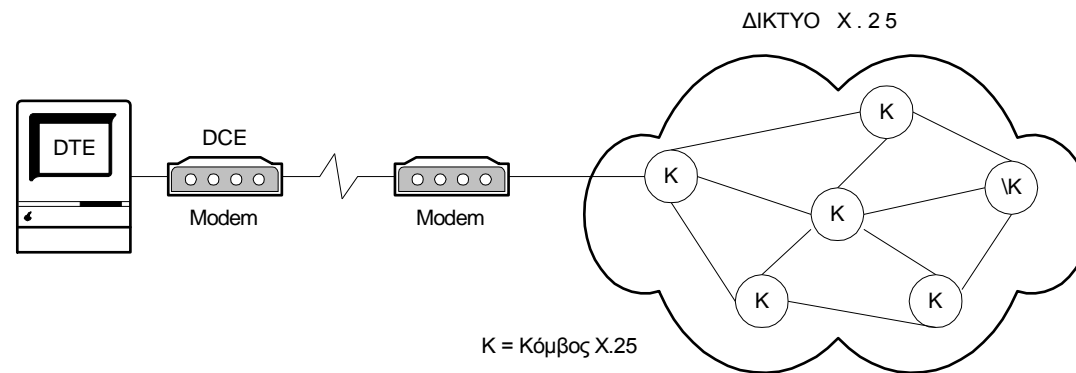


- Είναι επιθυμητό η φυσική σύνδεση να μη εισάγει σφάλματα. Όταν υπάρχουν, το δεύτερο επίπεδο του X.25 είναι υπεύθυνο να επαναμεταδώσει τα πλαίσια στα οποία έχουν εμφανιστεί.
- Η φυσική σύνδεση μεταξύ ενός DTE και του δικτύου γίνεται με μισθωμένη τηλεφωνική γραμμή ή modem
  - Τυποποιήσεις V.24/V.28, V.35

Διαφάνεια 23

Δίκτυα Επικοινωνιών Π

# Φυσική Σύνδεση X.21 bis (3/3)



- Σύνδεση X.21
  - Δεν επιτρέπει σύνδεση μέσω modem
  - Επεκτείνεται με τη λειτουργία του δικτύου HELLASCOM που προσφέρει ψηφιακές συνδέσεις με μεταγωγή κυκλώματος





## Χ.25 Επίπεδο 2 (1/2)

- Σκοπός του επιπέδου αυτού είναι η αξιόπιστη, χωρίς σφάλματα μεταφορά δεδομένων μεταξύ των δύο άκρων ενός λογικού κυκλώματος
- Στέλνονται πλαίσια (frames) και μάλιστα με αξιόπιστο τρόπο – το πρωτόκολλο αναλαμβάνει να εκτελέσει τις απαραίτητες διαδικασίες προκειμένου τα πλαίσια αυτά να φθάνουν τελικά σωστά στον προορισμό τους και με τη σωστή σειρά (π.χ. εντοπίζει σφάλματα αποστολής και ξαναστέλνει τα λανθασμένα)

Διαφάνεια 25

Δίκτυα Επικοινωνιών II

## X.25 Επίπεδο 2 (2/2)



- Δύο είναι τα βασικά χαρακτηριστικά του επιπέδου αυτού:
  - Υπάρχει επιβεβαίωση σωστής λήψης από το δίκτυο
  - Η επικοινωνία DTE/DCE είναι σύγχρονη, point-to-point και Full Duplex (ταυτόχρονης διπλής κατεύθυνσης).
- Η CCITT συνιστά σαν πρωτόκολλο για το Data Link Layer του X.25, το LAPB (Link Access Procedure Balanced)

Διαφάνεια 26

Δίκτυα Επικοινωνιών Π



## Λειτουργίες LAPB (1/2)

- Αποικατάσταση σύνδεσης (link set-up)
  - Φροντίζει ώστε οι δυο πλευρές της σύνδεσης δηλαδή το DTE και το DCE να είναι έτοιμες για την εκπομπή και λήψη πλαισίων
- Μεταφορά δεδομένων
  - Τα πλαίσια δεδομένων μεταφέρουν τις πληροφορίες υπό μορφή πακέτων. Στη φάση αυτή εξασφαλίζεται ότι τα πλαίσια φθάνουν με τη σωστή σειρά στο δέκτη χωρίς σφάλματα
- Τερματισμός σύνδεσης
  - Μετά το τέλος της μεταφοράς ακολουθεί ο λογικός τερματισμός της ζεύξης

