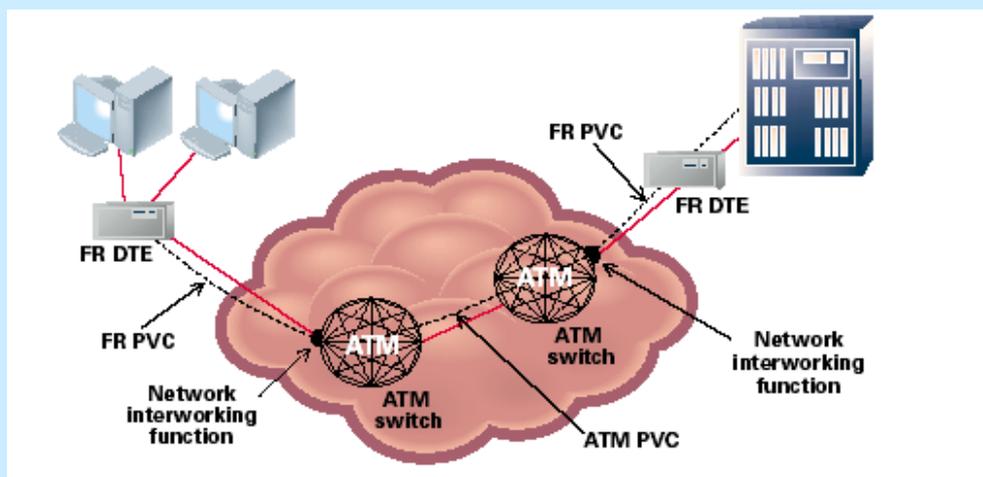


ΑΝΑΦΟΡΑ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΑΤΜ – FRAME RELAY



Επόπτης καθηγητής πτυχιακής εργασίας
Λάμπας Κωνσταντίνος

Μπασιάκου Άννα
Ντάλα Αικατερίνη

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ATM

1.1	Ιστορικά στοιχεία	6
1.2	Εισαγωγή	8
1.3	Το πρόβλημα του συγχρονισμού	9
1.3.1	Ασύγχρονες επικοινωνίες	10
1.3.2	Σύγχρονες επικοινωνίες	11
1.3.2.1.	Εφαρμογές του ATM	13
1.4	Αρχιτεκτονική του ATM	13
1.5	Λειτουργία του ATM	16
1.6	Δομή ATM	18
1.7	Δίκτυα ATM	21
1.8	Εικονικό/Νοητό κανάλι	22
1.8.1	Ζεύξη νοητού καναλιού	24
1.8.2	Εικονικό/Νοητό μονοπάτι	24
1.8.3	Ζεύξη νοητού μονοπατιού	26
1.9	Εικονική σύνδεση καναλιών (VCC)	26
1.9.1	Χρήσεις VCC	27
1.9.2	Εικονική σύνδεση μονοπατιού (VPC)	29
1.10	Υπηρεσίες AAL	31
1.11	Κλάσεις	32
1.12	Πρωτόκολλα AAL	33
1.13	ATM switching	37
1.14	Συμπέρασμα	40

FRAME RELAY

2.1	Εισαγωγή	43
2.2	Τι είναι το Frame Relay	44
2.3	Λειτουργία του Frame Relay	48
2.4	Χρήσεις Frame Relay	48
2.5	Εφαρμογές	50
2.6	Από το X.25 στο Frame Relay	50
2.7	Αρχιτεκτονική του F.R.	57
2.8	Εξοπλισμός	60
2.9	Πρωτόκολλα Frame Relay	61
2.9.1	Υπηρεσίες LAP-D πρωτοκόλλου	61
2.9.2	Λειτουργίες LAP-D πρωτοκόλλου	62
2.9.3	Πρωτόκολλο LAPF	64
2.9.4	Πρωτόκολλο LAPF core	64
2.9.5	Πρωτόκολλο LAPF control	67
2.9.6	Πρωτόκολλο ελέγχου κλήσης	68

2.9.7	Πρωτόκολλο ενθυλάκωσης και πρακτικής εφαρμογής	69
2.9.8	Διοικητικά πρωτόκολλα μεταγωγής πλαισίων	70
2.9.8.1	Πρωτόκολλο LMI	71
2.9.8.2	Πρωτόκολλο Annex D	71
2.9.8.3	Πρωτόκολλο Annex A	72
2.10	Μηχανισμός μετάδοσης	73
2.11	Διασυνδέσεις χρήστη-δικτύου	75
2.12	Διασυνδέσεις από δίκτυο σε δίκτυο	78
2.13	PVC status	81
2.14	Έλεγχος συμφόρησης	81
2.15	Δικτυακές εφαρμογές	82
2.15.1	Εφαρμογή 1	82
2.15.2	Εφαρμογή 2	84
2.15.3	Εφαρμογή 3	86
2.16	Συμπέρασμα	88

ΣΥΓΚΡΙΣΗ

3	Εισαγωγή	90
3.1	Τεχνολογία Frame Relay	91
3.1.1	Τεχνολογία ATM	91
3.2	Πλεονεκτήματα Frame Relay	91
3.2.1	Πλεονεκτήματα ATM	92
3.3	Συνεργασία Frame Relay και ATM πλαισίων	94
3.4	Στρατηγικές μετάβασης	95
3.5	Αλληλεπιδρώντα πρότυπα βιομηχανίας F.R. και ATM	96
3.6	Αλληλεπίδραση δικτύων F.R. και ATM	97
3.7	Αλληλεπίδραση υπηρεσιών F.R. και ATM	98
3.8	Διεπαφή χρήστη δικτύου του ATM (FUNI)	100
3.8.1	Σύγκριση FUNI	101
3.9	Συμπέρασμα	101
	Βιβλιογραφία	102

ATM

ASYNCHRONOUS TRANSFER MODE

ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΣ ΤΡΟΠΟΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Καθημερινά, ο κόσμος κινείται σε έναν όλο και γρηγορότερο ρυθμό με τις νέες τεχνολογικές προόδους που εμφανίζονται συνεχώς. Πουθενά δεν είναι αυτός ο ρυθμός γρηγορότερος και η τεχνολογία πιο ελκυστική, απ' ό,τι στις τηλεπικοινωνίες. Προκειμένου να παραδοθούν νέες υπηρεσίες, όπως η τηλεδιάσκεψη και η βιντεοπαραγγελία, καθώς επίσης και να παρασχεθεί περισσότερο εύρος ζώνης για τον αυξανόμενο όγκο των παραδοσιακών δεδομένων, η βιομηχανία επικοινωνιών εισήγαγε μια τεχνολογία που παρείχε ένα κοινό σχήμα για τις υπηρεσίες με τις διαφορετικές απαιτήσεις εύρους ζώνης. Αυτή η τεχνολογία είναι ο ασύγχρονος τρόπος μεταφοράς (ATM). Όταν το ATM αναπτύχθηκε, συντελέστηκε ένα κρίσιμο βήμα στο πώς οι επιχειρήσεις παραδίδουν, διαχειρίζονται και διατηρούν τα αγαθά και τις υπηρεσίες τους.

Προτού να υπάρξουν υπολογιστές που έπρεπε να συνδεθούν μέσω του τηλεφωνικού δικτύου για να επικοινωνήσουν μεταξύ τους, χτίστηκε ένα διεθνές δίκτυο για να εξυπηρετήσει τις συνδέσεις αυτές. Αυτά τα δίκτυα ευρείας περιοχής (WAN) βελτιστοποιήθηκαν για να φέρουν τα όλο και αυξανόμενα τηλεφωνήματα από το ένα άτομο στο άλλο, χρησιμοποιώντας πρώτιστα το χάλκινο καλώδιο. Καθώς ο χρόνος πέρασε, οι περιορισμοί εύρους ζώνης του χάλκινου καλωδίου έγιναν προφανείς και οι εταιρίες – πάροχοι των τηλεφωνικών υπηρεσιών αναβάθμισαν το χάλκινο καλώδιό τους, στο καλώδιο οπτικών ινών.

Λόγω της δυνατότητάς τους για απεριόριστο εύρος ζώνης, οι τηλεπικοινωνιακοί πάροχοι θεώρησαν τις ίνες ως ουσιαστικό μέρος του μέλλοντός τους. Εντούτοις, εξακολουθούσαν να υπάρχουν περιορισμοί στο δίκτυο φωνής. Ακόμα κι αν οι τηλεπικοινωνιακοί πάροχοι αναβάθμιζαν την ίνα, εξακολουθούσε να υπάρχει διαφωνία, σχετικά με τα πρότυπα που θα επέτρεπαν στον εξοπλισμό που ήταν βασισμένος σε ίνα, να ενοποιηθεί με τον λοιπό εξοπλισμό των διαφορετικών προμηθευτών και να ενσωματωθεί σ' αυτόν. Η βραχυπρόθεσμη λύση σε αυτό το πρόβλημα ήταν να αναβαθμίσει την ίνα, εντούτοις, αυτό ήταν δαπανηρό και χρονοβόρο. Επιπλέον, η περίπλοκη διαχείριση των δικτύων στα WANs έκανε δύσκολη τη διαχείρισή τους.

Την ίδια στιγμή, οι υπολογιστές γίνονταν πιο διαδεδομένοι στο γραφείο. Η δικτύωση των υπολογιστών, ήταν επιθυμητή και ευεργετική μαζί. Συνδέοντας τους υπολογιστές σε μια μεγάλη τηλεφωνική απόσταση με την ταυτόχρονη ύπαρξη φωνής, επέτρεψε στα WANs που χρησιμοποιήθηκαν να είναι βελτιστοποιημένα. Επειδή οι υπολογιστές στέλνουν δεδομένα αντί φωνής, τα WANs δεν στέλνουν τα δεδομένα υπολογιστών πολύ αποτελεσματικά. Επομένως, πολλά WANs χτίστηκαν μερικές φορές ειδικά για να φέρουν την κυκλοφορία δεδομένων. Έτσι, ένα δίκτυο που θα μπορούσε να φέρει φωνή, δεδομένα και βίντεο, ήταν προβλεπόμενο ότι έπρεπε να γίνει.

Για να εξαλείψουν αυτές τις ανησυχίες, το ITU – T, (στο παρελθόν CCITT), και άλλες ομάδες προτύπων, άρχισαν την εργασία στη δεκαετία του '80 για να καθιερώσουν μια σειρά συστάσεων για τις τεχνικές μετάδοσης, μετατροπής, σηματοδότησης και ελέγχου, που απαιτούνταν για να λειτουργήσει ένα ευφυές δίκτυο βασισμένο σε ίνα, που θα μπορούσε να άρει τους τρέχοντες περιορισμούς και θα επέτρεπε στα δίκτυα να είναι σε θέση να ικανοποιήσουν αποτελεσματικά τις υπηρεσίες του μέλλοντος. Αυτό το δίκτυο ονομάστηκε ευρυζωνικό ψηφιακό δίκτυο ενοποιημένων υπηρεσιών (B-ISDN). Μέχρι το 1990, πάρθηκαν αποφάσεις σχετικά με το B-ISDN , με το SONET / SDH (σύγχρονο οπτικό δίκτυο / σύγχρονη ψηφιακή ιεραρχία) και το ATM.

Το SONET περιγράφει τα οπτικά πρότυπα για τη διαβίβαση στοιχείων. Τα πρότυπα SONET / SDH διευκρινίζουν πώς οι πληροφορίες μπορούν να συσκευαστούν, να πολυπλεχτούν και να διαβιβαστούν πέρα από το οπτικό δίκτυο. Ένα απαραίτητο στοιχείο της τεχνολογίας SONET / SDH είναι να εξασφαλιστεί ότι οι οπτικοί εξοπλισμοί και οι υπηρεσίες από τους διαφορετικούς προμηθευτές / φορείς παροχής υπηρεσιών, είναι διαλειτουργικοί και εύχρηστοι. Το πρότυπο ITU - T χρησιμοποιείται τώρα ως πρότυπο μετατροπής, για να συμπληρώσει το SONET στο πρότυπο B-ISDN.

Επειδή το SONET περιγράφει μόνο τη μετάδοση και την πολυπλεξία των πληροφοριών, χωρίς γνώση του τύπου στοιχείων ή της μετατροπής που χρησιμοποιείται, μπορεί να λειτουργήσει με σχεδόν όλες τις νέες τεχνολογίες μετατροπής. Για το B-ISDN, δύο τύποι μετατροπών εξετάστηκαν από το ITU - T: **Σύγχρονος και ασύγχρονος**. Ένα ευφυές σύστημα μετατροπής με τη δυνατότητα να μεταγόνται όλες οι μορφές κίνησης με τις εξαιρετικά υψηλές ταχύτητες, μεγιστοποιώντας τη χρήση του εύρους ζώνης, απαιτήθηκε για να

βελτιστοποιήσει τη δυνατότητα του B-ISDN. Ιδανικά, το μέγιστο εύρος ζώνης πρέπει να είναι προσιτό σε όλες τις εφαρμογές και τους χρήστες και πρέπει να διατίθεται σ' αυτούς μετά από την ανάλογη αίτηση. Το ATM επιλέχθηκε ως πρότυπο για το B-ISDN που θα ικανοποιήσει τελικά αυτές τις αυστηρές απαιτήσεις. Ακόμα κι αν το ATM θεωρήθηκε αρχικά μέρος της λύσης για τα WANs, θεωρήθηκε λύση και για χρήστες που αντιμετώπιζαν πρόβλημα με τα δίκτυά τους, όπως προμηθευτές εξοπλισμού, χρήστες καλωδιακής τηλεόρασης, κ.α, που εξέτασαν το ATM ως πιθανή προσθήκη στα υπάρχοντα δίκτυά τους.

Στην αρχή της νέας χιλιετίας, οι υπηρεσίες του ATM είναι ακόμα σε ζήτηση. Η παγκόσμια αγορά για το ATM ανέρχεται σε δισεκατομμύρια δολάρια. Ακόμη και με τις νέες τεχνολογίες, η τεχνολογία του ATM είναι ακόμα η μόνη τεχνολογία που μπορεί να εξασφαλίσει μια ορισμένη και προκαθορισμένη ποιότητα της υπηρεσίας. Η ανάπτυξη του διαδικτύου, η ανάγκη για την ευρυζωνική πρόσβαση και το περιεχόμενο, το ηλεκτρονικό εμπόριο και άλλες εφαρμογές, δημιουργούν την ανάγκη για ένα αξιόπιστο, αποδοτικό σύστημα μεταφορών τεχνολογίας του ATM. Για τη φωνή, το βίντεο, τα στοιχεία και τις εικόνες μαζί, το δίκτυο επόμενης γενεάς εξαρτάται από το ATM.

1.2 Εισαγωγή

Το ακρωνύμιο **ATM** σημαίνει <<Asynchronous Transfer Mode>>, δηλαδή <<ασύγχρονος τρόπος μεταφοράς>>. Πρόκειται για ένα αναπτυσσόμενο τηλεπικοινωνιακό πρότυπο για το ISDN ευρείας ζώνης, που προωθείται από πολλές μεγάλες τηλεπικοινωνιακές εταιρείες. Το ATM ανήκει στην κατηγορία των προτύπων που εισήγαγαν την έννοια της αναπήδησης πακέτου, της αναμετάδοσης πλαισίου και τελευταία της υπηρεσίας δεδομένων υψηλών ταχυτήτων. Η τεχνολογία στην οποία στηρίζεται το ATM, είναι παρεμφερής του STM το οποίο χρησιμοποιείται στα τηλεφωνικά δίκτυα. Το ATM χρησιμοποιεί πλαίσια σταθερού μεγέθους και σχήματος, που καλούνται κύτταρα.

Ο ασύγχρονος τρόπος μεταφοράς (ATM), είναι το πρώτο παγκοσμίου φήμης πρότυπο, που περιλαμβάνεται σε υπολογιστές, επικοινωνίες και

βιομηχανίες θεάματος και έχει αναπτυχθεί για να αντιμετωπίσει δικτυακές απαιτήσεις ποικίλων τεχνολογιών, όπως φωνή, δεδομένα, βίντεο και εικόνα. Το ATM, είναι μια τεχνική που βασίζεται στη μέθοδο ανταλλαγής κυττάρων, της οποίας η δύναμη είναι ο σωστός χειρισμός των πολυμεσικών μεταδόσεων πακέτων, διαμέσου του ίδιου δικτυακού δρόμου.

