



‘...—Ν.Ν, ”ζοκό ‘ εξμοκοψις μ οωαώλοψι μ
‘ λόλα « . / . ”θστγλήτυ μ
□λήδα Χαηγλήτυ μ λ’ /”

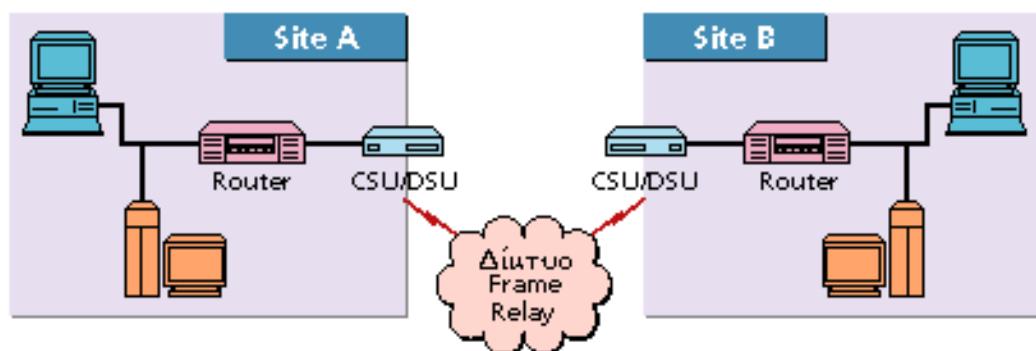
Χετήβασγ απϋ το Ή25 στγμ τεσμιξό **FRAME RELAY**

“— ‘ ’ ΗΝ « □—ΟΝ”.Ν”

τυ μ σποθδαστϋ μ

□’ ΟΟ□’ Υ□—«
‘ « Υ□ΧΝ’Η□’

Α‘ ...—Ν «
Ο□Ο—Ο.□’



□ισγψτόρ : Ή η Ν”.Υ□—□’ Υ□”

— □...Ν.Ν” - .οϊ μιօρ 1998

Αντί προλόγου

Η ραγδαία αύξηση των απαιτήσεων για μεταφορά δεδομένων, μεταξύ απομακρυσμένων συστημάτων ηλεκτρονικών υπολογιστών, που παρατηρείται την τελευταία δεκαετία, οδήγησε στην ανάγκη για τη δημιουργία μιας νέας τεχνικής ταχείας μετάδοσης δεδομένων. Την ανάγκη αυτή ήρθε να καλύψει το Frame Relay, το οποίο αν και άρχισε να σχεδιάζεται για να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με το ISDN ωστόσο αποδείχτηκε αρκετά καλή λύση για να αντικαταστήσει το πεπαλαιωμένο και "αργό", για τις νέες απαιτήσεις μεταφοράς δεδομένων, X.25. Ευνοϊκή, για την ανάπτυξη της νέας τεχνικής, αποδείχτηκε η εξέλιξη της τεχνολογίας στους τομείς τόσο των ηλεκτρονικών υπολογιστών όσο και των μέσων μετάδοσης.

Η τεχνική Frame Relay δημιούργησε νέα δεδομένα στο χώρο των επικοινωνιών τείνοντας να αντικαταστήσει πλήρως το X.25 και να γίνει το νέο standard. Φυσική λοιπόν φαντάζει η ανάγκη γνωριμίας της νέας τεχνικής, συνειδητοποίησης των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων της και κατανόησης των απαιτήσεών της, αλλά και της συμβατότητάς της με τις χρησιμοποιούμενες τεχνικές και την υπάρχουσα υποδομή. Εάν μαζί με τα προαναφερθέντα συνεκτιμήσουμε και το γεγονός της περιορισμένης ελληνικής βιβλιογραφίας επάνω σε τέτοιου είδους θέματα, γίνεται προφανής η αξία ενός εγχειριδίου όπως αυτό που κρατάτε στα χέρια σας. Μ' αυτές τις σκέψεις κινηθήκαμε προς τη δημιουργία του και ελπίζουμε το αποτέλεσμα να σας ικανοποιήσει όσο ικανοποιεί και εμάς.

Οι συγγραφείς

Ντισπυράκης Γεώργιος

Κουγγουλέρης Τηλέμαχος

Μετάβαση από το X.25 στην τεχνική Frame Relay

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1) ΕΙΣΑΓΩΓΗ	9
1.1) Δίκτυα μεταγωγής πακέτων	9
1.2) Εισαγωγή στο Frame Relay	11
1.2.1) Ιστορία του Frame Relay	11
1.2.2) Συνοπτική παρουσίαση του Frame Relay	11
2) ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ FRAME RELAY	15
2.1) Επίπεδα OSI	15
2.2) Πρώτο επίπεδο (φυσική σύνδεση)	16
2.2.1) Γενικά	16
2.2.2) Φυσική σύνδεση X.21 bis	17
2.2.3) Φυσική σύνδεση X.21	18
2.2.4) Διασυνδέσεις της σειράς G	18
2.2.5) Διασυνδέσεις της σειράς I	19
2.3) Δεύτερο επίπεδο (Επίπεδο σύνδεσης ή Data Link Layer)	19
2.3.1) Γενικά	19
2.3.2) Μορφή του πλαισίου	20
α) Ακολουθία Flag (Flag sequence)	20
β) Πεδίο Διεύθυνσης (Address field)	21
γ) Πεδίο Πληροφορίας (Information field)	22
δ) Πεδίο ακολουθίας ελέγχου πλαισίου (FCS field)	22
2.3.3) Διεύθυνσιοδότηση	23
α) Γενικά	23
β) Μορφή του πεδίου διεύθυνσης	23
γ) Στοιχεία του πεδίου διεύθυνσης	23
2.3.4) Εξέταση της μετάδοσης	27
α) Σειρά μετάδοσης των bit	27
β) Σειρά των bit στα πεδία του πλαισίου	28
γ) Διαφάνεια	28
δ) Εκπομπή μεταξύ των πλαισίων	29
ε) Ακυρο πλαίσιο	29
στ) Απόρριψη πλαισίου	30

2.4) Παράμετροι και ποιότητα εξυπηρέτησης	30
2.4.1) Σκοπός	30
2.4.2) Παράμετροι εξυπηρέτησης	30
a) Access Rate (AR)	30
β) Committed Burst Size (Bc)	30
γ) Excess Burst Size (Be)	31
δ) Committed Information Rate (CIR)	31
ε) Committed Rate Measurement Interval (Tc)	31
στ) Μέγιστο μήκος του πεδίου πληροφορίας του Frame Relay (N203)	32
2.4.3) Ποιότητα εξυπηρέτησης	32
2.5) Ελεγχος συμφόρησης (Congestion Control)	33
2.5.1) Γενικά	33
2.5.2) Επίδραση της συμφόρησης	34
2.5.3) Επισήμανση συμφόρησης	36
α) Forward Explicit Congestion Notification (FECN)	36
β) Backward Explicit Congestion Notification (BECN)	36
2.5.4) Μέθοδος ανίχνευσης της συμφόρησης από το DTE και ενέργειές του	37
- Υπονοούμενη ανίχνευση συμφόρησης	37
- Σαφής ανίχνευση συμφόρησης	38
3) ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΩΝ PVC	39
3.1) Γενικά	39
3.2) Καθορισμός μηνύματος	39
α) Μήνυμα "Ενδιερώτησης Στάτου" (STATUS ENQUIRY)	40
β) Μήνυμα "Στάτου" (STATUS)	40
3.3) Στοιχεία ειδικών πληροφοριών των μηνύματος	41
α) Message type (τύπος των μηνύματος)	41
β) Report type (τύπος αναφοράς)	41
γ) Link integrity verification (επιβεβαίωση της ακεραιότητας της σύνδεσης)	42
δ) PVC Status (κατάσταση των PVC)	42
3.4) Περιγραφή των διαδικασιών	45

3.4.1) Περιοδική σταθμοσκόπηση (Periodic polling)	45
- Γενικά	45
- Επιβεβαίωση της ακεραιότητας της σύνδεσης (Link integrity verification)	46
- Επισήμανση της παρουσίας ή απουσίας ενός PVC	48
- Επισήμανση για ένα καινούργιο PVC	48
- Επισήμανση της κατάστασης δραστηριότητας των PVC	49
- Παρακολούθηση λαθών	51
a) Ενέργειες του DCE	51
b) Ενέργειες του DTE	53
3.4.2) Ασύγχρονο μήνυμα κατάστασης ενός PVC (Asynchronous PVC STATUS)	55
3.5) Προαιρετικές αμφίδρομες διαδικασίες του δικτύου	56
- Περιοδική σταθμοσκόπηση	57
- Επιβεβαίωση της ακεραιότητας της σύνδεσης	57
- Παρακολούθηση λαθών	57
- Επισήμανση ενός καινούργιου PVC	58
3.6) Προαιρετικές επεκτάσεις (Επεκτάσεις LMI)	58
3.6.1) Γενικά	58
3.6.2) Πολυδιανομή	59
3.7) Παράμετροι συστήματος	60
4) FRAME RELAY PAD (FRAD)	61
4.1) Γενικά	61
4.2) Προδιαγραφές της ITU για τα FRAD	62
4.3) Σύνδεση τερματικού με FRAD	63
4.3.1) Φυσική σύνδεση τερματικού-FRAD	64
4.3.2) Δημιουργία νοητού κυκλώματος SVC	64
4.3.3) Μεταφορά δεδομένων	65
4.3.4) Διακοπή και τερματισμός της κλήσης	65
5) ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ ΔΙΚΤΥΩΝ FRAME RELAY ΜΕΤΑΞΥ ΤΟΥΣ	67
5.1) Σχήμα αναφοράς	67
5.2) Φυσικό Επίπεδο (Physical Layer)	67

5.3) Παράμετροι και ποιότητα εξυπηρέτησης	68
5.3.1) Παράμετροι εξυπηρέτησης	68
5.3.2) Ποιότητα εξυπηρέτησης	69
5.4) Δεύτερο επίπεδο (Επίπεδο σύνδεσης ή Data Link Layer)	69
5.5) Διαδικασίες διαχείρισης των PVC	70
5.5.1) Γενικά	70
5.5.2) Περιγραφή των διαδικασιών	70
- Παρακολούθηση λαθών	72
5.5.3) Αμφίδρομες όψεις λειτουργίας	72
5.5.4) Ασύγχρονο μήνυμα κατάστασης ενός PVC	74
5.6) Ελεγχος συμφόρησης	75
- Πιθανό σενάριο συμφόρησης του δικτύου	76
6) ΕΝΘΥΛΑΚΩΣΗ ΣΕ ΠΛΑΙΣΙΑ X.25, ΠΑΚΕΤΩΝ ΤΟΥ FRAME RELAY	79
6.1) Γενικοί κανόνες	79
6.1.1) Αντιστοιχία ζεύξεων	79
6.1.2) Βαθμός διεκπεραιωτικής ικανότητας της νοητής κλήσης του X.25	79
6.2) Διαδικασίες για τα μόνιμα νοητά κυκλώματα του Frame Relay	80
6.2.1) Διαδικασίες αποκατάστασης κλήσης (Call set-up)	80
α) Συνθήκες αποκατάστασης κλήσης	80
β) Κωδικοποίηση του πακέτου κλήσης	80
γ) Λήψη ενός εισερχόμενου πακέτου κλήσης	82
δ) Κωδικοποίηση του πακέτου αποδοχής κλήσης	83
ε) Λήψη του πακέτου σύνδεσης της κλήσης	83
στ) Συνεννόηση κατά την αποκατάσταση κλήσης	83
ζ) Σύγκρουση κλήσεων	83
6.2.2) Διαδικασίες τερματισμού κλήσης	84
6.2.3) Υποστήριξη διαδικασιών διαχείρισης	85
α) Υποστήριξη διαδικασιών διαχείρισης για συμπεριφορά σαν ένα X.36 DCE	85
β) Υποστήριξη διαδικασιών διαχείρισης για συμπεριφορά σαν ένα X.36 DTE	86
γ) Υποστήριξη αμφίδρομων διαδικασιών διαχείρισης	86

6.3) Διαδικασία μεταφοράς πλαισίων του Frame Relay	88
6.3.1) Λήψη πλαισίων Frame Relay από τη διασύνδεση Frame Relay	88
6.3.2) Μορφή ενθυλάκωσης	88
6.3.3) Μεταφορά των πλαισίων του Frame Relay μέσω της νοητής κλήσης X.25	89
6.3.4) Ελεγχος ροής	89
a) Ελεγχος ροής από τη νοητή κλήση X.25	90
β) Εεγχος ροής από την πλευρά της διασύνδεσης Frame Relay	90
6.3.5) Επισήμανση συμφόρησης	91
7) ΣΥΓΚΡΙΣΗ FRAME RELAY - X.25	93
7.1) Γενικά	93
7.2) Αναλυτική σύγκριση	94
7.2.1) Φυσικό ή πρώτο επίπεδο	94
7.2.2) Δεύτερο επίπεδο ή επίπεδο σύνδεσης	95
7.2.3) Επίπεδο δικτύου ή τρίτο επίπεδο	97
7.2.4) PAD - FRAD	97
7.3) Συμπεράσματα	98
7.4) Συνοπτικός πίνακας	98
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	101

Μετάβαση από το X.25 στην τεχνική Frame Relay

1.1) Δίκτυα μεταγωγής πακέτων

Κύριο χαρακτηριστικό των δικτύων μεταγωγής είναι η δυνατότητα κάθε συνδρομητή να καλεί επιλογικά τον ανταποκριτή του.

Τα δίκτυα μεταγωγής αποτελούνται από κόμβους συνδεδεμένους μεταξύ τους, οι οποίοι αναλαμβάνουν τη δρομολόγηση της εκπεμπόμενης από τον εκάστοτε αποστολέα πληροφορίας. Τα δεδομένα που εισέρχονται στο δίκτυο από κάποιο τερματικό σταθμό, δρομολογούνται από κόμβο σε κόμβο μέχρι τον προκαθορισμένο δέκτη. Μερικοί κόμβοι δεν έχουν συνδεδεμένους τερματικούς σταθμούς, απλά παίζουν το ρόλο του διεκπεραιωτή πληροφορίας. Για λόγους αύξησης της αξιοπιστίας οι συνδέσεις των κόμβων γίνονται με τέτοιο τρόπο ώστε να υπάρχει εναλλακτικός δρόμος μεταξύ των τερματικών σημείων.

Η σημαντικότερη και περισσότερο χρησιμοποιούμενη τεχνική μεταγωγής είναι αυτή της μεταγωγής πακέτων. Στα δίκτυα μεταγωγής πακέτων κάθε μήνυμα που πρέπει να μεταφερθεί, τεμαχίζεται σε πακέτα. Το μήκος των πακέτων εξαρτάται από το πρωτόκολλο επικοινωνίας που χρησιμοποιείται και από τις δυνατότητες του δικτύου. Οι κόμβοι οφείλουν να έχουν επεξεργαστική ικανότητα για την προώθηση των πακέτων. Οι μέθοδοι προώθησης των πακέτων είναι οι εξής δύο:

- Datagram
- Virtual circuit

Με τη μέθοδο **Datagram** τα πακέτα ενός μηνύματος θα φθάσουν στον παραλήπτη χρησιμοποιώντας το καθένα τον δικό του συντομότερο δρόμο. Ετσι είναι δυνατόν πακέτα με τον ίδιο προορισμό να φτάσουν στον παραλήπτη με διαφορετική σειρά απ' αυτή που ξεκίνησαν. Σ' αυτή την περίπτωση ο παραλήπτης θα πρέπει να τα τοποθετεί εκ νέου σε ορθή σειρά.

Με τη μέθοδο **Virtual circuit** (νοητού κυκλώματος), πριν αποσταλούν τα πακέτα αποκαθίσταται μια σταθερή νοητή σύνδεση μεταξύ των δύο ανταποκριτών τερματικών σταθμών απ' όπου κατόπιν θα περάσουν όλα τα πακέτα του μηνύματος.

Η κυρίως διαφορά της Virtual circuit από τη Datagram είναι ότι με την πρώτη τεχνική ο δρόμος για όλα τα πακέτα μιας σύνδεσης, καθορίζεται μία φορά στην αρχή και μετά παραμένει ο ίδιος μέχρι τη διακοπή της, ενώ στη δεύτερη ο κάθε κόμβος επιλέγει κάθε φορά και για κάθε πακέτο τον καταλληλότερο δρόμο.

Τα πλεονεκτήματα της Virtual Circuit έναντι της Datagram είναι τα εξής:

- Γρήγορη και σωστή ταξινόμηση των παραληφθέντων μηνυμάτων.
- Ελεγχος ορθότητας της σειράς λήψης των πακέτων.
- Επιβεβαίωση σωστής λήψης όλων των πακέτων.
- Δυνατότητα ελέγχου ροής (flow control), ούτως ώστε αν ο παραλήπτης έχει προσωρινή αδυναμία λήψης, να ειδοποιείται ο αποστολέας να σταματήσει μέχρι νεωτέρας εντολής.

Τα πλεονεκτήματα της τεχνικής Datagram είναι τα εξής:

- Μεγαλύτερη αξιοπιστία, αφού αν ένας κόμβος χαλάσει τα πακέτα θα διοχετευθούν από άλλους εναλλακτικούς δρόμους, ενώ στην περίπτωση των virtual circuit όσα εξ' αυτών διέρχονται απ' το συγκεκριμένο κόμβο θα χαθούν.
- Ευκολότερη αναδρομολόγηση των μηνυμάτων προς άλλη κατεύθυνση με την datagram, απ' ότι με την τεχνική virtual circuit, σε περιπτώσεις συμφόρησης της κίνησης σε κάποια μέρη του δικτύου.
- Μεγαλύτερη ταχύτητα, τουλάχιστον όσο αυτή επηρεάζεται από την παρουσία ή απουσία φάσης έναρξης της συνομιλίας, αφού αυτή δεν απαιτείται από τη μέθοδο datagram.

Οπως φαίνεται λοιπόν, η επικοινωνία με λίγα μηνύματα ευνοείται με τη datagram ενώ αν η επικοινωνία είναι μακρόχρονη προτιμάται η virtual circuit. Τα δημόσια δίκτυα δεδομένων χρησιμοποιούν την τεχνική virtual circuit.

Η σύνδεση τερματικών σε δημόσια δίκτυα μεταγωγής πακέτων έχει τυποποιηθεί από τη CCITT με το πρωτόκολλο X.25. Η σύσταση αυτή προδιαγράφει τα τρία χαμηλότερα επίπεδα του προτύπου OSI, το φυσικό (physical layer), το επίπεδο πλαισίων (frame layer) και το επίπεδο πακέτων (packet layer).

1.2) Εισαγωγή στο Frame Relay

1.2.1) Ιστορία του Frame Relay

Η τεχνική Frame Relay προέκυψε ως εξέλιξη της αρχικής ιδέας δημιουργίας ενός πρωτοκόλλου για να χρησιμοποιηθεί πάνω από τις διασυνδέσεις ISDN. Οι αρχικές προτάσεις γι' αυτή την εφαρμογή υποβλήθηκαν στην τότε CCITT (Consultative Committee for International Telegraph and Telephone) [την σήμερα επονομαζόμενη ITU-T (International Telecommunication Union - Telecommunication Standardization Sector)] το 1984. Μελέτη για το Frame Relay ανέλαβε επίσης και ο οργανισμός ANSI (American National Standards Institute) με την εξουσιοδότηση της επιτροπής προτύπων T1S1 των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής.

Αποτέλεσε μια σημαντική εξέλιξη στην ιστορία του Frame Relay όταν το 1990 οι εταιρίες Cisco Systems, StrataCom, Northern Telecom, και Digital Equipment Corporation δημιούργησαν μια ομάδα (consortium) με σκοπό να εστιάσει το ενδιαφέρον της στην ανάπτυξη της τεχνολογίας Frame Relay και στην επιτάχυνση της παρουσίασης συμβατών μεταξύ τους προϊόντων Frame Relay. Η ομάδα αυτή ανέπτυξε μια προδιαγραφή η οποία συμφωνούσε με το βασικό πρωτόκολλο Frame Relay που συζητιόταν από τις T1S1 και ITU-T, αλλά το επέκτεινε με χαρακτηριστικά που παρείχαν επιπρόσθετες δυνατότητες για πολύπλοκα περιβάλλοντα "διαδικτύων". Αυτές οι επεκτάσεις του Frame Relay αναφέρονται συλλογικά ως "local management interface" (LMI).

Ετσι τελικά στις αρχές της δεκαετίας του '90 τυποποιείται η νέα τεχνική μετάδοσης πακέτων σε υψηλές ταχύτητες, που είναι απλή στη σχεδίασή της, εισάγει ελάχιστες χρονικές καθυστερήσεις και φέρει το όνομα Frame Relay.

1.2.2) Συνοπτική παρουσίαση του Frame Relay

Το Frame Relay προσφέρει μια δυνατότητα ανταλλαγής δεδομένων μέσω δικτύων μεταγωγής πακέτων, η οποία χρησιμοποιείται ως συνδετικός κρίκος μεταξύ των συσκευών του χρήστη (π.χ. routers, bridges, host machines) και του εξοπλισμού του δικτύου (π.χ. κόμβοι μεταγωγής). Οι συσκευές του χρήστη

συχνά αποκαλούνται και DTE (Data Terminal Equipment), ενώ οι συσκευές του δικτύου, που διασυνδέονται με τα DTE, συχνά αποκαλούνται και DCE (Data Circuit-terminating Equipment). Το δίκτυο το οποίο προσφέρει τη διασύνδεση Frame Relay μπορεί να είναι είτε ένα δημόσιο δίκτυο, είτε ένα ιδιωτικό, το οποίο εξυπηρετεί μια απλή επιχείρηση.

Στην ουσία η τεχνική Frame Relay δημιουργήθηκε για να αξιοποιήσει τις δυνατότητες που παρέχει το σύγχρονο τηλεπικοινωνιακό περιβάλλον με στόχο να ικανοποιήσει τις αυξημένες του ανάγκες για υψηλές ταχύτητες. Πιο συγκεκριμένα η τεχνική Frame Relay αξιοποίησε: αφενός την αύξηση της επεξεργαστικής ικανότητας των συσκευών που συνδέονται σήμερα στα δίκτυα, αναθέτοντας στους σταθμούς εργασίας την εκτέλεση εργασιών όπως η διαχείριση σφαλμάτων μετάδοσης και ο έλεγχος ροής και ακολουθίας πακέτων, και αφετέρου τον εκσυγχρονισμό της τηλεπικοινωνιακής υποδομής, που οδήγησε στη δημιουργία αξιόπιστων δικτύων οπτικών ινών ή ψηφιακών συστημάτων (SONET / SDH) με πολύ "καθαρές" γραμμές μετάδοσης.

Ως μια διασύνδεση σε ένα δίκτυο, το Frame Relay είναι ίδιο με το X.25. Ομως το Frame Relay διαφέρει σημαντικά από το X.25 όσον αφορά τη λειτουργικότητά του και τη μορφή του. Πιο συγκεκριμένα το Frame Relay αυτό καθ' αυτό είναι ένα πρωτόκολλο δευτέρου επιπέδου (link level) για αποδοτική μεταφορά δεδομένων σε υψηλές ταχύτητες, που κυρίως έρχεται να καλύψει την ανάγκη διασύνδεσης τοπικών δικτύων (LAN) με δίκτυα WAN, ή LAN με LAN όπου παρατηρούνται σύντομες αλλά μεγάλου όγκου αιχμές στη μετάδοση δεδομένων. Η τεχνική Frame Relay είναι περισσότερο απλοποιημένη σε σχέση με το X.25, διευκολύνοντας έτσι την γρηγορότερη εκτέλεση και την υψηλότερη απόδοση.

Ως μια διασύνδεση μεταξύ των συσκευών του χρήστη και του δικτύου, το Frame Relay παρέχει τα μέσα για στατιστική πολύπλεξη πολλών λογικών ζεύξεων δεδομένων [νοητών κυκλωμάτων (virtual circuits)], πάνω σε μια απλή φυσική ζεύξη μετάδοσης. Στο Frame Relay δεν υπάρχουν λογικά κανάλια όπως στο X25, αλλά η πολύπλεξη πάνω στη φυσική σύνδεση γίνεται μέσω του πεδίου DLCI, το οποίο καθορίζει τον αριθμό ταυτότητας του κάθε νοητού κυκλώματος και δίνει σε κάθε κόμβο την πληροφορία δρομολόγησης του πλαισίου προς τον τελικό αποδέκτη. Σε αντίθεση με συστήματα τα οποία χρησιμοποιούν μόνο τεχνικές TDM (Time Division Multiplexing) για να υποστηρίξουν πολλαπλές

γραμμές δεδομένων, η στατιστική πολύπλεξη (STDM) που κάνει το Frame Relay προσφέρει μια πιο ευέλικτη και αποτελεσματική αξιοποίηση του εύρους ζώνης του μέσου μετάδοσης. Η στατιστική πολύπλεξη, πιο συγκεκριμένα, είναι μια βελτιωμένη μορφή της πολύπλεξης TDM. Βασικός περιορισμός της απλής TDM πολύπλεξης είναι το ότι η κεντρική αρτηρία πρέπει να μπορεί να υποστηρίξει ρυθμό μετάδοσης τουλάχιστον ίσο με το άθροισμα των μέγιστων ρυθμών μετάδοσης των νοητών κυκλωμάτων που διέρχονται μέσω αυτής. Η πολύπλεξη STDM υπερέχει της TDM επειδή μπορεί και εκμεταλλεύεται τα νεκρά διαστήματα, κατά τα οποία δεν διακινούνται δεδομένα μέσω των νοητών κυκλωμάτων, και κατανέμει δυναμικά τη χωρητικότητα της κεντρικής αρτηρίας μόνον στα νοητά κυκλώματα που πράγματι διακινούν δεδομένα. Με τον τρόπο αυτό, πολύ περισσότερα νοητά κυκλώματα μπορούν να εξυπηρετηθούν από την αρτηρία χωρίς να χρειάζεται να αυξηθεί η ταχύτητά της. Το πλήθος των νοητών κυκλωμάτων που μπορούν να εξυπηρετηθούν εξαρτάται κυρίως από το ποσοστό χρόνου πραγματικής μετάδοσης δεδομένων καθενός, δηλαδή τον "φόρτο" του. Ωστόσο για να λειτουργήσει αποτελεσματικά το σχήμα της στατιστικής πολύπλεξης απαιτείται η προσωρινή αποθήκευση των δεδομένων (buffering). Αυτό όμως δεν δημιουργεί κανένα απολύτως πρόβλημα στον αυξημένης υπολογιστικής ισχύος, δικτυακό εξοπλισμό που διαθέτουμε σήμερα.

Ενα άλλο σημαντικό χαρακτηριστικό του Frame Relay, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, είναι ότι εκμεταλλεύεται τις τελευταίες εξελίξεις της τεχνολογίας μετάδοσης των δικτύων ευρείας περιοχής (WAN). Τα πρώτα πρωτόκολλα WAN, όπως το X.25, αναπτύχθηκαν όταν ακόμα δέσποζαν τα "θορυβώδη" συστήματα αναλογικής μετάδοσης και το μέσο μετάδοσης ήταν ο χαλκός. Αυτές οι ζεύξεις είναι πολύ λιγότερο αξιόπιστες από τα οπτικά μέσα και τις συνδέσεις ψηφιακής μετάδοσης που είναι διαθέσιμες σήμερα (οι ψηφιακοί ρυθμοί σφαλμάτων είναι μικρότεροι από ένα σφάλμα σε κάθε 1.000.000 μεταδιδόμενα bit). Με συνδέσεις σαν αυτές, τα πρωτόκολλα επιπέδου ζεύξης μπορούν να παραλείψουν τους χρονοβόρους αλγορίθμους διόρθωσης λαθών και ελέγχου ροής, αφήνοντάς τους να εκτελεστούν από τα υψηλότερα επίπεδα του μοντέλου OSI, που διαθέτουν τέτοιες δυνατότητες (π.χ. TCP / IP). Αφού η εξακρίβωση των σφαλμάτων και το βάρος της διόρθωσης αφαιρείται απ' το δίκτυο και μεταβιβάζεται στις συσκευές πηγής και προορισμού, οι χρόνοι απόκρισης του δικτύου βελτιώνονται σημαντικά. Αυτοί οι βελτιωμένοι χρόνοι

απόκρισης του δικτύου, βελτιώνουν και τους χρόνους απόκρισης των εφαρμογών που εξυπηρετούνται μέσω του δικτύου ευρείας περιοχής (WAN). Ετσι είναι πλέον δυνατό να έχουμε μεγαλύτερη απόδοση χωρίς να θυσιάζεται η ακεραιότητα των δεδομένων. Το Frame Relay σχεδιάστηκε με αυτό το σκεπτικό. Περιλαμβάνει μεν ένα αλγόριθμο κυκλικού ελέγχου πλεονασμού CRC (cyclic redundancy check) για την ανίχνευση σφαλμάτων μετάδοσης (έτσι ώστε να απορρίπτονται τα αντίστοιχα πλαίσια), αλλά δεν περιλαμβάνει κανένα μηχανισμό πρωτοκόλλου για τη διόρθωση των σφαλμάτων (π.χ. με την επανεκπομπή των δεδομένων σ' αυτό το επίπεδο της σύνδεσης), ούτε μηχανισμούς ελέγχου ροής.

Μια άλλη διαφορά μεταξύ του Frame Relay και του X.25 είναι η απουσία σαφούς ελέγχου ροής ανά νοητό κύκλωμα στο Frame Relay. Τώρα, που πολλά πρωτόκολλα υψηλότερων επιπέδων εκτελούν αποτελεσματικά τους δικούς τους αλγόριθμους ελέγχου ροής, η ανάγκη εκτέλεσης αυτής της λειτουργίας στο επίπεδο δικτύου έχει ελαττωθεί. Γι' αυτό το λόγο το Frame Relay δεν περιλαμβάνει διαδικασίες σαφούς ελέγχου ροής, αφού αυτές υπάρχουν και σε υψηλότερα επίπεδα. Για την ακρίβεια η τεχνική Frame Relay έχει εξαλείψει εντελώς το τρίτο επίπεδο του OSI (επίπεδο πακέτων του X.25), αυξάνοντας έτσι την ταχύτητα μετάβασης μέσα από το δίκτυο και ελαχιστοποιώντας την επεξεργασία των δεδομένων στους κόμβους. Συνεπώς το δίκτυο απλοποιείται προσφέροντας στους χρήστες μόνο λειτουργίες πρώτου και δευτέρου επιπέδου. Αντιθέτως, παρέχονται πολύ απλοί μηχανισμοί επισήμανσης της συμφόρηση στο δίκτυο ώστε να επιτρέπεται σ' αυτό να ενημερώνει τις συσκευές των χρηστών ότι οι πόροι του δικτύου πλησιάζουν σε κατάσταση συμφόρησης. Αυτή η επισήμανση μπορεί να προειδοποιήσει τα πρωτόκολλα υψηλότερων επιπέδων ότι ίσως χρειάζεται έλεγχος ροής των δεδομένων.