Διαφάνεια 27

Δίκτυα Επικοινωνιών II



## Λειτουργίες LAPB (2/2)

- Οι παραπάνω λειτουργίες έχουν νόημα για τις SVC (προσωρινές) συνδέσεις, ενώ για τις PVC (μόνιμες) συνδέσεις έχει έννοια μόνο η λειτουργία (β), μιας και το Νοητό Κύκλωμα είναι αφιερωμένο μόνιμα
- Τα frames διακρίνονται, με βάση τη γενική λειτουργία τους, σε δύο κατηγορίες:
  - Πλαίσια εντολών (Command Frames)
  - Πλαίσια Απαντήσεων (Response Frames)

## Χαρακτηριστικά LAPB



- Είναι απλό και έξυπνο
- Δεν περιορίζει μια λογική σύνδεση σε μόνιμη σχέση master-slave μεταξύ DTE και DCE ή μεταξύ καλούντος DTE και καλούμενου DTE. Οι ρόλοι master-slave μπορούν να αλλάζουν ακόμη και κατά τη διάρκεια της σύνδεσης
- Πλαίσια εντολών στέλνει μόνο ο εκάστοτε master. Ο εκάστοτε slave στέλνει μόνο πλαίσια απαντήσεων.
- Είτε ο καλών DTE, είτε ο καλούμενος DTE μπορεί να διακόψει τη σύνδεση. Σε μερικές περιπτώσεις, αυτό μπορεί να γίνει και από τον τοπικό ή τον απομακρυσμένο DCE.

## Κατηγορίες Πλαισίων

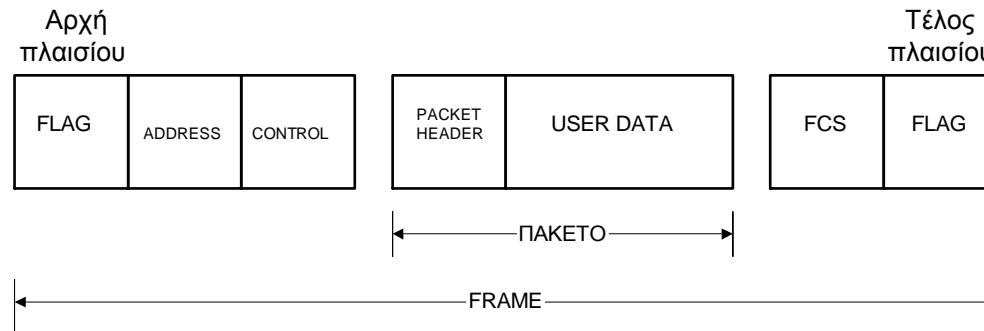


- Με βάση την ειδική λειτουργία τους, τα πλαίσια χωρίζονται στις εξής κατηγορίες:
- **U-frames (Unnumbered Frames)**
  - Αποικατάσταση / τερματισμός μιας λογικής σύνδεσης SVC.
- **I-frames (Information Frames)**
  - Μεταφορά πληροφορίας που περιέχει Data Packets
- **S-frames (Supervisory Frames)**
  - Έλεγχος της ροής των πλαισίων, επιβεβαίωση της ορθής λήψης άλλων πλαισίων, απόρριψη εσφαλμένων ή μη δεκτών frames, κ.α.

Διαφάνεια 30

Δίκτυα Επικοινωνιών Π

# Δομή ενός X.25 Πλαισίου (1/3)



- **Flag:** Ένα byte (01111110) με το οποίο αρχίζει και τελειώνει ένα πλαίσιο
  - Η ακολουθία δεν επιτρέπεται να υπάρξει στα δεδομένα, και για την αποφυγή χρησιμοποιείται η τεχνική **bit stuffing** (παρεμβολή 0 μετά από 5 συνεχόμενα 1)

## Δομή ενός X.25 Πλαισίου (2/3)



### — Address

- Χρησιμοποιείται για να διακρίνει εντολές και απαντήσεις σε αντίθετες κατευθύνσεις. Έχει δύο μόνο τιμές:
  - A (για εντολή του DCE και απάντηση του DTE)
  - B (για εντολή του DTE και απάντηση του DCE)

### — Control

- Προσδιορίζει τον τύπο του πλαισίου, παρέχοντας παράλληλα και πληροφορία επιβεβαίωσης ορθής λήψης προηγούμενων πλαισίων





## Δομή ενός X.25 Πλαισίου (3/3)

- Πληροφορίας
  - Εμφανίζεται μόνο στα I-πλαίσια και η σημασία του απασχολεί το επίπεδο 3
- FCS (Frame Check Sequence)
  - Έχει μήκος 2 bytes και αποσκοπεί στον εντοπισμό σφαλμάτων που προκλήθηκαν στα bits του πλαισίου κατά τη μεταφορά του στο δίκτυο. Το FCS είναι το υπόλοιπο μιας διαίρεσης modulo-2 πολυωνύμων (το πολυώνυμο που αντιστοιχεί στο frame με το πολυώνυμο  $x^{16}+x^{12}+x^5+1$ ).