Το ATM, είναι μια μέθοδος μετάδοσης πληροφοριών, σε μικρό και προκαθορισμένο μέγεθος μονάδων δεδομένων, τα οποία ονομάζονται κύτταρα. Επίσης, είναι σχεδιασμένο για να υποστηρίζει πολλές υπηρεσίες πάνω σε ένα απλό δίκτυο. Το ATM εξασφαλίζει υψηλή ταχύτητα μεταφοράς πακέτων, με προκαθορισμένο μέγεθος κυττάρων, που έχει δημιουργηθεί για να απλοποιήσει την **μεταγωγή**, η οποία καθιστά ικανή την πραγματοποίηση των διαδικασιών σε εξαιρετικά υψηλή ταχύτητα. Τέλος, το ATM χρησιμοποιεί προκαθορισμένη σύνδεση, η οποία απαιτεί ένα από άκρο σε άκρο (**end to end**) λογικό κανάλι. Το ATM, προήλθε από ένα εγχείρημα καθορισμού και τυποποίησης του μηχανισμού μετάδοσης, για ISDN ευρείας ζώνης.

Η κεντρική ιδέα πίσω από το ATM είναι, αντί να αναγνωρίζει το σύστημα τον αριθμό της σύνδεσης από την θέση του πακέτου σε ένα **bucket**, απλά να φέρει το πακέτο τον αριθμό της σύνδεσης, μαζί με τα δεδομένα και ταυτόχρονα να κρατά μικρό τον συνολικό αριθμό των bytes σε ένα πακέτο, έτσι ώστε αν χαθεί κάποιο πακέτο λόγω συμφόρησης, να έχει ελάχιστη επιρροή των δεδομένων και ίσως να μπορεί να ανακτηθεί με ειδικούς αλγορίθμους επαναληπτικότητας.

1.3 Το πρόβλημα του συγχρονισμού

Η τμηματική επικοινωνία αποτελείται κανονικά από τη διαβίβαση των δυαδικών στοιχείων δια μέσου μιας ηλεκτρικής ή οπτικής σύνδεσης, όπως RS232 ή V.35. Τα δεδομένα, που είναι δυαδικά, αντιπροσωπεύονται συνήθως από δύο φυσικές καταστάσεις, π.χ. + 5V μπορεί να αντιπροσωπεύσει το 1 και - 5V να αντιπροσωπεύει το 0. Η ακριβής αποκωδικοποίηση των στοιχείων στο απέναντι άκρο εξαρτάται από τον αποστολέα και το δέκτη, διατηρώντας το

συγχρονισμό κατά τη διάρκεια της αποκωδικοποίησης. Ο δέκτης πρέπει να αναγνώσει το σήμα σε φάση με τον αποστολέα.

Εάν ο αποστολέας και ο δέκτης χρησιμοποιούσαν ακριβώς την ίδια πηγή ρολογιών, η μετάδοση θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί για πάντα, με τη σιγουριά ότι η δειγματοληψία σημάτων στο δέκτη θα ήταν πάντα σε τέλειο συγχρονισμό με τη συσκευή αποστολής σημάτων. Αυτό είναι σπάνια περίπτωση, στην πράξη ο δέκτης δεν βρίσκεται πάντοτε σε συγχρονισμό με τη συσκευή αποστολής σημάτων. Αφήνεται στην εσωτερική χρονομέτρηση ακριβείας της συσκευής αποστολής σημάτων και του δέκτη, για να διατηρηθεί η ακεραιότητα δειγματοληψίας μεταξύ των παλμών συγχρονισμού.

1.3.1 Ασύγχρονες επικοινωνίες

Αυτή είναι η μέθοδος που χρησιμοποιείται ευρύτατα για το PC ή τις απλές τελικές τμηματικές επικοινωνίες.

Στην **ασύγχρονη τμηματική επικοινωνία**, η ηλεκτρική διεπαφή κρατιέται σε υψηλό επίπεδο (mark) μεταξύ των χαρακτήρων. *Η έναρξη της μετάδοσης ενός χαρακτήρα σηματοδοτείται, από μια πτώση του επιπέδου σήματος στο χαμηλό επίπεδο.* Σε αυτό το σημείο ο δέκτης αρχίζει το ρολόι του. Μετά από χρόνο ενός bit, (το bit έναρξης), έρχονται οκτώ bit αληθινών δεδομένων, που ακολουθούνται από ένα ή περισσότερα bit λήξης στο επίπεδο mark. Ο δέκτης προσπαθεί να επιλέξει το σήμα στη μέση κάθε χρόνου bit. Η ψηφιολέξη θα διαβαστεί σωστά εάν η γραμμή είναι ακόμα στη προοριζόμενη κατάσταση όταν διαβάζεται το τελευταίο κομμάτι bit.

Κατά συνέπεια, η συσκευή αποστολής σημάτων και ο δέκτης πρέπει να έχουν περίπου τον ίδιο ρυθμό ρολογιών. Λίγη αριθμητική θα δείξει ότι, για μια ακολουθία 10 bit, το τελευταίο κομμάτι θα ερμηνευθεί σωστά ακόμα κι αν τα ρολόγια αποστολέα και δέκτη διαφέρουν κατά 5%.

Η ασύγχρονη επικοινωνία είναι σχετικά απλή και επομένως ανέξοδη. Εντούτοις έχει υψηλά γενικά έξοδα, δεδομένου ότι κάθε ψηφιολέξη, φέρνει τουλάχιστον δύο πρόσθετα bit, με μια απώλεια 25% του εύρους ζώνης

γραμμής. Μια γραμμή 56kbps μπορεί να φέρει μόνο 5600 ψηφιολέξεις / δευτερόλεπτο ασύγχρονα, σε ιδανικές συνθήκες.

1.3.2 Σύγχρονες επικοινωνίες

Στις **σύγχρονες επικοινωνίες**, τα δεδομένα δεν στέλνονται σαν μεμονωμένες ψηφιολέξεις, αλλά σαν πλαίσια μεγάλων μπλοκ δεδομένων. Τα μεγέθη πλαισίων ποικίλλουν από μερικές έως 1500 ψηφιολέξεις για Ethernet ή 4096 ψηφιολέξεις για τα περισσότερα συστήματα πλαίσιο μετάδοσης (frame relay systems). Το ρολόι ενσωματώνεται στην κωδικοποίηση δεδομένων ροής ή παρέχεται σε χωριστές γραμμές ρολογιών, έτσι ώστε ο αποστολέας και ο δέκτης να είναι πάντα σε συγχρονισμό κατά τη διάρκεια μιας μετάδοσης πλαισίων. Η πιο σύγχρονη WAN διαμόρφωση, στηρίζεται στην Υψηλού Επιπέδου σύνδεση Δεδομένων Ελέγχου (HDLC). Ένα **πλαίσιο HDLC** έχει την ακόλουθη γενική δομή:

Η σημαία (**flag**) είναι μια ακολουθία 01111110 που οριοθετεί την έναρξη του πλαισίου. Μια τεχνική, γνωστή ως *γέμισμα bit* (κομματιών), χρησιμοποιείται για να παρεμβάλει τα πρόσθετα μηδενικά στα δεδομένα, έτσι ώστε μια ακολουθία σημαίας να μην εμφανίζεται οπουδήποτε, αλλά μόνο στην έναρξη και στο τέλος ενός πλαισίου. Αυτά τα πρόσθετα κομμάτια απορρίπτονται από το δέκτη.

Το πεδίο διευθύνσεων είναι συνήθως μια ψηφιολέξη, αλλά μπορεί να είναι και περισσότερες. Χρησιμοποιείται, για να δείξει τον αποστολέα ή τον προοριζόμενο δέκτη του πλαισίου. *Είναι δυνατό να συνδέονται οι πολλαπλοί σταθμοί σε ένα ενιαίο καλώδιο και να σχεδιαστεί το σύστημα έτσι ώστε κάθε δέκτης να "βλέπει" μόνο τα πλαίσια με τη διεύθυνσή του.* Αυτό σημαίνει ότι διάφοροι σταθμοί μπορούν να επικοινωνήσουν ο ένας με τον άλλον, χρησιμοποιώντας μόνο μια γραμμή (π.χ. σε ένα δίκτυο τοπικής περιοχής, LAN).

Το πεδίο ελέγχου είναι μια ή περισσότερες ψηφιολέξεις. Περιέχει τις πληροφορίες για τον τύπο πλαισίου (π.χ., εάν αυτό είναι ένα πλαίσιο που περιέχει τα δεδομένα χρηστών ή ένα εποπτικό πλαίσιο, που εκτελεί κάποιο είδος λειτουργίας ελέγχου συνδέσεων). Επίσης συχνά περιέχει έναν

εναλλακτικό αριθμό ακολουθίας, που επιτρέπει στο δέκτη να ελέγξει αν κάποιο πλαίσιο έχει χαθεί.

Το "**ωφέλιμο φορτίο**" του πλαισίου, είναι το πεδίο δεδομένων. Το στοιχείο σε αυτόν τον τομέα είναι απολύτως διαφανές. Στην πραγματικότητα, δεν είναι απαραίτητο να οργανωθεί σε ψηφιολέξεις 8 bit, είναι μια απλή *αυθαίρετη συλλογή bit*.

Μετά από το πεδίο δεδομένων υπάρχουν δύο ψηφιολέξεις που περιλαμβάνουν το **CRC** - cyclic redundancy code, (πεδίο ανίχνευσης και ελέγχου). Το περιεχόμενο αυτών των ψηφιολέξεων είναι το αποτέλεσμα ενός αριθμητικού υπολογισμού, βασισμένου σε κάθε bit των δεδομένων μεταξύ των σημαιών. Όταν το πλαίσιο παραλαμβάνεται, ο υπολογισμός επαναλαμβάνεται και συγκρίνεται με τις λαμβανόμενες ψηφιολέξεις CRC. Εάν οι απαντήσεις ταιριάζουν, είμαστε βέβαιοι σε έναν πολύ υψηλό βαθμό βεβαιότητας ότι το πλαίσιο έχει παραληφθεί ακριβώς όπως μεταδόθηκε. *Εάν υπάρχει ένα CRC λάθος, το λαμβανόμενο πλαίσιο συνήθως απορρίπτεται.* Τέλος, το πλαίσιο ολοκληρώνεται από έναν άλλο χαρακτήρα σημαιών.

Η σύγχρονη επικοινωνία, είναι συνήθως αποδοτικότερη σε χρήση εύρους ζώνης, από τον ασύγχρονο τρόπο μεταφοράς. Το πεδίο δεδομένων είναι συνήθως μεγαλύτερο σε σύγκριση με τη σημαία, τον έλεγχο, τη διεύθυνση, και το πεδίο ανίχνευσης και ελέγχου (CRC), έτσι υπάρχει πολύ μικρό κόστος. Μια σύγχρονη γραμμή 56kbrps μπορεί να αναμένεται να φέρει κοντά στις 7000 ψηφιολέξεις ανά δευτερόλεπτο, (δηλ. 56000/8), ενώ το ποσοστό στοιχείων ασύγχρονης μεταφοράς θα ήταν 56000/10). Ένα άλλο **πλεονέκτημα** του σύγχρονου τρόπου μεταφοράς, είναι ότι **επιτρέπει τον εύκολο χειρισμό των πληροφοριών ελέγχου.** Υπάρχει μια φυσική θέση (συνήθως στην έναρξη του πλαισίου), για οποιουσδήποτε ειδικούς κώδικες που απαιτούνται από το πρωτόκολλο επικοινωνίας.

1.3.2.1 Εφαρμογές του ATM :

Υπάρχουν διάφορες πρακτικές εφαρμογές που χρησιμοποιούν **την τεχνολογία του ATM**. Το ATM πρόκειται να είναι το δίκτυο σπονδυλική – στήλη για πολλές ευρυζωνικές εφαρμογές, συμπεριλαμβανομένων των πληροφοριών **SuperHighway**. Σαν μερικές από τις *βασικές εφαρμογές* μπορούν να αναφερθούν οι εξής:

- Τηλε-συνδιάσκεψη (**Video Conferencing**)
- Συνδιάσκεψη από γραφείο σε γραφείο (**Desktop Conferencing**)
- Εικονο-τηλέφωνο (**Videophone**)
- Εικόνα / ήχος κατά παραγγελία (**Audio/Video On Demand**)
- Εικονικά τοπικά δίκτυα (**VLAN: Virtual LANs**)
- Τηλεκπαίδευση (**Distance Learning**)
- Δίκτυα ευρείας ζώνης (**WANs**)

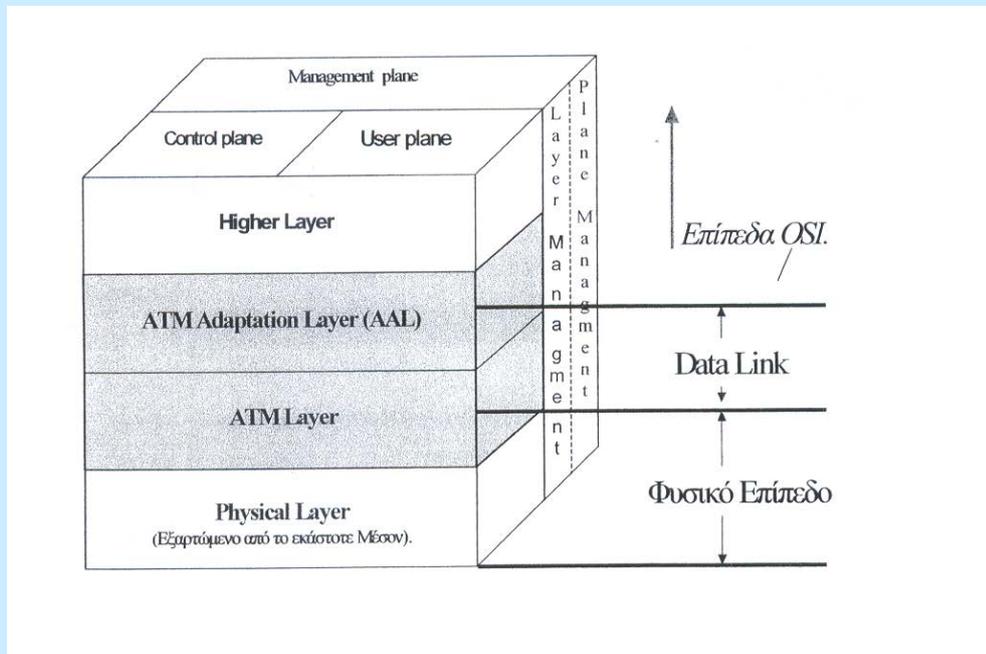
1.4 Αρχιτεκτονική του πρωτοκόλλου ATM

Το ATM, γνωστό και ως **cell relay**, είναι σε ορισμένα σημεία παρόμοιο με την ανταλλαγή πακέτων μέσω X.25 ή frame relay. Το ATM μεταφέρει δεδομένα σε διακεκριμένα μπλοκ, επιτρέπει πολλαπλές λογικές συνδέσεις να πολυπλεχτούν σε μια φυσική διεπαφή, και έχει οργανωμένη την ροή της πληροφορίας σε πακέτα σταθερού μεγέθους, που καλούνται κύτταρα.

Το ATM είναι ένα πρωτόκολλο **με ελάχιστο έλεγχο λαθών και ροής**. Γι' αυτό τον λόγο μειώνεται η επιπλέον απαιτούμενη πληροφορία ανά κύτταρο, με

αποτέλεσμα να επιτυγχάνονται **μεγάλες ταχύτητες μεταφοράς**. Στο φυσικό επίπεδο του πρωτοκόλλου ορίζονται συγκεκριμένες ταχύτητες μεταφοράς, στα 155,52 Mbps και 622,08 Mbps. Άλλες ταχύτητες είναι επίσης δυνατόν να επιτευχθούν, είτε υψηλότερες είτε και χαμηλότερες.

Το μοντέλο αναφοράς πρωτοκόλλων (**Protocol Reference Model-PRM**) σύμφωνα με τις συστάσεις της ITU - T1.121, αποτελείται κυρίως από *τρία κατακόρυφα επίπεδα*: Το επίπεδο χρήστη, το επίπεδο ελέγχου και το επίπεδο διαχείρισης (Σχήμα 1.4).