Η τεχνική Frame Relay αναμένεται ότι θα αντικαταστήσει το X25 σε πολλές εφαρμογές όπου απαιτούνται υψηλές ταχύτητες και μικρές καθυστερήσεις.

ΕΠΙΛΟΓΗ
2

ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ FRAME RELAY

2.1) Επίπεδα OSI

Για να γίνει αντιληπτή η ακριβής σχέση του Frame Relay με το πρότυπο OSI, ας εξετάσουμε τις λειτουργίες των τεσσάρων πρώτων επιπέδων του OSI, που είναι και τα κύρια επίπεδα που σχετίζονται με τις επικοινωνίες.

- Το φυσικό ή πρώτο επίπεδο (Physical Layer) αναφέρεται στη φυσική υποδομή (καλωδίωση, modem κ.τ.λ.) και ασχολείται με την μετάδοση των bit μέσω των διαφόρων φυσικών μέσων. Ασχολείται αναλυτικά με τα ηλεκτρικά, μηχανικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά των διασυνδέσεων (interfaces) των δύο υπολογιστικών συστημάτων, τα δύο φυσικά επίπεδα δηλαδή των συμβαλλομένων μερών.

- Το επίπεδο σύνδεσης ή δεύτερο επίπεδο (Data Link Layer) είναι υπεύθυνο για τη μεταφορά των δεδομένων μέσω μιας συγκεκριμένης σύνδεσης. Συγκεκριμένα ασχολείται με τα λειτουργικά χαρακτηριστικά και τις διαδικασίες που απαιτούνται προκειμένου να αποκατασταθεί, να υποστηριχθεί και τέλος να τερματιστεί μια λογική ζεύξη δεδομένων, πάνω σε μια φυσική σύνδεση μεταξύ δύο γειτονικών σημείων στο δίκτυο, όπως μεταξύ δύο κόμβων ή μεταξύ κόμβου και υπολογιστή.

- Το επίπεδο δικτύου ή τρίτο επίπεδο (Network Layer) είναι υπεύθυνο για τη δρομολόγηση των δεδομένων μέσα στο δίκτυο ή τα δίκτυα. Το επίπεδο αυτό παρέχει τα μέσα για την αποκατάσταση, υποστήριξη και τερματισμό συνδέσεων μεταξύ συνδρομητών ενός δικτύου ή διαφορετικών δικτύων.

- Το επίπεδο μεταφοράς ή τέταρτο επίπεδο (Transport Layer) είναι υπεύθυνο για την από άκρου εις άκρον επιτυχή μεταφορά των δεδομένων χωρίς λάθη. Παρέχει τις διαδικασίες για την αποκατάσταση της ορθότητας της πληροφορίας μετά από σφάλμα, τον έλεγχο ροής της πληροφορίας από άκρου εις άκρον και τον έλεγχο ακολουθίας των μηνυμάτων. Το επίπεδο αυτό είναι ουσιαστικά ένα software interface μεταξύ των τριών χαμηλότερων επιπέδων του προτύπου OSI και των υψηλότερων επιπέδων που σχετίζονται στενότερα με τους υπολογιστές και τις εφαρμογές που αυτοί εξυπηρετούν.

Τα επίπεδα 1-4 είναι τα κύρια επικοινωνιακά επίπεδα.	7	Εφαρμογής
1. Το φυσικό επίπεδο αναφέρεται στην πραγματική φυσική υποδομή, π.χ. καλωδίωση, RS-232, modem, φορέας.	6	Παρουσίασης
2. Το επίπεδο σύνδεσης είναι υπεύθυνο για τη μεταφορά των δεδομένων μέσω μιας ζεύξης.	5	Συνόδου
3. Το επίπεδο δικτύου είναι υπεύθυνο για τη δρομολόγηση των δεδομένων εντός του δίκτυου ή μεταξύ δίκτυων.	4	Μεταφοράς
4. Το επίπεδο μεταφοράς είναι υπεύθυνο για την από έκρου εις έκρον μεταφορά.	3	Δικτύου
	2	Σύνδεσης
	1	Φυσικό

Η τεχνική Frame Relay προτείνει μια ελαφρώς διαφορετική οργάνωση για την όλη επικοινωνία μεταξύ υπολογιστών, από αυτή που τυποποιεί το πρότυπο OSI. Συγκεκριμένα η τεχνική Frame Relay προτείνει μια νέα αρχιτεκτονική όμοια με εκείνη που περιγράφει το πρότυπο OSI απ' την οποία όμως έχει εξαλειφθεί το τρίτο επίπεδο (επίπεδο πακέτων). Οι δε λειτουργίες του ελέγχου ροής και της διόρθωσης σφαλμάτων του δευτέρου επιπέδου μετατοπίζονται από το δίκτυο στους ακραίους χρήστες και υλοποιούνται από πρωτόκολλα υψηλότερων επιπέδων που διαθέτουν τέτοιες δυνατότητες (π.χ. TCP / IP). Ετσι το αντίστοιχο δίκτυο απλοποιείται προσφέροντας στους χρήστες μόνο λειτουργίες πρώτου και δευτέρου επιπέδου. Η τεχνική Frame Relay, που στην ουσία της περιγράφει ένα πρωτόκολλο δευτέρου επιπέδου (data link layer), υιοθετεί τα παραπάνω θεωρώντας ότι στο φυσικό επίπεδο υπάρχει ένα αξιόπιστο ψηφιακό μέσο μετάδοσης. Ετσι επιτυγχάνεται αποδοτικότερη μεταφορά των δεδομένων στις υψηλές ταχύτητες και καλύπτεται επαρκέστερα η ανάγκη διασύνδεσης τοπικών δικτύων (LAN) με δίκτυα WAN, ή LAN με LAN όπου παρατηρούνται σύντομες αλλά μεγάλου όγκου αιχμές στη μετάδοση δεδομένων.

2.2) Πρώτο επίπεδο (φυσική σύνδεση)

2.2.1) Γενικά

Το φυσικό επίπεδο της τεχνικής Frame Relay ορίζει τα φυσικά χαρακτη-

ριστικά της σύνδεσης DTE/DCE¹. Ακριβέστερα προσδιορίζει τα μηχανικά, ηλεκτρικά, λειτουργικά και διαδικαστικά χαρακτηριστικά που απαιτούνται για να ενεργοποιήσουν, να διατηρήσουν και τέλος να διακόψουν τη φυσική σύνδεση μεταξύ DTE και DCE. Οι χρησιμοποιούμενες γι' αυτό το σκοπό διασυνδέσεις καθορίζονται από κάποια απ' τις εξής συστάσεις:

- τη σύσταση X.21,
- τη σύσταση X.21 bis,
- συστάσεις της σειράς G,
- συστάσεις της σειράς I ή
- συστάσεις της σειράς V.

2.2.2) Φυσική σύνδεση X.21 bis

Σκοπός της φυσικής σύνδεσης είναι να εξασφαλίσει τη μετάδοση της πληροφορίας υπό μορφή bit μεταξύ DTE και DCE. Η μετάδοση πρέπει να είναι σύγχρονη και να καλύπτει ταυτόχρονα και τις δύο κατευθύνσεις (full duplex). Είναι επιθυμητό η φυσική σύνδεση να είναι αξιόπιστη και να μην εισάγει σφάλματα μετάδοσης, πράγμα που δεν επιτυγχάνεται πάντα. Η φυσική σύνδεση μεταξύ ενός τερματικού πακέτων (DTE) και του δικτύου στις περισσότερες περιπτώσεις είναι μια αφιερωμένη τηλεφωνική γραμμή με modem στις δύο άκρες. Η ITU ορίζοντας το πρώτο επίπεδο προσπάθησε να διατηρήσει τις υπάρχουσες τυποποιήσεις για τέτοιου είδους συνδέσεις και κυρίως τη V.24 / V.28 που ισοδυναμεί με το αμερικάνικο standard RS-232. Λαμβάνοντας υπόψη της τα στοιχεία των τυποποιήσεων αυτών, όπως τον τύπο του συνδετήρα, τους ακροδέκτες, τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά κ.λ.π. δημιούργησε τη σύσταση X.21 bis που είναι κατάλληλη ειδικά για συνδέσεις τερματικών και δικτύων μεταγωγής πακέτων. Η σύσταση αυτή επιτρέπει εναλλακτικά τη χρήση των συνδέσεων:

- V.24 / V28 με συνδετήρα τύπου ISO-2110, 25 ακροδεκτών.
- V.24 / V.10 ή V.11 με συνδετήρα τύπου ISO-4902, 37 ή 9 ακροδεκτών.
- V.35 με συνδετήρα τύπου ISO-2593, 34 ακροδεκτών.

Τα modem που συνδέουν το συνδρομητή με τον κόμβο του δικτύου συμφωνούν με τις προδιαγραφές τις σειράς V της ITU. Σε ορισμένες περιπτώσεις που η

¹ Υπενθυμίζεται ότι οι συντομογραφίες DTE και DCE εννοούν το σύνολο των συσκευών του χρήστη και του δικτύου αντιστοίχως.

απόσταση του συνδρομητή από το δίκτυο είναι μικρότερη από 20 km και διατίθενται αφόρτιστες τηλεφωνικές γραμμές, μπορούν να χρησιμοποιηθούν baseband modem τα οποία έχουν και χαμηλότερο κόστος.

2.2.3) Φυσική σύνδεση X.21

Μία ακόμη σύσταση της ITU για φυσική σύνδεση είναι η X.21. Παρόλο που το όνομά της μοιάζει με αυτό τις X.21 bis, οι διαφορές μεταξύ τους είναι σημαντικές και πρέπει να γίνουν απόλυτα κατανοητές. Η X.21 χρησιμοποιείται κυρίως για τη φυσική σύνδεση με ψηφιακά δίκτυα μεταγωγής κυκλώματος. Επομένως η X.21 είναι χρήσιμη όπου υπάρχει ψηφιακό δίκτυο μεταγωγής κυκλώματος μέσω του οποίου γίνεται η πρόσβαση σε δίκτυο μεταγωγής πακέτων όπως γίνεται σε μερικές Σκανδιναβικές χώρες. Η X.21 σε αντίθεση με την X.21 bis δεν επιτρέπει σύνδεση τερματικών στο δίκτυο μέσω modem. Ετσι επειδή οι περισσότεροι συνδρομητές συνδέονται στο δίκτυο μέσω modem και τηλεφωνικών γραμμών χρησιμοποιούν τη X.21 bis που είναι ευρύτερα διαδεδομένη.

2.2.4) Διασυνδέσεις της σειράς G

Οταν η φυσική σύνδεση υπακούει σε συστάσεις της σειράς G τα χαρακτηριστικά της διασύνδεσης καθορίζονται από τη σύσταση G.703.

Φυσική σύνδεση G.703

Το G.703 προσδιορίζει τα φυσικά και ηλεκτρικά χαρακτηριστικά της διασύνδεσης για ψηφιακές μεταδόσεις από 64 Kbps έως 140 Mbps, δηλαδή για 64 Kbps, 2048 Kbps, 8448 Kbps, 34368 Kbps και 139264 Kbps.

Στα 64 Kbps η μετάδοση γίνεται με συνεστραμμένα δισύρματα καλώδια ενώ στα 2 Mbps χρησιμοποιούνται ομοαξονικά καλώδια (75Ω). Στις υψηλότερες ταχύτητες χρησιμοποιούνται αποκλειστικά ομοαξονικά καλώδια.

Το G.703 συναντάται κυρίως σε δύο παραλλαγές, το codirectional και το contradirectional interface.

To Codirectional χρησιμοποιεί ένα δισύρματο καλώδιο για εκπομπή και ένα για λήψη, ενώ το κύριο χαρακτηριστικό του είναι ότι τα data και το σήμα χρονισμού (clock) συνδυάζονται πάνω στο ίδιο ζεύγος καλωδίων.

To Contradirectional interface διαθέτει ανεξάρτητο δισύρματο καλώδιο για data και για το ρολόι, έτσι ώστε απαιτούνται συνολικά 4 ζεύγη καλωδίων για αμφίδρομη μετάδοση.

Η χαρακτηριστική αντίσταση για τα συνεστραμμένα καλώδια είναι 120 Ω και το πλάτος κάθε παλμού φτάνει το 1 Volt. Για ταχύτητες 2048 Kbps χρησιμοποιούνται ομοαξονικά καλώδια των 75 Ω με πλάτος σήματος 2,37 V. Εναλλακτικά προβλέπεται η χρήση συνεστραμμένων ζευγών καλωδίων των 120 Ω με πλάτος παλμού 3 V.

2.2.5) Διασυνδέσεις της σειράς I

Η φυσική σύνδεση σειράς I χρησιμοποιείται για αφιερωμένες γραμμές σε δημόσια δίκτυα δεδομένων που παρέχουν υπηρεσίες μετάδοσης δεδομένων με χρήση της τεχνικής Frame Relay. Περιγράφεται δε στις συστάσεις I.430 και I.431.

2.3) Δεύτερο επίπεδο (Επίπεδο σύνδεσης ή Data Link Layer)

2.3.1) Γενικά

Στην παράγραφο αυτή περιγράφονται: η δομή του πλαισίου, στοιχεία διαδικασιών, η μορφή των πεδίων του πλαισίου και οι διαδικασίες των λειτουργιών μετάδοσης δεδομένων με την τεχνική Frame Relay. Οι λειτουργίες αυτές που υποστηρίζονται από το Frame Relay είναι οι εξής:

- Οριοθέτηση του πλαισίου, ευθυγράμμιση και διαφάνεια.
- Πολύπλεξη και αποπολύπλεξη των πλαισίων με τη χρήση του πεδίου διεύθυνσης.
- Εξέταση του πλαισίου, πριν την εκτέλεση της διαδικασίας zero bit insertion ή μετά την εκτέλεση της διαδικασίας zero bit extraction, για να επιβεβαιω-

- θεί ότι αποτελείται από ακέραιο αριθμό octet.
- Ελεγχος του πλαισίου για να επιβεβαιωθεί ότι δεν είναι ούτε πολύ μεγάλο ούτε πολύ μικρό.
- Εντοπισμός σφαλμάτων μετάδοσης (αλλά όχι και διόρθωσή τους με διαδικασίες συνεννόησης για επανεκπομπή των δεδομένων).
- Διαδικασίες ελέγχου συμφόρησης.

2.3.2) Μορφή του πλαισίου

Η μορφή του πλαισίου, που συνήθως χρησιμοποιείται, φαίνεται παρακάτω:

8	7	6	5	4	3	2	1	
Flag								Octet 1
octet								Octet 2
octet								Octet 3
(N – 6) Octet								Octet 4 . . Octet N – 3
Frame Check Sequence (octet)								Octet N – 2
Frame Check Sequence (octet)								Octet N – 1
Flag								Octet N

ΣΗΜΕΙΩΣΗ – Το εξ ορισμού μήκος του πεδίου διεύθυνσης είναι 2 octet. Μπορεί όμως να επεκταθεί σε 3 ή 4 octet.

a) Ακολουθία Flag (Flag sequence)

Όλα τα πλαίσια πρέπει να αρχίζουν και να τελειώνουν με την ακολουθία flag η οποία αποτελείται από ένα bit "0" ακολουθούμενο από έξι διαδοχικά bit "1" και ένα bit "0" (0111110=7E Hex). Το flag που βρίσκεται πριν το πεδίο διεύθυνσης ορίζεται ως το flag αρχής (opening flag), ενώ το flag που βρίσκεται μετά την ακολουθία FCS ορίζεται ως το flag τέλους (closing flag). Το flag αρχής έχει σκοπό αφενός να δηλώσει την αρχή του πλαισίου και αφετέρου να συγχρονίσει τον δέκτη ώστε να αναγνωρίσει τα πεδία του πλαισίου που ακολουθούν. Το flag τέλους προσδιορίζει το τέλος του πεδίου FCS και κατά

συνέπεια το τέλος του πλαισίου. Τα DTE και DCE πρέπει να έχουν τη δυνατότητα της χρήσης του flag τέλους ως flag αρχής του επόμενου πλαισίου.

Και οι δύο πλευρές μιας σύνδεσης DTE - DCE ελέγχουν συνεχώς τα δεδομένα λήψης ώστε να ανιχνεύσουν πιθανή ύπαρξη flag. Η παρουσία ενός flag μπορεί να δηλώνει είτε την αρχή είτε το τέλος ενός πλαισίου, ανάλογα με το τι είχε ληφθεί πριν το flag.

Είναι λοιπόν προφανές ότι η μορφή του flag 0111110 (6 συνεχή bit με τιμή "1") θα πρέπει να είναι μοναδική μέσα στο πλαίσιο. Γι' αυτό δεν επιτρέπεται να δημιουργηθεί τυχαία μια τέτοια ακολουθία από bit σε οποιοδήποτε άλλο σημείο, εκτός από την αρχή και το τέλος του πλαισίου. Για να αποφύγει ο πομπός τη μετάδοση 6 συνεχών άσσων, κατά την εκπομπή των δεδομένων, χρησιμοποιεί την τεχνική της παρεμβολής μηδενός (bit stuffing). Η τεχνική αυτή που χρησιμοποιείται και από τα πρωτόκολλα HDLC, SDLC και LAPB, συνίσταται στην τοποθέτηση από τον πομπό ενός bit με τιμή "0" μετά από 5 συνεχείς άσσους. Ετσι δεν είναι ποτέ δυνατή η εμφάνιση 6 συνεχών bit με τιμή "1", παρά μόνο κατά τη μετάδοση του flag.

Για την πλευρά της λήψης η τεχνική bit stuffing ορίζει τα εξής: όταν ο δέκτης δεχθεί 5 συνεχείς άσσους, εξετάζει το επόμενο (έκτο) bit με ιδιαίτερη προσοχή. Αν το bit αυτό έχει τιμή "0", ο δέκτης το απορρίπτει γνωρίζοντας ότι το έχει παρεμβάλει ο πομπός. Αν το έκτο bit έχει τιμή "1", ο δέκτης αντιλαμβάνεται την ύπαρξη ενός flag (εφόσον βέβαια το αμέσως επόμενο bit έχει τιμή "0") και επομένως την αρχή ή το τέλος ενός πλαισίου. Αν μετά την ακολουθία των 6 συνεχών άσσων ο δέκτης λάβει και το επόμενο (έβδομο) bit με τιμή "1", το πλαίσιο αυτό απορρίπτεται.

Οι δύο διαδικασίες, μία για την εκπομπή και μία για τη λήψη, που υλοποιούν την τεχνική bit stuffing ονομάζονται αντιστοίχως "zero bit insertion" και "zero bit extraction".

β) Πεδίο Διεύθυνσης (Address field)

Το πεδίο διεύθυνσης αποτελείται τουλάχιστον από δύο octet. Αυτό σημαίνει ότι μπορεί προαιρετικά να επεκταθεί και συγκεκριμένα να φτάσει μέχρι και τα τέσσερα octet. Η μορφή του περιγράφεται αναλυτικά παρακάτω.

γ) Πεδίο Πληροφορίας (Information field)

Το πεδίο πληροφορίας (εφόσον υπάρχει) βρίσκεται μετά το πεδίο διεύθυνσης και πριν την ακολουθία FCS. Τα περιεχόμενα του πεδίου πληροφορίας του Frame Relay πρέπει να αποτελούνται από ακέραιο αριθμό octet, που αποτελεί και το πλήθος των octet των δεδομένων των χρηστών. Ο υπολογισμός γίνεται πριν την εκτέλεση της διαδικασίας zero bit insertion κατά την αποστολή και μετά την εκτέλεση της διαδικασίας zero bit extraction κατά τη λήψη. Το μέγιστο μήκος του πεδίου πληροφορίας του Frame Relay εξαρτάται από την παράμετρο N203. Η τιμή της παραμέτρου N203 για μια ορισμένη κατεύθυνση μετάδοσης (από το DTE στο DCE και από το DCE στο DTE) επιλέγεται από ένα σύνολο τιμών που υποστηρίζει το δίκτυο και συμφωνείται για ένα ορισμένο χρονικό διάστημα. Η τιμή της παραμέτρου για μια ορισμένη κατεύθυνση μετάδοσης μπορεί επίσης να διαπραγματευτεί κατά την διαδικασία κλήσης. Όλα τα δίκτυα πρέπει να υποστηρίζουν τουλάχιστον την τιμή των 1600 octet.

δ) Πεδίο ακολουθίας ελέγχου πλαισίου (Frame Check Sequence field)

Το πεδίο FCS είναι μια ακολουθία 16 bit, η οποία είναι το συμπλήρωμα ως προς ένα ενός δυαδικού αριθμού, ο οποίος είναι το άθροισμα:

- 1) του υπολοίπου της δυαδικής διαίρεσης του πολυωνύμου

$$x^k (x^{15} + x^{14} + x^{13} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^9 + x^8 + x^7 + x^6 + x^5 + x^4 + x^3 + x^2 + x + 1),$$

με το πολυώνυμο “γεννήτορα” $x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$, όπου k είναι ο αριθμός των bit του πλαισίου που βρίσκονται ανάμεσα στο τελευταίο bit του flag αρχής και στο πρώτο bit του πεδίου FCS, μη συμπεριλαμβανομένων αυτών των bit και εξαιρώντας τα bit που έχουν προστεθεί για λόγους διαφάνειας, και

- 2) του υπολοίπου της δυαδικής διαίρεσης, με το πολυώνυμο “γεννήτορα” $x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$, του γινομένου του x^{16} επί τα περιεχόμενα του πλαισίου, που βρίσκονται μεταξύ του τελευταίου bit του flag αρχής και του πρώτου bit του πεδίου FCS, μη συμπεριλαμβανομένων αυτών των bit και εξαιρώντας τα bit που έχουν προστεθεί για λόγους διαφάνειας.

2.3.3) Διεύθυνσιοδότηση

α) Γενικά

Αυτή η υπο-παράγραφος περιγράφει λεπτομερώς τόσο τη μορφή του πεδίου διεύθυνσης όσο και των επιμέρους στοιχείων του.

β) Μορφή του πεδίου διεύθυνσης

Το πεδίο διεύθυνσης, που η μορφή του φαίνεται παρακάτω, περιλαμβά-

	8	7	6	5	4	3	2	1
□ (2 octet)	DLCI (6 MSBit)							
	DLCI (4 LSBit)				FECN	BECN	DE	EA 1

ή

	8	7	6	5	4	3	2	1
3 octet	DLCI (6 MSBit)							
	DLCI (4 bit)				FECN	BECN	DE	EA 0
	DLCI (6 LSBit)							

ή

	8	7	6	5	4	3	2	1
4 octet	DLCI (6 MSBit)							
	DLCI (4 bit)				FECN	BECN	DE	EA 0
	DLCI (7 bit)							
	DLCI (6 LSBit)							

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

DE Discard Eligibility Indicator

D/C DLCI Extension/Control Indication Bit

νει τα εξής bit: τα bit Address field Extension, το bit Command/Response indication, το bit Forward Explicit Congestion Notification, το bit Backward Explicit Congestion Notification, το bit Discard Eligibility indication, το bit DLCI extension/Control indication και τα bit που αποτελούν το Data Link Connection Identifier (DLCI). Η υποστήριξη πεδίων διεύθυνσης των δύο octet είναι υποχρεωτική. Τα DTE και DCE μπορούν επίσης να υποστηρίζουν πεδία διεύθυνσης μήκους 3 ή και 4 octet. Όταν το δίκτυο υποστηρίζει πεδία διεύθυνσης με μήκος τριών ή και τεσσάρων octet, η επιλογή του μήκους γίνεται κατόπιν αμοιβαίας συμφωνίας και ισχύει για τη διασύνδεση DTE/DCE στο σύνολό της.

γ) Στοιχεία του πεδίου διεύθυνσης

- Address field Extension bit (EA bit)

Είναι το πρώτο bit κάθε octet του πεδίου διεύθυνσης, το οποίο χρησιμοποιείται για να δηλώσει εάν το συγκεκριμένο octet είναι το τελευταίο του πεδίου διεύθυνσης ή όχι. Η ύπαρξη ενός "0" στο bit 1 ενός octet του πεδίου διεύθυνσης δηλώνει ότι ακολουθεί και άλλο octet πεδίου διεύθυνσης. Η δε παρουσία "1" στο bit αυτό δηλώνει ότι αυτό είναι το τελευταίο octet του πεδίου διεύθυνσης.

- Command/Response bit (C/R bit)

Το C/R bit μεταφέρεται αναλλοίωτο από το ένα DTE στο άλλο.

- Forward Explicit Congestion Notification bit (FECN bit)

Αυτό το bit μπορεί να γίνει "1" από ένα δίκτυο με συμφόρηση, για να ειδοποιηθεί το λαμβάνον DTE ότι πρέπει να θέσει σε λειτουργία τις διαδικασίες αποφυγής συμφόρησης, εφαρμόζοντάς τες για την κατεύθυνση που έχει το πλαίσιο που μεταφέρει την ειδοποίηση FECN. Με άλλα λόγια το bit αυτό γίνεται "1" από το δίκτυο για να υποδειχθεί στο DTE ότι τα πλαίσια που λαμβάνει έχουν συναντήσει συμφόρηση κατά τη διαδρομή τους προς αυτό. Το bit αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί και από το DTE παραλήπτη για να προσαρμόσει το ρυθμό μετάδοσης. Εφόσον αυτό το bit γίνεται "1" προαιρετικά από το δίκτυο ή από το DTE, κανένα άλλο δίκτυο δεν μπορεί να το ξανακάνει

"0". Τα δίκτυα που δεν υποστηρίζουν τη χρήση του FECN απλώς το μεταφέρουν χωρίς να το αλλάξουν.

- Backward Explicit Congestion Notification bit (BECN bit)

Αυτό το bit μπορεί να γίνει "1" από ένα δίκτυο με συμφόρηση για να ειδοποιηθεί το λαμβάνον DTE ότι πρέπει να θέσει σε λειτουργία τις διαδικασίες αποφυγής συμφόρησης, εφαρμόζοντάς τες για την αντίθετη κατεύθυνση απ' αυτήν που έχει το πλαίσιο που μεταφέρει την BECN ειδοποίηση. Με άλλα λόγια το bit αυτό γίνεται "1" από το δίκτυο για να υποδειχθεί στο DTE ότι τα πλαίσια που μεταδίδει μπορεί να συναντήσουν συμφόρηση κατά τη διαδρομή τους. Το bit αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί και από το DTE αποστολέα για να προσαρμόσει το ρυθμό μετάδοσης. Εφόσον αυτό το bit γίνεται "1" προαιρετικά από το δίκτυο ή από το DTE κανένα άλλο δίκτυο δεν μπορεί να το ξανακάνει "0". Τα δίκτυα που δεν υποστηρίζουν τη χρήση του BECN απλώς το μεταφέρουν χωρίς να το αλλάξουν.

- Discard Eligibility indicator bit (DE bit)

Το bit αυτό (όταν χρησιμοποιείται) γίνεται "1" για να δηλώσει ότι, σε περίπτωση συμφόρησης του δικτύου, μπορεί να προτιμηθεί η απόρριψη αυτού του πλαισίου έναντι άλλων. Εφόσον αυτό το bit γίνεται "1" προαιρετικά από το δίκτυο ή από το DTE κανένα άλλο δίκτυο δεν μπορεί να το ξανακάνει 0. Βέβαια τα δίκτυα δεν είναι αναγκασμένα να απορρίπτουν μόνο τα πλαίσια με DE="1" σε περίπτωση συμφόρησης.

- Data Link Connection Identifier (DLCI)

Ανάλογα με το μήκος του πεδίου διεύθυνσης, το DLCI μπορεί να είναι 10 bit, 16 bit ή 23 bit. Οταν το μήκος του πεδίου διεύθυνσης είναι δύο octet τότε το DLCI είναι 10 bit. Οταν πάλι το μήκος του πεδίου διεύθυνσης είναι τρία octet το DLCI είναι 16 bit, ενώ όταν το μήκος του πεδίου διεύθυνσης είναι τέσσερα octet το DLCI είναι 23 bit. Σε κάθε περίπτωση το πεδίο DLCI αναπτύσσεται σ' όλα τα octet του πεδίου διεύθυνσης, όπως θα δούμε παρακάτω.

Το DLCI δηλώνει ένα νοητό κύκλωμα στην τοπική διασύνδεση DTE/DCE. Η τιμή του καθορίζεται κατά την αποκατάσταση για τα PVC και κατά

Μετάβαση από το X.25 στην τεχνική Frame Relay

Εύρος τιμών του DLCI όταν χρησιμοποιείται πεδίο διεύθυνσης των 2 octet

Εύρος του DLCI (10 bit)	Λειτουργία
0	Σηματοδότηση
1 - 15	Δεσμευμένες
16 - 991	Αναγνώριση νοητών κυκλωμάτων
992 - 1007	Διαχείριση 2ου επιπέδου των υπηρεσιών μετάδοσης δεδομένων κατά Frame Relay, χρησιμοποιούμενες για πληροφορίες σχετικές με το δίκτυο όπως τα μηνύματα συνολικής διαχείρισης του επιπέδου σύνδεσης (Consolidated Link Layer Management (CLLM))
1008 - 1022	Δεσμευμένες
1023	Δεσμευμένη για ενδο-καναλική διαχείριση δευτέρου επιπέδου, αν χρειάζεται

Εύρος τιμών του DLCI όταν χρησιμοποιείται πεδίο διεύθυνσης των 3 octet

Εύρος του DLCI (16 bit)	Λειτουργία
0	Σηματοδότηση
1 - 1023	Δεσμευμένες
1024 - 63487	Αναγνώριση νοητών κυκλωμάτων
63488 - 64511	Διαχείριση 2ου επιπέδου των υπηρεσιών μετάδοσης δεδομένων κατά Frame Relay, χρησιμοποιούμενες για πληροφορίες σχετικές με το δίκτυο όπως τα μηνύματα συνολικής διαχείρισης του επιπέδου σύνδεσης (Consolidated Link Layer Management (CLLM))
64512 - 65534	Δεσμευμένες
65535	Δεσμευμένη για ενδο-καναλική διαχείριση δευτέρου επιπέδου, αν χρειάζεται

Εύρος τιμών του DLCI όταν χρησιμοποιείται πεδίο διεύθυνσης των 4 octet

Εύρος του DLCI (23 bit)	Λειτουργία
0	Σηματοδότηση
1 - 131071	Δεσμευμένες
131072 - 8126463	Αναγνώριση νοητών κυκλωμάτων
8126464 - 8257535	Διαχείριση 2ου επιπέδου των υπηρεσιών μετάδοσης δεδομένων κατά Frame Relay, χρησιμοποιούμενες για πληροφορίες σχετικές με το δίκτυο όπως τα μηνύματα συνολικής διαχείρισης του επιπέδου σύνδεσης (Consolidated Link Layer Management (CLLM))
8257536 - 8388606	Δεσμευμένες
8388607	Δεσμευμένη για ενδο-καναλική διαχείριση δευτέρου επιπέδου, αν χρειάζεται

τη διαδικασία κλήσης για τα SVC. Ο μέγιστος αριθμός των νοητών κυκλωμάτων που υποστηρίζεται από μια διασύνδεση DTE/DCE εξαρτάται από το δίκτυο.

