



Μάθημα 15.2: Πρότυπο μεταγωγής πλαισίου

15.2.1 Εισαγωγή

Το πρότυπο **μεταγωγής πλαισίου** (*FR: Frame Relay*) αφορά τα ΔΕΠ υψηλής απόδοσης και λειτουργεί στα δύο πρώτα επίπεδα (φυσικό επίπεδο και επίπεδο γραμμής δεδομένων) του μοντέλου αναφοράς *OSI*. Το πρότυπο *FR* βασίζεται στην τεχνική της μεταγωγής μονάδων δεδομένων μεταβλητού μήκους, οι οποίες λέγονται **πλαίσια**. Η τεχνική αυτή έγινε γνωστή το 1988, στο πλαίσιο της ανάπτυξης των δικτύων *ISDN*, ως μια νέα μορφή υπηρεσίας φορέα (*bearer service*) για μεταγωγή πακέτων. Από το 1988 έως σήμερα έχει σημειωθεί σημαντική πρόοδος στην τεχνική αυτή και έχουν γίνει πολύ σημαντικές προσπάθειες τυποποίησής της τόσο από την *ITU-T* και το *ANSI* όσο και από ιδιωτικές εταιρείες.

Οι ρυθμοί μετάδοσης που επιτυγχάνονται από το πρότυπο *FR* είναι πολλαπλάσιοι των 64 Kbps ($k \times 64 \text{ Kbps}$, με $k = 1, 2, \dots, 32$) και επομένως φθάνουν τα 2,048 Mbps. Ορισμένοι κατασκευαστές κάνουν προσπάθεια να επεκτείνουν τις ταχύτητες στα 45 Mbps, ενώ σε εργαστήρια έχουν επιτευχθεί ρυθμοί της τάξης των 100 Mbps. Ουσιαστικά το *FR* είναι ένα ακόμη στάδιο εξέλιξης του προτύπου *X.25* και παρέχει υπηρεσίες οι οποίες στοχεύουν στη βελτίωση της επικοινωνιακής απόδοσης (μείωση των καθυστερήσεων), στη δυνατότητα καλύτερης χρήσης του εύρους ζώνης, καθώς και στη μείωση του κόστους των επικοινωνιακών διατάξεων. Το πρότυπο μεταγωγής πλαισίου μπορεί να υλοποιηθεί σε ιδιωτικά ή σε δημόσια δίκτυα.

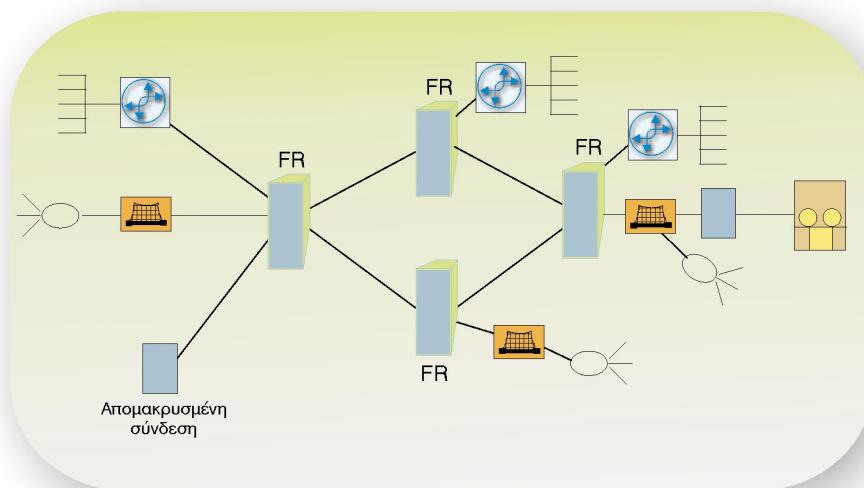


Το πρότυπο μεταγωγής πλαισίου αποτελεί εξέλιξη του προτύπου *X.25*.