Σχήμα 1.4: Γραφική αναπαράσταση των επιπέδων και υποεπιπέδων της αρχιτεκτονικής ATM

(α) Επίπεδο χρήστη: Το επίπεδο χρήστη παρέχεται για την *μεταφορά της εφαρμογής του τελικού χρήστη*. Περιλαμβάνει το φυσικό επίπεδο, το επίπεδο ATM, και τα επίπεδα προσαρμογής στο ATM, (**ATM Adaptation Layers-AALs**), που χρειάζονται για την υποστήριξη του χρήστη.

(β) Επίπεδο ελέγχου: Το επίπεδο ελέγχου περιλαμβάνει τα πρωτόκολλα που υποστηρίζουν την εγκατάσταση και απόλυση συνδέσεων, καθώς και λειτουργίες ελέγχου που απαιτούνται για την παροχή μεταγωγίμων υπηρεσιών. Το επίπεδο ελέγχου μοιράζεται το φυσικό επίπεδο και το επίπεδο ATM με το επίπεδο χρήστη. Επίσης περιλαμβάνει διαδικασίες προσαρμογής στο ATM και πρωτόκολλα σηματοδότησης ανώτερων επιπέδων.

(γ) Επίπεδο διαχείρισης: Το επίπεδο διαχείρισης παρέχει την δυνατότητα ανταλλαγής πληροφοριών μεταξύ των επιπέδων χρήστη και ελέγχου. Τα επιμέρους τμήματά του είναι η διαχείριση στρωμάτων και επιπέδων.

(δ) Φυσικό Επίπεδο: Το φυσικό επίπεδο παρέχει πρόσβαση στο φυσικό μέσο με σκοπό την μεταφορά των ATM κυττάρων. Περιλαμβάνει το υποεπίπεδο σύγκλισης μεταφοράς και το υποεπίπεδο που εξαρτάται από το μέσο.

Το ATM υποστηρίζει την μεταφορά κυττάρων μεταξύ χρηστών. Υλοποιείται στις τερματικές διατάξεις των χρηστών. Για την μεταφορά των κυττάρων χρησιμοποιούνται νοητές συνδέσεις, που υλοποιούνται μέσα σε ένα δημόσιο δίκτυο. Οι συνδέσεις αυτές, παρέχονται κατά την εγγραφή στο δίκτυο ή σε πραγματικό χρόνο με κατάλληλη σηματοδότηση. Το επίπεδο ATM παρέχει τις λειτουργίες πολυπλεξίας, που επιτρέπουν την εγκατάσταση πολλαπλών συνδέσεων μέσω μιας διάταξης προσαρμογής χρήσης δικτύου.

1.5 Λειτουργία του ATM: εξαρτάται συνήθως από τα δύο στρώματα της αρχιτεκτονικής πρωτοκόλλου τα οποία είναι:

(i) Στρώμα του ATM και

(ii) Στρώμα προσαρμογής του ATM

(i) Το στρώμα ATM. Το στρώμα ATM αποτελεί το κύριο στοιχείο της τεχνολογίας ασύγχρονου τρόπου μεταφοράς. Δέχεται ενότητες δεδομένων από το επίπεδο προσαρμογής στο ATM (AAL), έτοιμες για την διαδικασία ενθυλάκωσης κυττάρων (**encapsulation**) (δηλ. δημιουργία και συνένωση της επικεφαλίδας, με το πεδίο ωφέλιμου φορτίου) και παραδίδει την πληροφορία στο επίπεδο προσαρμογής στο ATM, μετά την αποενθυλάκωση (**decapsulation**) (δηλ. αποκοπή και επεξεργασία της επικεφαλίδας).

(ii) Το στρώμα προσαρμογής ATM. Το στρώμα προσαρμογής ATM εξαρτάται από το είδος της υπηρεσίας που παρέχεται. Το στρώμα αυτό δημιουργείται όταν χρησιμοποιείται το ATM στρώμα για να υποστηρίξει τα πρωτόκολλα μεταφοράς πληροφοριών που δεν είναι βασισμένα στο ATM. Το AAL χαρτογραφεί τις πληροφορίες υψηλότερων στρωμάτων των κυττάρων του ATM που θα μεταφερθούν μέσα από το δίκτυο του ATM. Οι πληροφορίες θα συλλεχθούν έπειτα από τα κύτταρα του ATM στα υψηλότερα στρώματα.

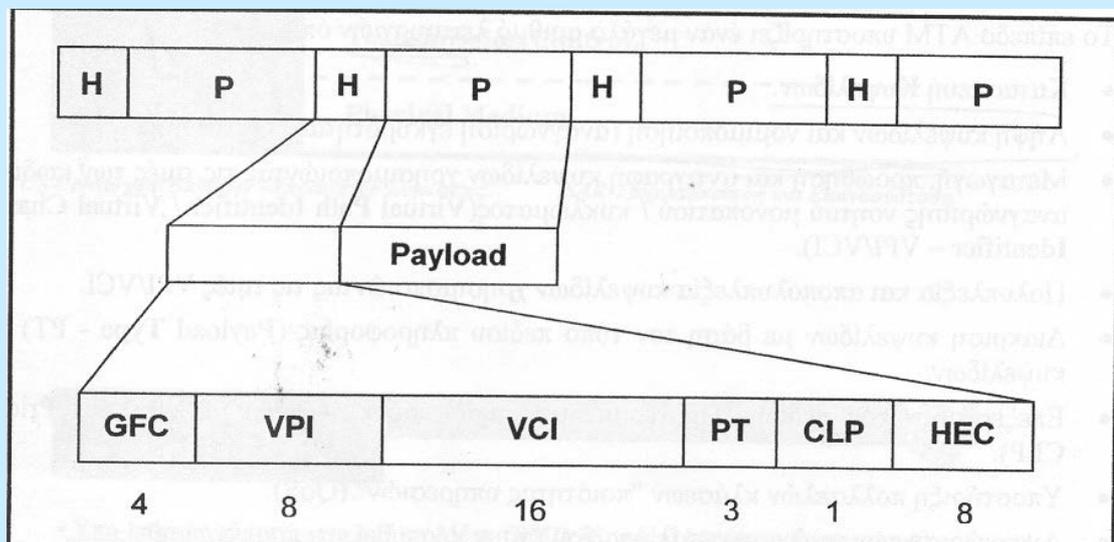
Αναλύοντας τα παραπάνω βλέπουμε αρχικά για το **(i) (το στρώμα-επίπεδο ATM)** ότι υποστηρίζει ένα μεγάλο αριθμό λειτουργιών όπως:

- Κατασκευή κυττάρων.
- Λήψη κυττάρων και επιβεβαίωση / νομιμοποίηση επικεφαλίδων.
- Μεταγωγή, προώθηση και αντιγραφή κυττάρων, χρησιμοποιώντας τις τιμές των κωδικών αναγνώρισης νοητού μονοπατιού / κυκλώματος (**Virtual Path Identifier/Virtual Channel Identifier-VPI / VCI**).

- Πολυπλεξία και αποπολυπλεξία κυτάρων χρησιμοποιώντας τις τιμές **VPI / VCI**.
- Διάκριση κυτάρων με βάση τον τύπο του πεδίου πληροφορίας (**Payload Type-PT**) τους.
- Επεξεργασία του πεδίου 'προτεραιότητας απώλειας κυψελίδων' (**Cell Loss Priority-CLP**).
- Υποστήριξη πολλαπλών κλάσεων 'ποιότητας υπηρεσιών' (**Qos**).
- Αναγνώριση των τιμών επικεφαλίδας, που έχουν κρατηθεί και προεκχωρηθεί.
- Γενικός έλεγχος ροής.
- Άμεση ένδειξη συμφόρησης.
- Εκχώρηση και μετακίνηση συνδέσεων.

1.6 Δομή του ATM :

Η βασική μονάδα στο ATM είναι το κύτταρο (**cell**), η οποία είναι σταθερού μήκους 53bytes. Από τις 53bytes (ψηφιολέξεις), οι 5 αποτελούν την επικεφαλίδα (**header**) και οι υπόλοιπες 48 μεταφέρουν την 'ωφέλιμη' πληροφορία (**payload**). Τα δυαδικά ψηφία κάθε κύτταρο μεταφέρονται από το μέσο μετάδοσης ως ένα συνεχές ρεύμα από τα αριστερά προς τα δεξιά (Σχήμα 1.6).



Σχήμα: 1.6

Σε ένα δίκτυο ATM όλη η πληροφορία *μετάγεται και πολυπλέκεται* χρησιμοποιώντας σταθερού μήκους κύτταρα. Η επικεφαλίδα κάθε κυττάρου καθορίζει τον προορισμό της, τον τύπο της και την προτεραιότητά της. Έτσι τα διάφορα **πεδία της επικεφαλίδας** είναι τα εξής:

α) Γενικός έλεγχος ροής. Το πεδίο αυτό αποτελείται από 4 δυαδικά ψηφία και έχει ως σκοπό την υποστήριξη απλών υλοποιήσεων πολυπλεξίας. Ο **γενικός έλεγχος ροής (GFC)** εμφανίζεται στη *διεπαφή δικτύων - χρηστών* και

δεν εμφανίζεται στη **διεπαφή επικεφαλίδας κυττάρων** του δικτύου. Ως εκ τούτου θα χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο της ροής κυττάρων μόνο στην τοπική διεπαφή χρήστη-δικτύου. Αυτό το πεδίο θα βοηθήσει τον πελάτη στον έλεγχο της ροής της κυκλοφορίας για τις διαφορετικές ιδιότητες της υπηρεσίας. Έτσι, αυτός ο μηχανισμός χρησιμοποιείται εδώ για να ελέγξει τους βραχυπρόθεσμους όρους στο δίκτυο. Για τον γενικό έλεγχο ροής, έχει προταθεί ο δακτύλιος ATM (**ATM Ring**) και το **Distributed Queue Dual Bus- DQDB**. Οι δυο αυτοί μηχανισμοί επηρεάζουν την τελική δομή του πεδίου.

β) Κωδικοί αναγνώρισης νοητού μονοπατιού και κυκλώματος(VPI / VCI). Τα δυο πεδία VPI / VCI αποτελούν το λεγόμενο πεδίο δρομολόγησης. Η δρομολόγηση ενός κυττάρου γίνεται σύμφωνα με τις τιμές των πεδίων VPI και VCI, που υπάρχουν στην επικεφαλίδα του .Η διαδικασία δρομολόγησης περιλαμβάνει την μετάφραση της τιμής VPI στους κόμβους μεταγωγής νοητών μονοπατιών και την μετάφραση τόσο του VPI, όσο και του VCI, στους κόμβους μεταγωγής νοητών καναλιών. Εδώ, χρησιμοποιούνται 8 bits στη διεπαφή χρήστη-δικτύου και 12 bits στο δίκτυο διασυνδέσεων.

γ) Τύπος πληροφορίας (PT). Αυτό το πεδίο δείχνει εάν το κύτταρο περιέχει δεδομένα χρήστη, δεδομένα σηματοδότησης ή λειτουργικές πληροφορίες.

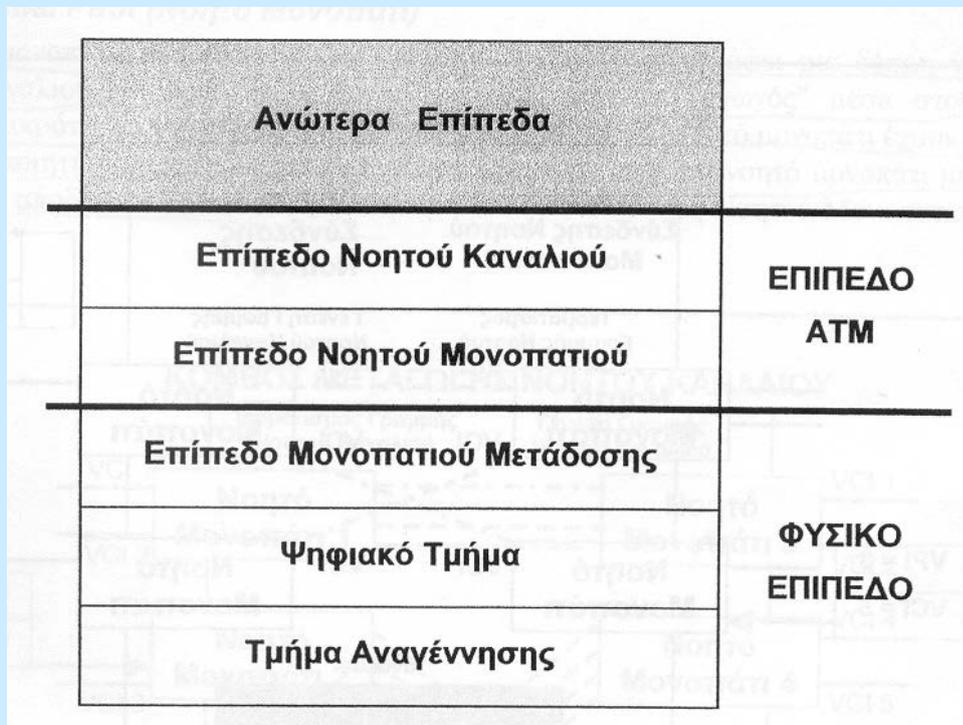
δ) Προτεραιότητα απώλειας κυττάρων (Cell Loss Priority-CLP). Αυτός ο τομέας χρησιμοποιείται για να παρέχει τις κατευθύνσεις στο δίκτυο σε περίπτωση συμφόρησης. Μια τιμή 0 δείχνει ότι ένα κύτταρο δεν πρέπει να αφαιρεθεί μέχρις ότου γίνει κάποια άλλη ρύθμιση. Μια τιμή 1 δείχνει ότι το κύτταρο μπορεί να απορριφθεί στο δίκτυο, όταν χρειαστεί. Τα πρόσθετα κύτταρα μπορούν να προστεθούν στο δίκτυο και μπορούν να απορριφθούν όταν απαιτείται. Ο **switch** που κάνει τη μεταγωγή απορρίπτει το κύτταρο για την τιμή 1 εάν υπάρχει συμφόρηση στο δίκτυο, αλλιώς το κρατά στο δίκτυο.

ε) Έλεγχος σφάλματος επικεφαλίδας (Header Error Control-HEC). Ο ρόλος της επικεφαλίδας είναι ιδιαίτερα κρίσιμος στην όλη διαδικασία, έτσι υπάρχει ξεχωριστό πεδίο που ανιχνεύει και διορθώνει τυχόν λάθη της, το πεδίο ελέγχου σφάλματος της επικεφαλίδας. Σε αντίθεση με την επικεφαλίδα, το πεδίο πληροφορίας δεν υπόκειται σε διαδικασία ελέγχου και διόρθωσης λαθών. Αυτό το κάνουν ανώτερα στρώματα.

Ουσιαστικά η **δομή** των κυττάρων ATM απλοποιεί την υλοποίηση των απαιτούμενων στοιχείων μεταγωγής και των πολυπλεκτών και επιτρέπει υψηλές ταχύτητες μεταφοράς. Επίσης παύει να υπάρχει η διάκριση, με τα συνεπακόλουθα μειονεκτήματα, μεταξύ μεγάλων και μικρών πακέτων. Η χρήση των μικρών κυττάρων μπορεί να μειώσει την καθυστέρηση αναμονής για μια κυψελίδα υψηλής προτεραιότητας, επειδή περιμένει λιγότερο χρόνο εάν φθάνει ελαφρώς πίσω από ένα χαμηλότερης προτεραιότητας κύτταρο, που έχει αποκτήσει πρόσβαση. Αφετέρου, τα σταθερού μεγέθους κύτταρα μπορούν να μεταχθούν αποτελεσματικότερα, αυτό είναι σημαντικό για τις περισσότερες εφαρμογές του ATM.

1.7 Δίκτυα ATM

Στα δίκτυα ATM, οι λειτουργίες και οι δυνατότητες μεταφοράς ακολουθούν μια ιεραρχική δομή. Το μέσο μετάδοσης παρέχει την υπηρεσία μεταφοράς στο *νοητό μονοπάτι (Virtual Path)*. Το νοητό μονοπάτι παρέχει την υπηρεσία μεταφοράς στο *νοητό κανάλι (Virtual Channel)* (Σχήμα: 1.7.).