Συγκεκριμένες τιμές του DLCI χρησιμοποιούνται επίσης για:

- την σηματοδότηση στα SVC,
- τις επιπρόσθετες διαδικασίες των PVC και
- τη διαχείριση του δευτέρου επιπέδου και συγκεκριμένα τη συνολική διαχείριση του επιπέδου σύνδεσης (Consolidated Link Layer Management (CLLM)).

Οι τιμές του DLCI για όλες τις δυνατές περιπτώσεις του πεδίου διεύθυνσης φαίνονται στους πίνακες της προηγούμενης σελίδας.

- DLCI extension Control indication bit (D/C bit)

Το D/C bit είναι το bit 2 του τελευταίου octet του πεδίου διεύθυνσης όταν χρησιμοποιείται πεδίο διεύθυνσης 3 ή 4 octet. Οταν είναι "1" τα bit από 3 έως 8 του τελευταίου octet, τότε δεν αναγνωρίζονται ως DLCI bit ενώ η χρήση τους αποτελεί αντικείμενο περαιτέρω μελέτης.

2.3.4) Εξέταση της μετάδοσης

a) Σειρά μετάδοσης των bit

Τα bit είναι ομαδοποιημένα σε octet. Στο παρακάτω σχήμα τα bit των octet φαίνονται οριζόντια και είναι αριθμημένα από 1 έως 8, ενώ τα octet κάθετα και είναι αριθμημένα από 1 έως n. Τα octet μεταδίδονται κατά αύξουσα αριθμητική

8	7	6	5	4	3	2	1	
								Octet 1
								Octet 2
								Octet 3
								.
								.
								.
								Octet n

σειρά. Για κάθε octet το bit 1, που είναι το λιγότερο σημαντικό bit, μεταδίδεται πρώτο και το bit 8, που είναι το περισσότερο σημαντικό bit, τελευταίο.

β) Σειρά των bit στα πεδία του πλαισίου

Όταν ένα πεδίο αποτελείται μόνο από ένα octet τότε το λιγότερο σημαντικό bit έχει και τη μικρότερη αξία. Όταν ένα πεδίο έχει έκταση μεγαλύτερη του ενός octet, η αξία των bit μειώνεται προοδευτικά όσο ο αριθμός του octet μέσα στο πεδίο αυξάνεται. Το λιγότερο σημαντικό bit σε σχέση με το πεδίο έχει και τη μικρότερη αξία.

Για παράδειγμα σε ένα πεδίο διεύθυνσης με δύο octet ο καθορισμός της αξίας των bit του DLCI φαίνεται παρακάτω.

8	7	6	5	4	3	2	1	
DLCI (6 MSBit)								EA
2^9	2^8	2^7	2^6	2^5	2^4	C/R	0	Octet 1
DLCI (4 LSBit)								EA
2^3	2	2^1	2^0	FECN	BECN	DE	1	Octet 2

Υπάρχουν δύο εξαιρέσεις στον προηγούμενο κανόνα:

- 1) Η βαρύτητα των bit του πεδίου πληροφορίας.
- 2) Η βαρύτητα των bit για την ακολουθία FCS. Αυτή έχει ως ακολούθως: το bit 1 του πρώτου octet είναι το περισσότερο σημαντικό bit και το bit 8 του δεύτερου octet είναι το λιγότερο σημαντικό bit όπως φαίνεται και στον παρακάτω πίνακα.

8	7	6	5	4	3	2	1	
2^8	2^9	2^{10}	2^{11}	2^{12}	2^{13}	2^{14}	2^{15}	Octet 1
2^0	2^1	2^2	2^3	2^4	2^5	2^6	2^7	Octet 2

γ) Διαφάνεια

Η διαφάνεια, όσον αφορά τη μετάδοση των πλαισίων, επιτυγχάνεται με τη χρήση της τεχνικής "bit stuffing" απ' τον πομπό και τον δέκτη που αντιστοίχως εκτελούν τις διαδικασίες "zero bit insertion" και "zero bit extraction".

Οπως αναφέρθηκε και προηγουμένως τα DTE και DCE πρέπει να εξετάζουν το περιεχόμενο μεταξύ των ακολουθιών flag αρχής και τέλους (πεδία διεύθυνσης, πληροφορίας και FCS) και να εισάγουν ένα "0" μετά από κάθε ακολουθία πέντε "1", που συναντούν (συμπεριλαμβανομένων και των τελευταίων πέντε bit του FCS), για να διασφαλιστεί ότι δεν σχηματίζεται καμιά ακολουθία διακοπής (abort) ή flag μέσα στο πλαίσιο. Οι δέκτες DTE και DCE πρέπει να εξετάζουν τα περιεχόμενα του πλαισίου μεταξύ των ακολουθιών flag αρχής και τέλους και να απορρίπτουν κάθε bit "0" που ακολουθεί αμέσως μετά από πέντε συνεχόμενα bit "1".

δ) Εκπομπή μεταξύ των πλαισίων

Για την κάλυψη του χρόνου που μεσολαβεί μεταξύ δύο διαδοχικών εκπομπών πλαισίων χρησιμοποιείται επίσης η ακολουθία του flag.

ε) Ακυρο πλαίσιο

Ακυρο είναι ένα πλαίσιο για έναν ή περισσότερους απ' τους ακόλουθους λόγους:

- 1) δεν είναι σωστά οριοθετημένο ανάμεσα σε δύο flag,
- 2) δεν αποτελείται από ακέραιο αριθμό octet (υπολογισμός πριν την εκτέλεση της διαδικασίας zero bit insertion κατά την εκπομπή ή μετά την εκτέλεση της διαδικασίας zero bit extraction κατά τη λήψη),
- 3) έχει λιγότερα των δύο octet μεταξύ του πεδίου διεύθυνσης και του flag τέλους,
- 4) περιέχει ένα λανθασμένο FCS,
- 5) το πεδίο διεύθυνσης έχει μήκος ένα octet,
- 6) περιέχει ένα DLCI το οποίο δεν υποστηρίζεται από το δέκτη,
- 7) περιέχει 7 ή περισσότερα διαδοχικά "1" μετά την εκτέλεση της διαδικασίας zero bit insertion ή πριν την εκτέλεση της διαδικασίας zero bit extraction (παραβίαση της διαφάνειας ή απόρριψη του πλαισίου),
- 8) έχει ένα πεδίο πληροφορίας με περισσότερα octet από την τιμή της παραμέτρου N203.

Τα άκυρα πλαισία πρέπει να απορρίπτονται χωρίς να ειδοποιείται το αποστέλον DTE ή DCE.

στ) Απόρριψη πλαισίου

Η απόρριψη ενός πλαισίου γίνεται με την αποστολή τουλάχιστον επτά συνεχόμενων bit "1" (χωρίς την εισαγωγή "0" bit). Η λήψη επτά ή περισσότερων συνεχόμενων bit "1" από το DTE (ή το DCE) μεταφράζεται ως απόρριψη και το DTE (ή το DCE) αγνοεί το λαμβανόμενο πλαίσιο.

2.4) Παράμετροι και ποιότητα εξυπηρέτησης

2.4.1) Σκοπός

Στην παράγραφο αυτή περιγράφονται οι παράμετροι εξυπηρέτησης, που χρειάζονται για να υποστηριχθούν οι αναγκαίες απαιτήσεις εξυπηρέτησης συμπεριλαμβανομένης και της διαχείρισης έλεγχου για την αντιμετώπιση συμφόρησης.

2.4.2) Παράμετροι εξυπηρέτησης

α) Access Rate (AR)

Ο ρυθμός πρόσβασης (Access Rate) είναι ο μέγιστος ρυθμός με τον οποίο το DTE μπορεί να εγχέει στο δίκτυο ή να εξάγει απ' αυτό δεδομένα. Καθορίζεται δε από την ταχύτητα του καναλιού πρόσβασης. Η τελευταία επιλέγεται από το χρήστη, από ένα σύνολο υποστηριζόμενων από το δίκτυο τιμών και συμφωνείται για κάποιο χρονικό διάστημα.

β) Committed Burst Size (Bc)

Το μέγεθος της υποχρεωτικής ριπής (Committed Burst Size) είναι το ποσό των δεδομένων, για ένα συγκεκριμένο νοητό κύκλωμα, που το δίκτυο συμφωνεί να μεταφέρει κάτω από κανονικές συνθήκες κατά το χρονικό διάστημα T_c [βλέπε 2.4.2 (ε)]. Η τιμή που χρησιμοποιείται γι' αυτή την παράμετρο εξυπηρέτησης για μια δεδομένη κατεύθυνση μετάδοσης (δηλαδή κατεύθυνση εξόδου από το DTE προς το DCE και κατεύθυνση εισόδου από το DCE προς το DTE) επιλέγεται από ένα σύνολο υποστηριζόμενων από το δίκτυο τιμών και συμφωνείται για κάποιο χρονικό διάστημα. Η τιμή αυτής της παραμέτρου

εξυπηρέτησης, για μια δεδομένη κατεύθυνση μετάδοσης, μπορεί επίσης να συμφωνείται κατά την διαδικασία αποκατάστασης κλήσης (call set - up).

γ) Excess Burst Size (Be)

Το μέγεθος της υπερβάλλουσας ριπής (Excess Burst Size) είναι το ποσό των δεδομένων που το δίκτυο πρέπει να προσπαθήσει να δεχτεί από ένα DTE επιπροσθέτως με το μέγεθος της υποχρεωτικής ριπής (Bc), για ένα συγκεκριμένο νοητό κύκλωμα κατά το χρονικό διάστημα Tc [βλέπε 2.4.2 (ε)]. Η τιμή που χρησιμοποιείται γι' αυτή την παράμετρο εξυπηρέτησης για μια δεδομένη κατεύθυνση μετάδοσης (δηλαδή κατεύθυνση εξόδου από το DTE προς το DCE και κατεύθυνση εισόδου από το DCE προς το DTE) επιλέγεται από ένα σύνολο υποστηριζόμενων από το δίκτυο τιμών και συμφωνείται για κάποιο χρονικό διάστημα. Η τιμή αυτής της παραμέτρου εξυπηρέτησης, για μια δεδομένη κατεύθυνση μετάδοσης, μπορεί επίσης να συμφωνείται κατά την διαδικασία αποκατάστασης κλήσης (call set - up).

δ) Committed Information Rate (CIR)

Ο υποχρεωτικός ρυθμός πληροφορίας (Committed Information Rate (CIR)) είναι ο ρυθμός μεταφοράς πληροφορίας που το δίκτυο δεσμεύεται να υποστηρίζει για ένα συγκεκριμένο νοητό κύκλωμα κάτω από κανονικές συνθήκες. Ο ρυθμός είναι το μέσο μέγεθος της υποχρεωτικής ριπής για το χρονικό διάστημα Tc. Η τιμή που χρησιμοποιείται γι' αυτή την παράμετρο εξυπηρέτησης για μια δεδομένη κατεύθυνση μετάδοσης (δηλαδή κατεύθυνση εξόδου από το DTE προς το DCE και κατεύθυνση εισόδου από το DCE προς το DTE) επιλέγεται από ένα σύνολο υποστηριζόμενων από το δίκτυο τιμών και συμφωνείται για κάποιο χρονικό διάστημα. Η τιμή αυτής της παραμέτρου εξυπηρέτησης, για μια δεδομένη κατεύθυνση μετάδοσης, μπορεί επίσης να συμφωνείται κατά την διαδικασία αποκατάστασης κλήσης (call set - up).

ε) Committed Rate Measurement Interval (Tc)

Το Committed Rate Measurement Interval (Tc) είναι το χρονικό διάστημα κατά τη διάρκεια του οποίου το δίκτυο μπορεί να περιμένει δεδομένα μεγέθους υποχρεωτικής ριπής και μεγέθους υπερβάλλουσας ριπής. Για κάθε κατεύθυνση μετάδοσης υπολογίζεται σύμφωνα με τον ακόλουθο τύπο:

- 1) αν $CIR > 0$, $Tc = Bc/CIR$,
- 2) αν $CIR = 0$, το Tc παίρνει μια τιμή που επιλέγεται από το χρήστη από ένα σύνολο υποστηριζόμενων από το δίκτυο τιμών και συμφωνείται για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.

στ) Μέγιστο μήκος του πεδίου πληροφορίας του Frame Relay (N203)

Το μέγεθος του πεδίου πληροφορίας του Frame Relay (παράμετρος N203) είναι ο αριθμός των octet των δεδομένων του χρήστη. Η απαρίθμηση των octet αρχίζει από το αμέσως επόμενο octet του πεδίου διεύθυνσης και τελειώνει στο αμέσως προηγούμενο octet του πεδίου FCS. Η απαρίθμηση γίνεται πριν τη διαδικασία εισαγωγής μηδενικών bit (zero bit insertion) στην πλευρά του εκπομπού και μετά τη διαδικασία εξαγωγής των μηδενικών bit (zero bit extraction) στην πλευρά του δέκτη. Η τιμή που χρησιμοποιείται για την παράμετρο N203 για μια δεδομένη κατεύθυνση μετάδοσης (δηλαδή κατεύθυνση εξόδου από το DTE προς το DCE και κατεύθυνση εισόδου από το DCE προς το DTE) επιλέγεται από ένα σύνολο υποστηριζόμενων από το δίκτυο τιμών και συμφωνείται για κάποιο χρονικό διάστημα. Η τιμή της παραμέτρου N203, για μια δεδομένη κατεύθυνση μετάδοσης, μπορεί επίσης να συμφωνείται κατά την διαδικασία αποκατάστασης κλήσης (call set - up). Όλα τα δίκτυα υποστηρίζουν τουλάχιστον 1600 octet.

2.4.3) Ποιότητα εξυπηρέτησης

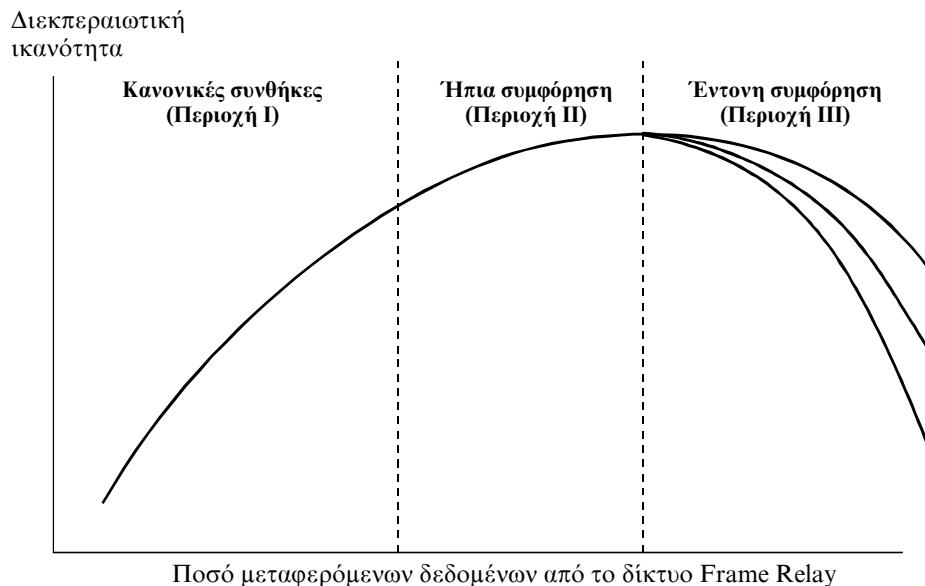
Το επίπεδο ποιότητας της εξυπηρέτησης για διακίνηση δεδομένων χαρακτηριζόμενη από τις παραμέτρους CIR, Bc και Tc μπορεί να τηρηθεί με συγκεκριμένη πιθανότητα. Το δε επίπεδο ποιότητας της εξυπηρέτησης για διακίνηση χαρακτηριζόμενη από την παράμετρο Bc μπορεί επίσης να τηρηθεί με συγκεκριμένη πιθανότητα. Περιπτώσεις συμφόρησης στο δίκτυο ή στη διασύνδεση DTE/DCE έχουν αντίκτυπο στο επίπεδο ποιότητας της παρεχόμενης εξυπηρέτησης.

2.5) Ελεγχος συμφόρησης (Congestion Control)

2.5.1) Γενικά

Κάτω από κανονικές συνθήκες λειτουργίας το DCE πρέπει να έχει τη δυνατότητα να λαμβάνει τα δεδομένα που στέλνονται από μεμονωμένα DTE και να τα μεταδίδει, με μια ελάχιστη καθυστέρηση, με το ρυθμό μετάδοσης του χρήστη (δηλαδή το ρυθμό προσπέλασης των φυσικών γραμμών, που έχει συμφωνηθεί) προς τα μακρινά DTE. Ομως, όταν το DCE ταλαιπωρείται από μια ήπια συμφόρηση, υπάρχει καθυστέρηση, καθώς τα πλαίσια που λαμβάνονται απ' τα μεμονωμένα DTE δεν μπορούν να μεταδοθούν αμέσως και έτσι αποθηκεύονται προσωρινά σε buffers πριν σταλούν προς το μακρινό DTE, με συνέπεια να αυξάνεται η καθυστέρηση μετάδοσής τους.

Εάν η συμφόρηση στο δίκτυο χειροτερέψει τόσο ώστε το δίκτυο να μην μπορεί πλέον να μεταδώσει τα πλαίσια των χρηστών με το ρυθμό που αυτά στέλνονται από τα DTE, τα πλαίσια που θα αποθηκεύονται έτσι στους buffer θα προκαλέσουν υπερχείλιση (overflow) των τελευταίων με αποτέλεσμα τα πλαίσια που υπερχειλίζονται να απορρίπτονται.



Σχέση μεταξύ συμφόρησης δικτύου και διεκπεραιωτικής ικανότητας

Οι χρήστες μπορούν να αποφύγουν τη δημιουργία αυτής της συμφόρησης και να εμποδίσουν την απόρριψη των πλαισίων τους με το να μειώσουν το ρυθμό μετάδοσης των δεδομένων τους προς το δίκτυο στο επίπεδο του CIR (Committed Information Rate), από την αρχή. Γι' αυτό το λόγο είναι αναγκαίο να εξετάζονται, κατά τη ρύθμιση των λεπτομερειών της χωρητικότητας για τις υπηρεσίες των PVC, παράγοντες όπως ο συνολικός CIR για όλες τις υπηρεσίες του PVC που εξυπηρετούνται απ' το δίκτυο, το ποσοστό χρήσης που είναι κατανεμημένο στη μετάδοση δεδομένων και στη λήψη τους για κάθε σύνδεση και η αναλογία αυτού του ποσοστού χρήσης προς το ρυθμό των φυσικών γραμμών.

Προκειμένου να υπάρξει εγγύηση για την ποιότητα των υπηρεσιών μετάδοσης δεδομένων μέσω του δικτύου Frame Relay, είναι κυρίως αναγκαίο να εξασφαλιστεί ότι το ποσοστό των πλαισίων που απορρίπτονται κατά τη διάρκεια της φυσιολογικής λειτουργίας μένει κάτω από ένα συγκεκριμένο επίπεδο. Και ενώ δεν είναι δυνατό να εξασφαλιστεί το ίδιο επίπεδο αξιοπιστίας για τα διαστήματα συμφόρησης, είναι τουλάχιστον αναγκαίο να εξασφαλιστεί ότι το ποσοστό των πλαισίων που απορρίπτονται μένει κάτω από το επίπεδο εκείνο που χρειάζεται προκειμένου να εξυπηρετηθούν οι επικοινωνίες στο ελάχιστο επίπεδο. Σε περίπτωση σοβαρότερης συμφόρησης η εξυπηρέτηση της μετάδοσης δεδομένων πρέπει να σταματά για να ανακτήσει το δίκτυο τους πόρους του και διότι είναι αδύνατον να εξασφαλιστεί η μεταφορά δεδομένων.

Το σχήμα της προηγούμενης σελίδας δείχνει τη σχέση μεταξύ του βαθμού συμφόρησης του δικτύου και της διεκπεραιωτικής ικανότητας μετάδοσης των δεδομένων του χρήστη. Εκεί φαίνεται ότι κατά τη διάρκεια συμφόρησης η απόρριψη των πλαισίων και η επανεκπομπή των πλαισίων του χρήστη οδηγεί σε μείωση της συνολικής διεκπεραιωτικής ικανότητας.

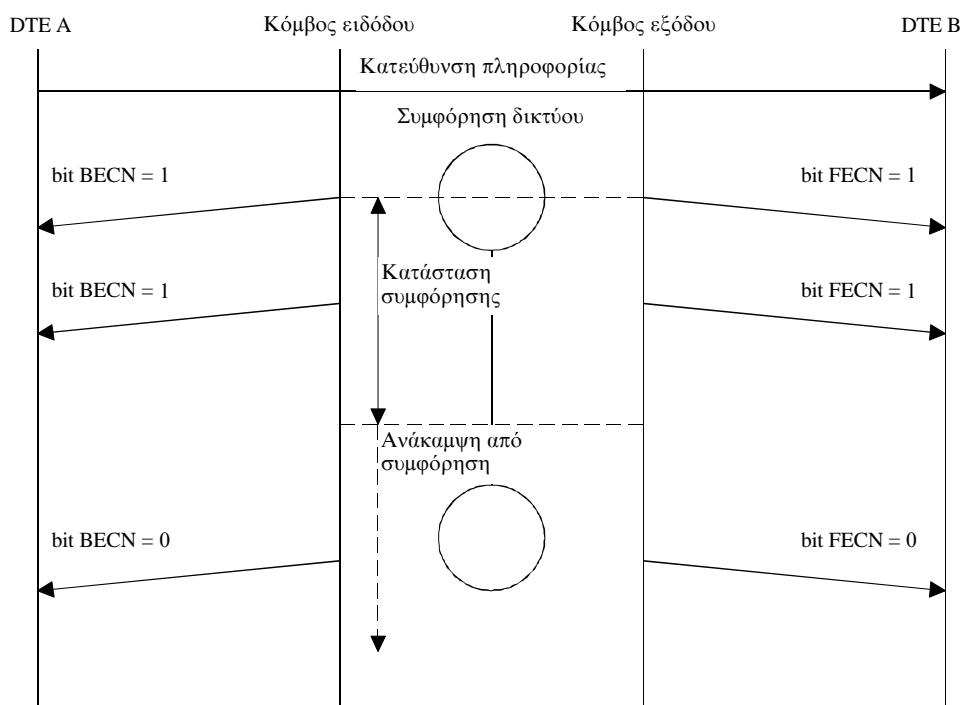
Η περιοχή I δείχνει τη διεκπεραιωτική ικανότητα του δικτύου υπό κανονικές συνθήκες, η περιοχή II δείχνει την κατάστασή του σε διαστήματα ήπιας συμφόρησης ενώ η περιοχή III δείχνει την κατάσταση σε περίπτωση έντονης συμφόρησης.

2.5.2) Επίδραση της συμφόρησης

Αμέσως μόλις εμφανιστούν τα πρώτα συμπτώματα ήπιας συμφόρησης, το

δίκτυο πρέπει να θέτει σε εφαρμογή διαδικασίες παρατήρησης της συμφόρησης, ειδοποίησης των DTE και όπου είναι δυνατόν ελέγχου της υπερβολικής κυκλοφορίας, έτσι ώστε να απομακρύνεται όσο το δυνατόν το ενδεχόμενο απόρριψης πλαισίων. Το δίκτυο πρέπει να στέλνει μηνύματα στα DTE με τα οποία να τα ειδοποιεί σαφώς ότι υπάρχει συμφόρηση στο δίκτυο. Τα DTE πρέπει να απαντούν σε τέτοια μηνύματα με ελάττωση της μετάδοσης προς το δίκτυο, έτσι ώστε να του επιτρέπουν να ανακάμψει από τη συμφόρηση.

Σε περιπτώσεις συμφόρησης τα δίκτυα γενικά απορρίπτουν τα πλαίσια εκείνα τα οποία έχουν μαρκαριστεί ως "Discard Eligible", δηλαδή έχουν DE bit "1", προτιμώντας τα από τα άλλα. Ωστόσο τα δίκτυα μπορούν να απορρίπτουν οποιαδήποτε πλαίσια σε οποιαδήποτε στιγμή για να προστατευθούν από κατάρρευση εξαιτίας της συμφόρησης. Ο μόνος τρόπος για τον έλεγχο της μετάδοσης των DTE που δεν ανταποκρίνονται στην επισήμανση συμφόρησης του δικτύου είναι η απόρριψη των πλαισίων τους.



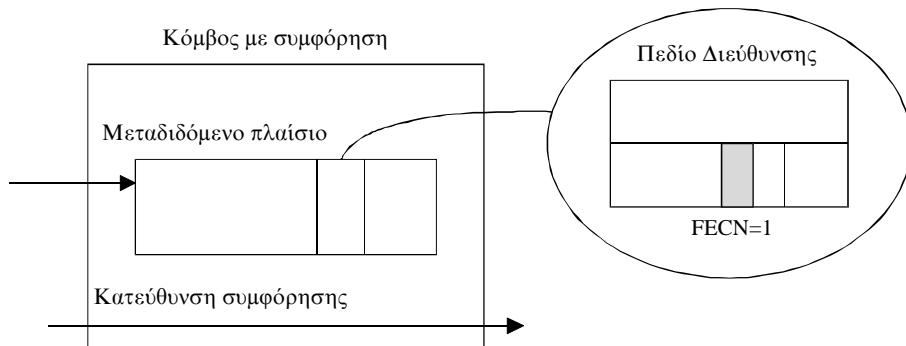
Επισήμανση συμφόρησης δικτύου

2.5.3) Επισήμανση συμφόρησης

Όταν το δίκτυο εντοπίσει μια κατάσταση συμφόρησης, μπορεί να κάνει τα bit FECN και/ή BECN "1" στα πλαίσια που στέλνει στα "ενδιαφερόμενα" DTE (βλέπε σχήμα προηγούμενης σελίδας). Μερικά δίκτυα μπορούν επίσης να στέλνουν ένα μήνυμα συνολικής διαχείρισης του επιπέδου σύνδεσης (Consolidated Link Layer Management (CLLM)) στα "ενδιαφερόμενα" DTE.

a) Forward Explicit Congestion Notification (FECN)

Η επισήμανση της συμφόρησης του δικτύου, που γίνεται προς την ίδια κατεύθυνση με αυτή των μεταδιδόμενων δεδομένων που την προκαλούν (τη συμφόρηση), ονομάζεται forward explicit congestion notification. Το δίκτυο θέτει το bit FECN "1" μέσα στο πεδίο διεύθυνσης του πλαισίου, που περνά μέσα απ' τον κόμβο, που έχει υποστεί τη συμφόρηση, για να ενημερώσει τον λαμβάνοντα χρήστη για τη συμφόρηση του δικτύου.



Επισήμανση συμφόρησης με χρήση του bit FECN

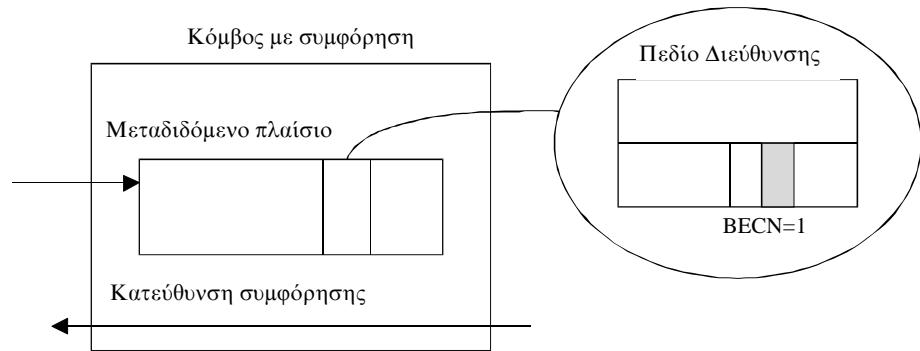
Σημείωση

Το bit FECN μπορεί να γίνει "1" και από το DTE για να ειδοποιήσει το δίκτυο ή κάποιο άλλο μακρινό DTE.

β) Backward Explicit Congestion Notification (BECN)

Η επισήμανση της συμφόρησης του δικτύου, που γίνεται προς την αντίθετη κατεύθυνση απ' αυτή των μεταδιδόμενων δεδομένων που την

προκαλούν (τη συμφόρηση), ονομάζεται backward explicit congestion notification. Το δίκτυο θέτει το bit BECN "1" μέσα στο πεδίο διεύθυνσης του πλαισίου, που περνά μέσα απ' τον κόμβο, που έχει υποστεί τη συμφόρηση, για να ενημερώσει το λαμβάνον DTE για τη συμφόρηση του δικτύου.



Επισήμανση συμφόρησης με χρήση του bit BECN

Σημείωση

Το bit BECN μπορεί να γίνει “1” και από το DTE για να ειδοποιήσει το δίκτυο ή κάποιο άλλο μακρινό DTE.

2.5.4) Μέθοδος ανίχνευσης της συμφόρησης από το DTE και ενέργειές του

Ενα DTE μπορεί να εντοπίζει τη συμφόρηση του δικτύου είτε με υπονοούμενη (implicit), είτε με σαφή (explicit) ανίχνευση. Σ' αυτή την υποπαράγραφο περιγράφονται οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται από τα DTE για να εντοπίζουν τη συμφόρηση του δικτύου και οι ενέργειες οι οποίες πρέπει να γίνονται από τα DTE σε περιπτώσεις συμφόρησης.