15.2.2 Συσσκευές μεταγωγής πλαισίου

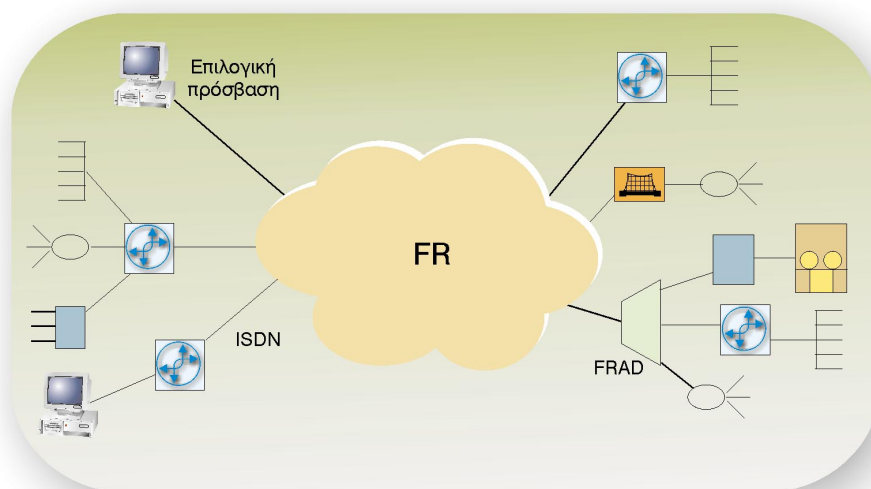
Οι συσκευές που χρησιμοποιούνται σε ένα δίκτυο *FR* διακρίνονται σε δύο γενικές κατηγορίες, αντίστοιχες με αυτές του *X.25*, δηλαδή στην τερματική διάταξη δεδομένων (*DTE*) και στην τερματική διάταξη κυκλώματος δεδομένων (*DCE*). Η *DTE* μπορεί να θεωρηθεί ως η τερματική διάταξη του χρήστη, όπως είναι για παράδειγμα ένας ηλεκτρονικός υπολογιστής, ενώ η *DCE*, που συνήθως αναφέρεται και ως διαποδιαμορφωτής (*modem*), αποτελεί δικτυακό εξοπλισμό των τηλεπικοινωνιακών κυρίως οργανισμών. Σκοπός της *DCE* είναι να παρέχει υπηρεσίες μεταγωγής στο δίκτυο και να μεταφέρει δεδομένα μέσω του δικτύου.

Στο σχήμα 15.3α απεικονίζεται ένα ιδιωτικό δίκτυο που συνδέει τέσσερα τοπικά δίκτυα δημιουργώντας –μέσω των απαιτούμενων συσκευών μεταγωγής– έναν κορμό δικτύου *FR*. Ειδικού τύπου **συσσκευές πρόσβασης μεταγωγής πλαισίου** (*FRAD: Frame Relay Access Device*) μπορούν να διαχειριστούν πολλά πρωτόκολλα και αρκετές δικτυακές συσκευές (δρομολογητές, γέφυρες κτλ.), συνδέοντας με αυτό τον τρόπο



Σχήμα 15.3α: Ιδιωτικό δίκτυο μεταγωγής πλαισίου

διαφορετικά τοπικά δίκτυα όπως το *Ethernet* και ο δακτύλιος με κουπόνι διέλευσης. Άλλες συσκευές μπορούν να χρησιμοποιηθούν επίσης για τη σύνδεση σε ένα δημόσιο δίκτυο *FR* (σχήμα 15.3β).



Σχήμα 15.3β: Δημόσιο δίκτυο μεταγωγής πλαισίου

15.2.3 Νοητά κυκλώματα μεταγωγής πλαισίου

Το πρότυπο *FR* παρέχει επικοινωνία προσανατολισμένη στη σύνδεση στο επίπεδο γραμμής δεδομένων. Αυτή η επικοινωνία επιτυγχάνεται με τη χρήση **νοητών κυκλωμάτων μεταγωγής πλαισίου**, τα οποία υλοποιούνται από μια νοητή σύνδεση ανάμεσα σε δύο *DTE* μέσα σε ένα δίκτυο *FR*.



Τα νοητά κυκλώματα παρέχουν επικοινωνία διπλής κατεύθυνσης ανάμεσα σε συσκευές *DTE* και χαρακτηρίζονται από μια **ταυτότητα σύνδεσης γραμμής δεδομένων** (*DLCI: Data Link Connection Identifier*). Ένας αριθμός από νοητά κυκλώματα έχει τη δυνατότητα, μέσω των τεχνικών της πολυπλεξίας, να συνδυαστεί με ένα φυσικό κύκλωμα για τη μετάδοση στο δίκτυο. Αυτή η δυνατότητα μειώνει συνήθως τον εξοπλισμό και την πολυπλοκότητα του δικτύου, η οποία αποτελεί συνέπεια της σύνδεσης σ' αυτό πολλών συσκευών *DTE*.