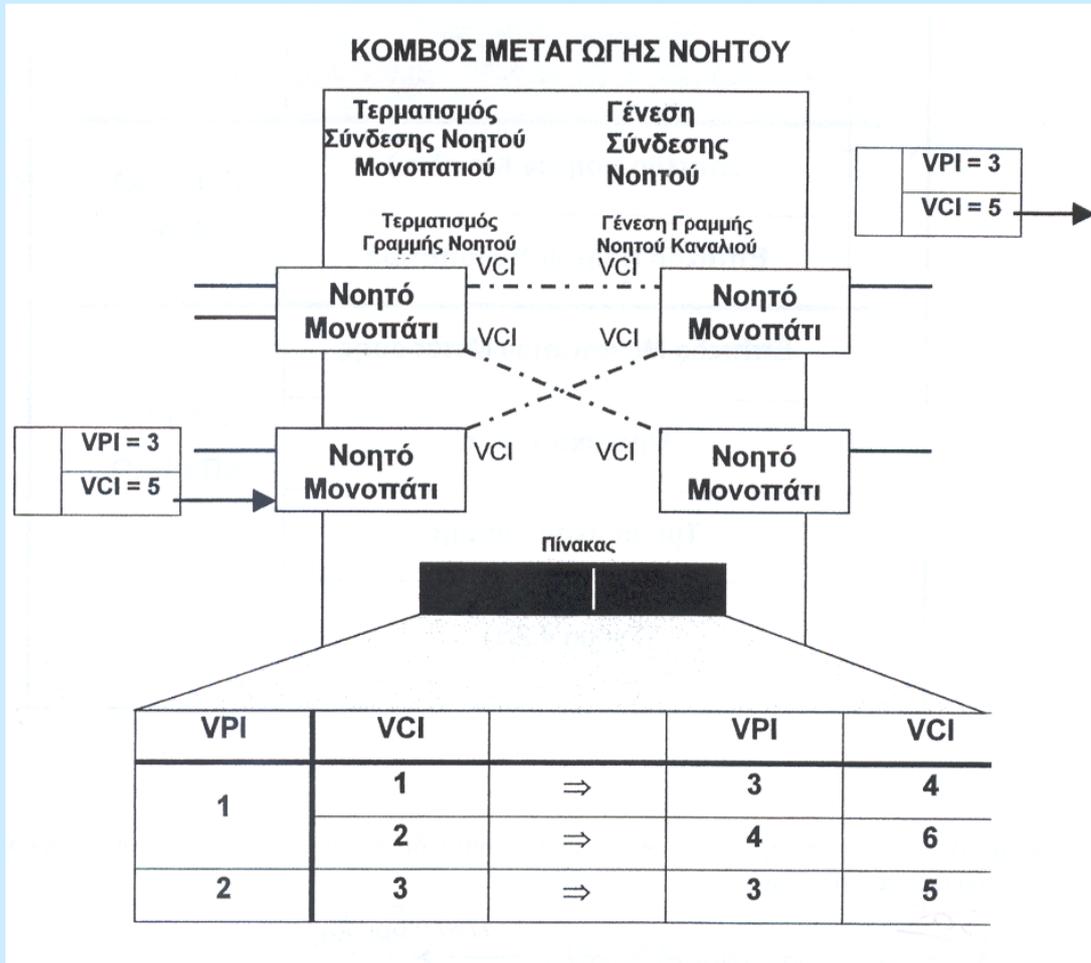


Σχήμα: 1.7

1.8 Εικονικό / Νοητό Κανάλι (Virtual Channel-VC)

Το **νοητό κανάλι** περιγράφει την μονόδρομη επικοινωνιακή δυνατότητα που παρέχεται στα κύτταρα ATM. Η επικεφαλίδα κάθε κυττάρου περιέχει μια **‘ετικέτα’** που καθορίζει ακριβώς το νοητό κανάλι στο οποίο αυτό ανήκει. Η **‘ετικέτα’** αυτή περιλαμβάνει τον **κωδικό αναγνώρισης νοητού καναλιού (VCI)** και τον **κωδικό αναγνώρισης νοητού μονοπατιού (VPI)**. Τόσο η τιμή του **VPI**, όσο και η τιμή του **VCI**, είναι απαραίτητες για τον καθορισμό κάθε νοητού κυκλώματος και αυτό γιατί οι τιμές της ταυτότητας νοητού καναλιού, που χρησιμοποιούνται σε ένα νοητό μονοπάτι, χρησιμοποιούνται και σε άλλα μονοπάτια. Όταν ένα νοητό κανάλι μετάγεται, του αποδίδεται μια συγκεκριμένη τιμή στην ταυτότητα νοητού καναλιού. Οι τιμές VPI και VCI στην επικεφαλίδα ενός εισερχόμενου κυττάρου, αλλάζουν σύμφωνα με τον πίνακα μετάφρασης του κόμβου μεταγωγής (σχήμα). Ο κόμβος μεταγωγής, που λαμβάνει υπόψη του την τιμή της ταυτότητας νοητού καναλιού, ονομάζεται **κόμβος μεταγωγής νοητών καναλιών (VC switching)** ή **χειριστής νοητών καναλιών (VC handler)**.

Ένα πλεονέκτημα αυτής της VCI αρχής είναι η χρήση πολλαπλών VCI τιμών για τις διάφορες υπηρεσίες, π.χ. η τηλεοπτική τηλεφωνία μπορεί να αποτελείται από 3 συστατικά: φωνή, βίντεο και δεδομένα, κάθε ένα από τα οποία θα μεταφερθούν μέσω του χωριστού VCI. Αυτό επιτρέπει στο δίκτυο να προσθέσει ή να αφαιρέσει τα συστατικά κατά τη διάρκεια της σύνδεσης, π.χ., η τηλεοπτική υπηρεσία τηλεφωνίας μπορεί να αρχίσει με τη φωνή μόνο και το βίντεο μπορεί να προστεθεί αργότερα (Σχήμα: 1.8).



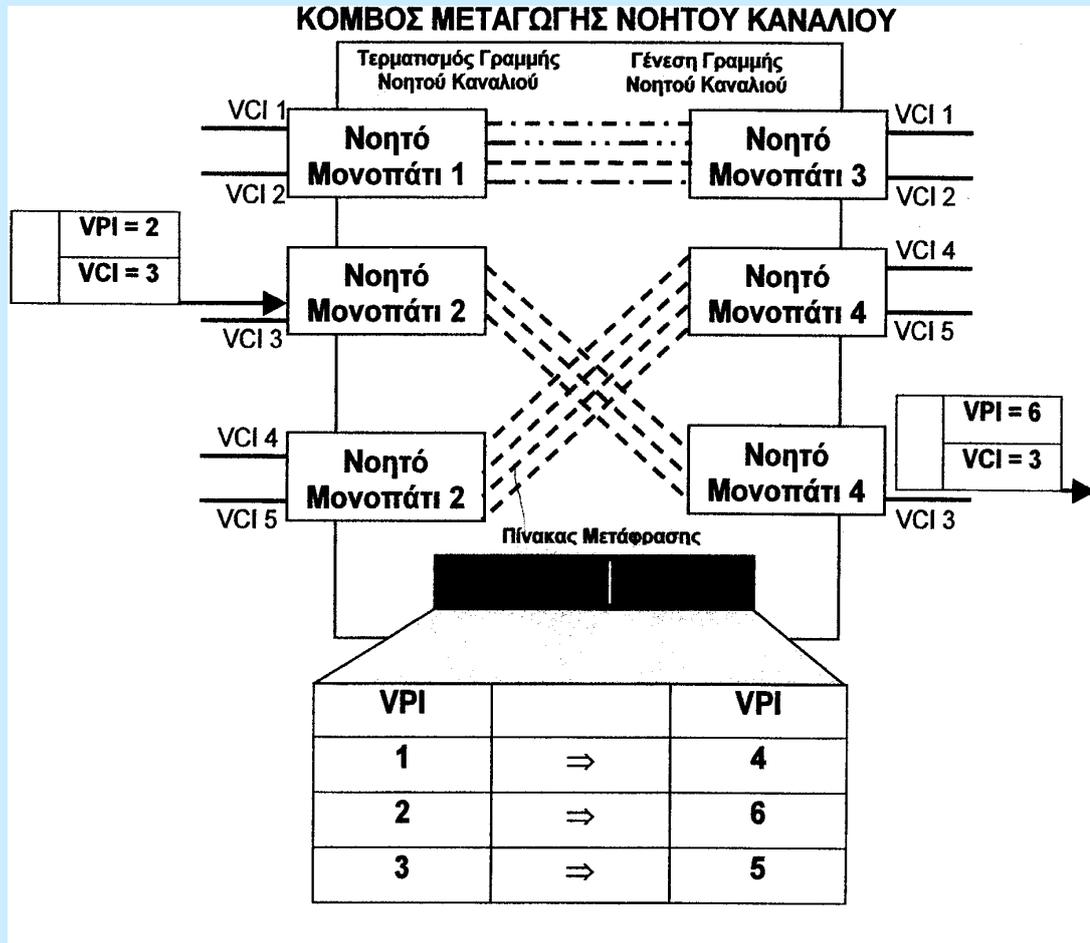
Σχήμα: 1.8

1.8.1 Ζεύξη Νοητού Καναλιού (Virtual Channel Link-VCL)

Η **ζεύξη νοητού καναλιού**, περιγράφει την μονόδρομη επικοινωνιακή δυνατότητα μεταφοράς κυττάρων ATM μεταξύ δυο διαδοχικών οντοτήτων ATM, όπου μεταφράζεται η τιμή της ταυτότητας νοητού καναλιού (VCI). Επομένως, η ζεύξη νοητού καναλιού, ορίζεται μεταξύ δυο διαδοχικών κόμβων μεταγωγής νοητών καναλιών ή μεταξύ ενός τερματικού ATM και ενός κόμβου μεταγωγής νοητών καναλιών. Όταν τα κύτταρα μεταφέρονται μέσω μιας σύνδεσης νοητού καναλιού, διατηρούν την σειρά τους.

1.8.2 Εικονικό / Νοητό Μονοπάτι (Virtual Path-VP)

Το δίκτυο πρέπει να υποστηρίζει τις ημιμόνιμες συνδέσεις, οι οποίες πρέπει να μεταφέρουν έναν μεγάλο αριθμό ταυτόχρονων συνδέσεων. Αυτή η έννοια, είναι γνωστή ως **νοητό μονοπάτι**. Το νοητό μονοπάτι, μπορεί να θεωρηθεί ως ένας μεγάλος αγωγός μέσα στον οποίο υπάρχουν μικρότεροι. Νοητά κανάλια που μοιράζονται το ίδιο νοητό μονοπάτι, έχουν την ίδια τιμή ταυτότητας νοητού μονοπατιού (VPI). Διάφορες εισερχόμενες συνδέσεις μεταφέρουν τις πληροφορίες του ATM στο διακόπτη όπου, ανάλογα με την αξία της επικεφαλίδας, αυτές οι πληροφορίες μεταπηδούν στην εξερχόμενη σύνδεση. Η εισερχόμενη επικεφαλίδα και ο εισερχόμενος αριθμός σύνδεσης χρησιμοποιούνται για να έχουμε πρόσβαση σε έναν πίνακα μεταφράσεων. Το αποτέλεσμα της πρόσβασης στον πίνακα, είναι μια εξερχόμενη σύνδεση και μια νέα τιμή της επικεφαλίδας (σχήμα 1.8.2).



Σχήμα: 1.8.2

1.8.3 Ζεύξη Νοητού Μονοπατιού (Virtual Path Link-VPL)

Η ζεύξη νοητού μονοπατιού, περιγράφει την μονόδρομη επικοινωνιακή δυνατότητα μεταφοράς κυττάρων ATM μεταξύ δυο διαδοχικών οντοτήτων ATM, όπου μεταφράζεται η τιμή της ταυτότητας νοητού μονοπατιού (VPI). Επομένως, η ζεύξη νοητού μονοπατιού ορίζεται μεταξύ δυο διαδοχικών κόμβων μεταγωγής νοητών μονοπατιών ή μεταξύ ενός τερματικού ATM και ενός κόμβου μεταγωγής νοητών καναλιών ή μεταξύ δυο κόμβων μεταγωγής νοητού κυκλώματος και νοητού μονοπατιού. Ως άκρο της σύνδεσης νοητού μονοπατιού, θεωρείται το σημείο στο οποίο οι τιμές των ταυτοτήτων νοητών καναλιών (VCIs) δημιουργούνται, μεταφράζονται ή τερματίζουν.

1.9 Εικονική Σύνδεση Καναλιών (VCC):

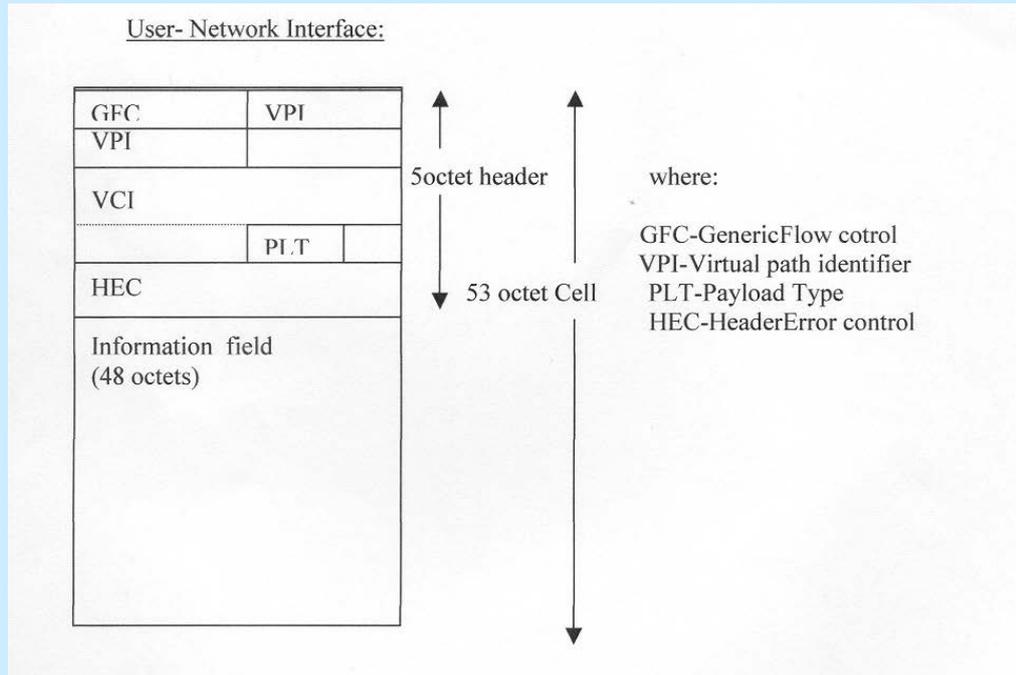
Οι λογικές συνδέσεις μεταξύ των δύο τελικών χρηστών, στον τρόπο ασύγχρονης μεταφοράς είναι γνωστές ως εικονικές συνδέσεις καναλιών. Η VCC είναι η βασική μονάδα στο δίκτυο του ATM. Η VCC δημιουργούνται μεταξύ των δύο τελικών χρηστών που συνδέονται μέσω του δικτύου και παρέχουν μια μεταβλητού ρυθμού αμφίδρομη ροή προκαθορισμένου μεγέθους κυττάρων. Αυτές οι συνδέσεις χρησιμοποιούνται για την επικοινωνία μεταξύ χρήστη-δικτύου.