Υπονοούμενη ανίχνευση συμφόρησης

Τα DTE έχουν την ικανότητα να εντοπίζουν αυτόματα την συμφόρηση χωρίς να λαμβάνουν επισήμανση σαφούς συμφόρησης (explicit congestion notification) από το δίκτυο. Οταν το δίκτυο έχει σοβαρή συμφόρηση υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να απορριφθούν πλαίσια. Για να αποφεύγουν την απώλεια πλαισίων, τα DTE πρέπει να αναγνωρίζουν συμφόρηση στο δίκτυο όταν

διαπιστώνουν ότι ο αριθμός των πλαισίων που απορρίπτονται υπερβαίνει ένα καθορισμένο κατώφλι. Παραδείγματα μεθόδων που μπορεί να χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση της συμφόρησης, είναι η εκχώρηση των διαδοχικών αριθμών από το πρωτόκολλο υψηλότερου επιπέδου στο πλαίσιο, ή η χρήση της διαδικασίας του 2ου επιπέδου (timer ή REJ frame) για την ανίχνευση χαμένων πλαισίων. Η διαδικασία με την οποία ένα DTE αυτόματα εντοπίζει μια κατάσταση συμφόρησης, χωρίς να λάβει ειδοποίηση γι' αυτήν από το δίκτυο, είναι γνωστή ως "υπονοούμενη ανίχνευση συμφόρησης" (implicit congestion detection). Οταν εντοπισθεί μια κατάσταση συμφόρησης κατ' αυτό τον τρόπο, το DTE πρέπει τότε να μειώσει τη μετάδοση προς το δίκτυο για να ελέγξει τη συνολική ροή.

Σαφής ανίχνευση συμφόρησης

Σε στιγμές συμφόρησης το δίκτυο μπορεί να χρησιμοποιήσει τα bit BECN/FECN κάνοντάς τα "1" ή να στείλει ένα μήνυμα συνολικής διαχείρισης του επιπέδου σύνδεσης (CLLM), για να πληροφορήσει τα DTE για την κατάσταση συμφόρησης και να απαιτήσει απ' αυτά να μειώσουν την μετάδοσή τους προς το δίκτυο. Επίσης σε στιγμές συμφόρησης μπορεί το δίκτυο να προσπαθήσει να αποφύγει περαιτέρω συμφόρηση ζητώντας από τα DTE να μειώσουν τη μετάδοσή τους προς το δίκτυο. Η συνεχιζόμενη συμφόρηση μπορεί να οδηγήσει σε απόρριψη πλαισίων, ενέργεια η οποία θα επηρεάσει την ποιότητα των επικοινωνιών.

3

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΩΝ PVC

3.1) Γενικά

Οι διαδικασίες, που περιγράφονται παρακάτω, παρέχουν και υποστηρίζουν τις ακόλουθες λειτουργίες:

- επιβεβαίωση της ακεραιότητας της σύνδεσης μιας ζεύξης DTE/DCE,
- ειδοποίηση του DTE για την προσθήκη ενός PVC,
- ανίχνευση από το DTE για πιθανή διαγραφή ενός PVC,
- ειδοποίηση του DTE για την τρέχουσα κατάσταση ενός PVC.

Αυτές οι διαδικασίες βασίζονται στην περιοδική αποστολή μηνυμάτων "Ενδιερώτησης Στάτου" (Status Enquiry) από το DTE και μηνυμάτων "Στάτου" (Status) από το DCE. Η υποστήριξη αυτών των διαδικασιών από το δίκτυο είναι υποχρεωτική. Το DTE πρέπει να ενημερώσει από την αρχή αν θα χρησιμοποιήσει αυτές τις διαδικασίες ή όχι. Ακόμη, όταν το DTE είναι ένα ιδιωτικό δίκτυο, μπορούν να χρησιμοποιηθούν επιπρόσθετες αμφίδρομες διαδικασίες (περιγράφονται παρακάτω). Τότε το DTE πρέπει πάλι να δηλώσει από την αρχή αν θα χρησιμοποιήσει αυτές τις αμφίδρομες διαδικασίες ή όχι. Για δε το δίκτυο είναι προαιρετική η υποστήριξη τέτοιων διαδικασιών.

3.2) Καθορισμός μηνύματος

Και τα δυο μηνύματα μεταφέρονται με DLCI = 0, ενώ τα bit FECN, BECN και DE δεν χρησιμοποιούνται, πρέπει να γίνονται "0" κατά την αποστολή και να μη λαμβάνονται υπόψην κατά την λήψη. Τα τρία octet που ακολουθούν το πεδίο διεύθυνσης έχουν τις εξής σταθερές τιμές:

- το πρώτο octet είναι το πεδίο ελέγχου των πλαισίων Unnumbered Information (UI) του SDLC με το Poll/Final bit να είναι ίσο με "0",
- το δεύτερο octet (Protocol discriminator) είναι το στοιχείο εκείνο του μηνύματος που διευκρινίζει το πρωτόκολλο ενώ,

- το τρίτο octet (Dummy call reference) είναι το στοιχείο εκείνο του μηνύματος που αναφέρεται στην τεχνητή κλήση.

Octet	8	7	6	5	4	3	2	1	
1	Flag								
2	0	0	0	0	0	0	0	0	DLCI 0
3	0	0	0	0	0	0	0	1	
4	0	0	0	0	0	0	1	1	UI Poll/Final bit 0
5	0	0	0	0	1	0	0	0	Protocol discriminator
6	0	0	0	0	0	0	0	0	Dummy call reference
	FCS								
	Flag								

Μορφή των πλαισίου διαχείρισης των PVC (για διεύθυνση 2 octet)

a) Μήνυμα "Ενδιερώτησης Στάτου" (STATUS ENQUIRY)

Το μήνυμα αυτό στέλνεται ως ερώτηση της κατάστασης των PVC ή για να επιβεβαιωθεί η ακεραιότητα της σύνδεσης.

Τύπος μηνύματος: STATUS ENQUIRY Σημασία: Τοπική	Κατεύθυνση: Και προς τις 2		
Στοιχείο πληροφορίας	Κατεύθυνση	Τύπος	Μήκος
Message type	Και προς τις 2	Υποχρεωτικό	1
Report type	Και προς τις 2	Υποχρεωτικό	3
Link integrity verification	Και προς τις 2	Υποχρεωτικό	4

Στοιχεία ειδικών πληροφοριών του μηνύματος "Ενδιερώτησης Στάτου"

β) Μήνυμα "Στάτου" (STATUS)

Το μήνυμα αυτό στέλνεται ως μια απάντηση στο μήνυμα "Ενδιερώτησης Στάτου" (Status enquiry) για να δηλώσει την κατάσταση (status) των PVC ή για να επιβεβαιώσει την ακεραιότητα της σύνδεσης. Προαιρετικά μπορεί να σταλεί οποιαδήποτε στιγμή για να δηλώσει την κατάσταση ενός μόνο PVC. Η μορφή του μηνύματος αυτού φαίνεται στον πίνακα της επόμενης σελίδας. Στο μήνυμα αυτό το στοιχείο πληροφορίας "PVC Status" μπορεί να περιλαμβάνεται αρκετές φορές.

Τύπος μηνύματος: STATUS Σημασία: Τοπική		Κατεύθυνση: Και προς τις 2	
Στοιχείο πληροφορίας	Κατεύθυνση	Τύπος	Μήκος
Message type	Και προς τις 2	Υποχρεωτικό	1
Report type	Και προς τις 2	Υποχρεωτικό	3
Link integrity verification	Και προς τις 2	Προαιρετικό/Υποχρεωτικό (Σημ.)	4
PVC status	Και προς τις 2	Προαιρετικό/Υποχρεωτικό (Σημ.)	5-7
ΣΗΜΕΙΩΣΗ - Εξαρτάται από τον τύπο αναφοράς (3ο octet του "Report type"). Βλέπε 3.4.			

Στοιχεία ειδικών πληροφοριών του μηνύματος "Στάτου"

3.3) Στοιχεία ειδικών πληροφοριών του μηνύματος

a) Message type (τύπος του μηνύματος)

Η κωδικοποίηση του τύπου του μηνύματος στο στοιχείο πληροφορίας "Message type", φαίνεται παρακάτω:

Bit	8765 4321
011-----	
1 0101	STATUS ENQUIRY
1 1101	STATUS

Στοιχείο πληροφορίας "Message type"

β) Report type (τύπος αναφοράς)

8	7	6	5	4	3	2	1	Octet
0	1	0	1	0	0	0	1	
Μήκος περιεχομένων του "Report type" = 1								
Τύπος αναφοράς								3
Τύπος αναφοράς (octet 3)								
Bit								
8765 4321								
0000 0000 Full status (κατάσταση όλων των PVC της διασύνδεσης DTE/DCE)								
0000 0001 Link integrity verification only								
0000 0010 Single PVC asynchronous status								
Ολες οι άλλες τιμές είναι δεσμευμένες								

Στοιχείο πληροφορίας "Report type"

Σκοπός του στοιχείου πληροφορίας "Report type", όταν αυτό περιλαμβάνεται μέσα σε ένα μήνυμα "Ενδιερώτησης Στάτου" (Status enquiry) ή στα περιεχόμενα ενός μηνύματος "Στάτου" (Status), είναι η δήλωση του τύπου της ερώτησης. Το μήκος αυτού του στοιχείου είναι 3 octet. Η μορφή του στοιχείου πληροφορίας "Report type" φαίνεται στον πίνακα της προηγούμενης σελίδας όπου η δήλωση του τύπου αναφοράς γίνεται στο octet 3.

γ) Link integrity verification (επιβεβαίωση της ακεραιότητας της σύνδεσης)

Σκοπός του στοιχείου πληροφορίας "Link integrity verification" (επιβεβαίωσης της ακεραιότητας της σύνδεσης) είναι η ανταλλαγή διαδοχικών αριθμών, μεταξύ του DTE και του DCE, σε περιοδική βάση. Το μήκος αυτού του στοιχείου πληροφορίας είναι 4 octet. Το δε μήκος των περιεχομένων του στοιχείου πληροφορίας "Link integrity verification" κωδικοποιείται δυαδικά στο octet 2.

Η μορφή του στοιχείου πληροφορίας "Link integrity verification" (επιβεβαίωσης της ακεραιότητας της σύνδεσης) φαίνεται στον παρακάτω πίνακα, όπου το "send sequence number" στο octet 3 δηλώνει τον τρέχοντα διαδοχικό αριθμό εκπομπής του αποστολέα του μηνύματος, ενώ το "receive sequence number" στο octet 4 δηλώνει τον διαδοχικό αριθμό εκπομπής που είχε το τελευταίο μήνυμα που έλαβε ο αποστολέας του τρέχοντος μηνύματος.

8	7	6	5	4	3	2	1	Octet
0	1	0	1	0	0	1	1	1
Μήκος περιεχομένων του "link integrity verification" = 2								
Send sequence number								
Receive sequence number								

Στοιχείο πληροφορίας "Link integrity verification"

δ) PVC Status (κατάσταση των PVC)

Σκοπός του στοιχείου πληροφορίας "PVC Status" είναι η δήλωση της κατάστασης των υπαρχόντων PVC στη συγκεκριμένη διασύνδεση. Το στοιχείο πληροφορίας μπορεί να επαναλαμβάνεται, εάν είναι αναγκαίο, μέσα σε ένα μήνυμα για να δηλωθεί η κατάσταση όλων των PVC που υφίστανται στη διασύνδεση DTE/DCE. Το μήκος αυτού του στοιχείου πληροφορίας εξαρτάται

από το μήκος των DLCI που χρησιμοποιούνται στη συγκεκριμένη διασύνδεση DTE/DCE. Το μήκος αυτού του στοιχείου πληροφορίας είναι 5 octet όταν χρησιμοποιείται το εξ ορισμού πεδίο διεύθυνσης των 2 octet. Η μορφή του στοιχείου πληροφορίας "PVC Status", όταν χρησιμοποιείται το εξ ορισμού πε-

8	7	6	5	4	3	2	1	Octet
0	1	0	1	0	1	1	1	
Μήκος περιεχομένων του "PVC Status" = 3								
0 ext.	0 spare	Data Link connection identifier (6 MSBit)						1
1 ext.	Data Link connection identifier (4 LSBit)				0	0 spare	0	2
1 ext.	0 spare	0	0	New "N"	Delete "D"	Active "A"	0 reserved	3α
								4

Στοιχείο πληροφορίας "PVC STATUS" για πλαίσια με πεδίο διεύθυνσης 2 octet

8	7	6	5	4	3	2	1	Octet
0	1	0	1	0	1	1	1	
Μήκος περιεχομένων του "PVC Status" = 4								
0 ext.	0 spare	Data Link connection identifier (6 MSBit)						1
0 ext.	Data Link connection identifier (4 bit)				0	0 spare	0	2
1 ext.	Data Link connection identifier (6 LSBit)						0 spare	3α
1 ext.	0 spare	0	0	New "N"	Delete "D"	Active "A"	0 reserved	3β
								4

Στοιχείο πληροφορίας "PVC STATUS" για πλαίσια με πεδίο διεύθυνσης 3 octet

8	7	6	5	4	3	2	1	Octet
0	1	0	1	0	1	1	1	
Μήκος περιεχομένων του "PVC Status" = 5								
0 ext.	0 spare	Data Link connection identifier (6 MSBit)						1
0 ext.	Data Link connection identifier (4 bit)				0	0 spare	0	2
0 ext.	Data Link connection identifier (7 bit)							3α
1 ext.	Data Link connection identifier (6 LSBit)						0 spare	3β
1 ext.	0 spare	0	0	New "N"	Delete "D"	Active "A"	0 reserved	3γ
								4

Στοιχείο πληροφορίας "PVC STATUS" για πλαίσια με πεδίο διεύθυνσης 4 octet

δίο διεύθυνσης των 2 octet αλλά και τα πεδία 3 και 4 octet, φαίνεται στους πίνακες της προηγούμενης σελίδας. Το bit 6 του τρίτου octet είναι το περισσότερο σημαντικό bit του DLCI.

Το bit 2 του τελευταίου octet κάθε στοιχείου πληροφορίας "PVC Status" (κατάστασης των PVC) είναι το bit "Active" (ενεργό) που γίνεται "1" για να δηλώσει ότι το PVC είναι "ενεργό" και "0" για να δηλώσει ότι το PVC είναι "ανενεργό". Η ένδειξη "ενεργό" δηλώνει ότι το PVC είναι διαθέσιμο να χρησιμοποιηθεί για μεταφορά δεδομένων. Η δε ένδειξη "ανενεργό" σημαίνει ότι το PVC είναι σχηματισμένο αλλά δεν είναι διαθέσιμο για μεταφορά δεδομένων.

Το bit 3 του τελευταίου octet κάθε στοιχείου πληροφορίας "PVC Status" (κατάστασης των PVC) είναι το bit "Delete" (εξάλειψη), το οποίο γίνεται "1" για να δηλώσει ότι το PVC σβήνεται και "0" για να δηλώσει ότι το PVC είναι σχηματισμένο.

Το bit 4 του τελευταίου octet κάθε στοιχείου πληροφορίας "PVC Status" (κατάστασης των PVC) είναι το bit "New" (νέο) το οποίο γίνεται "1" για να δηλώσει ότι το PVC έχει μόλις σχηματισθεί και "0" για να δηλώσει ότι το PVC είναι ήδη σχηματισμένο.

Τα στοιχεία πληροφορίας "PVC Status" (κατάστασης των PVC) είναι ταξινομημένα μέσα στο μήνυμα κατά αύξοντα αριθμό DLCI. Το PVC με το μικρότερο DLCI είναι πρώτο, το PVC με το δεύτερο μικρότερο DLCI είναι δεύτερο κ.ο.κ. Ο μέγιστος αριθμός από PVC που μπορούν να δηλωθούν μέσα σε ένα μήνυμα εξαρτάται από το μέγιστο μήκος του πλαισίου.

Το "Delete" bit είναι κατάλληλο μόνο για έγκαιρη ειδοποίηση με χρήση του προαιρετικού μηνύματος "Single PVC asynchronous status". Οταν το "Delete" bit είναι "1", τα bit "New" και "Active" δεν έχουν καμία σημασία και πρέπει να γίνονται "0" κατά τη μετάδοση και να μην μεταφράζονται κατά τη λήψη.

Οταν τα bit "New" και "Active" έχουν σημασία, το "Delete" bit πρέπει να γίνεται "0" κατά τη μετάδοση και να μην μεταφράζεται κατά τη λήψη.

3.4) Περιγραφή των διαδικασιών

Παρακάτω περιγράφονται οι διαδικασίες που χρησιμοποιούν περιοδική σταθμοσκόπηση προκειμένου να επιβεβαιώσουν την ακεραιότητα της σύνδεσης και να ενημερώσουν για την κατάσταση των PVC.

3.4.1) Περιοδική σταθμοσκόπηση (Periodic polling)

- Γενικά

Η σταθμοσκόπηση αρχικοποιείται πάντοτε από το DTE, ενώ η διαδικασία σε γενικές γραμμές έχει ως εξής:

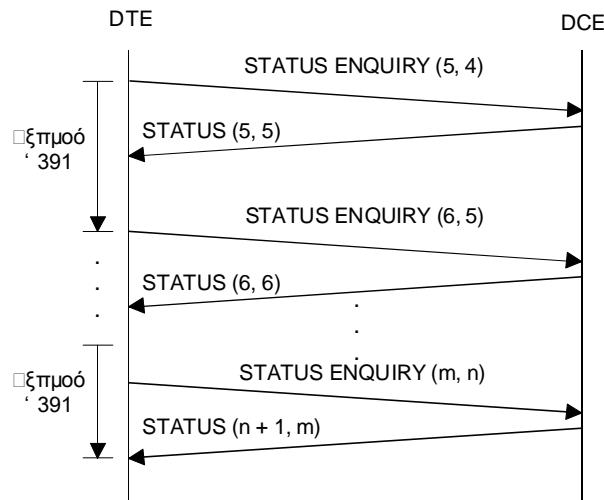
- 1) Το DTE στέλνει ένα μήνυμα "Ενδιερώτησης Στάτου" (Status enquiry) προς το DCE και ξεκινάει τον μετρητή σταθμοσκόπησης T391. Οταν ο μετρητής τελειώσει το DTE επαναλαμβάνει την παραπάνω διαδικασία. Αυτό το μήνυμα "Ενδιερώτησης Στάτου" (Status enquiry) τυπικά ζητά μια ανταλλαγή επιβεβαιώσεων της ακεραιότητας της σύνδεσης ("τύπος αναφοράς" = '0000 0001'). Ομως κάθε N391 κύκλους σταθμοσκόπησης το DTE ζητά μια συνολική εικόνα της κατάστασης όλων των PVC ("τύπος αναφοράς" = '0000 0000').
- 2) Το DCE ανταποκρίνεται σε κάθε μήνυμα "Ενδιερώτησης Στάτου" (Status enquiry) με ένα μήνυμα "Στάτου" (Status) και ξεκινά τον μετρητή T392, που χρησιμοποιείται από το δίκτυο για τον εντοπισμό λαθών όπως θα δούμε και παρακάτω. Το μήνυμα "Στάτου" (Status) που στέλνεται από το DCE περιέχει τα στοιχεία πληροφορίας "Report type" και "Link integrity verification". Εάν το περιεχόμενο του στοιχείου πληροφορίας "Report type" (τύπος αναφοράς) του μηνύματος "Ενδιερώτησης Στάτου" (Status enquiry) αναφέρεται στη συνολική κατάσταση, τότε το μήνυμα "Στάτου" (Status) πρέπει να περιέχει ένα στοιχείο πληροφορίας "PVC Status" για κάθε PVC που υπάρχει (είναι ενεργό) στη διασύνδεση DTE/DCE.
- 3) Το DTE πρέπει να μεταφράζει το μήνυμα "Στάτου" (Status) στηριζόμενο στον τύπο αναφοράς (3ο octet του στοιχείου πληροφορίας "Report type")

που περιλαμβάνεται μέσα σ' αυτό το μήνυμα. Το DCE μπορεί να ανταποκρίνεται σε κάθε poll με ένα μήνυμα "Στάτου" με τύπο αναφοράς "Full status" σε περίπτωση αλλαγής κατάστασης ενός PVC ή για να αναφερθεί η προσθήκη ή η αφαίρεση ενός PVC στη διασύνδεση DTE/DCE. Εάν λοιπόν το DTE λάβει ένα μήνυμα "Στάτου" με τύπο αναφοράς "Full status", τότε πρέπει να ενημερώσει για την κατάσταση του κάθε σχηματισμένου PVC.

- Επιβεβαίωση της ακεραιότητας της σύνδεσης (Link integrity verification)

Σκοπός του στοιχείου πληροφορίας "Link integrity verification" (επιβεβαίωσης της ακεραιότητας της σύνδεσης) είναι να επιτρέψει στα DTE και DCE να καθορίσουν την κατάσταση της σύνδεσης σηματοδότησης (DLCI 0). Αυτό είναι απαραίτητο αφού αυτές οι διαδικασίες χρησιμοποιούν Unnumbered Information (UI) frame.

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η απλή διαδικασία επιβεβαίωσης της ακεραιότητας της σύνδεσης.



Επιβεβαίωση της ακεραιότητας της σύνδεσης

Τα DTE και DCE διατηρούν τους παρακάτω εσωτερικούς μετρητές:

- Ο μετρητής "send sequence counter" φυλάει την τιμή του πεδίου "send sequence number" του τελευταίου στοιχείου πληροφορίας "Link integrity

"verification" (επιβεβαίωσης της ακεραιότητας της σύνδεσης) που εστάλη.

- Ο μετρητής "receive sequence counter" φυλάει την τιμή του πεδίου "send sequence number" του τελευταίου ληφθέντος στοιχείου πληροφορίας "Link integrity verification" (επιβεβαίωσης της ακεραιότητας της σύνδεσης) και διατηρεί αυτή την τιμή για να την τοποθετήσει στο πεδίο "received sequence number" του επόμενου προς μετάδοση πλαισίου διαχείρισης των PVC.

Πιο συγκεκριμένα βέβαια η χρησιμοποιούμενη διαδικασία έχει ως εξής:

- 1) Πριν ανταλλαχθεί οποιοδήποτε μήνυμα, τα DTE και DCE μηδενίζουν τους μετρητές "send sequence counter" και "receive sequence counter".
- 2) Κάθε φορά που το DTE στέλνει ένα μήνυμα "Ενδιερώτησης Στάτου" (Status enquiry), αυξάνει τον μετρητή "send sequence counter" και τοποθετεί την τιμή του στο πεδίο "send sequence number". Επίσης τοποθετεί την τρέχουσα τιμή του μετρητή "receive sequence counter" στο πεδίο "receive sequence number" του στοιχείου πληροφορίας "Link integrity verification". Το DTE για τον "send sequence counter" χρησιμοποιεί ένα μετρητή modulo 256 που παραλείπει την τιμή 0.
- 3) Οταν το DCE λαμβάνει ένα μήνυμα "Ενδιερώτησης Στάτου" (Status enquiry) από το DTE ελέγχει τον αριθμό "receive sequence number" που έλαβε απ' το DTE και τον συγκρίνει με την τιμή του μετρητή "send sequence counter". Ο λαμβανόμενος αριθμός "send sequence number" φυλάγεται στον μετρητή "receive sequence counter". Το DCE τότε αυξάνει τον μετρητή "send sequence counter" και τοποθετεί την τρέχουσα τιμή του στο πεδίο "send sequence number" και την τιμή του μετρητή "receive sequence counter" στο πεδίο "receive sequence number" του εξερχόμενου στοιχείου πληροφορίας "Link integrity verification". Το DCE κατόπιν στέλνει το πλήρες μήνυμα "Στάτου" (Status) πίσω στο DTE. Το DCE χρησιμοποιεί κι αυτό για μετρητή "send sequence counter" ένα μετρητή modulo 256 που επίσης παραλείπει την τιμή 0.
- 4) Οταν το DTE λαμβάνει ένα μήνυμα "Στάτου" (Status) από το DCE σε απόκριση ενός μηνύματος "Ενδιερώτησης Στάτου" (Status enquiry), το

DTE ελέγχει τον αριθμό "receive sequence number" που έλαβε απ' το DCE και τον συγκρίνει με την τιμή του μετρητή "send sequence counter". Ο λαμβανόμενος αριθμός "send sequence number" φυλάγεται στον μετρητή "receive sequence counter".

Σημείωση

Η τιμή 0 στο πεδίο "receive sequence number" δηλώνει ότι τα περιεχόμενα του δεν είναι καθορισμένα. Η τιμή 0 χρησιμοποιείται κανονικά μετά τη διαδικασία αρχικοποίησης. Η τιμή 0 δεν στέλνεται ποτέ στο πεδίο "send sequence number" ώστε ο αριθμός "receive sequence number" ποτέ να μην αποκτά την τιμή 0 και έτσι να διαφοροποιείται η μη καθορισμένη κατάσταση από την κανονική κυκλική απαρίθμηση.

- Επισήμανση της παρουσίας ή απουσίας ενός PVC

Το DCE πρέπει να επισημαίνει την παρουσία ενός PVC με το κατάλληλο DLCI σε ένα απ' τα στοιχεία πληροφορίας "PVC Status" ενός μηνύματος "Στάτου" με τύπο αναφοράς "Full status". Ενα PVC πρέπει να θεωρείται παρόν όταν είναι σχηματισμένο στο δίκτυο, μέσα στο οποίο βρίσκεται το DCE.

Το DTE πρέπει να ερμηνεύει την παράλειψη από το μήνυμα "Στάτου" με τύπο αναφοράς "Full status" ενός προηγούμενα αναφερθέντος PVC, ως μια ένδειξη ότι το PVC δεν είναι πλέον διαθέσιμο στη διασύνδεση DTE/DCE.

- Επισήμανση για ένα καινούργιο PVC

Μια από τις λειτουργίες της περιοδικής σταθμοσκόπησης είναι να ενημερώνει το DTE για τα PVC που έχουν προστεθεί πρόσφατα, χρησιμοποιώντας ένα μήνυμα "Στάτου" με τύπο αναφοράς "Full status". Η διαδικασία αναφοράς των PVC, που κάνει χρήση μηνυμάτων "Στάτου" με τύπο αναφοράς "Full status", διασφαλίζει ότι δεν μπορεί να διαγραφεί ένα PVC και να προστεθεί κάποιο άλλο χρησιμοποιώντας το ίδιο DLCI και χωρίς το DTE να εντοπίσει την αλλαγή. Η διαδικασία αναφοράς των PVC ορίζεται ως εξής:

- 1) Οταν ένα νέο PVC έχει προστεθεί το DCE κάνει "1" το "New" bit στο στοιχείο πληροφορίας "PVC Status" του συγκεκριμένου PVC, στο μήνυμα "Στάτου" με τύπο αναφοράς "Full status".
- 2) Το DCE δεν πρέπει να κάνει "0" το "New" bit στο στοιχείο πληροφορίας "PVC Status", μέχρι να λάβει ένα μήνυμα "Ενδιερώτησης Στάτου" (Status enquiry), που να έχει αριθμό "receive sequence number" ίδιο μ' αυτό του μετρητή "send sequence counter" (δηλαδή του αριθμού "send sequence number" που εστάλη με το τελευταίο μήνυμα "Στάτου").
- 3) Οταν το DTE λάβει ένα μήνυμα "Στάτου" με τύπο αναφοράς "Full status" το οποίο να περιέχει ένα στοιχείο πληροφορίας "PVC Status" που να προσδιορίζει ένα άγνωστο DLCI και το "New" bit να είναι "1", τότε μαρκάρει το PVC ως νέο και το προσθέτει στην δική του λίστα με τα PVC.

Σημείωση

Οταν το "New" bit είναι "1" το "Delete" bit πρέπει να είναι "0" κατά τη μετάδοση, ενώ κατά τη λήψη το "Delete" bit δεν μεταφράζεται όταν το "New" bit είναι "1".

- Επισήμανση της κατάστασης δραστηριότητας των PVC

Ως απάντηση, σε ένα μήνυμα "Ενδιερώτησης Στάτου" (Status enquiry), το οποίο στέλνεται από το DTE έχοντας το στοιχείο πληροφορίας "Report type" με τύπο αναφοράς "Full status", το DCE αναφέρει προς το DTE σε ένα μήνυμα "Στάτου" (Status) την κατάσταση δραστηριότητας του κάθε PVC, που είναι σχηματισμένο στη διασύνδεση DTE/DCE, χρησιμοποιώντας ένα στοιχείο πληροφορίας "PVC Status" για καθένα.

Ο τύπος αναφοράς του στοιχείου πληροφορίας "Report type" μέσα σ' αυτό το μήνυμα "Στάτου" (Status) γίνεται "Full status". Επίσης, σε ένα μήνυμα "Ενδιερώτησης Στάτου" (Status enquiry), που στέλνεται από το DTE έχοντας το στοιχείο πληροφορίας "Report type" με τύπο αναφοράς "Link integrity verification only", το DCE μπορεί να απαντήσει με ένα μήνυμα "Στάτου" (Status) το οποίο να έχει το στοιχείο πληροφορίας "Report type" με τύπο αναφοράς "Full status", σε

περίπτωση που έχει αλλάξει η κατάσταση κάποιου PVC. Κάθε στοιχείο πληροφορίας "PVC Status" ενός PVC περιέχει ένα "Active" bit που δείχνει την κατάσταση δραστηριότητας του συγκεκριμένου PVC.

Η δράση που το DTE αναλαμβάνει βασιζόμενο στην τιμή του "Active" bit είναι ανεξάρτητη από εκείνη που αναλαμβάνει βασιζόμενο στην τιμή του "New" bit. Το DTE μπορεί να πάρει ένα στοιχείο πληροφορίας "PVC Status" για κάποιο PVC με το "New" bit = "1" και το "Active" bit = "0".

Αν το DTE λάβει ένα στοιχείο πληροφορίας "PVC Status" για κάποιο PVC με το "Active" bit να είναι "0", σταματά την μετάδοση πλαισίων μέσω αυτού του PVC μέχρι να λάβει ένα στοιχείο πληροφορίας "PVC Status" γι' αυτό με το "Active" bit να είναι "1". Οταν το "Active" bit είναι "1" τότε το "Delete" bit πρέπει να είναι "0" κατά τη μετάδοση. Το "Delete" bit δεν μεταφράζεται στο μήνυμα "Στάτου" με τύπο αναφοράς "Full status". Οταν το "Delete" bit είναι "1" στο προαιρετικό ασύγχρονο μήνυμα κατάστασης ενός PVC, το "Active" bit δεν έχει σημασία. Οποια άλλη δράση αναλαμβάνεται από το DTE εξαρτάται από την υλοποίηση.