Σε ένα δίκτυο *FR* ένα νοητό κύκλωμα μπορεί να περνά μέσα από ενδιάμεσους κόμβους. Τα νοητά κυκλώματα του δικτύου *FR* μπορούν να διακριθούν σε δύο κατηγορίες, στα μόνιμα νοητά κυκλώματα και στα επιλογικά νοητά κυκλώματα.

15.2.4 Δομή πλαισίου μεταγωγής

Στο σχήμα 15.4 απεικονίζεται η δομή ενός πλαισίου μεταγωγής.

Μήκος πεδίου σε χαρακτήρες

Σημαία	Διεύθυνση	Δεδομένα	Έλεγχος ακολουθίας πλαισίου (FCS)	Σημαία
--------	-----------	----------	-----------------------------------	--------

Σχήμα 15.4: Δομή πλαισίου μεταγωγής

Όπως μπορεί να διακρίνει κανείς, ένα πλαίσιο μεταγωγής αποτελείται από τα παρακάτω πεδία:

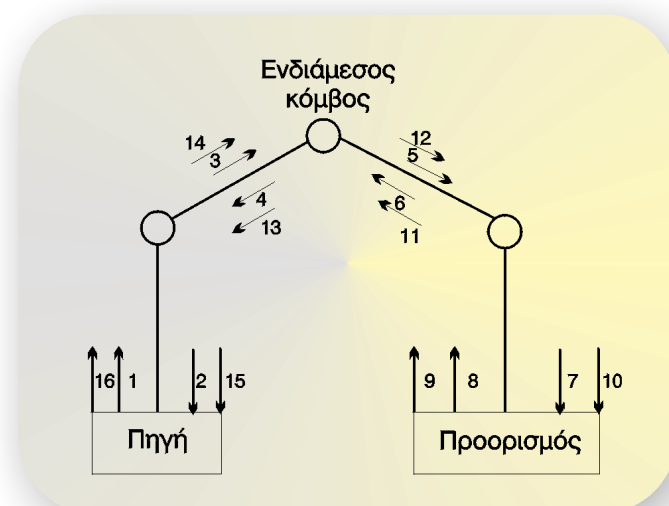
- ✓ Το πεδίο **σημαία** (*flag*), το οποίο χρησιμοποιείται για την οριοθέτηση της αρχής και του τέλους ενός πλαισίου. Η τιμή του πεδίου αυτού είναι πάντα η ίδια και αντιστοιχεί στο δεκαεξαδικό αριθμό 7E ή στο δυαδικό αριθμό 01111110.
- ✓ Το πεδίο **διεύθυνση** (*address*), στο οποίο περιλαμβάνονται πληροφορίες για το νοητό κύκλωμα που συνδέει την *DTE* και τον εξοπλισμό του δικτύου. Η δομή αυτού του πεδίου είναι αρκετά πολύπλοκη, η ανάλυσή της όμως ξεπερνά τους σκοπούς αυτού του βιβλίου.
- ✓ Το πεδίο **δεδομένα** (*data*), το οποίο εξυπηρετεί τη μεταφορά των πακέτων. Κάθε πλαίσιο σ' αυτό το πεδίο είναι μεταβλητού μεγέθους, με μήκος που δεν μπορεί να υπερβαίνει τους 16.000 χαρακτήρες, και περιλαμβάνει δεδομένα χρήστη.
- ✓ Το πεδίο **έλεγχος ακολουθίας πλαισίου** (*FCS: Frame Check Sequence*), το οποίο χρησιμοποιείται στον έλεγχο λαθών κατά τη μετάδοση των δεδομένων. Η τιμή του πεδίου αυτού υπολογίζεται από τη συσκευή μετάδοσης και επιβεβαιώνεται από τον παραλήπτη προκειμένου να εξασφαλιστεί η ακεραιότητα των δεδομένων.



15.2.5 Σύγκριση των προτύπων X.25 και FR

Η τεχνική της μεταγωγής πλαισίου παρουσιάστηκε ως μια βελτιωμένη πρόταση της κλασικής τεχνικής μεταγωγής πακέτου, η οποία περιγράφεται από το πρότυπο X.25. Προέκυψε από την απαίτηση που υπήρχε να καλυφθούν οι αυξημένες ανάγκες δικτύωσης και διασύνδεσης των τοπικών δικτύων χωρίς καθυστερήσεις και με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη αξιοπιστία στη μετάδοση, δηλαδή με την εξασφάλιση καλύτερης ποιότητας υπηρεσιών.