1.9.1 Χρήσεις VCC:

Η εικονική σύνδεση καναλιών μπορεί να είναι μεταξύ διαφορετικών οντοτήτων, όπως οι τελικοί χρήστες ή οι οντότητες των δικτύων, ή ενός τελικού χρήστη και μιας οντότητας του δικτύου. Μεταξύ όλων αυτών των οντοτήτων, η ακολουθία κυττάρων διατηρείται, δηλ. η σειρά αποστολής των δεδομένων από την πηγή θα είναι η ίδια με τη σειρά παραλαβής στον προορισμό. Υπάρχουν τα εξής παραδείγματα χρήσεων των εικονικών συνδέσεων καναλιών:

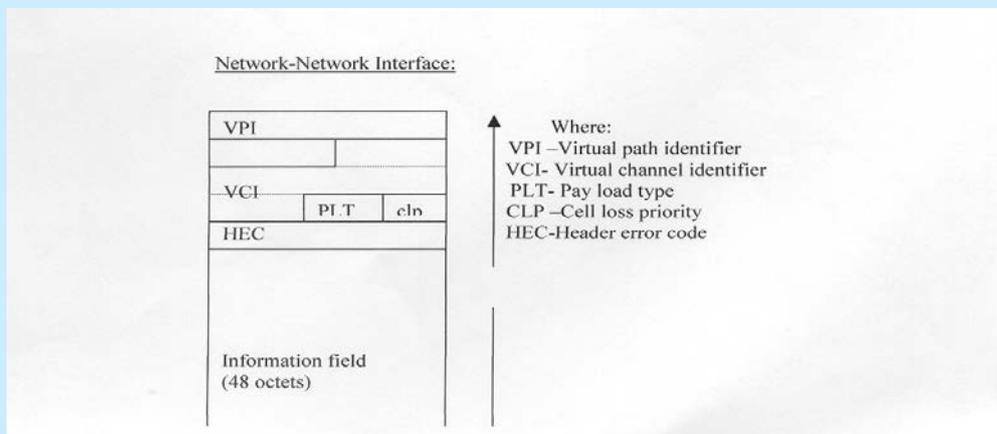
(i) Μεταξύ τελικών χρηστών: Η εικονική σύνδεση καναλιών, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να μεταφέρει τα σήματα ελέγχου μεταξύ δύο τελικών χρηστών, για τη διαβίβαση των δεδομένων. Εάν μια εικονική σύνδεση μονοπατιών (VPC), μεταξύ 2 τελικών χρηστών χρησιμοποιεί τη χωρητικότητα μιας εικονικής σύνδεσης καναλιών, στην προσπάθεια να σταλούν τα δεδομένα μεταξύ των τελικών χρηστών η εικονική σύνδεση μονοπατιών πρέπει να αποφασίσει πώς να χρησιμοποιήσει αυτή τη χωρητικότητα (π.χ. την εικονική σύνδεση καναλιών-VCC). Το VCC πρέπει να κανονίσει ώστε να μη ξεπεραστεί η ικανότητα του VPC.

(ii) Μεταξύ ενός τελικού χρήστη και ενός δικτύου: Η εικονική σύνδεση καναλιών, μπορεί να είναι μεταξύ του χρήστη και του δικτύου για έλεγχο σηματοδότησης. Ένας χρήστης, μπορεί να χρησιμοποιήσει την εικονική σύνδεση μονοπατιών δικτύου (VPC), για να αθροίσει την κίνηση (φορτίο) από τον τελικό χρήστη στο δίκτυο ή τον κεντρικό υπολογιστή δικτύων (server), (Σχήμα: 1.9.1α).



Σχήμα: 1.9.1α

(iii)Μεταξύ δύο δικτύων: Η εικονική σύνδεση καναλιών μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την διαχείριση της κίνησης του δικτύου και τις λειτουργίες δρομολόγησης. Η σύνδεση μεταξύ δύο δικτύων μπορεί να χρησιμοποιήσει την εικονική σύνδεση μονοπατιών δικτύου (VPC), για να καθορίσει μια κοινή διαδρομή για την ανταλλαγή διαχειριστικών πληροφοριών (Σχήμα:1.9.1β).



Σχήμα:1.9.1β

1.9.2 Εικονική Σύνδεση Μονοπατιού (VPC):

Το δεύτερο υπόστρωμα της επεξεργασίας που έχει εισαχθεί στον τρόπο ασύγχρονης μεταφοράς καλείται **εικονική σύνδεση μονοπατιού**. Η εικονική σύνδεση μονοπατιού είναι μια δέσμη VCCs που έχουν τον ίδιο προορισμό. Έτσι τα κύτταρα που ρέουν σε όλα τα VCCs σε μια ενιαία εικονική σύνδεση μονοπατιού μετάγονται από κοινού.

Ο σκοπός για την ανάπτυξη της ιδέας του VP, ήταν η απάντηση σε μια τάση για δίκτυα υψηλών ταχυτήτων στην οποία το κόστος ελέγχου του δικτύου γίνεται όλο και υψηλότερο αναλογικά προς το γενικό κόστος δικτύων. Η τεχνική εικονικού μονοπατιού μας βοηθά να ελέγξουμε το κόστος με την ομαδοποίηση των συνδέσεων, μοιράζοντας τα κοινά μονοπάτια μέσω του δικτύου, σε μια ενιαία μονάδα. Οι ενέργειες διαχείρισης των δικτύων μπορούν έτσι να γίνονται για έναν μικρό αριθμό ομάδων σύνδεσης αντί ενός μεγάλου αριθμού μεμονωμένων συνδέσεων.

Τα πλεονεκτήματα της εικονικής πορείας είναι:

- **Απλουστευμένη δικτυακή αρχιτεκτονική:** Οι λειτουργίες μεταφοράς των δικτύων που αφορούν μια σχετικά μεμονωμένη λογική σύνδεση μπορούν να αποσυνδεθούν από εκείνες που αφορούν μια ομάδα λογικών συνδέσεων.

- **Αυξανόμενη απόδοση και αξιοπιστία δικτύων:** Το δίκτυο εξετάζει λιγότερες αθροισμένες οντότητες.

- **Η μειωμένη επεξεργασία και η μικρότερος χρόνος εγκατάστασης:** Ένα μεγάλο μέρος της εργασίας γίνεται όταν εγκαθίσταται το εικονικό μονοπάτι. Προϋπολογίζοντας εφεδρική χωρητικότητα για να αντιμετωπιστεί ενδεχόμενη καθυστερημένη άφιξη κυττάρων, νέες εικονικές συνδέσεις καναλιών μπορούν να εγκατασταθούν με την εκτέλεση απλών ενεργειών διαχείρισης στα άκρα της εικονικής σύνδεσης μονοπατιών, ενώ στους κόμβους διέλευσης καμία ενέργεια δεν απαιτείται. Έτσι, η προσθήκη του νέου εικονικού καναλιού στο εικονικό μονοπάτι που ήδη υπάρχει δεν θα είναι δύσκολη.

- **Αναβαθμισμένες υπηρεσίες δικτύων:** Το εικονικό μονοπάτι χρησιμοποιείται εσωτερικά στο δίκτυο, αλλά είναι επίσης ορατό στον τελικό χρήστη. Κατά συνέπεια, ο χρήστης μπορεί να καθορίσει τις κλειστές ομάδες χρηστών ή τα κλειστά δίκτυα των δεσμών εικονικών καναλιών.

Έπειτα από το στρώμα του ATM, αναλύουμε το **(ii) Επίπεδο Προσαρμογής (Adaptive Layer) στο ATM**

Η χρήση του ATM, δημιουργεί την ανάγκη για ένα **επίπεδο προσαρμογής**, για την υποστήριξη πληροφορίας που μεταφέρεται με διαφορετικά πρωτόκολλα. Δύο τέτοια παραδείγματα, είναι το **PCM φωνής** και το **LAPF**. Το πρώτο είναι μια εφαρμογή που παράγει bits από ένα σήμα φωνής. Για να υλοποιηθεί κάτι τέτοιο πάνω από ATM, είναι αναγκαίο να οργανωθούν τα PCM bits σε ένα κύτταρο για αποστολή, και να παραληφθούν με τέτοιο τρόπο, ώστε να παράγεται ένα ομαλό φωνητικό σήμα στον αποδέκτη. Το **LAPF**, είναι το **βασικό πρωτόκολλο ελέγχου μεταφοράς δεδομένων για frame relay**. Στις περιπτώσεις που χρησιμοποιείται μαζί με το ATM, ένας βολικός τρόπος ολοκλήρωσης και των δυο μαζί είναι να αντιστοιχιστούν τα πλαίσια με τα κύτταρα. Επιτρέποντας την χρήση LAPF πάνω από ATM, όλα τα υπάρχοντα συστήματα και πρωτόκολλα ελέγχου σημάτων μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ATM δίκτυα.

1.10 Υπηρεσίες AAL:

- Διαχείριση σφαλμάτων μετάδοσης.
- Κατάτμηση και επανασυναρμολόγηση, για να είναι δυνατόν να μεταφέρονται μεγάλα μπλοκ δεδομένων μέσα στα πεδία δεδομένων των ATM κυττάρων.
- Διαχείριση χαμένων ή λάθος τοποθετημένων κυττάρων.
- Έλεγχος ροής και έλεγχος συγχρονισμού.

Οι ανωτέρω υπηρεσίες καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα των απαιτήσεων του χρήστη. Αυτή η ταξινόμηση θα καθορίσει εάν πρέπει να διατηρηθεί μεταξύ της πηγής και του προορισμού μια σχέση συγχρονισμού, εάν αυτή η εφαρμογή θα απαιτήσει ένα σταθερό ρυθμό δυαδικών ψηφίων, (bit rate), και εάν η μεταφορά των στοιχείων σε αυτήν την εφαρμογή θα είναι προσανατολισμένη στη σύνδεση ή όχι.

Το σημαντικότερο είναι ότι το **AAL** παρέχει τους μηχανισμούς για *ευρεία ποικιλία εφαρμογών επάνω στο στρώμα του ATM*. Το σχέδιο των πρωτοκόλλων AAL, πρέπει να συσχετίζεται με τις κατηγορίες υπηρεσιών. Η πληροφορία μεταφέρεται με την μορφή κυττάρων του ATM, μέσω του επιπέδου του ATM.

1.11 ΚΛΑΣΕΙΣ

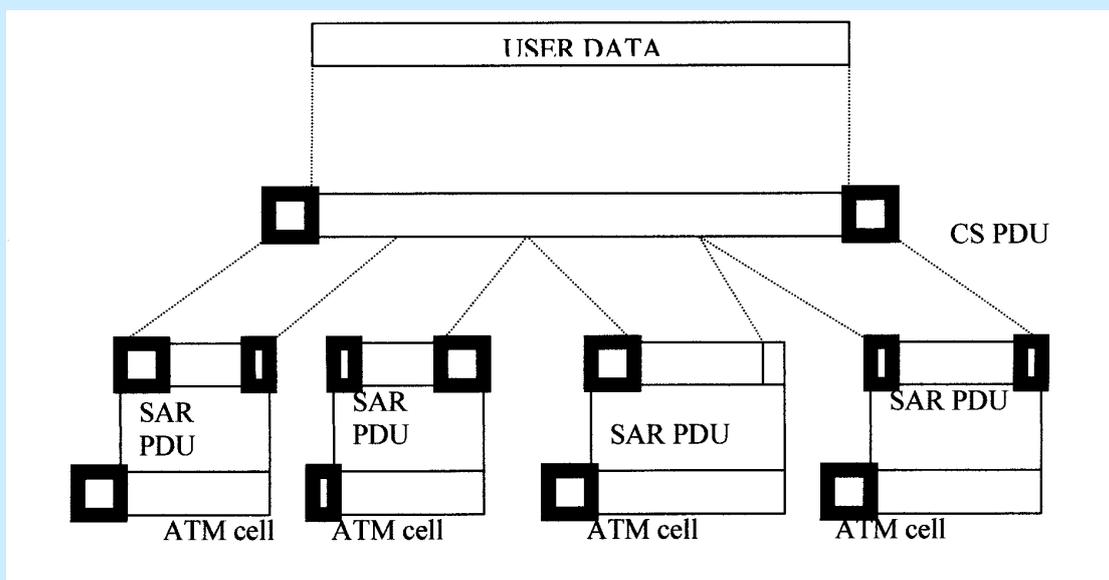
- **Κλάση A** : Είναι μια υπηρεσία σταθερού ρυθμού δυαδικών ψηφίων (**Constant Bit Rate-CBR**), με χρονισμό μεταξύ των δυο άκρων που επικοινωνούν, προσανατολισμένη προς την σύνδεση. Στη συγκεκριμένη κλάση ανήκουν π.χ. η φωνή στα 64Kbps και το video CBR.
- **Κλάση B**: Είναι μια υπηρεσία μεταβλητού ρυθμού δυαδικών ψηφίων (**Variable Bit Rate-VBR**), με χρονισμό μεταξύ των δυο άκρων που επικοινωνούν, προσανατολισμένη προς την σύνδεση. Εδώ ανήκει το VBR-κωδικοποιημένο video.
- **Κλάση C**: Είναι μια υπηρεσία μεταβλητού ρυθμού δυαδικών ψηφίων (VBR), χωρίς απαίτηση χρονισμού μεταξύ των δυο άκρων που επικοινωνούν , προσανατολισμένη προς την σύνδεση. Εδώ, ανήκει η προσανατολισμένη προς την σύνδεση μεταφορά δεδομένων.
- **Κλάση D**: Είναι μια υπηρεσία μεταβλητού ρυθμού δυαδικών ψηφίων (VBR), χωρίς απαίτηση χρονισμού μεταξύ των δυο άκρων που επικοινωνούν, χωρίς σύνδεση. Εδώ ανήκει η μεταφορά δεδομένων μεταξύ δυο LANs χρησιμοποιώντας ένα δίκτυο ευρείας περιοχής (WAN).
- **Κλάση X**: Είναι μια υπηρεσία, μεταβλητού ρυθμού δυαδικών ψηφίων (VBR), χωρίς απαίτηση χρονισμού μεταξύ των δυο άκρων που επικοινωνούν, μπορεί να είναι προσανατολισμένη προς την σύνδεση ή όχι.
- **Κλάση Y**: Η κλάση αυτής της υπηρεσίας, εισήχθη με σκοπό να επιτρέψει την πιθανή αλλαγή των χαρακτηριστικών μεταφοράς του επιπέδου ATM, που παρέχονται από το δίκτυο, μετά την εγκατάσταση της σύνδεσης. Η κλάση αυτή παρέχει την δυνατότητα υποστήριξης στα δίκτυα ATM κίνησης που μεταβάλλεται χρονικά.

1.12 Πρωτόκολλα AAL:

Για να υποστηριχθούν οι κλάσεις αυτές των υπηρεσιών, αναπτύχθηκαν ορισμένα πρωτόκολλα. Έτσι, το στρώμα AAL οργανώνεται σε δύο υποστρώματα:

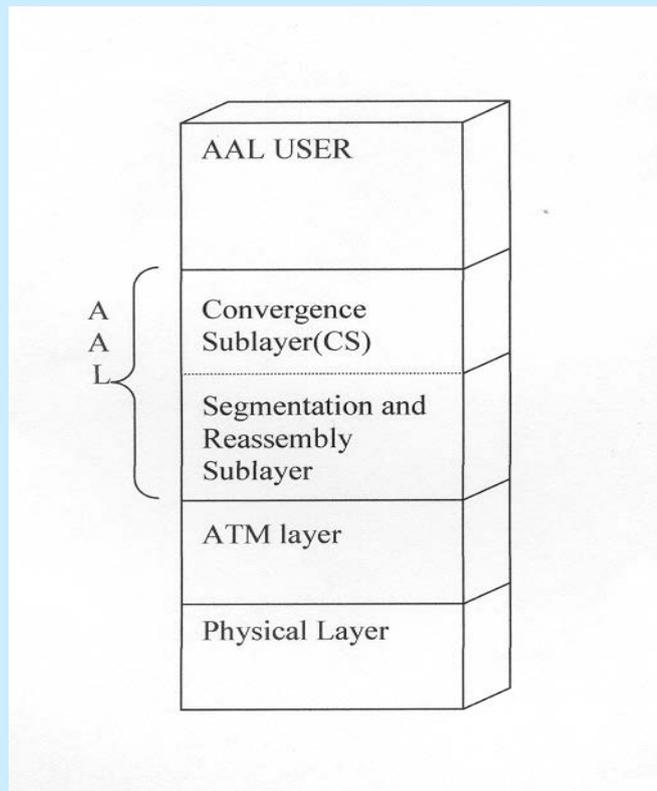
(α) Το υπόστρωμα σύγκλισης: Αυτό το στρώμα, παρέχει τις μεθόδους για μια ιδιαίτερη εφαρμογή με τη χρησιμοποίηση του επιπέδου προσαρμογής (AAL). Κάθε χρήστης του επιπέδου AAL, συνδέεται με ένα σημείο πρόσβασης υπηρεσιών (SAP), που δεν είναι παρά η διεύθυνση της εφαρμογής. Το στρώμα αυτό εξαρτάται από την υπηρεσία.