Από τη στιγμή που υπάρχει καθυστέρηση μεταξύ του χρόνου που το δίκτυο κάνει ένα PVC ενεργό ή εντοπίζει ότι ένα PVC έχει γίνει ανενεργό και του χρόνου που το DCE μεταδίδει ένα στοιχείο πληροφορίας "PVC Status" γι' αυτό το PVC, για να ενημερώσει το DTE, υπάρχει μια πιθανότητα το DTE να λαμβάνει πλαίσια από ένα PVC το οποίο θεωρείται ως ανενεργό. Η δράση την οποία αναλαμβάνει το DTE κατά τη λήψη πλαισίων από ένα ανενεργό PVC εξαρτάται από το δίκτυο και μπορεί να περιλαμβάνει την απόρριψη των πλαισίων που προέρχονται από το ανενεργό PVC.

Το DCE πρέπει να ενημερώνει ότι ένα PVC είναι ενεργό όταν ικανοποιούνται τα παρακάτω κριτήρια:

- Το PVC είναι σχηματισμένο και διαθέσιμο για μεταφορά δεδομένων στο δίκτυο από το τοπικό DCE στο μακρινό DCE.
- Δεν υπάρχει συνθήκη που να επηρεάζει την εξυπηρέτηση ούτε στην τοπική, ούτε στη μακρινή διασύνδεση DTE/DCE.
- Στην περίπτωση που χρησιμοποιούνται αμφίδρομες διαδικασίες από τη μακρινή διασύνδεση DTE/DCE, το μακρινό DTE δηλώνει ότι το PVC είναι παρόν και ενεργό.

Σημείωση

Στην περίπτωση που χρησιμοποιούνται αμφίδρομες διαδικασίες στην τοπική διασύνδεση DTE/DCE, αυτή η ένδειξη είναι ανεξάρτητη απ' την ένδειξη που λαμβάνεται απ' το τοπικό DTE.

- Παρακολούθηση λαθών

Τα DTE και DCE χρησιμοποιούν τις πληροφορίες που τους παρέχονται από την περιοδική σταθμοσκόπηση για την παρακολούθηση των λαθών.

Τα DTE και DCE ανιχνεύουν τις ακόλουθες συνθήκες λάθους:

- Λάθη διαδικασίας (Procedure errors) - Μη λήψη των μηνυμάτων "Στάτου" (Status) και "Ενδιερώτησης Στάτου" (Status enquiry) ή άκυρος αριθμός "receive sequence number" σε κάποιο στοιχείο πληροφορίας "Link integrity verification".
- Λάθη πρωτοκόλλου (Protocol errors) - Σφάλματα του "διευκρινιστή πρωτοκόλλου" (Protocol discriminator), της "αναφοράς της τεχνητής κλήσης" (Dummy call reference), του στοιχείου πληροφορίας "Message type" (τύπος του μηνύματος), αλλά και των υπολοίπων υποχρεωτικών στοιχείων ειδικών πληροφοριών του μηνύματος.

Σε περίπτωση λαθών πρωτοκόλλου τα DTE και DCE αγνοούν μηνύματα όπως: no response shall be made, no error counted, no use shall be made of the content of the link integrity verification information.

a) Ενέργειες του DCE

Αρκετά είδη λαθών πρέπει να λαμβάνονται υπόψην από το DCE:

1) Λάθη μέσα στο δίκτυο

Το DCE πρέπει να κάνει το "Active" bit "0" για ένα PVC, εάν δημιουργήθει κάποια συνθήκη που να επηρεάζει την εξυπηρέτηση μέσω του δικτύου (εξαρτώμενη απ' την υλοποίηση, π.χ. εάν κάποιος κόμβος μεταγωγής ή κάποια εσωτερική ζεύξη του δικτύου βγει εκτός λειτουργίας κ.τ.λ.).

2) Λάθη στη διασύνδεση DTE/DCE

Με στόχο να προσδιοριστεί εάν μια συνθήκη επηρεάζει την εξυπηρέτηση στη διασύνδεση DTE/DCE, ορίζεται ως "συμβάν":

- η λήψη ενός μηνύματος "Ενδιερώτησης Στάτου" χωρίς λάθη πρωτοκόλλου (protocol errors) ή
- η εκπνοή του timer T392.

Ο πρώτος τύπος συμβάντος θεωρείται ως λάθος εάν τα περιεχόμενα του στοιχείου πληροφορίας "Link integrity verification" είναι άκυρα. Αυτό συμβαίνει όταν το προαναφερθέν στοιχείο πληροφορίας περιλαμβάνει ένα άκυρο αριθμό "receive sequence number". Ο αριθμός "receive sequence number" δεν είναι έγκυρος όταν δεν είναι ίσος με τον τελευταίο μεταδοθέντα αριθμό "send sequence number".

Ο δεύτερος τύπος συμβάντος θεωρείται πάντα ως λάθος.

Σημείωση

Το DCE συνεχίζει τη διαδικασία της περιοδικής σταθμοσκόπησης ανεξάρτητα από την τιμή του ληφθέντος αριθμού "receive sequence number" (δηλαδή το DCE απαντά σε κάθε μήνυμα "Ενδιερώτησης Στάτου" (Status enquiry) που δεν έχει λάθη πρωτοκόλλου).

Η ανίχνευση N392 λανθασμένων συμβάντων (απ' τα N393 τελευταία συμβάντα) υποδηλώνει την ύπαρξη κάποιας συνθήκης που επηρεάζει την εξυπηρέτηση. Κατά την ανίχνευση από το DCE μιας συνθήκης που επηρεάζει την εξυπηρέτηση στη διασύνδεση DTE/DCE, το δίκτυο πρέπει να ενημερώσει το μακρινό DTE για κάθε PVC του οποίου επηρεάζεται η εξυπηρέτηση, κάνοντας το "Active" bit "0" σε ένα μήνυμα "Στάτου" (Status) με τύπο αναφοράς "Full status" ή προαιρετικά με τύπο αναφοράς "Single PVC asynchronous status" (δηλαδή με ένα ασύγχρονο μήνυμα κατάστασης για το κάθε PVC).

Το DCE πρέπει να συνεχίσει τις διαδικασίες επιβεβαίωσης της ακεραιότητας της σύνδεσης για να ανιχνεύσει την αποκατάσταση της εξυπηρέτησης. Η ανίχνευση N392 διαδοχικών συμβάντων χωρίς λάθος υποδηλώνει την αποκατάσταση της εξυπηρέτησης.

3) Απώλεια του μηνύματος "Στάτου" με τύπο αναφοράς "Full status"

Το DCE εντοπίζει ότι το προηγούμενο μήνυμα "Στάτου" που έστειλε με τύπο αναφοράς "Full status" δεν ελήφθη σωστά από το DTE, όταν λάβει από το DTE ένα μήνυμα "Ενδιερώτησης Στάτου" το οποίο να περιέχει ένα αριθμό "receive sequence number" που να μην ταιριάζει με την τιμή του μετρητή "send sequence counter". Στην περίπτωση αυτή, το DCE μπορεί να δηλώσει στο μήνυμα "Στάτου" ότι μεταδίδει:

- εικόνα της συνολικής κατάστασης (τύπος αναφοράς "Full status"),
- την κατάσταση του PVC.

Τα παραπάνω εκτελούνται ακόμα και όταν το ληφθέν μήνυμα "Ενδιερώτησης Στάτου" δεν περιέχει κάποια αίτηση για μήνυμα "Στάτου" τύπου αναφοράς "Full status".

4) Αποκατάσταση λειτουργίας

Οταν το δίκτυο ανιχνεύσει ότι έχει απαλλαχθεί από τη συνθήκη που επηρέαζε την εξυπηρέτηση, το DCE ξαναρχίζει την κανονική λειτουργία του ενεργού PVC. Το δίκτυο πρέπει να ειδοποιεί το DTE για κάθε PVC του οποίου η εξυπηρέτηση αποκαθίσταται με το να κάνει το "Active" bit "1" σε ένα μήνυμα "Στάτου" με τύπο αναφοράς "Full status" ή προαιρετικά με τύπο αναφοράς "Single PVC asynchronous status" (δηλαδή σε ένα ασύγχρονο μήνυμα κατάστασης για το συγκεκριμένο PVC), το οποίο στέλνεται ως απάντηση σε ένα μήνυμα "Ενδιερώτησης Στάτου".

β) Ενέργειες του DTE

Αρκετά είδη λαθών πρέπει να λαμβάνονται υπόψην και από το DTE:

1) Λάθη στη διασύνδεση DTE/DCE

Με σκοπό να καθοριστεί εάν μια συνθήκη επηρεάζει την εξυπηρέτηση στη διασύνδεση DTE/DCE, ως συμβάν ορίζεται η μετάδοση ενός μηνύματος "Ενδιερώτησης Στάτου". Αυτό το συμβάν θεωρείται ως λάθος κατά τις παρακάτω περιπτώσεις:

- μη λήψη μηνύματος "Στάτου", πριν την εκπνοή του μετρητή T391, χωρίς λάθη πρωτοκόλλου και με τύπο αναφοράς "Full status" ή "Link integrity verification only",
- λήψη ενός μηνύματος "Στάτου" με τύπο αναφοράς "Full status" ή "Link integrity verification only" το οποίο περιέχει για κάποιο στοιχείο πληροφορίας άκυρα περιεχόμενα. Αυτό συνίσταται στην ανίχνευση ενός άκυρου αριθμού "receive sequence number". Ο αριθμός "receive sequence number" που ελήφθη είναι άκυρος όταν δεν είναι ίσος με τον τελευταίο αριθμό "send sequence number" που εστάλη.

Σημείωση

Οταν το DTE λάβει ένα μήνυμα "Στάτου" χωρίς λάθη πρωτοκόλλου αλλά με ένα άκυρο αριθμό "receive sequence number", το DTE αγνοεί το μήνυμα αυτό συμπεριλαμβανομένου και του αριθμού του "send sequence number". Η χρησιμοποίηση του αριθμού "send sequence number" τέτοιου είδους μηνυμάτων κατάστασης, μπορεί να προκαλέσει την επιβεβαίωση από το DTE της λήψης ενός μηνύματος "Στάτου" με τύπο αναφοράς "Full status", που όμως έχει αγνοηθεί.

Η ανίχνευση N392 λαθών στα τελευταία N393 συμβάντα, υποδηλώνει την ύπαρξη μιας συνθήκης που επηρεάζει την εξυπηρέτηση. Το DTE μπορεί επίσης να χρησιμοποιεί επιπρόσθετες μεθόδους ανίχνευσης συνθηκών που επηρεάζουν την εξυπηρέτηση.

Κατά την ανίχνευση συνθηκών που επηρεάζουν την εξυπηρέτηση στη διασύνδεση DTE/DCE, το DTE πρέπει να σταματά τη μετάδοση πλαισίων σε όλα τα PVC της διασύνδεσης DTE/DCE. Το DTE θα πρέπει δε να συνεχίζει τις διαδικασίες επιβεβαίωσης της ακεραιότητας της σύνδεσης προκειμένου να εντοπίσει την αποκατάσταση της εξυπηρέτησης.

Οταν το DTE διαπιστώσει ότι η συνθήκη που επηρέαζε την εξυπηρέτηση δεν υφίσταται πια, ξαναρχίζει την κανονική λειτουργία των ενεργών PVC της διασύνδεσης DTE/DCE. Η ανίχνευση N392 διαδοχικών συμβάντων χωρίς λάθος υποδηλώνει την αποκατάσταση της εξυπηρέτησης.

Αυτή η διαδικασία εντοπίζει προβλήματα της σύνδεσης σηματοδότησης (signalling link) (DLCI = 0) και όχι προβλήματα με μεμονωμένα PVC.

2) Ασυμφωνίες σχετικά με την κατάσταση των PVC

Εάν το DTE λάβει ένα στοιχείο πληροφορίας "PVC Status" για ένα PVC το οποίο δεν έχει ορισθεί μέχρι εκείνη τη στιγμή και το "New" bit είναι "0", τότε το DTE το καταγράφει αυτό ως λάθος και προσθέτει το PVC στα ενεργά PVC. Άλλες ενέργειες που ενδεχομένως γίνονται από το DTE εξαρτώνται από την υλοποίηση.

Εάν το DTE λάβει ένα μήνυμα "Στάτου" με τύπο αναφοράς "Full status" χωρίς στοιχείο πληροφορίας "PVC Status" για κάποιο PVC που το DTE ήδη χρησιμοποιεί, τότε το DTE διαγράφει αυτό το PVC από την λίστα των PVC.

3) Απώλεια του μηνύματος "Στάτου" με τύπο αναφοράς "Full status"

Οταν το DTE στείλει ένα μήνυμα "Ενδιερώτησης Στάτου" με αίτηση για αναφορά συνολικής κατάστασης (τύπος αναφοράς "Full status") και δεν λάβει το ανταποκρινόμενο μήνυμα "Στάτου" (δηλαδή μήνυμα "Στάτου" με τύπο αναφοράς "Full status") πριν την εκπνοή του timer T391, μπορεί να επαναλαμβάνει την αίτηση αυτή, για αναφορά συνολικής κατάστασης, στο μήνυμα "Ενδιερώτησης Στάτου" που θα στείλει.

3.4.2) Ασύγχρονο μήνυμα κατάστασης ενός PVC (Asynchronous PVC STATUS)

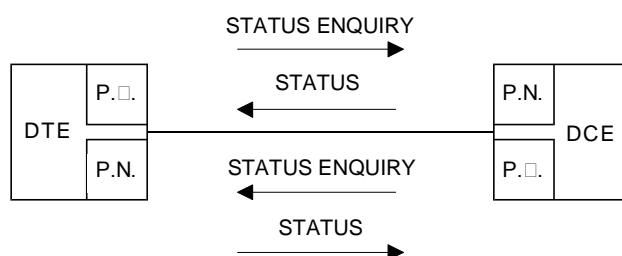
Για το δίκτυο η υποστήριξη αυτού του μηνύματος είναι προαιρετική. Επιπροσθέτως, όταν υποστηρίζεται από το δίκτυο, το DTE επιλέγει από την αρχή εάν το DCE θα μπορεί να του στέλνει αυτό το μήνυμα, ή όχι. Το ασύγχρονο μήνυμα κατάστασης ενός PVC είναι ένα κοινό μήνυμα "Στάτου" μόνο που το στοιχείο πληροφορίας "Report type" έχει τύπο αναφοράς "Single PVC asynchronous status" και το μήνυμα περιλαμβάνει μόνο ένα στοιχείο πληροφορίας "PVC Status", για ένα μόνο PVC. Το ασύγχρονο μήνυμα κατάστασης στέλνεται από το DCE για να πληροφορήσει το DTE για μια αλλαγή της κατάστασης δραστηριότητας ενός δεδομένου PVC. Αυτό το μήνυμα μεταδίδεται ασύγχρονα, δηλαδή ανεξάρτητα από το μήνυμα "Ενδιερώτησης

Στάτου" που στέλνεται από το DTE. Οταν ένα PVC σβήνεται τότε το DCE μπορεί να στείλει στο DTE ένα ασύγχρονο μήνυμα κατάστασης για το PVC, το οποίο να έχει το στοιχείο πληροφορίας "Report type" με τύπο αναφοράς "Single PVC asynchronous status" και ένα στοιχείο πληροφορίας "PVC Status" γι' αυτό το PVC. Στο στοιχείο πληροφορίας "PVC Status" το "Delete" bit έχει τεθεί "1". Οταν το "Delete" bit γίνεται "1" το "New" bit και το "Active" bit δεν έχουν σημασία και πρέπει να γίνονται "0" κατά την αποστολή και να μην μεταφράζονται κατά τη λήψη.

Οι διαδικασίες για την αναφορά νέων PVC δεν υποστηρίζονται από τα ασύγχρονα μηνύματα κατάστασης. Σ' ένα ασύγχρονο μήνυμα κατάστασης PVC το "New" bit δεν έχει καμία σημασία και πρέπει να γίνεται "0" κατά την αποστολή και να μην μεταφράζεται κατά τη λήψη.

3.5) Προαιρετικές αμφίδρομες διαδικασίες του δικτύου

Είναι προαιρετικό για το δίκτυο και το DTE να υποστηρίζουν αυτές τις διαδικασίες. Οταν υποστηρίζονται από το δίκτυο, το DTE επιλέγει από την αρχή εάν το DCE θα χρησιμοποιεί αυτές τις διαδικασίες ή όχι. Αυτές οι διαδικασίες παρέχονται κυρίως για την περίπτωση που το DTE είναι ένα ιδιωτικό δίκτυο. Το παρακάτω σχήμα δείχνει την αρχή λειτουργίας των αμφίδρομων διαδικασιών.



P.□. Ριαδίξασθαι μαώγρ τηρ σταηλοσξϋπγσρ

P.N. Ριαδίξασθαι Νπϋξώσγρ στη σταηλοσξϋπγσγ

Αρχή λειτουργίας των αμφίδρομων διαδικασιών

Οπως φαίνεται λοιπόν και στο σχήμα της προηγούμενης σελίδας η αρχή λειτουργίας των αμφίδρομων διαδικασιών είναι η εξής: τόσο το DTE όσο και το DCE μπορούν να στέλνουν μηνύματα "Ενδιερώτησης Στάτου" (Status enquiry) το ένα προς το άλλο. Τότε το DCE στην πρώτη περίπτωση και το DTE στη δεύτερη οφείλουν να απαντούν με μήνυμα "Στάτου" (Status) σύμφωνα με τις διαδικασίες περιοδικής σταθμοσκόπησης που έχουν αναφερθεί παραπάνω.

Με άλλα λόγια οι αμφίδρομες διαδικασίες συνίστανται στην εφαρμογή των διαδικασιών της περιοδικής σταθμοσκόπησης και προς τις δύο κατευθύνσεις. Ετσι ισχύουν τα παρακάτω.

- Περιοδική σταθμοσκόπηση

Και το DTE και το DCE οδηγούν διαδικασίες περιοδικής σταθμοσκόπησης όπως αυτές έχουν περιγραφεί σε προηγούμενες παραγράφους, δηλαδή και το DTE και το DCE θέτουν σε εφαρμογή τους timer T391, T392 και τον counter N391.

- Επιβεβαίωση της ακεραιότητας της σύνδεσης

Δύο σετ διαδοχικών αριθμών χρησιμοποιούνται από τα DTE και DCE για τις διαδικασίες επιβεβαίωσης της ακεραιότητας της σύνδεσης. Το πρώτο σετ χρησιμοποιείται όταν το DTE στέλνει μήνυμα "Ενδιερώτησης Στάτου" (Status enquiry) και το DCE απαντά με ένα μήνυμα "Στάτου" (Status), ενώ το δεύτερο σετ χρησιμοποιείται όταν το DCE στέλνει μήνυμα "Ενδιερώτησης Στάτου" (Status enquiry) και το DTE απαντά με μήνυμα "Στάτου" (Status).

- Παρακολούθηση λαθών

Τα DTE και DCE πρέπει και τα δύο να κάνουν χρήση δύο set παραμέτρων N392 και N393. Το ένα σετ χρησιμοποιείται απ' τη διαδικασία "έναρξης της σταθμοσκόπησης" και το άλλο σετ από τη διαδικασία "απόκρισης στη σταθμοσκόπηση". Ομως αυτή η χρήση από το DTE και το DCE και των δυο διαδικασιών, "έναρξης της σταθμοσκόπησης" και "απόκρισης στη σταθμοσκόπηση", μπορεί να οδηγήσει στην ανίχνευση διαφορετικών καταστάσεων. Η επιλογή, απ' αυτές τις καταστάσεις, μίας κατάστασης για τη διασύνδεση DTE/DCE εξαρτάται από την υλοποίηση.

- Επισήμανση ενός καινούργιου PVC

Για ένα δεδομένο PVC όταν το "New" bit που λαμβάνεται από το DCE έχει γίνει "1" σημαίνει ότι ένα PVC έχει πρόσφατα προστεθεί ή έχει ξαναρυθμιστεί στη πλευρά του DTE (για παράδειγμα σ' ένα ιδιωτικό δίκτυο). Αυτές οι πληροφορίες πρέπει να διαδίδονται μέσω του δικτύου προς τη μακρινή διασύνδεση DTE/DCE.

Σημείωση

Αυτή η διαδικασία διασφαλίζει ότι το μακρινό DTE δεν θα χάσει το γεγονός της διαγραφής ενός PVC από το DTE (ιδιωτικό δίκτυο) και της μετά μικρό χρονικό διάστημα ξαναχρησιμοποίησης του ίδιου DLCI για ένα νέο PVC με καινούργιο προορισμό.

3.6) Προαιρετικές επεκτάσεις (Επεκτάσεις LMI)

3.6.1) Γενικά

Οπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 1, η ομάδα (consortium), που συνέστησαν το 1990 οι εταιρίες Cisco Systems, StrataCom, Northern Telecom, και Digital Equipment Corporation, με σκοπό να εστιάσει το ενδιαφέρον της στην ανάπτυξη της τεχνολογίας Frame Relay και στην επιτάχυνση της παρουσίασης συμβατών μεταξύ τους προϊόντων Frame Relay, ανέπτυξε τελικά μια προδιαγραφή η οποία συμφωνεί απόλυτα με εκείνη της ITU-T για το Frame Relay, αλλά την επεκτείνει με χαρακτηριστικά που παρέχουν επιπρόσθετες δυνατότητες για πολύπλοκα περιβάλλοντα "διαδικτύων". Αυτές οι επεκτάσεις του Frame Relay αναφέρονται συνολικά ως "local management interface" (LMI) και η χρήση τους είναι προαιρετική. Παρακάτω δίνεται μια συνοπτική εικόνα των επεκτάσεων αυτών:

Πολυδιανομή (Multicasting) - Επιτρέπει στον αποστολέα να στείλει ένα απλό πλαίσιο που όμως θα παραδοθεί από το δίκτυο σε πολλούς παραλήπτες. Ετσι υποστηρίζεται η αποδοτική μεταφορά των μηνυμάτων δρομολόγησης και των

διαδικασιών ανάλυσης των διευθύνσεων που τυπικά πρέπει να στέλνονται σε πολλές κατευθύνσεις ταυτοχρόνως.

Παγκόσμια διευθυνσιοδότηση (Global addressing) - Δίνει στους αριθμούς DLCI παγκόσμια και όχι τοπική σημασία, επιτρέποντάς τους να χρησιμοποιούνται για την αναγνώριση συγκεκριμένων διασυνδέσεων στο δίκτυο Frame Relay. Η παγκόσμια διευθυνσιοδότηση κάνει το δίκτυο Frame Relay να μοιάζει με ένα LAN, αφού η ανάλυση των διευθύνσεων εκτελείται πάνω στο Frame Relay όπως ακριβώς γίνεται και σ' ένα δίκτυο LAN.

Simple flow control - Προσφέρει ένα μηχανισμό ελέγχου ροής XON / XOFF ο οποίος εφαρμόζεται σε ολόκληρη τη διασύνδεση Frame Relay. Προορίζεται για εκείνες τις συσκευές των οποίων τα υψηλότερα επίπεδα δεν μπορούν να χρησιμοποιήσουν τα bit επισήμανσης συμφόρησης και χρειάζονται κάποιο επίπεδο ελέγχου ροής.

3.6.2) Πολυδιανομή

Η πιο σημαντική επέκταση LMI είναι η πολυδιανομή (multicasting). Οι ομάδες πολυδιανομής καθορίζονται από μια σειρά τεσσάρων δεσμευμένων τιμών DLCI (1019-1022). Τα πλαίσια, που στέλνονται από μια συσκευή, που χρησιμοποιεί ένα από αυτά τα δεσμευμένα DLCI, επαναλαμβάνονται από το δίκτυο και στέλνονται σε όλα τα σημεία εξόδου της καθορισμένης ομάδας. Η επέκταση της πολυδιανομής ορίζει επίσης μηνύματα LMI που ενημερώνουν τις συσκευές του χρήστη για την προσθήκη, διαγραφή και παρουσία ομάδων πολυδιανομής (multicast).

Σε δίκτυα που εκμεταλλεύονται τη δυναμική δρομολόγηση, πρέπει να ανταλλάσσονται πληροφορίες δρομολόγησης ανάμεσα σε πολλούς router. Τα μηνύματα δρομολόγησης μπορούν να στέλνονται αποτελεσματικά με τη χρήση πλαισίων με DLCI πολυδιανομής (multicast DLCI). Αυτό επιτρέπει την αποστολή μηνυμάτων σε συγκεκριμένες ομάδες router.

3.7) Παράμετροι συστήματος

Μετρητές

Μετρητής	Περιγραφή / Χρήση	Εύρος	Εξ ορισμού τιμή / κατώφλι	Υπαρξη μηνύματος "Ενδιερώτησης Στάτου" (Σημ. 1)	Υπαρξη απάντησης με μήνυμα "Στάτου" (Σημ. 2)
N391	Μετρητής κύκλων σταθμοσκόπησης για την αποστολή μηνύματος "Ενδιερώτησης Στάτου" τύπου αναφοράς "Full status"	1-255	6	Υποχρεωτική	Οχι
N392	Μετρητής λανθασμένων / μη λανθασμένων συμβάντων	1-10 (Σημ. 3)	3	Υποχρεωτική	Υποχρεωτική
N393	Μετρητής των παρακολουθούμενων συμβάντων	1-10 (Σημ. 4)	4	Υποχρεωτική	Υποχρεωτική
ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ					
1	Υποστηρίζεται από το DTE για τις διαδικασίες διαχείρισης των PVC. Υποστηρίζεται και από το DCE για τις αμφίδρομες διαδικασίες.				
2	Υποστηρίζεται από το DCE για τις διαδικασίες διαχείρισης των PVC. Υποστηρίζεται και από το DTE για τις αμφίδρομες διαδικασίες.				
3	Ο counter N392 πρέπει να είναι μικρότερος ή ίσος του counter N393.				
4	Εάν ο counter N393 έχει τιμή πολύ μικρότερη του counter N391, τότε η ζεύξη μπορεί να εισέλθει και να εξέλθει από μια κατάσταση λάθους χωρίς το DTE ή το δίκτυο να το πληροφορηθούν.				

Timers

Timer	Περιγραφή (χρόνος έναρξης - ενέργειες που εκτελούνται μόλις εκπνεύσει)	Εύρος	Τιμή εξ ορισμού (second)	Υπαρξη μηνύματος "Ενδιερώτησης Στάτου" (Σημ. 1)	Υπαρξη απάντησης με μήνυμα "Στάτου" (Σημ. 2)
T391	Timer που ξεκινά κάθε φορά που μεταδίδεται μήνυμα "Ενδιερώτησης Στάτου" τύπου αναφοράς "Link integrity verification". Μόλις εκπνεύσει, εάν δεν έχει ληφθεί μήνυμα "Στάτου", καταγράφεται λάθος.	5-30	10	Υποχρεωτική	Οχι
T392	Timer που ξεκινά κάθε φορά που μεταδίδεται μήνυμα "Στάτου". Μόλις εκπνεύσει αυξάνεται ο N392 καταγράφοντας έτσι το λάθος.	5-30 (Σημ. 3)	15	Οχι	Υποχρεωτική
ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ					
1	Υποστηρίζεται από το DTE για τις διαδικασίες διαχείρισης των PVC. Υποστηρίζεται και από το DCE για τις αμφίδρομες διαδικασίες.				
2	Υποστηρίζεται από το DCE για τις διαδικασίες διαχείρισης των PVC. Υποστηρίζεται και από το DTE για τις αμφίδρομες διαδικασίες.				
3	Ο timer T392 πρέπει να είναι μικρότερος ή ίσος του timer T391.				

ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ

4

FRAME RELAY PAD (FRAD)

(*Frame Relay Access Device, ή Frame Relay Assembler/Dissembler*)

4.1) Γενικά

Σε ένα δίκτυο Frame Relay τα δεδομένα μεταφέρονται σε μορφή πακέτων, γι' αυτό οι συσκευές που συνδέονται σε ένα τέτοιο δίκτυο πρέπει να είναι κατάλληλες για εκπομπή και λήψη πακέτων. Ετσι τα απλά ασύγχρονα τερματικά δεν έχουν τη δυνατότητα άμεσης σύνδεσης σε ένα δίκτυο Frame Relay. Προκειμένου λοιπόν να συνδεθούν με το δίκτυο χρησιμοποιούν ειδικές συσκευές οι οποίες ονομάζονται FRAD ("Frame Relay Access Device" ή όπως αλλιώς ονομάζονται "Frame Relay Assembler / Disassembler").

Το FRAD κατά την εκπομπή δημιουργεί πακέτα Frame Relay συναρμολογώντας τους χαρακτήρες που εκπέμπει μια ασύγχρονη τερματική συσκευή, ενώ κατά τη λήψη αποσυναρμολογεί τα πακέτα που φθάνουν από το δίκτυο για να στείλει τα δεδομένα σε μορφή χαρακτήρων προς το ασύγχρονο τερματικό.

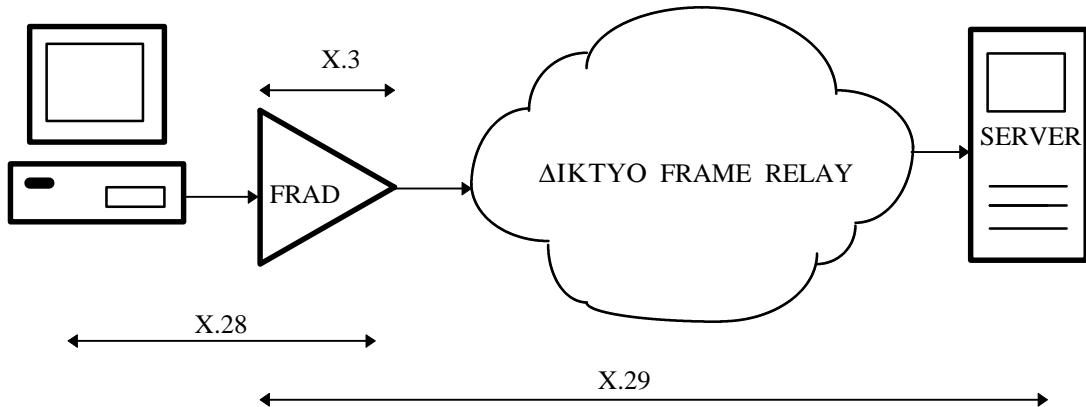
Το FRAD είναι μια συσκευή η οποία συνήθως βρίσκεται στην πλευρά του χρήστη. Σε πολλές περιπτώσεις μάλιστα το FRAD αποτελεί μέρος του router. Το σημαντικότερο πλεονέκτημα για την εγκατάσταση ενός FRAD στην πλευρά του χρήστη είναι ότι μπορεί να συγκεντρώσει περισσότερα από ένα ασύγχρονα τερματικά ώστε να εξυπηρετούνται από την ίδια γραμμή Frame Relay. Ένα άλλο πλεονέκτημα που έχει η εγκατάσταση του FRAD στην πλευρά του χρήστη είναι ότι τα τερματικά που εξυπηρετεί μπορούν να δεχθούν κλήσεις από το δίκτυο. Αντίθετα όταν το FRAD ανήκει στο δίκτυο και καθώς τις περισσότερες φορές η πρόσβαση των τερματικών προς το FRAD γίνεται μέσω κοινής τηλεφωνικής γραμμής, τα τερματικά μπορούν μόνο να ξεκινούν κλήσεις αλλά όχι να δέχονται.