Ένα από τα χαρακτηριστικά του προτύπου X.25 είναι η δημιουργία μεγάλων επιβαρύνσεων στην απόδοση του δικτύου, όπως φαίνεται και στο σχήμα 15.5.



Σχήμα 15.5: Επιβαρύνσεις στο πρότυπο X.25

Το σχήμα αυτό, το οποίο απεικονίζει το επίπεδο γραμμής δεδομένων, δείχνει τη ροή των πλαισίων που απαιτούνται για τη μετάδοση ενός πακέτου δεδομένων από την πηγή στον προορισμό του, καθώς και την επιστροφή ενός πλαισίου αναγνώρισης. Σύμφωνα με το επίπεδο γραμμής δεδομένων, κάθε βήμα (*hop*) μέσα στο δίκτυο απαιτεί την ανταλλαγή ενός πλαισίου δεδομένων και ενός πλαισίου αναγνώρισης. Επιπλέον σε κάθε ενδιάμεσο κόμβο πρέπει να διατηρούνται πίνακες κατάστασης για κάθε νοητό κύκλωμα, ώστε να διευκολύνονται οι έλεγχοι ροής της κυκλοφορίας και των λαθών, σύμφωνα με το πρότυπο X.25.

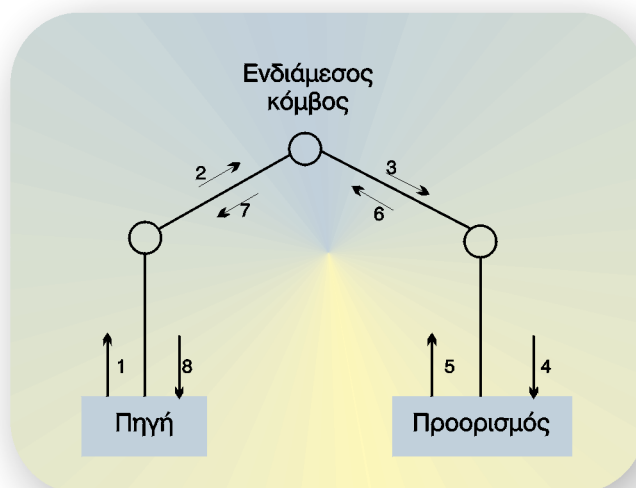
Σε όλα τα προβλήματα που παρουσίαζε η κλασική τεχνική της μεταγωγής πακέτου ήρθε να δώσει λύση η τεχνική της μεταγωγής πλαισίου. Βασικό χαρακτηριστικό της είναι ο συνδυασμός της φιλοσοφίας της μεταγωγής με την ουσιαστική μείωση των επιβαρύνσεων που παρατηρούνται στο πρότυπο X.25. Οι κύριες διαφορές των δύο τεχνικών είναι οι εξής:

- ✓ Στο πρότυπο FR η σηματοδότηση ελέγχου μεταφέρεται από ξεχωριστό νοητό



κανάλι που δεν εμπλέκεται με το κανάλι μετάδοσης δεδομένων. Αποτέλεσμα αυτού του διαχωρισμού είναι ότι δεν είναι αναγκαίο να χρησιμοποιούν οι ενδιάμεσοι κόμβοι, για κάθε ανεξάρτητη σύνδεση, τις διαδικασίες ελέγχου κλήσεων, όπως είναι οι πίνακες κατάστασης καναλιού και τα μηνύματα προόδου.

- ✓ Στο *FR* η πολυπλεξία και η μεταγωγή πακέτων γίνονται στο επίπεδο 2 (γραμμής δεδομένων) και όχι στο επίπεδο 3 (δικτύου), όπως γίνεται στο πρότυπο X.25, με αποτέλεσμα την κατάργηση ενός ολόκληρου επιπέδου επεξεργασίας.
- ✓ Στο *FR* που η μετάδοση γίνεται από κόμβο σε κόμβο — λέγεται και βήμα προς βήμα (*hop-by-hop*) μετάδοση — δεν απαιτούνται έλεγχοι ροής και λαθών σε κάθε κόμβο. Αν χρειαστούν τέτοιοι έλεγχοι, τότε αυτό είναι υποχρέωση κάποιου άλλου υψηλότερου επιπέδου.