(β) Το υπόστρωμα κατάτμησης και επανασυναρμολόγησης: Αυτό το στρώμα, είναι αρμόδιο να μαζεύει την πληροφορία που λαμβάνεται από το υπόστρωμα σύγκλισης σε κύτταρα, για την διαβίβαση, και για να αποσυνθέτει την πληροφορία στο άλλο άκρο. Σε ένα στρώμα του ATM, κάθε κύτταρο αποτελείται από 5 bytes επικεφαλίδα και 48 bytes στο πεδίο πληροφορίας, άρα το υπόστρωμα αυτό πρέπει να μαζεύει τις επικεφαλίδες και ό,τι ακολουθεί μαζί με την πληροφορία από το υπόστρωμα σύγκλισης, σε μπλοκ των 48 bytes.



Σχήμα: 1.12^α

Το ανωτέρω διάγραμμα (Σχήμα: 1.12^α), επεξηγεί πώς τα δεδομένα χρηστών, διαιρούνται σε στοιχεία unit πρωτοκόλλου υποστρώματος σύγκλισης (**CS PDU**) και έπειτα μεταφέρονται πάλι στο υπόστρωμα κατάτμησης και επανασυναρμολόγησης (**SAR PDU**), το οποίο διαιρείται σε κύτταρα του ATM.

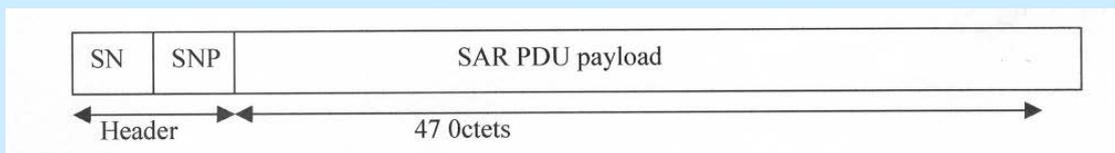


Σχήμα: 1.12β

Το διάγραμμα (Σχήμα: 1.12β), επεξηγεί κατωτέρω το πρωτόκολλο AAL

AAL τύπος 1:

Αυτός ο τύπος λειτουργίας ασχολείται με πηγές δεδομένων σταθερού ρυθμού δυαδικών ψηφίων (bit rate). Η μόνη ευθύνη του πρωτοκόλλου SAR, είναι να συσκευαστούν τα bits στα κύτταρα για τη διαβίβαση και έπειτα το άνοιγμα των κυττάρων στον προορισμό. Κάθε μπλοκ συνοδεύεται από έναν αριθμό ακολουθίας (SNs), έτσι ώστε τα κατεστραμμένα PDU να μπορούν να εντοπιστούν. Το πεδίο (4-bit) του αριθμού ακολουθίας αποτελείται από ένα bit ένδειξης υποστρωμάτων σύγκλισης και μια αρίθμηση ακολουθίας 3 bit. Όταν τα δεδομένα διαβιβάζονται, το στρώμα CS παρέχει στο υπόστρωμα SAR μια τιμή CSI που τοποθετείται στο πεδίο SN. Στον προορισμό, το υπόστρωμα SAR περνά αυτήν την τιμή μέχρι το υπόστρωμα CS (Σχήμα: 1.12γ).



Σχήμα: 1.12γ

AAL τύπος 2:

Αυτός ο τύπος AAL, προσφέρει μια μεταφορά πληροφοριών με ένα μεταβλητό ρυθμό δυαδικών ψηφίων (bit rate). Επιπλέον, μεταφέρονται πληροφορίες συγχρονισμού μεταξύ της πηγής και του προορισμού. Δεδομένου ότι η πηγή παράγει ένα μεταβλητό ρυθμό δυαδικών ψηφίων, είναι δυνατόν τα κύτταρα να μην γεμίζουν εντελώς και το επίπεδο γεμίσματος να ποικίλλει από κύτταρο σε κύτταρο. Επομένως περισσότερες λειτουργίες απαιτούνται από το υπόστρωμα SAR.

AAL τύπος 3/4:

Κατά την φάση του λεπτομερούς ορισμού των τύπων των επιπέδων προσαρμογής στο ATM, διαπιστώθηκε ότι οι τύποι **AAL3** και **AAL4** είχαν τόσα κοινά χαρακτηριστικά δομής και λειτουργιών, που θα μπορούσαν να συγχωνευθούν σε ένα κοινό τύπο, που πράγματι αποτέλεσε τον λεγόμενο τύπο **AAL3/4**. Αυτό το AAL συστήνεται για τη μεταφορά δεδομένων που είναι ευαίσθητα σε απώλειες, αλλά όχι σε καθυστερήσεις. Το AAL μπορεί να χρησιμοποιηθεί για προσανατολισμένη σύνδεση, καθώς επίσης και για τις χωρίς σύνδεση υπηρεσίες, δεδομένου ότι λειτουργίες όπως δρομολόγηση και εξέταση δικτύων εκτελούνται στο στρώμα δικτύου. Συγκεκριμένα, ένα μπλοκ δεδομένων από ένα υψηλότερο επίπεδο, συμπυκνώνεται σε μια μονάδα δεδομένων του πρωτοκόλλου στο υπόστρωμα σύγκλισης. Αυτό το υπόστρωμα επιτρέπει διάφορες ειδικές λειτουργίες να πραγματοποιούνται στο υπόστρωμα σύγκλισης. Τα δεδομένα περνάνε έπειτα στο επόμενο υπόστρωμα, το οποίο τα διασπά σε μπλοκ ωφέλιμου φορτίου. Κάθε μπλοκ χωρά σε ένα ακριβώς κύτταρο.

AAL τύπος 5:

Αυτός ο τύπος είναι το πιο πρόσφατο πρωτόκολλο που αναπτύχθηκε στο AAL. Έχει ως σκοπό να παρέχει μια λειτουργία συνεχούς ροής, διαθέσιμη για τα υψηλότερα στρώματα πρωτοκόλλων, στις προσανατολισμένες προς τη σύνδεση υπηρεσίες. Καλείται επίσης απλό και αποδοτικό στρώμα προσαρμογής (**SEAL**). Η υπόθεση είναι ότι το παραπάνω στρώμα φροντίζει την αποκατάσταση λάθους και ως εκ τούτου το ωφέλιμο φορτίο των 48 bits διατίθεται για να μεταφέρει μόνο δεδομένα. Το πεδίο αυτό χρησιμοποιείται στον τύπο $\frac{3}{4}$ για την πολυπλεξία διαφορετικών καναλιών δεδομένων, που χρησιμοποιούν την ίδια εικονική ATM σύνδεση.

Ο τύπος 5 εισήχθη για να μειώσει τον επιπλέον χρόνο επεξεργασίας πρωτοκόλλων και τον επιπλέον χρόνο εκπομπής, καθώς επίσης για να διασφαλίσει προσαρμοστικότητα στα υπάρχοντα πρωτόκολλα μεταφοράς.

Η μονάδα δεδομένων ,στον **τύπο 5**, περιλαμβάνει ένα trailer με τα ακόλουθα πεδία:

- **Ένδειξη από χρήστη σε χρήστη (1byte)**. Χρησιμοποιείται για να μεταφέρει πληροφορίες από τον ένα χρήστη στον άλλο.
- **Έλεγχος λαθών CRC (4bytes)**. Χρησιμοποιείται για την ανίχνευση λαθών στη μονάδα δεδομένων.
- **Ένδειξη κοινού μέρους (1byte)**. Υποδεικνύει την μετατροπή των εναπομενόντων πεδίων του trailer της μονάδας δεδομένων. Προς το παρόν, μόνο ενός είδους μετατροπή είναι ορισμένη.
- **Μήκος (2bytes)**. Το μήκος του ωφέλιμου φορτίου της μονάδας δεδομένων του υποστρώματος σύγκλισης.

1.13 ATM SWITCHING (Μεταγωγή του ATM)

Μια ιδιαίτερα σημαντική μονάδα μεταγωγής του ATM, είναι το **Switch** , του οποίου τα κύρια καθήκοντα είναι η VPI / VCI μετατροπή, η μεταφορά cells από την είσοδο στην έξοδο και η εκτέλεση των διαδικασιών πολυπλεξίας.

Οι **switchers (μεταγωγείς)** διαιρούνται σε δυο κατηγορίες:

1. Τους **space switchers**: Οι οποίοι, έχουν n εισόδους και m εξόδους, προωθούν τα κύτταρα από τις εισόδους στις εξόδους και συνδέουν διαφορετικές εισόδους σε διαφορετικές εξόδους.

2. Τους **time switchers**: Εδώ, διάφορα time slots πληροφορίας μεταγονται με διαφορετική σειρά από την είσοδο στην έξοδο.

Η μεταγωγή του ATM είναι επίσης γνωστή ως γρήγορη εναλλακτική μετάδοση πακέτου πληροφοριών. Ο κόμβος μεταγωγής του ATM μεταφέρει κύτταρα από τις εισερχόμενες συνδέσεις στις εξερχόμενες συνδέσεις, χρησιμοποιώντας τις πληροφορίες δρομολόγησης που περιλήφθηκαν στην επικεφαλίδα των κυττάρων και τις πληροφορίες που αποθηκεύτηκαν σε κάθε κόμβο μεταγωγής, χρησιμοποιώντας τη διαδικασία εγκατάστασης της σύνδεσης. Δύο λειτουργίες εκτελούνται σε κάθε κόμβο μεταγωγής κατά τη διαδικασία εγκατάστασης της σύνδεσης: **1)** Για κάθε σύνδεση καθορίζονται ένα μοναδικό προσδιοριστικό (ταυτότητα) σύνδεσης στην εισερχόμενη σύνδεση, και ένα μοναδικό προσδιοριστικό σύνδεσης στην εξερχόμενη σύνδεση και **2)** Οι πίνακες δρομολόγησης σε κάθε κόμβο μεταγωγής, συμπληρώνονται για να παρέχουν (υποδεικνύουν) τη σχέση μεταξύ των εισερχόμενων και εξερχόμενων συνδέσεων. Τα VPI και VCI είναι τα δύο προσδιοριστικά σύνδεσης, που χρησιμοποιούνται στα κύτταρα του ATM.

Κατά συνέπεια, σαν βασικές λειτουργίες ενός **ATM switch**, μπορούν να δηλωθούν οι εξής: η **Μεταγωγή Routing (space)**, που δείχνει πώς οι πληροφορίες καθοδηγούνται εσωτερικά από το σημείο εισαγωγής στην έξοδο αναμονής, η **προσωρινή αποθήκευση σε ουρές αναμονής (Queueing)** που ρυθμίζει την προτεραιότητα όταν δύο (2) ή περισσότερα λογικά κανάλια ανταγωνίζονται για την ίδια έξοδο, και η τελική λειτουργία είναι η **μετάφραση επικεφαλίδων**, όπου όλα τα κύτταρα που έχουν μια επικεφαλίδα ίση με κάποια τιμή j στην εισερχόμενη σύνδεση, μεταπηδούν στην έξοδο και η επικεφαλίδα τους είναι μεταφρασμένη σε μια τιμή k . Υπάρχουν, διάφορα *switching networks* τα οποία είναι διαθέσιμα από τους διάφορους κατασκευαστές και ινστιτούτα έρευνας, για την αρχιτεκτονική των ATM switchers.

Αρχές αναμονής σε ένα στοιχείο ATM switching :

Υπάρχουν κυρίως 3 διαφορετικές στρατηγικές αποθήκευσης που είναι διαθέσιμες, οι οποίες καθορίζονται από τη φυσική τους θέση ως εξής:

Αναμονή στην είσοδο: Εδώ, το πρόβλημα λύνεται στο προσωρινό κομμάτι μνήμης (**buffer**) της εισόδου του στοιχείου μεταγωγής. Κάθε σημείο εισόδου περιέχει ένα αφιερωμένο προσωρινό κομμάτι μνήμης, που χρησιμοποιείται για να αποθηκεύσει τα εισερχόμενα κύτταρα, έως ότου αποφασίσει η διαιτησία να εξυπηρετήσει τον buffer. Ο switcher μετάγει έπειτα τα κύτταρα του ATM, από τις ουρές αναμονής των εισόδων στις εξόδους, αποφεύγοντας έτσι την εσωτερική συμφόρηση. Η λογική διαιτησίας μπορεί να είναι από πολύ απλή (εξυπηρέτηση εκ περιτροπής) μέχρι αρκετά σύνθετη (που παίρνει π.χ. υπόψη της το επίπεδο πληρότητας του κάθε buffer). Εντούτοις, αυτός ο σχεδιασμός έχει πρόβλημα συμφόρησης (**HOL-Head Of Line blocking**) εάν δύο κύτταρα δύο διαφορετικών εισόδων κατευθύνονται στον ίδιο προορισμό. Ένα από τα κύτταρα πρέπει να σταματήσει και αυτή το κύτταρο εμποδίζει τα άλλα της ίδιας εισόδου που προορίζονται για τη διαφορετικές εξόδους.

Αναμονή στην έξοδο: Εδώ, σχηματίζονται ουρές αναμονής σε κάθε έξοδο από τα κύτταρα που φθάνουν σ' αυτήν. Οι ουρές αυτές (buffers) λύνουν το πρόβλημα του ανταγωνισμού των κυττάρων για το ποιο από αυτά θα χρησιμοποιήσει την έξοδο. Ο μόνος περιορισμός είναι ότι το σύστημα πρέπει να είναι σε θέση να εγγράψει ταυτόχρονα n κύτταρα σε κάθε ουρά αναμονής κατά τη διάρκεια ενός χρόνου κυττάρου, για να αποφευχθεί η απώλεια κυψελίδων, (όπου το n είναι ο συνολικός αριθμός των σημείων εισαγωγής του διακόπτη (**switch**)). Σε αυτόν τον μηχανισμό, καμία λογική διαιτησίας δεν απαιτείται, δεδομένου ότι όλα τα κύτταρα μπορούν να μεταπηδήσουν στην αντίστοιχη ουρά της εξόδου που επιθυμούν. Τα κύτταρα που βρίσκονται σε κάθε ουρά εξυπηρετούνται στη βάση της λογικής FIFO, για να διατηρηθεί η ακεραιότητα της ακολουθίας των κυττάρων.

Κεντρική αναμονή: Εδώ, οι ουρές αναμονής υλοποιούνται με προσωρινές μνήμες που είναι κοινές μεταξύ όλων των σημείων εισόδου και εξόδου του μεταγωγέα. Όλα τα εισερχόμενα κύτταρα αποθηκεύονται στην κεντρική ουρά αναμονής και κάθε έξοδος επιλέγει τα κύτταρα που προορίζονται γι' αυτήν, από την συγκεκριμένη κεντρική μνήμη. Δεδομένου ότι τα κύτταρα για όλες τις

διαφορετικές εξόδους συγχωνεύονται σε αυτήν την κοινή κεντρική ουρά αναμονής, δεν ακολουθείται η λογική FIFO στην ανάγνωση και το γράψιμο αυτής της ουράς αναμονής. Τα κύτταρα μπορούν να γραφτούν και να διαβαστούν σε τυχαίες θέσεις της μνήμης και αυτό χρειάζεται ένα σύνθετο σύστημα διαχείρισης μνήμης.

1.14 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Η ραγδαία αύξηση της τεχνολογίας και των απαιτήσεων της εποχής, καθώς επίσης και η αύξηση της ζήτησης του εύρους ζώνης στα δίκτυα, ήταν ο κύριος λόγος για την ανάπτυξη της τεχνολογίας του Ασύγχρονου Τρόπου Μεταφοράς (**ATM**). Οι προηγούμενες τεχνολογίες για WAN δίκτυα δεν κάλυπταν επακριβώς τις παραπάνω απαιτήσεις. Το **ATM** παρέχει υψηλές ταχύτητες μεταφοράς και το επιθυμητό εύρος ζώνης που απαιτεί ο χρήστης. Τώρα η πληροφορία μεταδίδεται με την μορφή σύντομου και σταθερού μήκους ομάδων δεδομένων, που ονομάζονται *κύτταρα (cells)*. Το κύτταρο αποτελεί την βασική μονάδα μεταφοράς και μεταγωγής, δηλαδή μεταδίδεται από άκρο σε άκρο, χωρίς να απαιτούνται επιπλέον δυαδικά ψηφία. Η *επικεφαλίδα* κάθε κυττάρου περιέχει κωδικούς αναγνώρισης που καθορίζουν την διεύθυνση δρομολόγησης και χρησιμοποιούνται στη διαδικασία της πολυπλεξίας. Η μεταφορά της πληροφορίας στο δίκτυο ATM βασίζεται σε ένα χαμηλού επιπέδου πρωτόκολλο. Ο έλεγχος ροής και η αντιμετώπιση λαθών, γίνεται μεταξύ των άκρων που επικοινωνούν, έτσι έχουμε αύξηση της ταχύτητας και επίτευξη του επιθυμητού εύρους ζώνης.