4.2) Προδιαγραφές της ITU για τα FRAD

Η ITU έχει θεσπίσει συστάσεις που σχετίζονται γενικά με τις συσκευές συναρμολόγησης και αποσυναρμολόγησης δεδομένων σε πακέτα (packet assemblers/disassemblers) για τη σύνδεση υπολογιστών σε δίκτυα μεταγωγής πακέτων. Ασφαλώς τέτοιες συσκευές είναι και τα FRAD που καλύπτονται απόλυτα από τις συστάσεις αυτές της ITU οι οποίες προσδιορίζουν την σύνδεση ενός τερματικού με το FRAD, την επικοινωνία ενός υπολογιστή πακέτων με το μακρινό FRAD μέσω του δικτύου και τέλος τις παραμέτρους λειτουργίας του ίδιου του FRAD, που μπορούν να επιλεγούν από το χρήστη. Το παρακάτω σχήμα δείχνει τη σύνδεση ενός ιδιωτικού FRAD καθώς επίσης και τα όρια των διαφόρων συστάσεων της ITU.

Σημειώνεται ότι η βάση οποιασδήποτε σύνδεσης FRAD - δικτύου είναι η σύσταση X.36 που περιγράφει το Frame Relay. Μια τέτοια σύνδεση είναι μια κλασική διασύνδεση DTE/DCE. Επιπλέον όμως για τη σύνδεση αυτή του ασύγχρονου τερματικού με το δίκτυο ισχύουν και οι συστάσεις X.3, X.28 και X.29.

Ασύγχρονο τερματικό



Η σύσταση X.3 ορίζει τα λειτουργικά χαρακτηριστικά ενός FRAD για την σύνδεσή του με ένα ασύγχρονο τερματικό. Τέτοια χαρακτηριστικά είναι η ταχύτητα, το parity, ο έλεγχος ροής κ.τ.λ. και ονομάζονται παράμετροι του FRAD. Ο χρήστης για κάθε τερματικό μπορεί να επιλέξει μια ομάδα από τις τιμές των παραμέτρων αυτών.

Η σύσταση X.28 ορίζει τις διαδικασίες ανταλλαγής χαρακτήρων μεταξύ

ασύγχρονου τερματικού και FRAD. Ο τρόπος δηλαδή που το τερματικό επικοινωνεί, στέλνει εντολές και δέχεται απαντήσεις από το FRAD ορίζεται από τη X.28. Το τερματικό κατά κάποιο τρόπο ελέγχει και ελέγχεται από το FRAD. Κατά την ανταλλαγή αυτή των πληροφοριών ελέγχου, τα μηνύματα που στέλνει το τερματικό προς το FRAD ονομάζονται σήματα εντολών ενώ αυτά του FRAD προς το τερματικό ονομάζονται σήματα εξυπηρέτησης.

Η σύσταση X.29 ασχολείται με την ανταλλαγή σημάτων ελέγχου μεταξύ του FRAD και ενός υπολογιστή που βρίσκεται στην άλλη άκρη του δικτύου. Οταν δημιουργείται ένα νοητό κύκλωμα που συνδέει το FRAD με τον ηλεκτρονικό υπολογιστή, ο τελευταίος έχει τη δυνατότητα να στέλνει εντολές ελέγχου προς το FRAD. Για παράδειγμα μπορεί να διαβάζει και να τροποποιεί τις παραμέτρους λειτουργίας του FRAD.

4.3) Σύνδεση τερματικού με FRAD

Ας εξετάσουμε τώρα τις διαδικασίες που πρέπει να ακολουθηθούν από ένα τερματικό που συνδέεται σε ένα FRAD, για να επικοινωνήσει κατ' αρχήν με το FRAD και στη συνέχεια με ένα μακρινό υπολογιστή μέσω του δικτύου. Τα βήματα που πρέπει να ακολουθηθούν είναι τα εξής:

- Φυσική σύνδεση με το FRAD και ενεργοποίησή της.
- Δημιουργία ενός νοητού κυκλώματος SVC προς το μακρινό υπολογιστή.
- Ανταλλαγή δεδομένων με τον υπολογιστή.
- Διακοπή και τερματισμός της κλήσης.
- Διακοπή της φυσικής σύνδεσης, εάν είναι απαραίτητο.

Οι χαρακτήρες που το τερματικό στέλνει προς το FRAD μπορεί να είναι εντολές ελέγχου προς το ίδιο το FRAD ή δεδομένα προς τον απέναντι υπολογιστή. Η σημασία των χαρακτήρων προσδιορίζεται από την λογική κατάσταση της σύνδεσης FRAD-τερματικού. Διακρίνουμε δύο λογικές καταστάσεις, την κατάσταση εντολών και την κατάσταση μεταφοράς δεδομένων. Το FRAD και το τερματικό εξετάζουν κάθε στιγμή την λογική κατάσταση της σύνδεσης και αντιδρούν ανάλογα στους χαρακτήρες που λαμβά-

νουν.

Κατά την αρχική φάση, αμέσως μετά την αποκατάσταση της φυσικής σύνδεσης, οι συσκευές βρίσκονται σε κατάσταση εντολών και οι χαρακτήρες που στέλνει το τερματικό προς το FRAD εκλαμβάνονται ως εντολές. Το τερματικό αποστέλλει στο FRAD τη διεύθυνση του καλούμενου συνδρομητή του δικτύου ώστε το FRAD να δημιουργήσει ένα νοητό κύκλωμα (PVC ή SVC). Εάν η κλήση είναι επιτυχής, η σύνδεση περνά σε φάση μεταφοράς δεδομένων. Το τερματικό μπορεί με κατάλληλες εντολές να φύγει προσωρινά από την κατάσταση μεταφοράς δεδομένων για να δώσει κάποιες εντολές στο FRAD και στη συνέχεια να επανέλθει.

Αφού τελειώσει η ανταλλαγή δεδομένων το τερματικό διακόπτει την επικοινωνία και το FRAD ελευθερώνει το νοητό κύκλωμα με τον απέναντι συνδρομητή.

4.3.1) Φυσική σύνδεση τερματικού - FRAD

Για την σύνδεση αυτή υπάρχει η προδιαγραφή X.20 bis της ITU που αναφέρεται σε ασύγχρονα τερματικά και είναι ουσιαστικά ίδια με τη V.24/V.28. Οταν το FRAD είναι εγκατεστημένο στην πλευρά του δικτύου η σύνδεση γίνεται μέσω ασύγχρονων modem full duplex. Η ταχύτητα επικοινωνίας του τερματικού και το parity πρέπει να είναι τα ίδια με αυτά της πόρτας του FRAD. Πολλά FRAD προσφέρουν αυτόματη αναγνώριση ταχύτητας και parity.

Οταν η φυσική σύνδεση αποκατασταθεί το FRAD στέλνει ένα σύντομο μήνυμα προς το τερματικό για να δείξει ότι η σύνδεση ενεργοποιήθηκε.

4.3.2) Δημιουργία νοητού κυκλώματος SVC

Μετά την ενεργοποίηση της φυσικής σύνδεσης, το τερματικό αποστέλλει προς το FRAD μια εντολή κλήσης, που συνοδεύεται από την διεύθυνση του καλούμενου συνδρομητή. Αν η κλήση είναι επιτυχής το FRAD στέλνει προς το τερματικό το μήνυμα COM. Στο σημείο αυτό η σύνδεση περνά σε φάση μεταφοράς δεδομένων και το τερματικό επικοινωνεί πλέον με τον μακρινό υπολογιστή.

4.3.3) Μεταφορά δεδομένων

Στη φάση αυτή γίνεται η ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ του ασύγχρονου τερματικού και του μακρινού υπολογιστή. Η σύνδεση παραμένει σε αυτή την κατάσταση έως ότου διακοπεί η κλήση. Το τερματικό μπορεί με κατάλληλες εντολές να περάσει προσωρινά από κατάσταση μεταφοράς δεδομένων, σε κατάσταση εντολών και αντίστροφα. Οσο η σύνδεση FRAD - τερματικού βρίσκεται σε κατάσταση εντολών, τα δεδομένα που στέλνει ο μακρινός υπολογιστής και φθάνουν στο FRAD μέσω του δικτύου, παραμένουν σε προσωρινή μνήμη στο FRAD έως ότου η σύνδεσή του με το τερματικό επιστρέψει σε κατάσταση μεταφοράς δεδομένων. Οι δε χαρακτήρες που στέλνει το τερματικό θεωρούνται χαρακτήρες εντολής προς το FRAD και δεν προωθούνται προς τον απέναντι υπολογιστή.

4.3.4) Διακοπή και τερματισμός της κλήσης

Για να διακοπεί η κλήση και να ελευθερώσει το νοητό κύκλωμα, το τερματικό πρέπει να στείλει την εντολή CLR (clear) προς το FRAD, εφόσον βέβαια η σύνδεση περάσει πρώτα σε κατάσταση εντολών. Στο τέλος της επιτυχημένης αποσύνδεσης το FRAD στέλνει στο τερματικό το μήνυμα CLEAR CONF. Μετά την αποσύνδεση το τερματικό μπορεί να κάνει νέα κλήση προς τον ίδιο ή και άλλο μακρινό υπολογιστή.

Προσοχή απαιτείται πριν από οποιαδήποτε διακοπή κλήσης, ώστε ο χειριστής να έχει κάνει σωστά την διαδικασία log-off από το πρόγραμμα εφαρμογής του απέναντι υπολογιστή.

Ενας άλλος τρόπος αποσύνδεσης που χρησιμοποιείται συχνά όταν το FRAD είναι εγκατεστημένο στην πλευρά του δικτύου, είναι η διακοπή της τηλεφωνικής ζεύξης του τερματικού με το FRAD. Το FRAD αντιλαμβάνεται τη διακοπή του σήματος φορέα στην τηλεφωνική γραμμή και ξεκινάει αυτόματα τη διαδικασία διακοπής της κλήσης. Το τερματικό στην τελευταία αυτή περίπτωση, για να κάνει νέα κλήση προς κάποιο μακρινό υπολογιστή, πρέπει πρώτα να κάνει νέα τηλεφωνική κλήση προς το FRAD του δικτύου.

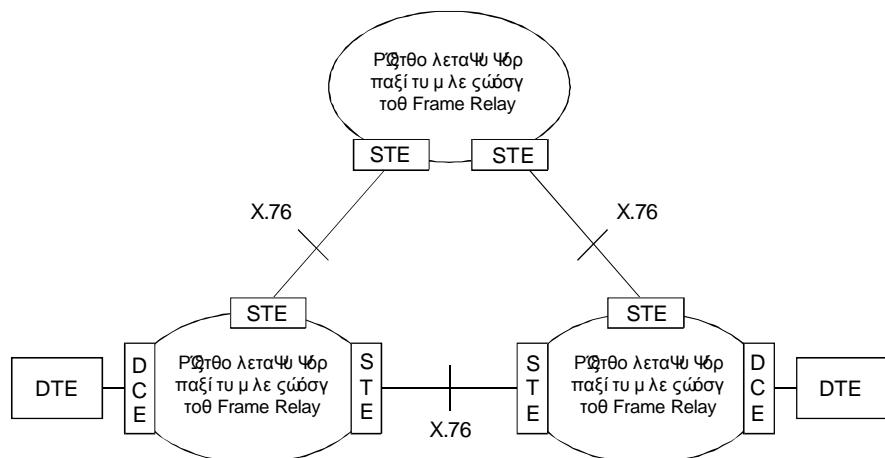
Στην απέναντι πλευρά του δικτύου μπορεί να υπάρχει αντί για έναν υπολογιστή με διασύνδεση Frame Relay ένα άλλο FRAD με τερματικά. Η

Μετάβαση από το X.25 στην τεχνική Frame Relay

διάταξη αυτή επιτρέπει την απλή επικοινωνία μακρινών τερματικών μέσω ενός δικτύου Frame Relay.

5**ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ ΔΙΚΤΥΩΝ FRAME RELAY
ΜΕΤΑΞΥ ΤΟΥΣ****5.1) Σχήμα αναφοράς**

Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται μια πιθανή τοπολογία διασύνδεσης τριών δημόσιων δικτύων που παρέχουν υπηρεσίες μετάδοσης δεδομένων χρησιμοποιώντας την τεχνική Frame Relay. Σημειώνεται ότι η σύσταση X.76 της ITU είναι αυτή που περιγράφει τέτοιες διασυνδέσεις δικτύων Frame Relay μεταξύ τους. Οι διασυνδέσεις αυτές γίνονται μέσω τερματικών κόμβων σηματοδότησης που κοινώς ονομάζονται STE (Signalling Terminal Equipment).



Τοπολογία διασύνδεσης δικτύων Frame Relay

5.2) Φυσικό Επίπεδο (Physical Layer)

Τα χαρακτηριστικά της διασύνδεσης δύο δημόσιων δικτύων, που παρέχουν υπηρεσίες μετάδοσης δεδομένων χρησιμοποιώντας την τεχνική Frame Relay, οριζόμενα ως το στοιχείο φυσικού επιπέδου, πρέπει να είναι σε συμφωνία με τη σύσταση G.703.

Πέρα όμως απ' τους ρυθμούς μετάδοσης των δεδομένων που προσδιορίζει η σύσταση G.703, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και άλλοι αναγνωρισμένοι ρυθμοί μετάδοσης, όμως στην περίπτωση αυτή η διασύνδεση σηματοδότησης τερματικού - φυσικού κυκλώματος θα πρέπει να είναι σε συμφωνία με τις κατάλληλες συστάσεις σειράς-V ή σειράς-X της ITU. Για παράδειγμα:

- V.24,
- V.35,
- V.36,
- X.21.

Βέβαια κάθε φυσικό κύκλωμα πρέπει να μπορεί να υποστηρίζει λειτουργία full-duplex.

5.3) Παράμετροι και ποιότητα εξυπηρέτησης

5.3.1) Παράμετροι εξυπηρέτησης

Οι παράμετροι εξυπηρέτησης για τις διασυνδέσεις των τερματικών σταθμών (DTE) με τους κόμβους (DCE) των δημοσίων δικτύων, που παρέχουν υπηρεσίες μετάδοσης δεδομένων χρησιμοποιώντας την τεχνική Frame Relay, έχουν ήδη περιγραφεί στο κεφάλαιο 2. Οι ίδιες παράμετροι ισχύουν και για την διασύνδεση δύο κόμβων (STE) διαφορετικών δικτύων. Οι τιμές των παραμέτρων στην περίπτωση αυτή καθορίζονται κατόπιν αμοιβαίας συμφωνίας των δυο δικτύων για κάποιο χρονικό διάστημα. Πιο συγκεκριμένα:

Η τιμή της παραμέτρου του ρυθμού πρόσβασης (Access Rate (AR)) παρέχεται μία φορά για κάθε STE (Signalling Terminal).

Οι δε τιμές των παραμέτρων Committed Burst Size (Bc), Excess Burst Size (Be), Committed Information Rate (CIR), και Committed Rate Measurement Interval (Tc), που χρησιμοποιούνται σε κάθε STE, πρέπει να επιλέγονται έτσι ώστε να παρέχουν την επιθυμητή από άκρου εις άκρο εξυπηρέτηση. Οι τιμές αυτών των παραμέτρων παρέχονται μια φορά για κάθε PVC σε ένα STE. Η δε τιμή της κάθε παραμέτρου μπορεί να είναι διαφορετική για κάθε κατεύθυνση μετάδοσης.

Αυτό σημαίνει ότι κάθε STE σε μια διασύνδεση δυο δικτύων, μπορεί να υποστηρίξει

μια διαφορετική τιμή για την κάθε παράμετρο για ένα συγκεκριμένο PVC.

Τέλος η τιμή της παραμέτρου N203 (μέγιστο μήκος του πεδίου πληροφορίας του Frame Relay) παρέχεται επίσης μια φορά για κάθε PVC σε ένα STE και μπορεί επίσης να είναι διαφορετική για κάθε κατεύθυνση μετάδοσης. Δηλαδή κάθε STE σε μια διασύνδεση δυο δικτύων, μπορεί να υποστηρίξει μια διαφορετική τιμή αυτής της παραμέτρου για ένα συγκεκριμένο PVC. Η τιμή της παραμέτρου N203 καθορίζεται κατά την προετοιμασία μιας σύνδεσης PVC και μπορεί να υπάρξει συμφωνία ανάμεσα στα δύο δίκτυα για πεδίο πληροφορίας μεγίστου μεγέθους μικρότερου ή μεγαλύτερου από 1600 octet.

5.3.2) Ποιότητα εξυπηρέτησης

Οπως και στην περίπτωση της διασύνδεσης DTE/DCE έτσι και στην περίπτωση της διασύνδεσης δυο δικτύων, το επίπεδο ποιότητας της εξυπηρέτησης, για διακίνηση δεδομένων χαρακτηριζόμενη είτε από τις παραμέτρους CIR, Bc και Tc είτε από την παράμετρο Be, μπορεί να τηρηθεί με συγκεκριμένη πιθανότητα. Περιπτώσεις συμφόρησης στο δίκτυο έχουν αντίκτυπο στο επίπεδο ποιότητας της παρεχόμενης εξυπηρέτησης.

5.4) Δεύτερο επίπεδο (Επίπεδο σύνδεσης ή Data Link Layer)

Οσα περιεγράφησαν στο κεφάλαιο 2 για τη μορφή του πλαισίου και τα πεδία του, τη διεύθυνσιοδότηση των πλαισίων (μορφή πεδίου διεύθυνσης και στοιχεία αυτού) αλλά και τη μετάδοση των πλαισίων σε επίπεδο bit, για τη διασύνδεση DTE/DCE, ισχύουν χωρίς καμιά διαφοροποίηση και για τη διασύνδεση δύο κόμβων (STE) διαφορετικών δικτύων. Προφανώς βέβαια, στη θέση των DTE και DCE έχουμε τώρα τα δύο STE τα οποία και εκτελούν ακριβώς τις ίδιες διαδικασίες δημιουργίας και αποστολής των πλαισίων, προκειμένου να καταστεί δυνατή η μεταξύ τους ανταλλαγή δεδομένων.

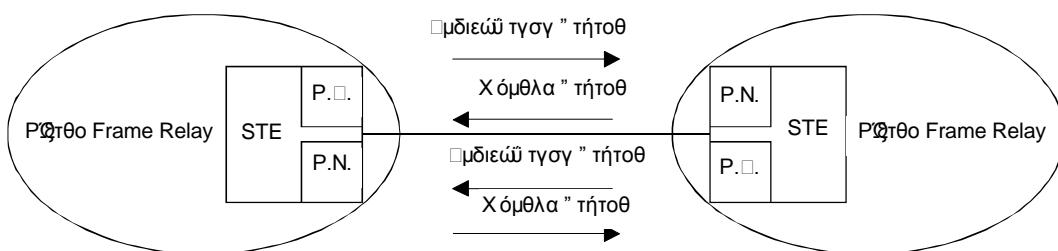
5.5) Διαδικασίες διαχείρισης των PVC

5.5.1) Γενικά

Οπως και οι διαδικασίες διαχείρισης των PVC της διασύνδεσης DTE / DCE, έτσι και οι διαδικασίες διαχείρισης των PVC της διασύνδεσης δύο δικτύων βασίζονται στην περιοδική ανταλλαγή μηνυμάτων "Ενδιερώτησης Στάτου" και "Στάτου". Τα μηνύματα αυτά έχουν ακριβώς την ίδια μορφή με εκείνα που χρησιμοποιούνται από τα DTE και DCE, περιλαμβάνοντας (ή δυνάμενα να περιλάβουν) ακριβώς τα ίδια στοιχεία ειδικών πληροφοριών.

5.5.2) Περιγραφή των διαδικασιών

Αυτή η περιοδική ανταλλαγή μηνυμάτων "Ενδιερώτησης Στάτου" και "Στάτου", που κοινώς ονομάζεται περιοδική σταθμοσκόπηση, χρησιμοποιείται απ' τις διαδικασίες διαχείρισης των PVC, για να επιβεβαιωθεί η ακεραιότητα της σύνδεσης και να αναφερθεί η κατάσταση των PVC, όπως ακριβώς γίνεται και στη διασύνδεση DTE/DCE. Ομως, στην περίπτωση της διασύνδεσης δύο δικτύων, οι διαδικασίες σηματοδότησης που εκτελούνται είναι πάντοτε αμφίδρομες. Δηλαδή σε κάθε πλευρά της διασύνδεσης των δύο δικτύων, κάθε



P.□. Ριαδιξασθ 'μαώγρ τγρ σταηλοσξϋπγσγρ

P.N. Ριαδιξασθ Νπύξώμσγρ στγ σταηλοσξϋπγσγ

Αμφίδρομες διαδικασίες σηματοδότησης

STE εκτελεί και διαδικασίες έναρξης της σταθμοσκόπησης και διαδικασίες απόκρισης στη σταθμοσκόπηση.

Υπενθυμίζεται ότι η διαδικασία έναρξης της σταθμοσκόπησης αποτελείται από εκείνες τις διαδικασίες που παράγουν τα μηνύματα "Ενδιερώτησης Στάτου" και επεξεργάζονται τα ανταποκρινόμενα μηνύματα "Στάτου" που λαμβάνουν. Η δε διαδικασία απόκρισης στη σταθμοσκόπηση αποτελείται από εκείνες τις διαδικασίες που επεξεργάζονται τα μηνύματα "Ενδιερώτησης Στάτου" και παράγουν τα απαιτούμενα μηνύματα "Στάτου".

Τα προαναφερθέντα φαίνονται παραστατικότερα και στο σχήμα της προηγούμενης σελίδας. Κατά τα λοιπά η διαδικασία της περιοδικής σταθμοσκόπησης είναι όμοια με εκείνη που εκτελούν τα DTE και DCE.

Πιο συγκεκριμένα, όσον αφορά την επιβεβαίωση της ακεραιότητας της σύνδεσης, η περιοδική σταθμοσκόπηση λειτουργεί ακριβώς με τον ίδιο τρόπο όπως και στη διασύνδεση DTE/DCE, με μόνη διαφορά το γεγονός ότι οι διαδικασίες έναρξης της σταθμοσκόπησης και απόκρισης σ' αυτή συνυπάρχουν σε κάθε STE. Κατά συνέπεια κάθε τέτοιο τηρεί δύο ξεχωριστά ζευγάρια μετρητών (send sequence counter και receive sequence counter) για τις διαδικασίες έναρξης της σταθμοσκόπησης και απόκρισης στη σταθμοσκόπηση.

Οσον αφορά δε την επισήμανση της παρουσίας ή απουσίας ενός PVC, την επισήμανση νέων PVC ή της κατάστασης δραστηριότητας των υπαρχόντων, η διαδικασία της περιοδικής σταθμοσκόπησης λειτουργεί επίσης κατά τον ίδιο τρόπο όπως στη διασύνδεση DTE/DCE.

Βέβαια πρέπει να σημειωθεί ότι όταν διαπιστωθεί από ένα STE ότι, για ένα δεδομένο PVC, το New bit είναι 1, αυτό σημαίνει ότι το PVC έχει προστεθεί ή επανασχηματιστεί πρόσφατα στο γειτονικό δίκτυο ή σ' ένα δίκτυο διαδοχικό πέραν του γειτονικού δικτύου. Αυτή η πληροφορία πρέπει να διαδίδεται μέσω του δικτύου, στο οποίο υπάρχει αυτό το STE, προς το άλλο άκρο του τμήματος του PVC (δηλαδή προς το DTE ή κάποιο άλλο STE μέσα στο ίδιο δίκτυο). Ετσι διασφαλίζεται ότι το DTE δεν θα χάσει το ενδεχόμενο συμβάν της διαγραφής ενός PVC από ένα δίκτυο και της άμεσης χρησιμοποίησης του ίδιου DLCI για ένα νέο PVC με καινούργιο προορισμό.

Επιπλέον πρέπει να σημειωθεί ότι για να ενημερώσει ένα STE ότι ένα PVC είναι ενεργό πρέπει να ικανοποιούνται τα παρακάτω κριτήρια:

α) Το PVC να είναι σχηματισμένο και διαθέσιμο για μεταφορά δεδομένων στο δίκτυο στο οποίο βρίσκεται το STE.

β) Να μην υπάρχει συνθήκη που να επηρεάζει την εξυπηρέτηση στο STE ή στο άλλο STE (ή DCE) του δικτύου, το οποίο συνδέεται μέσω αυτού του PVC με το STE.

γ) Να δηλώνεται από το άλλο STE του δικτύου (ή το DCE που υποστηρίζει αμφίδρομες διαδικασίες), το οποίο συνδέεται μέσω αυτού του PVC με το STE, ότι το PVC είναι παρόν και ενεργό.

Η ένδειξη που στέλνεται από ένα STE είναι ανεξάρτητη από την ένδειξη που λαμβάνεται από το μακρινό STE μέσω της διασύνδεσης των δύο δικτύων.

Παρακολούθηση λαθών

Οι διαδικασίες έναρξης της σταθμοσκόπησης και απόκρισης σ' αυτή χρησιμοποιούν τις πληροφορίες που τους παρέχονται από την περιοδική σταθμοσκόπηση για την ανίχνευση πιθανών σφαλμάτων. Οι διαδικασίες αυτές χρησιμοποιούν τις ίδιες συνθήκες λάθους που χρησιμοποιούν και τα DTE και DCE. Οι δε ενέργειες των διαδικασιών έναρξης της σταθμοσκόπησης και απόκρισης σ' αυτή, στην κάθε περίπτωση λάθους είναι επίσης όμοιες με εκείνες του εκτελούν τα DTE και DCE αντιστοίχως κατά την ανίχνευση των ίδιων λαθών.

5.5.3) Αμφίδρομες όψεις λειτουργίας

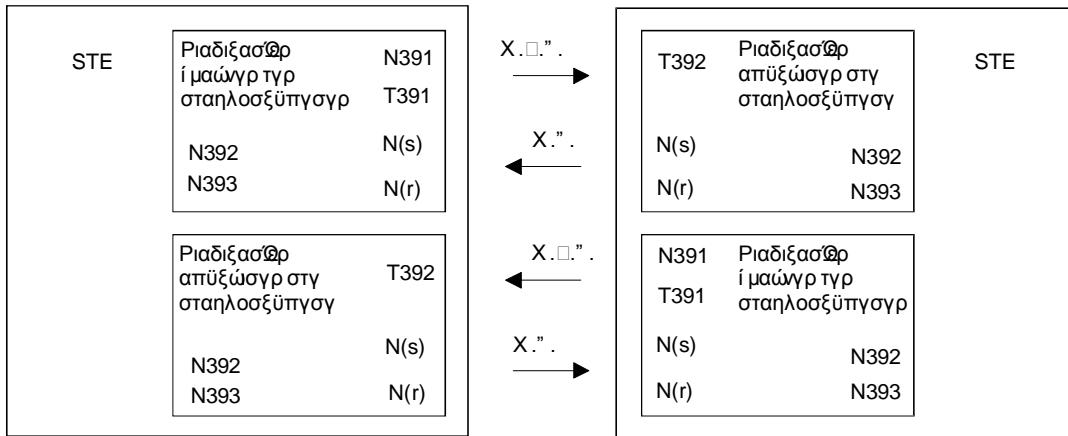
Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, οι διαδικασίες διαχείρισης των PVC της διασύνδεσης δύο δικτύων, είναι πάντοτε αμφίδρομες. Δηλαδή η λειτουργία των δύο τερματικών σταθμών σηματοδότησης (STE) είναι συμμετρική.

Ετσι για κάθε STE σε μια δεδομένη διασύνδεση δυο δικτύων παρέχονται δύο ομάδες παραμέτρων σηματοδότησης, όπως φαίνεται παρακάτω:

- α) διαδικασία έναρξης της σταθμοσκόπησης – T391, N391,
- β) διαδικασία απόκρισης στη σταθμοσκόπηση – T392.

Η μια ομάδα παραμέτρων χρησιμοποιείται όταν το STE υποστηρίζει τη διαδικασία έναρξης της σταθμοσκόπησης, που στέλνει το μήνυμα σταθμοσκόπησης (Ενδιερώτησης Στάτου), ενώ η άλλη ομάδα παραμέτρων χρησιμοποιείται όταν το STE υποστηρίζει τη διαδικασία απόκρισης στη

σταθμοσκόπηση που στέλνει ένα μήνυμα απόκρισης (μήνυμα Στάτου) σε κάθε μήνυμα σταθμοσκόπησης. Η θέση αυτών των παραμέτρων του συστήματος φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



X.**□** . . . Χόμθλα □μδιεώ̄ τγσγρ " τήτοθ

X.**□** . . . Χόμθλα " τήτοθ

N(s) Send Sequence Counter

N(r) Receive Sequence Counter

Θέση παραμέτρων και μεταβλητών του συστήματος

Κάθε πλευρά της διασύνδεσης ενός δικτύου με ένα άλλο απαιτείται να αρχίζει τη σταθμοσκόπηση χρησιμοποιώντας ένα μήνυμα "Ενδιερώτησης Στάτου", βασιζόμενη στο δικό της timer T391. Μια αναφορά πλήρους κατάστασης απαιτείται κάθε N391 κύκλους σταθμοσκόπησης (εξ ορισμού τιμή: 6). Αυτή η διαδικασία της περιοδικής σταθμοσκόπησης έχει ήδη περιγραφεί στην προηγούμενη παράγραφο.

Οταν ενεργοποιείται για πρώτη φορά, το STE πρέπει να θεωρεί τη διασύνδεση του ενός δικτύου με το άλλο ως μη έτοιμη για αποστολή. Οταν το STE παρατηρήσει μια απ' τις ακόλουθες συνθήκες στη διασύνδεση των δυο δικτύων, πρέπει να θεωρεί τη διασύνδεση των δυο δικτύων ως έτοιμη για αποστολή:

- N393 συνεχόμενους έγκυρους κύκλους σταθμοσκόπησης. Αυτοί οι κύκλοι σταθμοσκόπησης μπορούν να μετρούνται από: τους κύκλους έναρξης της σταθμοσκόπησης, τους κύκλους απόκρισης στη σταθμοσκόπηση, ή ένα συνδυασμό και των δύο.