## Σημαντικότερα Πλαίσια Επιπέδου 2 (1/2)



### — Receive Ready (RR)

- Επιβεβαιώνει τη σωστή λήψη των I-πλαισίων που έχουν απαριθμητή εκπομπής έως  $Nr-1$
- Δηλώνει την ετοιμότητα του δέκτη για λήψη πλαισίων πληροφορίας

### — Receive Not Ready (RNR)

- Δηλώνει την προσωρινή αδυναμία λήψης άλλων I-πλαισίων
- Επιβεβαιώνει τα έως τώρα ληφθέντα I-πλαίσια με το μετρητή  $Nr$

Διαφάνεια 34

Δίκτυα Επικοινωνιών Π

## Σημαντικότερα Πλαίσια Επιπέδου 2 (2/2)



- **Disconnect**
  - Έχει σκοπό τον τερματισμό της λογικής σύνδεσης
- **Set Asynchronous Balanced Mode (SABM)**
  - Θέτει το απέναντι DTE σε κατάσταση ετοιμότητας για την αποστολή ή λήψη I-πλαισίων
- **Unnumbered Acknowledgement (UA)**
  - Χρησιμοποιείται για να επιβεβαιώσει τη λήψη ενός U-πλαισίου από τον παραλήπτη του

## Χ.25 Επίπεδο 3



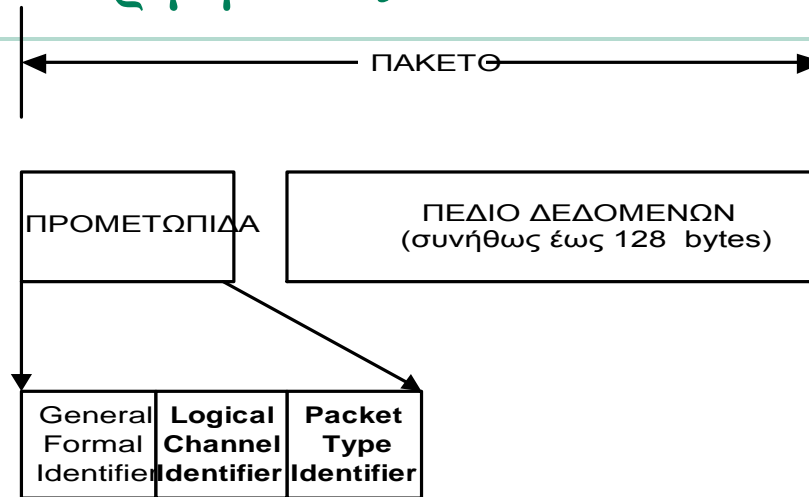
- Packet-Layer Protocol: Το πρωτόκολλο αυτό περιγράφει την ανταλλαγή πακέτων μεταξύ DTE και DCE. Οι βασικές λειτουργίες που ορίζονται είναι οι εξής:
  - Δημιουργία πακέτων ελέγχου και μεταφοράς δεδομένων
  - Διαδικασίες ανταλλαγής των πακέτων αυτών μεταξύ DTE/DCE
  - Δημιουργία και εποπτεία Νοητών Κυκλωμάτων

Διαφάνεια 36

Δίκτυα Επικοινωνιών II



## Γενική Μορφή ενός Πακέτου X.25



- GFI (General Format Identifier): περιέχει τα Q και D bit και προσδιορίζει τον τύπο αρίθμησης (modulo 8 ή 128)
- LCI (Logical Channel Identifier): ο αριθμός του λογικού καναλιού
- PTI (Packet Type Identifier): προσδιορίζει τον τύπο του πακέτου



## Ομάδες Πακέτων

- Πακέτα έναρξης και τερματισμού κλήσεις (call setup and clearing)
- Πακέτα πληροφορίας (data)
- Πακέτα διακοπής (interrupt)
- Πακέτα ελέγχου ροής (flow control and reset)
- Πακέτα restart
- Διαγνωστικά πακέτα (diagnostic)
- Πακέτα εγγραφής (registration)

## X.25 PAD



- Απλά ασύγχρονα τερματικά δεν μπορούν να συνδεθούν σε δίκτυο X.25 (γιατί τα data μεταφέρονται σε μορφή πακέτων)
- Η σύνδεσή τους γίνεται μόνο με ειδικές συσκευές που ονομάζονται PAD (Packet Assembler Disassembler)

Διαφάνεια 39

Δίκτυα Επικοινωνιών Π