Τελειώνουμε συνοψίζοντας τα **πλεονεκτήματα του ATM**, τα οποία είναι και τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά του:

- Οι επιχειρήσεις μπορούν να οργανώσουν μια σύνδεση σε οποιαδήποτε θέση, για να διαβιβάσουν οποιοδήποτε είδος πληροφοριών.
- Το ATM είναι από τα πρώτα πρότυπα πακέτων που παρέχει επικοινωνίες με ταχύτητες κυκλωμάτων μεγαλύτερες από 45MB.

- Χειρίζεται τη φωνή, τα δεδομένα, το βίντεο και τη μετάδοση εικόνας μέσα από εικονικές συνδέσεις κυκλωμάτων, μέσω μιας ενιαίας πρόσβασης.
- Το κύριο χαρακτηριστικό του πρωτοκόλλου του ATM, είναι η χρήση κυττάρων σταθερού μήκους. Όλες οι πληροφορίες χρηστών και δικτύων διαβιβάζονται μέσω τέτοιων κυττάρων.
- Οι χρήστες μπορούν δυναμικά να έχουν το εύρος ζώνης που απαιτείται μέσα σε μια δεδομένη κλήση.
- Επιτρέπει στους διάφορους χρήστες να μοιράζονται το εύρος ζώνης αποτελεσματικότερα, μειώνει επίσης την ανάγκη για μετατροπές του πρωτοκόλλου μεταξύ LANs και WANs, βελτιώνοντας την απόδοση δικτύων.
- Επιτρέπει τέλος, την ολοκλήρωση ποικίλων υπηρεσιών, συμπεριλαμβανομένου του ISDN, του X.25, και του frame relay (πλαίσιο μετάδοσης), σε ένα δίκτυο με έναν ενιαίο τρόπο μετάδοσης και μεταγωγής.

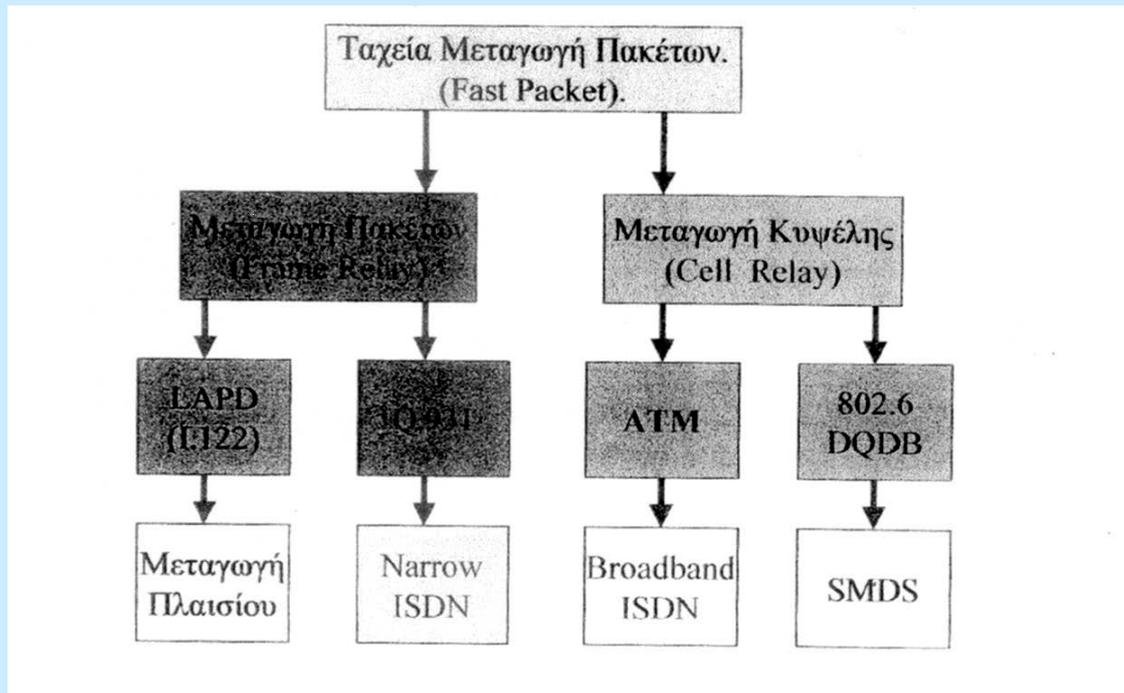
FR

FRAME RELAY

ΜΕΤΑΓΩΓΗ ΠΑΚΕΤΟΥ

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το ακρωνύμιο **FR** σημαίνει <<**Frame Relay**>>, δηλαδή <<**Μεταγωγή Πλαισίου**>>. Η μεταγωγή πλαισίου (**Frame Relay**), είναι μια τεχνολογία που βασίζεται στην *μεταγωγή πακέτου*, παρέχοντας σχετικά υψηλές ταχύτητες. Το **Frame Relay** βασίζεται στην μεταγωγή μονάδων δεδομένων μεταβλητού μήκους, οι οποίες λέγονται **πλαίσια**. Η τεχνολογία αυτή, χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά το 1988 στα πλαίσια των ISDN δικτύων, ως μια νέα μορφή υπηρεσίας μεταγωγής πακέτων. Από το 1988 ως σήμερα έχει σημειωθεί σημαντική πρόοδος στον τομέα αυτό, έτσι ώστε σήμερα να μιλάμε για ταχύτητες 64 Kbps, Nx64 Kbps και 2,048 Mbps. Ουσιαστικά το **Frame Relay** είναι ένα περαιτέρω στάδιο εξέλιξης της κλασικής μεταγωγής πακέτου X.25 και είναι μια υπηρεσία η οποία στοχεύει στη βελτίωση της επικοινωνιακής απόδοσης, μειώνοντας τις καθυστερήσεις, παρέχοντας δυνατότητα καλής χρήσης του εύρους ζώνης και μειώνοντας το κόστος των επικοινωνιακών διατάξεων. Η μεταγωγή πλαισίου υλοποιείται χρησιμοποιώντας ένα ιδιωτικό δίκτυο ή λαμβάνεται ως υπηρεσία από ένα δημόσιο δίκτυο, όπως βλέπουμε στο παρακάτω σχήμα(Σχήμα: 2.1).



Σχήμα: 2.1

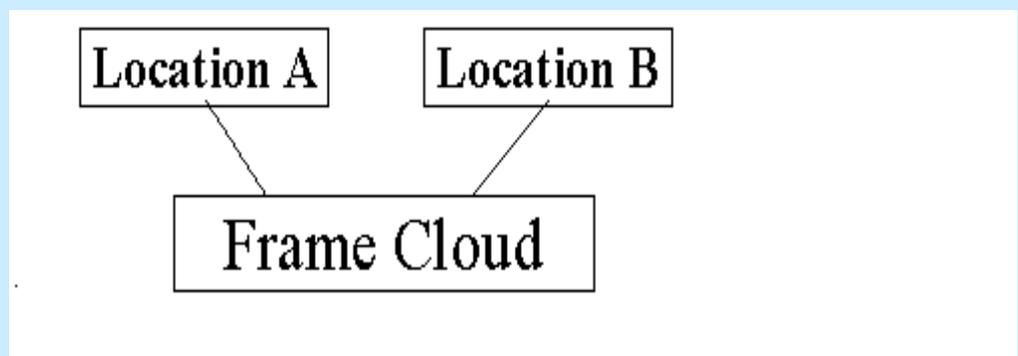
2.2 Τι είναι το Frame Relay;

Το Frame Relay είναι μια τεχνική που χρησιμοποιείται για την μετάδοση από τοποθεσία σε τοποθεσία, ακριβώς όπως στην ISDN σύνδεση. Είναι η οικονομικώς αποδοτική λύση δικτύων, που βελτιστοποιείται για να υποστηρίξει το σημερινό περιβάλλον, όπου εμπλέκονται συνήθως πολλά διαφορετικά πρωτόκολλα και συσκευές πολλών κατασκευαστών. Η μεταγωγή πλαισίου, προσφέρει την υψηλότερη ρυθμοαπόδοση, τη μεγαλύτερη αξιοπιστία και βελτιωμένο χρόνο απόκρισης της εφαρμογής, με τη χρησιμοποίηση μιας τεχνολογίας που επιτρέπει στο εύρος ζώνης να διατίθεται δυναμικά, σε μια πακέτο – προς - πακέτο βάση. Στη μεταγωγή πλαισίου, υπάρχουν διάφορες τοποθεσίες στο δίκτυο, οι οποίες μπορούν να στείλουν και να λάβουν δεδομένα. Αυτές οι συνδέσεις, είναι γνωστές ως **ports**. Κάθε θέση που χρειάζεται πρόσβαση στο σύστημα μεταγωγής πλαισίων, πρέπει να έχει ένα από αυτά τα ports.

Κάθε port, σε ένα σύστημα μεταγωγής πλαισίων, έχει μια **διεύθυνση**. Αυτή η διεύθυνση είναι μοναδική στο port στη συγκεκριμένη τοποθεσία. Το port συνδέεται με τον εξοπλισμό που χειρίζεται τα δεδομένα όσον αφορά την μια πλευρά και το 'σύννεφο' του δικτύου μεταγωγής πλαισίων από την άλλη πλευρά.

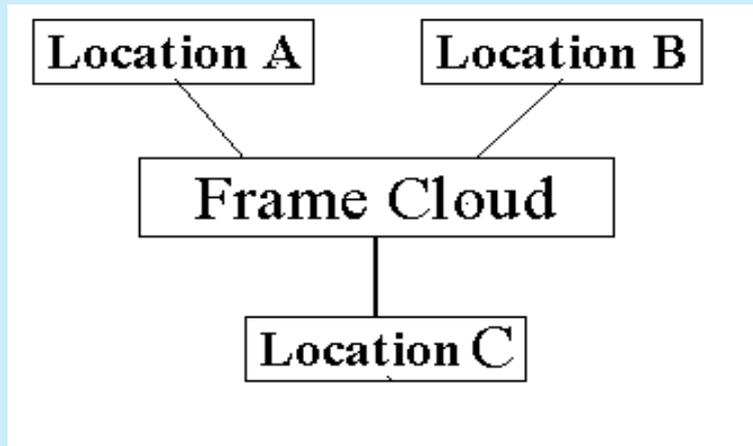
Ο εξοπλισμός που χειρίζεται τα δεδομένα μπορεί να στείλει δεδομένα μέσα από το Frame Relay port. Αυτό συμβαίνει υπό μορφή πακέτων ή πλαισίων. Κάθε πλαίσιο αποτελείται από δύο μέρη, τα πραγματικά στοιχεία και το πεδίο ελέγχου. Αυτά τα πλαίσια στέλνονται μέσα από τις εικονικές συνδέσεις.

Αν φανταστούμε το **δίκτυο πλαισίων (Frame Network)**, ως 'σύννεφο', τότε κάθε frame relay port «τρέχει» σε αυτό το σύννεφο. Μέσα σ' αυτό, υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τρόποι (δρόμοι) να φτάσουμε από το ένα port στο άλλο. Όλοι αυτοί οι δρόμοι διασυνδέονται με **μεταγωγείς πλαισίων (Frame Switches)**. Αυτοί οι μεταγωγείς, (διακόπτες), μπορούν να λάβουν αποφάσεις σχετικά με την κυκλοφοριακή ροή, για κάθε μέρος κάθε διαδρομής. Μαζί επιλέγουν σε ποιόν δρομολογητή θα στείλουν ένα πακέτο, έτσι ώστε να το μεταβιβάσουν γρήγορα και αξιόπιστα από την πηγή στο port προορισμού, π.χ. συνδέουμε δύο περιοχές, με ένα *frame relay* δίκτυο και επιθυμούμε να στείλουμε τα δεδομένα από την περιοχή A στην περιοχή B. Το διάγραμμα θα ήταν το εξής :



Σχήμα:2.2α

Αυτό που συμβαίνει μέσα στο σύννεφο πλαισίων, δεν είναι γνωστό και δεν έχει ιδιαίτερη σημασία για μας. Αυτό που κάνουμε είναι ότι απλά αναγράφουμε στα πλαίσια τη διεύθυνσή τους (π.χ. «πηγαίνω στο B» ή «πηγαίνω στο A»). Έτσι, μέχρι αυτό το σημείο, τα πράγματα λειτουργούν λίγο πολύ το ίδιο όπως και σε μια ευθεία σύνδεση μεταξύ του A και του B. Αν προσθέσουμε μια ακόμη τοποθεσία C, έχουμε τα ακόλουθα αποτελέσματα:



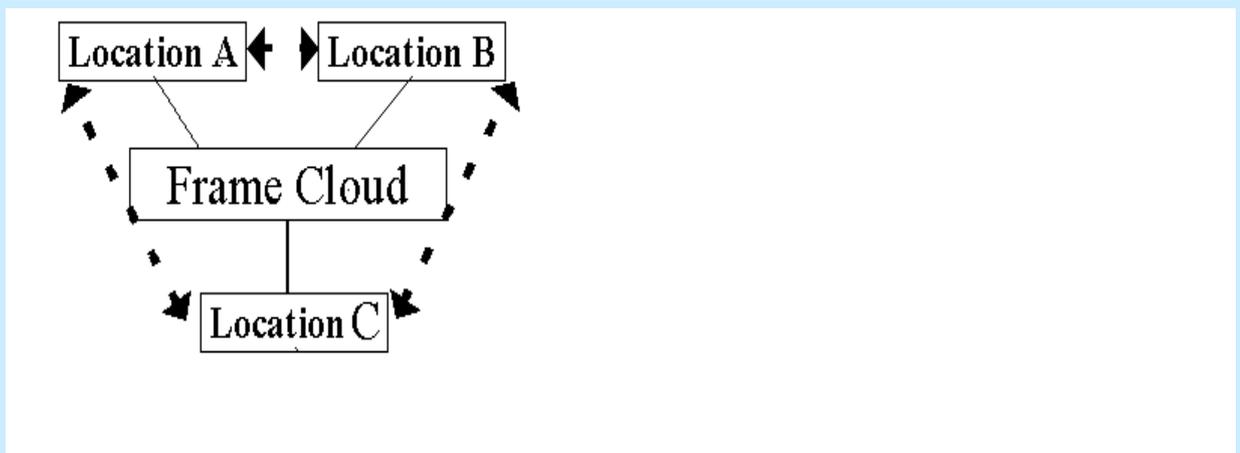
Σχήμα:2.2β

Τώρα, οι τρεις περιοχές μπορούν απλά να μιλήσουν η μια στην άλλη, με τη διαβίβαση των πακέτων στις σωστές διευθύνσεις. Σε μια συμβατική οργάνωση με τις μισθωμένες γραμμές ή τις γραμμές διεπιλογών, αυτό θα σήμαινε ότι είτε κάθε περιοχή θα έπρεπε να έχει δύο γραμμές ή ότι η ροή θα έπρεπε να περάσει μέσω δύο περιοχών.