– ως εναλλακτική συνθήκη, έναν έγκυρο κύκλο σταθμοσκόπησης. Δηλαδή, εάν ο πρώτος κύκλος σταθμοσκόπησης συνίσταται στην έγκυρη ανταλλαγή διαδοχικών αριθμών, τότε η διασύνδεση των δύο δικτύων μπορεί να θεωρείται ως έτοιμη για αποστολή. Εάν απ' τον πρώτο κύκλο σταθμοσκόπησης προκύψει σφάλμα, τότε η διασύνδεση των δύο δικτύων πρέπει να θεωρείται ως μη έτοιμη για αποστολή μέχρι να συμβούν N393 συνεχόμενοι έγκυροι κύκλοι σταθμοσκόπησης στη διασύνδεση των δύο δικτύων. Αυτοί οι κύκλοι μπορούν να μετρούνται από: τους κύκλους έναρξης της σταθμοσκόπησης, τους κύκλους απόκρισης σ' αυτήν, ή ένα συνδυασμό και των δύο.

Αργότερα (αφού έχει θεωρηθεί μια φορά ως έτοιμη για αποστολή), η διασύνδεση θεωρείται ως μη λειτουργούσα μόλις ανιχνευτεί μια συνθήκη που να επηρεάζει την εξυπηρέτηση στη διασύνδεση των δύο δικτύων, και λειτουργούσα μόλις ανιχνευτεί αποκατάσταση της εξυπηρέτησης.

Ενα STE θέτει σε εφαρμογή δύο ομάδες παραμέτρων N392 και N393 για την παρακολούθηση των λαθών και των συμβάντων αντιστοίχως. Η μια ομάδα χρησιμοποιείται από τις διαδικασίες έναρξης της σταθμοσκόπησης ενώ η άλλη από τις διαδικασίες απόκρισης στη σταθμοσκόπηση. Αναγνωρίζεται βέβαια ότι, σ' ένα STE, οι διαδικασίες έναρξης της σταθμοσκόπησης και απόκρισης σ' αυτή μπορεί να ανιχνεύσουν διαφορετικές καταστάσεις. Η επιλογή μίας από αυτές τις καταστάσεις για την κατάσταση της διασύνδεσης των δύο δικτύων εξαρτάται απ' την υλοποίηση.

5.5.4) Ασύγχρονο μήνυμα κατάστασης ενός PVC

Οπως τα DCE έτσι και τα STE μπορούν προαιρετικά, όποτε αλλάζει η κατάσταση ενός PVC, να στέλνουν ένα ασύγχρονο μήνυμα "Στάτου" γι' αυτό το PVC, προς το μακρινό STE. Τα STE που δεν είναι ικανά να μεταφράζουν μηνύματα "Στάτου" με τύπο αναφοράς "single PVC asynchronous status" πρέπει απλώς να τα αγνοούν.

5.6) Ελεγχος συμφόρησης

Οπως και στη διασύνδεση DTE/DCE έτσι και στη διασύνδεση δύο δικτύων, οι καταστάσεις συμφόρησης ταξινομούνται σε καταστάσεις ήπιας και σοβαρής συμφόρησης. Σε περιόδους ήπιας συμφόρησης, το δίκτυο πρέπει να θέτει σε εφαρμογή διαδικασίες ανίχνευσης της συμφόρησης, ειδοποίησης των χρηστών και ελέγχου της υπερβολικής συμφόρησης έτσι ώστε να αποφευχθεί όσο το δυνατόν το ενδεχόμενο απόρριψης πλαισίων. Το δίκτυο μπορεί να στέλνει δηλώσεις επισήμανσης της συμφόρησης προς τα γειτονικά δίκτυα μέσω των μεταξύ τους διασυνδέσεων, εάν έχει διαπιστωθεί ότι η ανταλλαγή δεδομένων με αυτά τα δίκτυα γίνεται με πόρους που έχουν συμφόρηση.

Κάθε δίκτυο πρέπει να παράγει τα Forward Explicit Congestion Notification (FECN) και Backward Explicit Congestion Notification (BECN) ενώ μπορεί να υποστηρίζει επιβολή ρυθμού χρησιμοποιώντας τον δείκτη DE.

Κάθε δίκτυο είναι υπεύθυνο για την αυτοπροστασία του από πιθανές καταστάσεις συμφόρησης στη διασύνδεσή του με τα άλλα δίκτυα (π.χ. ένα δεδομένο δίκτυο δεν πρέπει να βασίζεται μόνο στην αλλαγή του DE bit σε "1" απ' το προηγούμενο δίκτυο).

Κάτω από κανονικές συνθήκες λειτουργίας, πρέπει να καταβάλλεται κάθε προσπάθεια για να μην απορρίπτονται δεδομένα μεγέθους υποχρεωτικής ριπής στη διασύνδεση δύο δικτύων. Ενας τρόπος για να διασφαλισθεί αυτό, είναι να τεθεί ένα ανώτατο όριο στο άθροισμα των συνεισφερόντων CIR (έξοδος απ' το δίκτυο) όλων των PVC λαμβάνοντας υπόψην το ρυθμό προσπέλασης της διασύνδεσης των δυο δικτύων. Κάθε STE θέτει το δικό του ανώτατο όριο.

Οι τιμές των Committed Information Rate (CIR), Committed Burst Size (Bc) και Excess Burst Size (Be) είναι διαχειριστικώς συγχρονισμένες στη διασύνδεση δύο δικτύων. Οι τιμές αυτών των παραμέτρων επιλέγονται έτσι ώστε να παρέχεται μια συνεπής εξυπηρέτηση κατά μήκος του πολύ-δικτυακού PVC. Τα CIR, Bc και Be μπορούν να οριστούν διαφορετικά για τις δύο κατευθύνσεις.

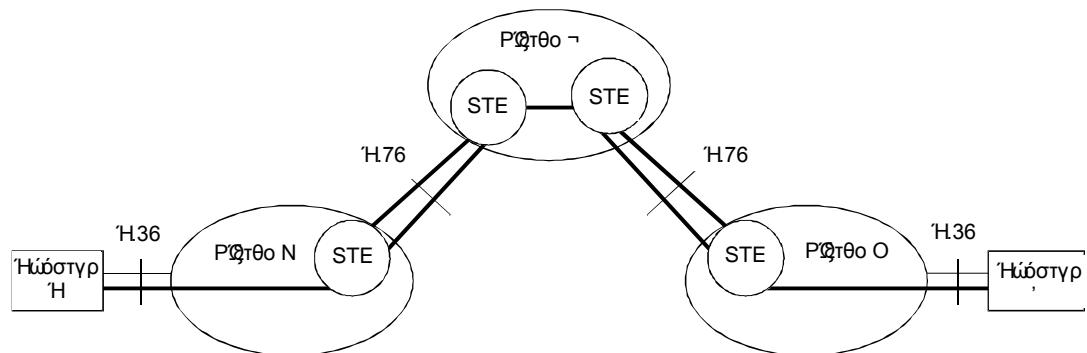
Οι ρυθμοί πρόσβασης (AR) όλων των μεταξύ των δικτύων διασυνδέσεων, που εμπλέκονται σ' ένα πολυ-δικτυακό PVC, δεν είναι απαραίτητο να είναι ίσοι. Ετσι ο ρυθμός πρόσβασης μιας διασύνδεσης μπορεί ουσιαστικά να είναι μεγαλύτερος απ' αυτόν μιας άλλης. Επομένως, η συνεχής διακίνηση πλαισίων

Βε μέσω μιας διασύνδεσης δύο δικτύων μπορεί να οδηγήσει σε συμφόρηση τους buffer δικτύου μιας άλλης διασύνδεσης και ένα σημαντικό ποσό των διακινούμενων δεδομένων θέλει να απορριφθεί.

Πιθανό σενάριο συμφόρησης των δικτύων

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται ένα απλό PVC που περνά μέσα από τρία δίκτυα. Το PVC αποτελείται από τρία τμήματα και διέρχεται από δύο χωριστές ζεύξεις δικτύων. Το PVC διακινεί πληροφορίες μεταξύ δύο τελικών χρηστών: των χρηστών X και Y.

Εάν το δίκτυο B πάθει τέτοια συμφόρηση ώστε να μειωθεί η ικανότητά του να διακινεί πληροφορίες σ' αυτό το PVC στην κατεύθυνση X => Y, πρέπει να το επισημάνει σαφώς στους χρήστες X και Y. Το δίκτυο B το επιτυγχάνει αυτό κάνοντας 1 το bit FECN στο πεδίο διεύθυνσης των πλαισίων που περνούν προς τον χρήστη Y, και το bit BECN στο πεδίο διεύθυνσης των πλαισίων που περνούν προς το χρήστη X. Η ευθύνη των δικτύων A και Γ σ' αυτή την περίπτωση είναι να μεταφέρουν αυτά τα bit επισήμανσης της συμφόρησης αμετάβλητα προς τους χρήστες και τα DCE με τα οποία αυτοί συνδέονται.



Περίπτωση PVC διερχόμενου μέσω τριών δικτύων

Κατ' αρχήν, με τη λήψη επισήμανσης συμφόρησης, ο εξοπλισμός των τελικών χρηστών πρέπει να μειώσει το προσφερόμενο φορτίο στο υποδεικνυόμενο PVC. Αυτό μπορεί, στην πράξη, να οδηγήσει σε αύξηση της πραγματικής διεκπεραιωτικής ικανότητας των χρηστών. Ωστόσο, καθώς η συμπεριφορά καθενός εκ των τελικών χρηστών δεν μπορεί να εγγυηθεί, τα

δίκτυα θα πρέπει να έχουν την ικανότητα να προστατεύουν τους εαυτούς τους και τους άλλους χρήστες από συμφόρηση. Στην προκειμένη περίπτωση, το δίκτυο B μπορεί να αυτοπροστατευτεί χρησιμοποιώντας ένα μηχανισμό επιβολής ρυθμού στην είσοδο δεδομένων από μια διασύνδεση με ένα δίκτυο, ο οποίος θα περιλαμβάνει την απόρριψη πλαισίων, αρχίζοντας με εκείνα που έχουν σημαδευτεί ως προτιμητέα για απόρριψη σε περιόδους συμφόρησης.

Μετάβαση από το X.25 στην τεχνική Frame Relay

6 ΕΝΘΥΛΑΚΩΣΗ ΣΕ ΠΛΑΙΣΙΑ X.25, ΠΑΚΕΤΩΝ ΤΟΥ FRAME RELAY

Σ' αυτό το κεφάλαιο περιγράφονται οι διαδικασίες αποκατάστασης κλήσης (call set-up), που εκτελεί η λειτουργία ενθυλάκωσης, καθώς και η φάση μεταφοράς δεδομένων, που ακολουθεί, όταν ενθυλακώνονται πακέτα Frame Relay σε πλαίσια X.25. Η λειτουργία της ενθυλάκωσης μπορεί να εκτελείται είτε από τα X.25 DTE, είτε από τα δημόσια δίκτυα μεταγωγής πακέτων.

6.1) Γενικοί κανόνες

6.1.1) Αντιστοιχία ζεύξεων

Για τις διαδικασίες μεταφοράς δεδομένων υπάρχει μια αντιστοιχία για κάθε νοητό κύκλωμα (virtual circuit) του Frame Relay με μια νοητή κλήση (virtual call) του X.25. Στο Frame Relay ένα νοητό κύκλωμα καθορίζεται από το DLCI. Στο δε X.25 μια νοητή κλήση καθορίζεται από τον αριθμό ταυτότητας του λογικού καναλιού (LCGN - LCN). Οταν η λειτουργία της ενθυλάκωσης εκτελείται μέσα στο δίκτυο, η διασύνδεση X.25 μπορεί να αντικατασταθεί από ισοδύναμες εσωτερικές λειτουργίες.

6.1.2) Βαθμός διεκπεραιωτικής ικανότητας της νοητής κλήσης του X.25

Ο βαθμός της διεκπεραιωτικής ικανότητας της νοητής κλήσης του X.25 εξαρτάται από τον υποχρεωτικό ρυθμό πληροφορίας (CIR) του νοητού κυκλώματος του Frame Relay. Οταν ο CIR είναι 0, ο βαθμός της διεκπεραιωτικής ικανότητας εξαρτάται από την υλοποίηση.

6.2) Διαδικασίες για τα μόνιμα νοητά κυκλώματα του Frame Relay

6.2.1) Διαδικασίες αποκατάστασης κλήσης (Call set-up)

α) Συνθήκες αποκατάστασης κλήσης

Τα κριτήρια αποκατάστασης (set-up) μιας νοητής κλήσης εξαρτώνται από την λειτουργία της ενθυλάκωσης. Συγκεκριμένα μπορούν να χρησιμοποιούνται τα παρακάτω κριτήρια:

- έναρξη της λειτουργίας ενθυλάκωσης,
- διαθεσιμότητα της διασύνδεσης Frame Relay, βάσει του φυσικού επιπέδου,
- διαθεσιμότητα της διασύνδεσης Frame Relay, βάσει των διαδικασιών επιβεβαίωσης της ακεραιότητας της σύνδεσης,
- διαθεσιμότητα του μόνιμου νοητού κυκλώματος του Frame Relay, σύμφωνα με το μήνυμα "Στάτου" που λαμβάνεται από την τοπική διασύνδεση όταν η λειτουργία ενθυλάκωσης συμπεριφέρεται σαν ένα X.36 DTE ή όταν υποστηρίζονται αμφίδρομες διαδικασίες διαχείρισης στη διασύνδεση Frame Relay,
- λήψη πλαισίων, προς ενθυλάκωση, από τη διασύνδεση Frame Relay,
- κ.τ.λ.

β) Κωδικοποίηση των πακέτου κλήσης

i) Διεύθυνση καλούμενου DTE

Η διεύθυνση του καλούμενου DTE και πιθανότατα μια διευκόλυνση προέκτασής της, χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό του αριθμού ταυτότητας:

- της καλούμενης διαδικασίας ενθυλάκωσης και της καλούμενης πόρτας της (διασύνδεση Frame Relay),
- ενός αριθμού DLCI.

Στο σχήμα της επόμενης σελίδας απεικονίζεται μια περίπτωση κατά την οποία η λειτουργία ενθυλάκωσης εκτελείται έξω από το δίκτυο. Για να

υποστηρίζουν το μόνιμο νοητό κύκλωμα του Frame Relay, που προσδιορίζεται στην πόρτα i της λειτουργίας ενθυλάκωσης (1) με το DLCI n και στην πόρτα j της λειτουργίας ενθυλάκωσης (2) με το DLCI k, και οι δυο λειτουργίες ενθυλάκωσης πρέπει να διατηρούν μια διεύθυνση καλούμενου DTE που να προσδιορίζει με μοναδικό τρόπο τη μακρινή πόρτα, το DLCI και τη λειτουργία ενθυλάκωσης.

Εάν χρησιμοποιούνται η κύρια και οι συμπληρωματικές διεύθυνσεις τότε η κύρια διεύθυνση μπορεί να προσδιορίζει την καλούμενη λειτουργία ενθυλάκωσης και η συμπληρωματική διεύθυνση να προσδιορίζει τους αριθμούς της πόρτας και του DLCI.



Η διεύθυνση καλούμενου DTE χρησιμοποιείται για να καθοριστεί ο αριθμός ταυτότητας της λειτουργίας ενθυλάκωσης, η πόρτα της και το PVC του FR

ii) Διεύθυνση καλούντος DTE

Το πεδίο διεύθυνσης του καλούντος DTE και/ή πιθανότατα τα περιεχόμενα της διευκόλυνσης προέκτασής της (της διεύθυνσης του καλούντος), προσδιορίζουν τουλάχιστον την καλούσα πόρτα (FR διασύνδεση) της λειτουργίας ενθυλάκωσης του καλούντος και ένα αριθμό DLCI καλούντος.

iii) Διευκολύνσεις

Η καλούσα λειτουργία ενθυλάκωσης πρέπει να ζητά την διευκόλυνση ταχείας επιλογής χωρίς περιορισμούς κατά την απόκριση, προκειμένου να επιτραπεί στην καλούμενη λειτουργία ενθυλάκωσης να συμπεριλάβει και δεδομένα στο πακέτο αποδοχής κλήσης.

Εάν η κλήση τερματιστεί με αιτία "μη υποστηριζόμενη η αποδοχή τα-

χείας επιλογής", η λειτουργία ενθυλάκωσης μπορεί να εκπέμψει μια δεύτερη κλήση χωρίς τη διευκόλυνση της ταχείας επιλογής.

Σημείωση

Αν και η χρήση της διευκόλυνσης αποδοχής ταχείας επιλογής απαιτείται από τη λειτουργία ενθυλάκωσης, είναι πιθανόν να εγκαθιδρυθεί και να χρησιμοποιηθεί μια νοητή κλήση X.25 με λειτουργία ενθυλάκωσης που δεν υποστηρίζει την διευκόλυνση αποδοχής ταχείας επιλογής. Οι διαδικασίες διαπραγμάτευσης επιλύουν το ζήτημα της απουσίας των δεδομένων του καλούμενου χρήστη από το πακέτο σύνδεσης κλήσης.

iv) Δεδομένα κλήσης του χρήστη

Τα δεδομένα του χρήστη περιέχουν: το octet που προσδιορίζει το πρωτόκολλο, το octet που προσδιορίζει το είδος μεταφοράς των μονάδων δεδομένων του πρωτοκόλλου και πιθανώς ένα επιπρόσθετο πεδίο.

Η μη μηδενική τιμή του octet που προσδιορίζει το πρωτόκολλο δηλώνει ενθυλάκωση ενός μόνο πρωτοκόλλου και είναι δεκαεξαδική για το Frame Relay.

Το είδος μεταφοράς των μονάδων δεδομένων του πρωτοκόλλου πρέπει να κωδικοποιεί μια μη μηδενική τιμή, εννοώντας ότι απαιτείται είδος μεταφοράς πολλαπλών μονάδων δεδομένων του πρωτοκόλλου, με ένα delimiter ελαχίστου μήκους δύο octet.

γ) Λήψη ενός εισερχόμενου πακέτου κλήσης

Η καλούμενη λειτουργία ενθυλάκωσης χρησιμοποιεί ή δεν χρησιμοποιεί τις διευθύνσεις καλούμενου και καλούντος DTE, τις διευκολύνσεις προέκτασής τους και τα δεδομένα του χρήστη με τα octet που προσδιορίζουν το πρωτόκολλο και το είδος μεταφοράς των μονάδων δεδομένων του πρωτοκόλλου, προκειμένου να αποφασίσει αν μπορεί να αποδεχθεί ή να απορρίψει την εισερχόμενη κλήση. Συγκεκριμένα εάν η διευκόλυνση ταχείας επιλογής απουσιάζει, η κλήση πρέπει να τερματιστεί.

δ) Κωδικοποίηση του πακέτου αποδοχής κλήσης

Κανένας επιπλέον προσδιορισμός δεν χρειάζεται στις γενικές διαδικασίες για τις διευθύνσεις καλουμένου και καλούντος DTE και τις διευκολύνσεις, που περιεγράφησαν παραπάνω. Το πεδίο δεδομένων του χρήστη είναι κωδικοποιημένο ως εξής:

- το octet που προσδιορίζει το πρωτόκολλο είναι ίσο με το δεκαεξαδικό A8,
- το octet του είδους μεταφοράς των μονάδων δεδομένων του πρωτοκόλλου κωδικοποιεί μεταφορά πολλαπλών μονάδων δεδομένων του πρωτοκόλλου και μια ελάχιστη τιμή δύο octet για το μήκος του delimiter,
- και πιθανότατα το επιπρόσθετο πεδίο.

ε) Λήψη του πακέτου σύνδεσης της κλήσης

Η καλούσα λειτουργία ενθυλάκωσης χρησιμοποιεί το πεδίο δεδομένων του καλουμένου χρήστη και τους ακόλουθους κανόνες συνεννόησης προκειμένου να αποφασίσει εάν θα δεχθεί ή θα απορρίψει την κλήση.

στ) Συνεννόηση κατά την αποκατάσταση κλήσης

Η συνεννόηση για τη μέθοδο ενθυλάκωσης πρέπει να οδηγεί σε ενθυλάκωση απλού πρωτοκόλλου και συγκεκριμένα να προσδιορίζεται το Frame Relay. Η δε συνεννόηση για το είδος μεταφοράς πρέπει να οδηγεί στην υιοθέτηση της μεταφοράς πολλαπλών μονάδων δεδομένων του πρωτοκόλλου.

ζ) Σύγκρουση κλήσεων

Επειδή το Frame Relay είναι ένα πρωτόκολλο connection oriented και πρέπει η σειρά παράδοσης των πλαισίων να είναι εγγυημένη, είναι απαραίτητο να περιοριστεί ο αριθμός των εγκαθιδρυμένων νοητών κλήσεων, για κάθε μόνιμο νοητό κύκλωμα Frame Relay, σε μία.

Σε περίπτωση που έχει σταλεί μια κλήση και το ανταποκρινόμενο πακέτο σύνδεσης κλήσης ή τερματισμού κλήσης δεν έχει ληφθεί ενώ έχει ληφθεί ένα πακέτο κλήσης για τον ίδιο σκοπό, η μια από τις κλήσεις πρέπει να

τερματιστεί. Τότε η λειτουργία ενθυλάκωσης συγκρίνει τις διευθύνσεις των δύο λειτουργιών ενθυλάκωσης και αν η διεύθυνσή της είναι μεγαλύτερη από τη διεύθυνση της μακρινής λειτουργίας ενθυλάκωσης, καθαρίζει την κλήση που δημιούργησε και φυσικά επιβεβαιώνει την εισερχόμενη κλήση.

Η σύγκριση γίνεται ανά ψηφίο από τα αριστερά προς τα δεξιά σύμφωνα με τη μορφή, που καθορίζει η σύσταση X.121, ακολουθούμενη από τη συμπληρωματική διεύθυνση.

6.2.2) Διαδικασίες τερματισμού κλήσης

Οι συνθήκες τερματισμού κλήσης εξαρτώνται από την υλοποίηση και μπορούν να περιλαμβάνουν τα εξής:

- μη διαθεσιμότητα της διασύνδεσης Frame Relay, βάσει του φυσικού επιπέδου,
- μη διαθεσιμότητα της διασύνδεσης Frame Relay, βάσει των διαδικασιών επιβεβαίωσης της ακεραιότητας της σύνδεσης,
- μη διαθεσιμότητα του μόνιμου νοητού κυκλώματος του Frame Relay, σύμφωνα με κάποιο μήνυμα "Στάτου" που ελήφθη από την τοπική διασύνδεση, όταν η λειτουργία ενθυλάκωσης συμπεριφέρεται σαν ένα X.36 DTE ή όταν υποστηρίζονται αμφίδρομες διαδικασίες διαχείρισης στη διασύνδεση Frame Relay,
- οι συνεννοήσεις κατά την αποκατάσταση κλήσης δεν οδηγούν σε ενθυλάκωση ενός μόνο πρωτοκόλλου με προσδιοριζόμενο το Frame Relay,
- οι συνεννοήσεις κατά την αποκατάσταση κλήσης δεν οδηγούν στην υιοθέτηση της μεταφοράς πολλαπλών μονάδων δεδομένων του πρωτοκόλλου με ελαχίστου μήκους delimiter των δύο octet,
- ανίχνευση επιπρόσθετης νοητής κλήσης X.25,
- μη μεταφορά μονάδων δεδομένων πρωτοκόλλου (αποστολή και λήψη), για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, μέσω της νοητής κλήσης X.25,
- κ.τ.λ.

6.2.3) Υποστήριξη διαδικασιών διαχείρισης

a) Υποστήριξη διαδικασιών διαχείρισης για συμπεριφορά σαν ένα X.36 DCE

Οταν η λειτουργία ενθυλάκωσης συμπεριφέρεται όπως ένα X.36 DCE, η υποστήριξη των διαδικασιών διαχείρισης των μόνιμων νοητών κυκλωμάτων του Frame Relay, έχει τις ακόλουθες επιδράσεις στις διαδικασίες αποκατάστασης κλήσης και τερματισμού κλήσης:

- η διαθεσιμότητα της διασύνδεσης Frame Relay, βάσει των διαδικασιών επιβεβαίωσης της ακεραιότητας της σύνδεσης, προκαλεί την αποκατάσταση νοητών κλήσεων X.25 που αντιστοιχούν στα μόνιμα νοητά κυκλώματα του Frame Relay που υποστηρίζονται από τη διασύνδεση Frame Relay,
- η μη διαθεσιμότητα της διασύνδεσης Frame Relay, βάσει των διαδικασιών επιβεβαίωσης της ακεραιότητας της σύνδεσης, προκαλεί τον τερματισμό των νοητών κλήσεων X.25 που αντιστοιχούν στα μόνιμα νοητά κυκλώματα του Frame Relay που υποστηρίζονται από τη διασύνδεση Frame Relay,

Κατάσταση των μόνιμων νοητών κυκλωμάτων του Frame Relay

Στην κατάσταση αρχικοποίησης, η λειτουργία ενθυλάκωσης κάνει το New bit "1" και το Active bit "0" σε όλα τα στοιχεία πληροφορίας "PVC Status".

Για ένα δεδομένο μόνιμο νοητό κύκλωμα Frame Relay, όταν εγκαθιδρυθεί η νοητή του κλήση X.25, η λειτουργία ενθυλάκωσης κάνει το Active bit "1" στο αντίστοιχο στοιχείο πληροφορίας "PVC Status".

Για ένα δεδομένο μόνιμο νοητό κύκλωμα Frame Relay, όταν τερματιστεί η νοητή του κλήση X.25 με αιτία/διάγνωση: προερχόμενη απ' το DTE / αδράνεια στη διακοπή της νοητής κλήσης X.25, η λειτουργία ενθυλάκωσης θέτει το Active bit "1" στο αντίστοιχο στοιχείο πληροφορίας "PVC Status". Για όλες τις υπόλοιπες αιτίες και διαγνώσεις, η λειτουργία ενθυλάκωσης θέτει το Active bit "0" στα αντίστοιχα στοιχεία πληροφορίας "PVC Status".

β) Υποστήριξη διαδικασιών διαχείρισης για συμπεριφορά σαν ένα X.36 DTE

Όταν η λειτουργία ενθυλάκωσης συμπεριφέρεται όπως ένα X.36 DTE, η υποστήριξη των διαδικασιών διαχείρισης των μόνιμων νοητών κυκλωμάτων Frame Relay, έχει τις ακόλουθες επιδράσεις στις διαδικασίες αποκατάστασης κλήσης και τερματισμού κλήσης:

- η διαθεσιμότητα της διασύνδεσης Frame Relay, βάσει των διαδικασιών επιβεβαίωσης της ακεραιότητας της σύνδεσης και η λήψη από τη λειτουργία ενθυλάκωσης ενός στοιχείου πληροφορίας "PVC Status" με το Active bit "1", προκαλεί την αποκατάσταση της νοητής κλήσης X.25 που αντιστοιχεί στο μόνιμο νοητό κύκλωμα Frame Relay που υποστηρίζεται από τη διασύνδεση
- Frame Relay,
- η μη διαθεσιμότητα της διασύνδεσης Frame Relay, βάσει των διαδικασιών επιβεβαίωσης της ακεραιότητας της σύνδεσης, προκαλεί τον τερματισμό των νοητών κλήσεων X.25 που αντιστοιχούν στα μόνιμα νοητά κυκλώματα Frame Relay που υποστηρίζονται από τη διασύνδεση Frame Relay,
- η λήψη, από τη λειτουργία ενθυλάκωσης, ενός στοιχείου πληροφορίας "PVC Status" με το Active bit "0", προκαλεί τον τερματισμό της αντίστοιχης νοητής κλήσης X.25 με αιτία/διάγνωση: προερχόμενη απ' το DTE / λήψη από την τοπική διασύνδεση, σήματος τερματισμού.

γ) Υποστήριξη αμφίδρομων διαδικασιών διαχείρισης

Η υποστήριξη των αμφίδρομων διαδικασιών για τη διαχείριση των μόνιμων νοητών κυκλωμάτων του Frame Relay, έχει τις ακόλουθες επιδράσεις στις διαδικασίες αποκατάστασης και τερματισμού κλήσης:

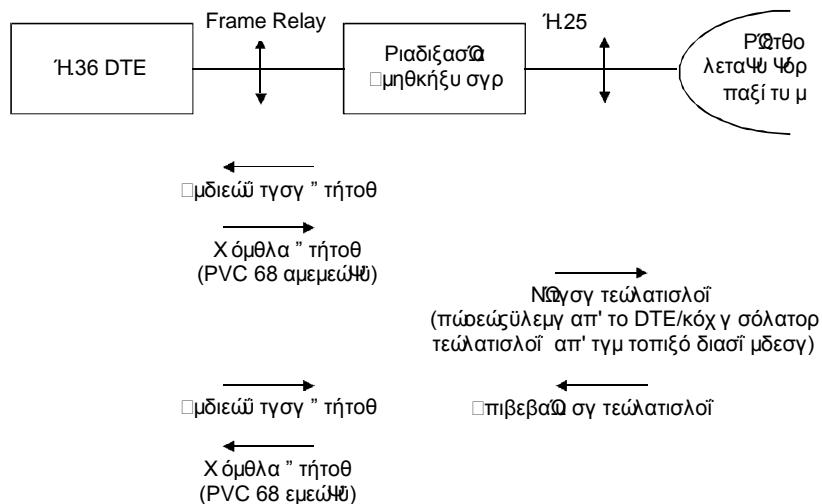
- η διαθεσιμότητα της διασύνδεσης Frame Relay, βάσει των διαδικασιών επιβεβαίωσης της ακεραιότητας της σύνδεσης και η λήψη από τη λειτουργία ενθυλάκωσης ενός στοιχείου πληροφορίας " PVC Status" με το Active bit "1", προκαλεί την αποκατάσταση της νοητής κλήσης X.25 που αντιστοιχεί στο μόνιμο νοητό κύκλωμα Frame Relay που υποστηρίζεται από τη διασύνδεση Frame Relay,

- η μη διαθεσιμότητα της διασύνδεσης Frame Relay, βάσει των διαδικασιών επιβεβαίωσης της ακεραιότητας της σύνδεσης, προκαλεί τον τερματισμό των νοητών κλήσεων X.25 που αντιστοιχούν στα μόνιμα νοητά κυκλώματα Frame Relay που υποστηρίζονται από τη διασύνδεση Frame Relay,
- η λήψη, από τη λειτουργία ενθυλάκωσης, ενός στοιχείου πληροφορίας "PVC Status" με το Active bit "0", προκαλεί τον τερματισμό της αντίστοιχης νοητής κλήσης X.25 με αιτία/διάγνωση: προερχόμενη απ' το DTE/λήψη από την τοπική διασύνδεση, σήματος τερματισμού.