Σχήμα 15.6: Η λειτουργία της μεταγωγής πλαισίου

Η λειτουργία της μεταγωγής πλαισίου φαίνεται στο σχήμα 15.6. Η πηγή στέλνει στον προορισμό ένα μόνο πλαίσιο δεδομένων και λαμβάνει ένα πλαίσιο αναγνώρισης, που δημιουργείται σε ένα υψηλότερο επίπεδο. Επομένως στη μεταγωγή πλαισίου δεν υπάρχει η δυνατότητα να γίνει ο έλεγχος της ροής στο επίπεδο 2, όπως στο πρότυπο X.25, μπορεί όμως να γίνει σε κάποιο άλλο υψηλότερο επίπεδο. Επίσης, όπως προαναφέρθηκε, στη μεταγωγή πλαισίου δεν μπορεί να διενεργηθεί ο έλεγχος των λαθών σε κάθε βήμα (*hop*), αντίθετα από ό,τι συμβαίνει στο πρότυπο X.25. Σήμερα τα μειονεκτήματα αυτά της μεταγωγής πλαισίου δε θεωρούνται τόσο σημαντικά, αφού αντισταθμίζονται από τις συνεχώς βελτιούμενες γραμμές μετάδοσης και τεχνικές μεταγωγής.

Η τεχνική της μεταγωγής πλαισίου έχει ορισμένα πολύ αξιολογήσιμα πλεονεκτήματα. Πιο συγκεκριμένα, μειώνει σημαντικά τις επιβαρύνσεις που παρατηρούνται στο πρότυπο X.25, υποστηρίζει ρυθμούς μετάδοσης έως 2 Mbps, παρέχει εύρος ζώνης κατόπιν αιτήματος (*on demand*), καθώς και πολλές συνόδους δεδομένων επάνω στην ίδια



γραμμή πρόσβασης. Όπως είναι ήδη φανερό, η μεταγωγή πλαισίου αντικαθιστά το πρότυπο X.25.

Τα πλεονεκτήματα του προτύπου μεταγωγής πλαισίου σε σχέση με το πρότυπο X.25 και τα μισθωμένα κυκλώματα σημειώνονται στον πίνακα 15.1 που ακολουθεί.

Παροχές	Μισθωμένα κυκλώματα	X.25	FR
Υψηλοί ρυθμοί μετάδοσης	Ναι	Όχι	Ναι
Διάθεση εύρους ζώνης κατόπιν αιτήματος	Όχι	Ναι	Ναι
Συνδέσεις πολλών σημείων	Ναι	Ναι	Ναι
Ευελιξία στη δικτυακή υλοποίηση	Όχι	Ναι	Ναι
Ευελιξία στο κόστος υλοποίησης	Όχι	Ναι	Ναι

Πίνακας 15.1: Σύγκριση προτύπων μεταγωγής πλαισίου, X.25 και μισθωμένων κυκλωμάτων

Συνοψίζοντας, τα θετικά στοιχεία του προτύπου μεταγωγής πλαισίου, τα οποία το διακρίνουν από το πρότυπο X.25, είναι:

- ✓ Δυνατότητα διαμοιρασμού θύρας και γραμμής χρησιμοποιώντας την τεχνική της πολυπλεξίας πλαισίων.
- ✓ Υψηλοί ρυθμοί μετάδοσης.
- ✓ Υψηλή απόδοση.
- ✓ Μικρές καθυστερήσεις.
- ✓ Διάθεση εύρους ζώνης κατόπιν αιτήματος.
- ✓ Συνδέσεις με πολλά σημεία.
- ✓ Ευελιξία στο κόστος υλοποίησης.
- ✓ Ευκολία μετατροπής των υπάρχοντων δικτύων σε δίκτυα μεταγωγής πλαισίου.
- ✓ Εύκολη επέκταση του δικτύου.
- ✓ Εύκολη διαχείριση του δικτύου.
- ✓ Συμβατότητα με πολλά πρότυπα.
- ✓ Ιδιαίτερα καλή απόδοση σε μια σειρά εφαρμογών.
- ✓ Ιδιαίτερα καλή απόδοση σε συνδυασμό με τα δίκτυα ISDN.

Λέξεις που πρέπει να θυμάται

Μεταγωγή πλαισίου, συσκευές πρόσβασης μεταγωγής πλαισίου (FRAD), νοητά κυκλώματα μεταγωγής πλαισίου, ταυτότητα σύνδεσης γραμμής δεδομένων, πεδίο σημαία, πεδίο διεύθυνση, πεδίο δεδομένα, πεδίο έλεγχος ακολουθίας πλαισίου.