Κατάσταση των μόνιμων νοητών κυκλωμάτων του Frame Relay

Στην κατάσταση αρχικοποίησης, η λειτουργία ενθυλάκωσης κάνει το New bit "1" και το Active bit "0" σε όλα τα στοιχεία πληροφορίας "PVC Status".

Για ένα δεδομένο μόνιμο νοητό κύκλωμα Frame Relay, όταν εγκαθιδρυθεί η νοητή του κλήση X.25, η λειτουργία ενθυλάκωσης κάνει το Active bit "1" στο αντίστοιχο στοιχείο πληροφορίας "PVC Status".



Κατάσταση ενός Frame Relay PVC σύμφωνα με την επισήμανση τερματισμού που λαμβάνεται από τη διασύνδεση Frame Relay

Για ένα δεδομένο μόνιμο νοητό κύκλωμα Frame Relay, όταν τερματιστεί η νοητή του κλήση X.25 με αιτία/διάγνωση: προερχόμενη απ' το DTE / αδράνεια στη διακοπή της νοητής κλήσης X.25, η λειτουργία ενθυλάκωσης

έτει το Active bit "1" στο αντίστοιχο στοιχείο πληροφορίας "PVC Status". Για όλες τις υπόλοιπες αιτίες και διαγνώσεις, η λειτουργία ενθυλάκωσης θέτει το Active bit "0" στα αντίστοιχα στοιχεία πληροφορίας "PVC Status".

Για ένα δεδομένο μόνιμο νοητό κύκλωμα Frame Relay, όταν η λειτουργία ενθυλάκωσης καθαρίσει την αντίστοιχη νοητή κλήση X.25 με αιτία/διάγνωση: προερχόμενη απ' το DTE / λήψη από την τοπική διασύνδεση σήματος τερματισμού, η λειτουργία ενθυλάκωσης θέτει το Active bit "1" στο αντίστοιχο στοιχείο πληροφορίας "PVC Status" που αποστέλλεται στη διασύνδεση Frame Relay, όπως φαίνεται παραπάνω.

6.3) Διαδικασία μεταφοράς πλαισίων του Frame Relay

Η παράγραφος αυτή περιγράφει τις διαδικασίες μεταφοράς δεδομένων που χρησιμοποιούνται σε μια νοητή κλήση X.25 μεταξύ δύο διαδικασιών ενθυλάκωσης. Τα παρακάτω ισχύουν και για την περίπτωση των PVC και για την περίπτωση των SVC κυκλωμάτων.

6.3.1) Λήψη πλαισίων Frame Relay από τη διασύνδεση Frame Relay

Η λειτουργία ενθυλάκωσης ελέγχει πρώτα την εγκυρότητα των πλαισίων του Frame Relay. Γι' αυτό το σκοπό χρησιμοποιούνται οι ακόλουθοι έλεγχοι:

- εξακρίβωσης των πλαισίων του Frame Relay όπως καθορίζεται στην παράγραφο 2.3.4 (δ)
- δικαιώματος αποστολής στη νοητή κλήση X.25 βάσει της λίστας των DLCI, στην οποία καθορίζεται για ποιόν έχει σχηματιστεί / εγκαθιδρυθεί κάθε νοητή κλήση X.25.

Σύμφωνα μ' αυτούς τους ελέγχους, μόνο τα έγκυρα πλαίσια του Frame Relay ενθυλακώνονται σε νοητές κλήσεις X.25.

6.3.2) Μορφή ενθυλάκωσης

Τα flag, το DLCI και το πεδίο FCS δεν ενθυλακώνονται.

6.3.3) Μεταφορά των πλαισίων του Frame Relay μέσω της νοητής κλήσης X.25

Η ενθυλάκωση πρωτοκόλλου παρέχει:

Bit Επικεφαλίδας του FR	Πεδίο πληροφορίας πλαισίου FR	...	Bit Επικεφαλίδας του FR	Πεδίο πληροφορίας πλαισίου FR
-------------------------	-------------------------------	-----	-------------------------	-------------------------------

Πριν από κάθε πεδίο πληροφορίας του πλαισίου του Frame Relay (Μονάδα Δεδομένων Πρωτοκόλλου) προστίθεται ένας delimiter:

Delimiter	Μονάδα δεδομένων πρωτοκόλλου	...	Delimiter	Μονάδα Δεδομένων Πρωτοκόλλου
-----------	------------------------------	-----	-----------	------------------------------

Μετάδοση σε ένα ή περισσότερα, αν είναι αναγκαίο, πακέτα δεδομένων του X.25:

Δεδομένα χρήστη		Δεδομένα χρήστη		Δεδομένα χρήστη			
M=1	Delimiter + Αρχή του πεδίου πληροφορίας του Frame Relay	...	M=1	Τέλος του πεδίου πληροφορίας του Frame Relay + Delimiter	...	M=0	Τέλος του πεδίου πληροφορίας του Frame Relay

Παράδειγμα μεταφοράς πλαισίων Frame Relay

Η μεταφορά πολλαπλών μονάδων δεδομένων πρωτοκόλλου χρησιμοποιείται με delimiter ελάχιστου μήκους δύο octet. Τα bit επικεφαλίδας του FR: FECN, BECN, DE και C/R, στέλνονται τοποθετούμενα στο πεδίο delimiter όπως φαίνεται στο παραπάνω σχήμα.

Το παρακάτω σχήμα απεικονίζει το πεδίο delimiter για την ενθυλάκωση πλαισίων του Frame Relay:

- το πεδίο "length" κωδικοποιεί το μήκος σε octet του πεδίου πληροφορίας του πλαισίου του Frame Relay,
- το συνολικό μήκος του "delimiter" καθορίζεται κατά τη διαδικασία αποκατάστασης κλήσης και έχει ελάχιστη τιμή δύο.

4 bit	[(8 × λόξος delimiter) – 4] bit					
<table border="1"> <tr> <td>FECN</td> <td>BECN</td> <td>DE</td> <td>C/R</td> <td>Length</td> </tr> </table>		FECN	BECN	DE	C/R	Length
FECN	BECN	DE	C/R	Length		

Μορφή του delimiter για την ενθυλάκωση πλαισίων του Frame Relay σε πλαίσια του X.25

6.3.4) Ελεγχος ροής

Αυτή η υπο-παράγραφος περιγράφει τις ενέργειες που μπορούν να εκτελούνται σε μια λειτουργία ενθυλάκωσης όταν υπάρχει έλεγχος ροής είτε

από την πλευρά της διασύνδεσης X.25 είτε από την πλευρά της διασύνδεσης Frame Relay.

a) Ελεγχος ροής από τη νοητή κλήση X.25

Ανάλογα με την υλοποίηση, κατά τον έλεγχο ροής σε μια νοητή κλήση X.25 από την πλευρά του δικτύου, μια λειτουργία ενθυλάκωσης μπορεί:

- να συναρμολογεί περισσότερα του ενός πλαίσια Frame Relay, σε ένα πλήρες πακέτο, εφόσον καθορίζεται μεταφορά πολλαπλών μονάδων δεδομένων πρωτότυπου,
- να κάνει "1" το bit FECN, στα πλαίσια Frame Relay του αντίστοιχου νοητού κυκλώματος Frame Relay, τα οποία ενθυλακώνονται στη νοητή κλήση X.25,
- να κάνει "1" το bit BECN, στα πλαίσια Frame Relay του αντίστοιχου νοητού κυκλώματος Frame Relay, τα οποία στέλνονται στην τοπική διασύνδεση,
- να απορρίπτει τα πλαίσια Frame Relay του αντίστοιχου νοητού κυκλώματος Frame Relay, που είναι υποψήφια για ενθυλάκωση στη νοητή κλήση X.25 και που έχουν το bit DE "0",
- να απορρίπτει τα πλαίσια Frame Relay του αντίστοιχου νοητού κυκλώματος Frame Relay, που είναι υποψήφια για ενθυλάκωση στη νοητή κλήση X.25 ανεξάρτητα από την τιμή του bit DE.

β) Ελεγχος ροής από την πλευρά της διασύνδεσης Frame Relay

Ανάλογα με την υλοποίηση, κατά τον έλεγχο ροής από την πλευρά της διασύνδεσης Frame Relay, η λειτουργία ενθυλάκωσης μπορεί:

- να μειώσει τον αριθμό των μονάδων δεδομένων πρωτοκόλλου που στέλνει στην τοπική διασύνδεση, σε γενική βάση ή εάν η λειτουργία ενθυλάκωσης έχει επαρκή γνώση, να μειώσει τον αριθμό των μονάδων δεδομένων πρωτοκόλλου που πραγματικά επηρεάζονται από τον έλεγχο ροής,
- να επηρεάσει αυτόν τον έλεγχο ροής στην πλευρά του X.25, μειώνοντας ή ακόμα και κλείνοντας τα παράθυρα (windows) των νοητών κλήσεων X.25.

6.3.5) Επισήμανση συμφόρησης

Μια λειτουργία ενθυλάκωσης μπορεί να κάνει "1" τα bit FECN / BECN για να ενημερώσει το τοπικό ή το μακρινό X.36 DTE για κατάσταση συμφόρησης. Κατάσταση συμφόρησης μπορεί να προκύψει κατά τον έλεγχο ροής από τη νοητή κλήση X.25 ή εξαιτίας ελλείψεως πόρων (π.χ. μνήμης κ.λ.π.) που είναι γενικοί σε μια λειτουργία ενθυλάκωσης, ή για οποιουσδήποτε άλλους λόγους που εξαρτώνται από την υλοποίηση.

Μετάβαση από το X.25 στην τεχνική Frame Relay

7

ΣΥΓΚΡΙΣΗ X.25 - FRAME RELAY

7.1) Γενικά

Ως μια διασύνδεση ενός υπολογιστή σε ένα δίκτυο, η τεχνική Frame relay είναι ίδια με το X.25. Ομως το Frame relay διαφέρει σημαντικά από το X.25 όσον αφορά τη λειτουργικότητά του και τη μορφή του. Συγκεκριμένα η τεχνική Frame relay είναι περισσότερο απλοποιημένη, διευκολύνοντας έτσι την γρηγορότερη εκτέλεση και την υψηλότερη απόδοση. Το Frame Relay, εκμεταλλευόμενο τις τελευταίες εξελίξεις της τεχνολογίας μετάδοσης των δικτύων WAN (Wide Area Network), δηλαδή τα πολύ αξιόπιστα οπτικά μέσα και τις συνδέσεις ψηφιακής μετάδοσης, παραλείπει τους χρονοβόρους αλγορίθμους διόρθωσης λαθών, αφήνοντάς τους να εκτελεστούν από τα υψηλότερα επίπεδα του OSI. Περιλαμβάνει μεν ένα αλγόριθμο κυκλικού ελέγχου πλεονασμού CRC (cyclic redundancy check) για τον εντοπισμό των bit που έχουν αλλοιωθεί (έτσι ώστε να απορρίπτονται τα αντίστοιχα δεδομένα), αλλά δεν περιλαμβάνει κανένα μηχανισμό πρωτοκόλλου για τη διόρθωση των αλλοιωμένων δεδομένων (π.χ. με την επανεκπομπή των δεδομένων σ' αυτό το επίπεδο του πρωτοκόλλου). Μια άλλη διαφορά μεταξύ του Frame relay και του X.25 είναι η απουσία σαφούς ελέγχου ροής ανά νοητό κύκλωμα στο Frame Relay. Τώρα, που πολλά πρωτόκολλα υψηλότερων επιπέδων εκτελούν αποτελεσματικά τους δικούς τους αλγόριθμους ελέγχου ροής, η ανάγκη εκτέλεσης αυτής της λειτουργίας στο επίπεδο δικτύου έχει ελαττωθεί. Γι' αυτό το λόγο το Frame relay δεν περιλαμβάνει διαδικασίες ελέγχου ροής, αφού αυτές υπάρχουν και σε υψηλότερα επίπεδα. Αντιθέτως, παρέχονται πολύ απλοί μηχανισμοί επισήμανσης της συμφόρηση στο δίκτυο ώστε να επιτρέπεται σ' αυτό να ενημερώνει τις συσκευές των χρηστών ότι οι πόροι του δικτύου πλησιάζουν σε κατάσταση συμφόρησης. Αυτή η επισήμανση μπορεί να προειδοποιήσει τα πρωτόκολλα υψηλότερων επιπέδων ότι ίσως χρειάζεται έλεγχος ροής των δεδομένων.

7.2) Αναλυτική σύγκριση

Ας εξετάσουμε όμως αναλυτικότερα και κατά επίπεδο τις δύο περιπτώσεις επικοινωνίας, με χρήση αφενός του X.25 και αφετέρου της τεχνικής Frame Relay, παρατηρώντας ομοιότητες και διαφορές που έχουν μεταξύ τους και καταλήγοντας σε συμπεράσματα για την ταχύτητα και την αξιοπιστία τους.

Κατ' αρχήν ας ξεκαθαρίσουμε τη σχέση του X.25 και του Frame Relay με τη δομή του προτύπου OSI. Οπως θα έχει ήδη γίνει αντιληπτό αναφερόμαστε σε δύο πρωτόκολλα επικοινωνίας για δίκτυα μεταγωγής πακέτων, που στην ουσία αυτό καθ' αυτό το X.25 αποτελεί πρωτόκολλο τρίτου επιπέδου, ενώ το Frame Relay αποτελεί πρωτόκολλο δευτέρου επιπέδου. Ετσι μπορεί εκ πρώτης όψεως η σύγκριση των δύο πρωτοκόλλων να μοιάζει άτοπη, όμως δεν είναι διότι τόσο η σύσταση X.25 της ITU-T που περιγράφει το ομώνυμο πρωτόκολλο, όσο και οι συστάσεις της τελευταίας που περιγράφουν την τεχνική Frame Relay, αναφέρονται διεξοδικά και στα τρία πρώτα επίπεδα του προτύπου OSI. Για την ακρίβεια η μεν σύσταση X.25 προδιαγράφει τα τρία πρώτα επίπεδα του προτύπου OSI, καθορίζοντας ως πρωτόκολλο για το δεύτερο επίπεδο το LAPB, η δε σύσταση X.36 για το Frame Relay προδιαγράφει τα δύο πρώτα επίπεδα του OSI, δηλώνοντας όμως ρητά την κατάργηση του τρίτου επιπέδου. Κατά συνέπεια αφού και το X.25 και το Frame Relay προδιαγράφουν - το καθένα βέβαια με το δικό του τρόπο - τα τρία βασικότερα επίπεδα της επικοινωνίας δύο υπολογιστών, δηλαδή τα τρία χαμηλότερα επίπεδα του OSI (επίπεδα που αποτελούν το hardware), η σύγκρισή τους είναι απόλυτα λογική και ενδιαφέρουσα, αν αναλογιστούμε μάλιστα ότι η τεχνική Frame Relay τείνει όλο και περισσότερο να αντικαταστήσει το X.25.

7.2.1) Φυσικό ή πρώτο επίπεδο

Ας δούμε τώρα πως προδιαγράφουν το φυσικό ή πρώτο επίπεδο του OSI το X.25 και το Frame Relay. Στο επίπεδο αυτό οι χρησιμοποιούμενες διασυνδέσεις είναι σχεδόν οι ίδιες και για τα δύο. Τόσο το X.25 όσο και το Frame Relay χρησιμοποιούν ως κύρια πρωτόκολλα για τη φυσική διασύνδεση το

X.21 και το X.21 bis. Βέβαια το Frame Relay επιτρέπει για το φυσικό επίπεδο και διασυνδέσεις των σειρών G, I και V, όμως οι πιο συχνά συναντώμενες είναι οι X.21 και X.21 bis.

7.2.2) Δεύτερο επίπεδο ή επίπεδο σύνδεσης

Μεγαλύτερο ενδιαφέρον απ' το πρώτο επίπεδο παρουσιάζει το δεύτερο επίπεδο ή επίπεδο σύνδεσης (Data Link Layer) ή επίπεδο πλαισίων. Το Frame Relay, όπως προαναφέραμε, είναι πρωτόκολλο αυτού του επιπέδου, ενσωματώνοντας όμως και κάποιες απ' τις λειτουργίες του τρίτου επιπέδου του οποίου και προϋποτίθεται η κατάργηση. Το δε X.25 για το δεύτερο επίπεδο του OSI καθορίζει τη χρήση ενός εκ των πρωτοκόλλων LAP και LAPB, με το δεύτερο να έχει γίνει ευρέως αποδεκτό και να χρησιμοποιείται στις περισσότερες περιπτώσεις. Ασφαλώς μιλώντας για τα δύο αυτά πρωτόκολλα (Frame Relay και LAPB) πρέπει να έχουμε υπόψη μας ότι αναφερόμαστε σε δύο σύγχρονα πρωτόκολλα bit-oriented. Ας συγκρίνουμε λοιπόν τα δύο αυτά πρωτόκολλα του επιπέδου πλαισίων (Frame Relay και LAPB) εξετάζοντάς τα βάσει των πλαισίων που δημιουργούν.

Η γενική μορφή του πλαισίου που δημιουργούν τα δύο πρωτόκολλα - Frame Relay και LAPB - είναι παραπλήσια. Το πλαίσιο αρχίζει με ένα flag, ακολουθούν το πεδίο διεύθυνσης και το πεδίο ελέγχου, το πεδίο πληροφορίας, το πεδίο FCS για τον εντοπισμό αλλοιωμένων bit και τέλος το πλαίσιο κλείνει με ένα flag όμοιο με εκείνο της αρχής. Ωστόσο τα πεδία αυτά του πλαισίου δεν είναι ακριβώς όμοια στα δύο πρωτόκολλα. Ας τα εξετάσουμε λοιπόν με τη σειρά:

Τα **flag έναρξης και τέλους** του πλαισίου είναι ίδια μεταξύ τους αλλά και ακριβώς τα ίδια για τα δύο πρωτόκολλα. Τόσο το Frame Relay όσο και το LAPB προκειμένου να οριοθετήσουν τα πλαίσιά τους χρησιμοποιούν στην αρχή και το τέλος κάθε πλαισίου την ίδια ακριβώς ακολουθία bit (01111110). Και τα δύο πρωτόκολλα, ακριβώς κατά τον ίδιο τρόπο, εξασφαλίζουν βέβαια και τη μη εμφάνιση αυτής της ακολουθίας πουθενά αλλού μέσα στο πλαίσιο για την αποφυγή σύγχυσης. Αυτό το επιτυγχάνουν και τα δύο πρωτόκολλα με τις ίδιες ακριβώς διαδικασίες διαφάνειας - τεχνική bit-stuffing ή zero-bit-insertion και zero-bit-extraction.

Το flag έναρξης ακολουθεί και στο πλαίσιο του Frame Relay και στο πλαίσιο του LAPB το πεδίο διεύθυνσης. Ομως στο μεν LAPB το πεδίο διεύθυνσης ακολουθείται από ξεχωριστό πεδίο ελέγχου, ενώ στο Frame Relay όχι αφού το πεδίο διεύθυνσης ενσωματώνει και τα απαιτούμενα bit ελέγχου συμφόρησης. Με τη χρήση του πεδίου ελέγχου το LAPB εκτελεί έλεγχο ροής των πλαισίων στη διασύνδεση DTE - DCE συνεπικουρούμενο και απ' το πεδίο διεύθυνσης που στο LAPB παίρνει μόνο δύο τιμές δηλώνοντας αν το πλαίσιο είναι πλαίσιο εντολής ή απάντησης. Αντίθετα το Frame Relay δεν πραγματοποιεί έλεγχο ροής στο δεύτερο επίπεδο, γι' αυτό και δεν περιλαμβάνει πεδίο ελέγχου στο πλαίσιό του, αλλά αρκείται στην υποστήριξη διαδικασιών ελέγχου συμφόρησης παρέχοντας γι' αυτό το σκοπό κάποια bit του πεδίου διεύθυνσης. Τα υπόλοιπα bit του πεδίου διεύθυνσης περιλαμβάνουν το DLCI, δηλαδή τον αριθμό ταυτότητας, του νοητού κυκλώματος στο οποίο ανήκει το πλαίσιο. Παρατηρούμε δηλαδή ότι ο διαχωρισμός των δεδομένων στα διάφορα νοητά κυκλώματα αλλά και γενικότερα η διαχείριση των νοητών κυκλωμάτων, έχει μεταφερθεί στο Frame Relay από το τρίτο επίπεδο στο δεύτερο, αφού το τρίτο επίπεδο έχει καταργηθεί. Επιπλέον αξίζει να αναφερθεί ότι το μήκος καθενός εκ των πεδίων διεύθυνσης και ελέγχου του LAPB είναι 8 bit, ενώ το μήκος του πεδίου διεύθυνσης του Frame Relay μπορεί να είναι 2, 3 ή και 4 octet ανάλογα με το μήκος του DLCI.

Το αμέσως επόμενο πεδίο και στο Frame Relay και στο LAPB είναι το πεδίο πληροφορίας (όποτε βέβαια υπάρχει στα πλαίσια του LAPB). Αυτό και στις δύο περιπτώσεις έχει κυμαινόμενο μήκος ανάλογα με το ποσό των δεδομένων που πρέπει να αποσταλούν. Γενικά όμως το πεδίο πληροφορίας του Frame Relay έχει μεγαλύτερο μήκος από εκείνο του LAPB. Πιο συγκεκριμένα το πεδίο πληροφορίας του LAPB μπορεί να έχει μέγιστο μήκος ($3+64$ ή $3+128$ ή $3+256$ ή $3+512$ ή $3+1024$) octet, όπου τα 3 πρώτα octet κάθε πακέτου αποτελούν την επικεφαλίδα του (header), ενώ το πεδίο πληροφορίας του Frame Relay μπορεί να έχει μέγιστο μήκος τουλάχιστον 1600 octet.

Και στα δύο πρωτόκολλα μετά το πεδίο πληροφορίας ακολουθεί το πεδίο FCS. Αυτό και στην περίπτωση του Frame Relay και στην περίπτωση του LAPB έχει μήκος 16 bit και προκύπτει ακριβώς με τον ίδιο τρόπο, ως το αποτέλεσμα των ίδιων μαθηματικών υπολογισμών που γίνονται πάνω στα πεδία

πληροφορίας και διεύθυνσης (και ελέγχου για το LAPB), βάσει του ιδίου πολυωνύμου γεννήτορα. Η μόνη διαφορά, ανάμεσα στο Frame Relay και το LAPB, όσον αφορά το πεδίο αυτό, είναι ότι το LAPB κατά τη λήψη των πλαισίων, τα ελέγχει για πιθανή ύπαρξη αλλοιωμένων bit, χρησιμοποιώντας το πεδίο FCS, ενώ το Frame Relay όχι αφήνοντας τον έλεγχο αυτό στα πρωτόκολλα των υψηλότερων επιπέδων.

7.2.3) Επίπεδο δικτύου ή τρίτο επίπεδο

Οπως παρατηρούμε λοιπόν το Frame Relay και το LAPB, αν και μοιάζουν αρκετά μεταξύ τους, έχουν και σημαντικές διαφορές. Ωστόσο οι μεγαλύτερες διαφορές ανάμεσα στο X.25 και στην τεχνική Frame Relay εμφανίζονται στο επίπεδο δικτύου ή τρίτο επίπεδο. Στο επίπεδο αυτό, που ως γνωστόν ονομάζεται και επίπεδο πακέτων, το X.25 προσθέτει και αφαιρεί απ' τα πακέτα την επικεφαλίδα (header) των τριών octet με τη βοήθεια της οποίας πραγματοποιεί έλεγχο ροής των δεδομένων ανά νοητό κανάλι, αλλά και προβαίνει στη γενικότερη διαχείριση των νοητών καναλιών της διασύνδεσης DTE - DCE. Για την τεχνική Frame Relay απ' την άλλη πλευρά το επίπεδο αυτό είναι ανύπαρκτο. Η διαχείριση των νοητών κυκλωμάτων έχει μεταφερθεί και ενσωματωθεί στο δεύτερο επίπεδο, ενώ ο έλεγχος ροής των δεδομένων ανά νοητό κύκλωμα έχει καταργηθεί πλήρως.

7.2.4) PAD - FRAD

Τέλος αξίζει να προσέξουμε και τις συστάσεις που αφορούν τα PAD του X.25 και του Frame Relay. Αυτές δεν είναι απλώς όμοιες, αλλά κάτι παραπάνω. Πρόκειται στην ουσία για τις ίδιες ακριβώς συστάσεις. Τόσο το PAD του X.25, όσο και το PAD του Frame Relay συμμορφώνονται απόλυτα με τις συστάσεις X.3, X.28 και X.29, που προδιαγράφουν τα λειτουργικά χαρακτηριστικά των PAD, τις διαδικασίες ανταλλαγής χαρακτήρων με το ασύγχρονο τερματικό και την ανταλλαγή σημάτων ελέγχου με το μακρινό υπολογιστή αντιστοίχως.

7.3) Συμπεράσματα

Συνεκτιμώντας όλα τα παραπάνω αλλά και τις γενικότερες εξελίξεις της τεχνολογίας στο χώρο των ηλεκτρονικών υπολογιστών και των επικοινωνιών καταλήγουμε στα ακόλουθα συμπεράσματα για τις δύο τεχνικές μετάδοσης δεδομένων - Frame Relay και X.25. Ο έλεγχος ροής πλαισίων και πακέτων αλλά και ο έλεγχος για πιθανή ύπαρξη αλλοιωμένων bit που πραγματοποιούν το LAPB και το X.25, εν αντιθέσει με το Frame Relay, τα καθιστούν ιδιαιτέρως αξιόπιστα καθώς είναι αδύνατον να τροφοδοτηθεί το αμέσως ανώτερο επίπεδο (επίπεδο μεταφοράς), που αποτελεί και το πρώτο επίπεδο software, με λανθασμένα δεδομένα. Αντιθέτως στην τεχνική Frame Relay το ενδεχόμενο αυτό είναι πολύ πιθανό. Ομως ακριβώς εξαιτίας της έλλειψης αυτών των ελέγχων, το Frame Relay υπερτερεί έναντι του X.25 ως προς την ταχύτητα, καθώς το hardware που το υλοποιεί είναι απλούστερο και έτσι είναι δυνατή η υποστήριξη μεγαλύτερων ρυθμών μετάδοσης. Η τεχνική Frame Relay δηλαδή αποδεικνύεται μεν πιο γρήγορη απ' το X.25 αλλά λιγότερο αξιόπιστη. Βέβαια αν λάβουμε υπόψην μας τα πολύ αξιόπιστα σύγχρονα μέσα μεταφοράς δεδομένων, τα οποία σχεδόν εκμηδενίζουν τα σφάλματα μετάδοσης, και την αυξημένη υπολογιστική ισχύ των σύγχρονων μηχανημάτων, η οποία μπορεί άνετα να καλύψει και τις ανάγκες που δημιουργεί η μεταφορά του ελέγχου ροής από το hardware στο software, τότε το μειονέκτημα της χαμηλής αξιοπιστίας της τεχνικής Frame Relay αντισταθμίζεται πλήρως. Ετσι τελικά η μετάδοση δεδομένων στο σύνολό της καθίσταται ταχύτερη χωρίς όμως να γίνεται και λιγότερο αξιόπιστη.

7.4) Συνοπτικός πίνακας

Στον πίνακα της επόμενης σελίδας συνοψίζονται όλες οι παραπάνω αναφερόμενες ομοιότητες και διαφορές των δύο τεχνικών μετάδοσης δεδομένων (X.25 και Frame Relay).

	τεχνική X.25	τεχνική Frame Relay
1ο Επίπεδο:	X.21, X.21bis	X.21, X.21bis, διασυνδέσεις των σειρών G, I και V
2ο Επίπεδο: Σύγχρονο bit-oriented Πλαίσιο Τεχνική bit-stuffing Ελεγχος ροής Ελεγχος συμφόρησης Διαχείριση PVC-SVC Ελεγχος σφαλμάτων	LAPB ναι Flag έναρξης (01111110) Πεδίο Διεύθυνσης (8 bit) Πεδίο Ελέγχου (8 bit) Πεδίο Πληροφορίας Πεδίο FCS (16 bit) Flag τέλους (01111110) ναι ναι όχι ναι ναι ναι	Frame Relay ναι Flag έναρξης (01111110) Πεδίο Διεύθυνσης (2-4 octet) Πεδίο Πληροφορίας Πεδίο FCS (16 bit) Flag τέλους (01111110) ναι όχι ναι ναι όχι
3ο Επίπεδο: Διαχείριση PVC-SVC Ελεγχος ροής Επικεφαλίδα ανά πακέτο	X.25 ναι ναι ναι (3 octet)	- όχι όχι όχι
PAD:	X.3, X.28, X.29	X.3, X.28, X.29

Μετάβαση από το X.25 στην τεχνική Frame Relay

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Αρης Αλεξόπουλος - Γιώργος Λαγογιάννης,
ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ (έκδοση 3η),
Αθήνα 1994.
2. CISCO Systems, Ιστοσελίδα διαδικτύου:
http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/ito_doc/55149.htm,
Ανοιξη 1998.
3. ITU-T, Σύσταση X.36 (INTERFACE BETWEEN DATA TERMINAL EQUIPMENT
(DTE) AND DATA CIRCUIT-TERMINATING EQUIPMENT (DCE) FOR PUBLIC
DATA NETWORKS PROVIDING FRAME RELAY DATA TRANSMISSION
SERVICE BY DEDICATED CIRCUIT), Γενεύη 1995.
4. ITU-T, Σύσταση X.37 (ENCAPSULATION IN X.25 PACKETS OF VARIOUS
PROTOCOLS INCLUDING FRAME RELAY), Γενεύη 1995.
5. ITU-T, Σύσταση X.76 (NETWORK-TO-NETWORK INTERFACE BETWEEN
PUBLIC DATA NETWORKS PROVIDING THE FRAME RELAY DATA
TRANSMISSION SERVICE), Γενεύη 1995.
6. Robert C. Raciti, Ιστοσελίδα διαδικτύου:
http://scis.nova.edu/~raciti/frame_1.html,
Ανοιξη 1998.