Τι κάνει το σύννεφο για μας; Είναι ένας τύπος "εικονικών συνδέσεων". Ο τρόπος που γίνεται αυτό, είναι απλός. Κάθε σύνδεση από μια περιοχή σε μια άλλη είναι προκαθορισμένη, π.χ. λέμε ότι υπάρχει μια σύνδεση από την περιοχή A στην περιοχή B, από την περιοχή A στην περιοχή C, κ.λπ. Στο άκρο κάθε σύνδεσης δίνεται ένας αριθμός που την προσδιορίζει, αυτό καλείται **DLCI** (**Data Link Connection Identifier**- Προσδιοριστικό σύνδεσης δεδομένων). Το DLCI είναι ένας αριθμός καναλιού που είναι συνδεδεμένος με τα πλαίσια δεδομένων, για να 'πει' στο δίκτυο πώς να δρομολογήσει τα δεδομένα. Το frame relay, είναι "στατιστικά πολυπλεγμένο", το οποίο σημαίνει ότι μόνο ένα πλαίσιο μπορεί να διαβιβαστεί κάποια χρονική στιγμή, αλλά πολλές λογικές συνδέσεις μπορούν να συνυπάρξουν σε μια ενιαία φυσική γραμμή. Το DLCI

επιτρέπει στα δεδομένα να είναι λογικά συνδεδεμένα σε μια από τις συνδέσεις, έτσι ώστε μόλις φτάσει στο δίκτυο να ξέρει πού να σταλεί.

Για να μπορεί ο κάθε προορισμός (A,B,C), στο παρακάτω διάγραμμα, να είναι σε θέση να μιλήσει άμεσα στον καθένα ξεχωριστά, απαιτούνται εικονικές συνδέσεις :



Σχήμα 2.2γ

Αυτό σημαίνει ότι ο ένας μπορεί να μιλήσει στον άλλο, απλά με το να δηλώσει την διεύθυνση και τον DLCI αριθμό της γραμμής, με την οποία θέλει να μιλήσει. Αυτό θα μεταφέρει τα δεδομένα μέσα από την εικονική σύνδεση.

Αντιλαμβανόμαστε λοιπόν, ότι όλα τα δεδομένα για όλες τις εικονικές συνδέσεις φθάνουν πάνω σε μια γραμμή, σε ένα **port**. Αυτό σημαίνει ότι ο ίδιος ο εξοπλισμός φροντίζει να επιλέξει τα δεδομένα ξεχωριστά και να τοποθετήσει τα σωστά πακέτα στις σωστές κατευθύνσεις. Αυτές οι εικονικές συνδέσεις χωρίζονται σε δυο μέρη, αυτές που είναι σταθερά καθορισμένες (**Fixed**) και αυτές που είναι μετά από αίτηση (**On Demand**).

2.3 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

Η μεταγωγή πλαισίων είναι ένα πρωτόκολλο δικτύωσης, το οποίο σημαίνει ότι αντίθετα από μια από σημείο σε σημείο ιδιωτική γραμμή, υπάρχει ένας *διακόπτης δικτύου (network switch)*, μεταξύ της θέσης μας και το που συνδεόμαστε. Στην πραγματικότητα, έχουμε μια ιδιωτική γραμμή σε έναν κόμβο στο frame relay δίκτυο και το άλλο άκρο έχει επίσης μια ιδιωτική γραμμή σε έναν κοντινό frame relay κόμβο. Όταν στέλνουμε δεδομένα στη γραμμή μας, το δίκτυο τα διεκπεραιώνει με τη δρομολόγησή τους μέσω του frame relay δικτύου. Κατόπιν, τα δεδομένα περνούν στην ιδιωτική γραμμή του άλλου άκρου και φθάνουν στον προορισμό τους.

2.4 ΧΡΗΣΕΙΣ

Η χρησιμότητα του frame relay:

Για επιχειρήσεις με πολυάριθμα απομακρυσμένα γραφεία, το frame relay διαθέτει έναν οικονομικώς αποδοτικό τρόπο, για την παροχή ασφαλούς και ιδιωτικής IP διεύθυνσης. Ενώ μερικές επιχειρήσεις χρησιμοποιούν VPNs μέσω του Διαδικτύου για τις διεταιρικές επικοινωνίες, η επιλογή αυτή εκθέτει την επιχείρηση σε μερικά σοβαρά ζητήματα ασφαλείας. Δεν μπορεί να επιτευχθεί σε μεγάλο βαθμό η απομόνωση των ιών και των χάκερς από τις εκατοντάδες των μεμονωμένων συνδέσεων του Διαδικτύου, στα γραφεία. Αντίθετα, η φύση του δικτύου μεταγωγής πλαισίων εγγυάται την ιδιωτικότητα, που επιβάλλεται πολλές φορές από τη νομοθεσία. Η μεταγωγή πλαισίων χρησιμοποιείται επίσης, ως χαμηλότερου κόστους μεταφορέας, για να αντικαταστήσει τα δίκτυα των μισθωμένων γραμμών που χρησιμοποιούνταν παλιότερα για να συνδέσουν τις μηχανές του ATM και συσκευές που χρησιμοποιήθηκαν σε κεντρικούς υπολογιστές προηγούμενων ετών. Αυτές οι εφαρμογές περιλαμβάνουν κάποιο είδος μετατροπής πρωτοκόλλου στον εξοπλισμό και στα δύο άκρα. Οι frame relay συνδέσεις χρησιμοποιούνται επίσης για την επίτευξη υψηλών ταχυτήτων internet.

Το **frame relay** είναι μια ώριμη τεχνολογία που εφαρμόζεται καλά παγκοσμίως. Μπορούμε από αυτή να αναμένουμε τόσο υψηλή αξιοπιστία, όσο αυτή που προσφέρουν οι από σημείο σε σημείο συνδέσεις μισθωμένων ψηφιακών γραμμών.

Η μεταγωγή πλαισίων, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για διάφορους τύπους συνδέσεων. Μπορεί να θεωρηθεί ως ευέλικτο πρωτόκολλο, που βρίσκεται στο επίπεδο σύνδεσης δεδομένων μεταξύ των *δρομολογητών (routers)*. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά για τη μεταφορά όλων των ειδών των δεδομένων, με ταχύτητες που μπορούν να φτάσουν περίπου τα 4Mbits/sec.

Λόγω της εφαρμογής και του κόστους του frame relay, είναι το καταλληλότερο για τις μόνιμες ή ημιμόνιμες συνδέσεις. Δεν είναι επιθυμητό να χρησιμοποιείται για αντικατάσταση επιλεγόμενων (**dial up**) γραμμών, για οικονομικούς λόγους.

Για διάφορους πελάτες του διαδικτύου, η χρήση της μεταγωγής πλαισίων μπορεί να επιτρέψει τη σύνδεση των διάφορων μακρινών περιοχών, χρησιμοποιώντας μια τεχνολογία. Είναι δυνατό να συνδεθεί ο δρομολογητής του πελάτη με τον κόμβο του παρόχου των υπηρεσιών του Διαδικτύου μέσω σύνδεσης frame relay, και μέσα από αυτή να απολαμβάνει τις υπηρεσίες του Διαδικτύου. Συγχρόνως, εάν ο πελάτης έχει άλλα frame relay port διαθέσιμα σε διαφορετικές θέσεις, το ίδιο port μπορεί να χρησιμοποιηθεί, για να συνδέσει ευρείας περιοχής γραφεία, που έχει ο πελάτης. Αυτή η ολοκληρωμένη προσέγγιση μπορεί να είναι ελκυστική για τα δυο συμβαλλόμενα μέρη. Από ένα frame port μπορούν να συνδεθούν πολλοί πελάτες στο Διαδίκτυο και συγχρόνως, ο πελάτης μπορεί να συνδεθεί με πολλαπλές απομακρυσμένες θέσεις χρησιμοποιώντας το ίδιο port. Αν και υπάρχει μια μεγαλύτερη πιθανότητα σύνδεσης όταν χρησιμοποιούνται οι αφιερωμένες για τον σκοπό αυτό γραμμές, το *οικονομικό πλεονέκτημα* θα αντισταθμιστεί στις περισσότερες περιπτώσεις.

2.5 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

1. **Διαλογικές σε επίπεδο μπλοκ** (block-interactive) εφαρμογές δεδομένων όπως είναι τα γραφικά υψηλής ανάλυσης. Τέτοιες εφαρμογές απαιτούν χαμηλές καθυστερήσεις και υψηλή απόδοση, στοιχεία τα οποία προσφέρει η μεταγωγή πλαισίου (frame relay).

2. **Μεταφορά αρχείων.** Για να λειτουργήσει ικανοποιητικά μια εφαρμογή μεταφοράς μεγάλων αρχείων, είναι απαραίτητο να έχει το δίκτυο υψηλή απόδοση, ώστε οι χρόνοι μεταφοράς των αρχείων να είναι όσο το δυνατόν μικρότεροι.

3. **Πολυπλεξία χαμηλών ρυθμών.** Σκοπός είναι η οικονομική μεταφορά ομάδων εφαρμογών που αντιστοιχίζονται σε πηγές με χαμηλό ρυθμό παραγωγής δυαδικών ψηφίων.

4. **Διαλογική σε επίπεδο χαρακτήρα κίνηση** (character-interactive traffic). Βασικά χαρακτηριστικά μιας τέτοιας εφαρμογής είναι η χαμηλή απόδοση, τα μικρά πλαίσια και οι μικρές καθυστερήσεις.

5. Τέλος μπορούμε να αναφέρουμε ενδεικτικά κάποιες άλλες εφαρμογές:

- Απομακρυσμένη πρόσβαση σε βάσεις δεδομένων
- Ηλεκτρονικό ταχυδρομείο
- Αυτοματισμός γραφείου (π.χ. μισθοδοτική κατάσταση)
- Διαδίκτυο / Ενδοδίκτυο (internet / intranet)

2.6 Από το X.25 στο Frame Relay

Η τεχνολογία **frame relay**, εισήχθη ως μια πρόταση βελτίωσης και εξέλιξης της κλασικής τεχνολογίας μεταγωγής πακέτων, η οποία στηρίζεται στο **πρότυπο X.25**.

Όταν το X.25 ήταν σε πρωταρχικό στάδιο, η ψηφιακή τεχνολογία έκανε τα πρώτα της βήματα και η ποιότητα της υπηρεσίας των γραμμών, αναλογικών και ψηφιακών, απέιχε πολύ από αυτό που είναι σήμερα.

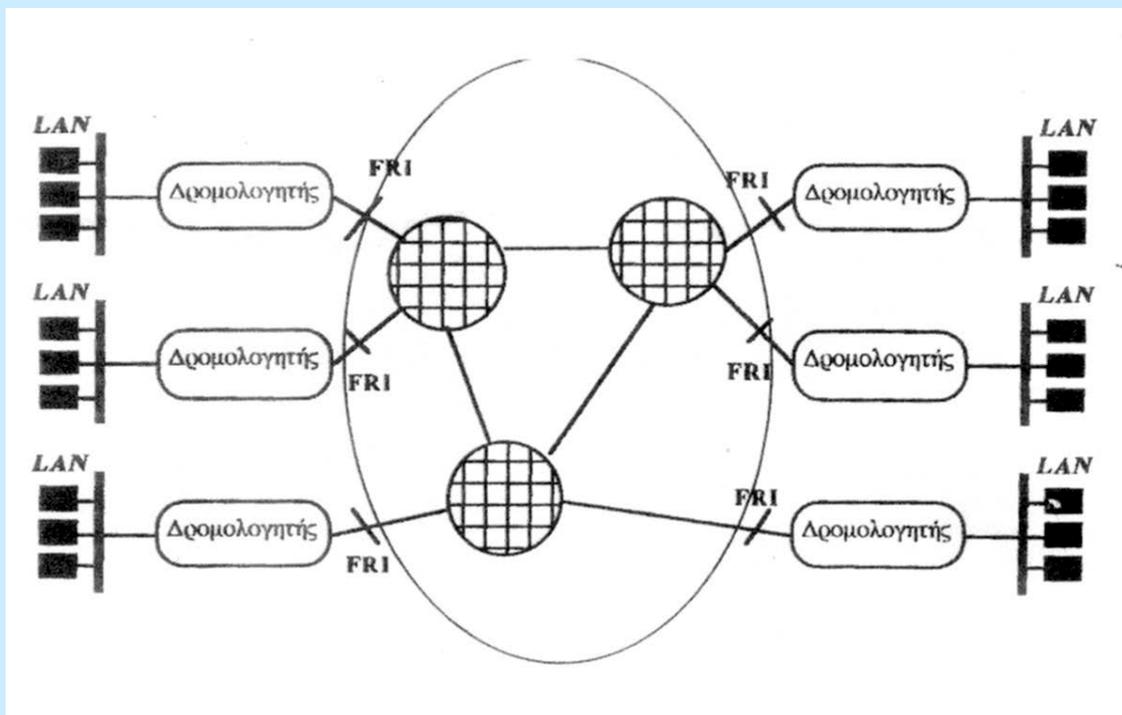
Η πρώτη λύση για την διασύνδεση των τοπικών δικτύων, ήταν η **point-to-point** σύνδεση για κάθε ζεύγος δικτύων. Η λύση όμως αυτή, γρήγορα άρχισε να

δημιουργεί πολλά προβλήματα, καθώς ο συνεχώς αυξανόμενος αριθμός τοπικών δικτύων και η ανάγκη για ευρεία γεωγραφική κάλυψη πολύ σύντομα απέκλεισε την λογική αυτή, αφού σύμφωνα με αυτή θα απαιτούνταν τεράστιος αριθμός γραμμών διασύνδεσης.

Άρα, το X.25 δημιουργήθηκε με την πρόθεση να λειτουργήσει μέχρι το 3ο επίπεδο του **OSI προτύπου**, ενώ το frame relay λειτουργεί μόνο στα δυο πρώτα στρώματα του προτύπου OSI. *Βασικά χαρακτηριστικά της κλασικής μεταγωγής πακέτου του προτύπου X.25 είναι :*

- *Πλαίσια call-control*, τα οποία χρησιμοποιούνται για την εγκατάσταση των νοητών κυκλωμάτων και διάφορους ελέγχους (οι οποίοι απαιτούνται για να λειτουργήσει αξιόπιστα η κλασική μεταγωγή πακέτων στα τότε επικοινωνιακά συστήματα που παρουσίαζαν υψηλές πιθανότητες λαθών).
- Η *πολυπλεξία* των νοητών κυκλωμάτων πραγματοποιείται στο επίπεδο 3.
- Μηχανισμοί *ελέγχου ροής και ελέγχου λαθών* υπάρχουν τόσο στο 2^ο όσο και στο 3^ο επίπεδο.

Αποτέλεσμα όλων αυτών των χαρακτηριστικών, ήταν η δημιουργία μεγάλων επιβαρύνσεων οι οποίες φαίνονται στο παρακάτω σχήμα: 2.6.α



Σχήμα 2.6^α

Το σχήμα αυτό, δείχνει την ροή των **data link** πλαισίων τα οποία απαιτούνται για την μετάδοση ενός πακέτου δεδομένων, από ένα τελικό σύστημα (*end system*) (πηγή) σε ένα άλλο τελικό σύστημα (*end system*) (προορισμό) και την επιστροφή ενός πλαισίου αναγνώρισης. Σε κάθε βήμα μέσα στο δίκτυο, σύμφωνα με το data link control πρωτόκολλο, πρέπει να ανταλλάγουν ένα πλαίσιο δεδομένων και ένα πλαίσιο αναγνώρισης. Επιπλέον, σε κάθε ενδιάμεσο κόμβο πρέπει να διατηρούνται πίνακες καταστάσεων για κάθε νοητό κύκλωμα για να ικανοποιούνται οι έλεγχοι ροής και λαθών σύμφωνα με το πρότυπο X.25. Όλα αυτά δημιουργούν πολύ μεγάλη επιβάρυνση στο δίκτυο, αφού ένα μεγάλο τμήμα της χωρητικότητάς του απασχολείται με πλεονάζοντα bits, για ανίχνευση και διόρθωση λαθών.

Η επιβάρυνση αυτή μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι απαραίτητη στα παλαιότερα επικοινωνιακά συστήματα, τα οποία παρουσίαζαν πολλές πιθανότητες λαθών, ώστε να λειτουργήσουν αξιόπιστα. Όμως προκαλεί μόνο προβλήματα στην περίπτωση ενός ISDN δικτύου. Και αυτό, γιατί στο ISDN χρησιμοποιείται αξιόπιστη τεχνολογία ψηφιακής μετάδοσης δεδομένων, πάνω από υψηλής ποιότητας αξιόπιστες συνδέσεις, οι οποίες μάλιστα πολλές φορές είναι *οπτικές ίνες*. Έτσι, όλοι αυτοί οι έλεγχοι που εισάγει το πρότυπο X.25, εκτός από το γεγονός ότι δεν είναι απαραίτητοι, είναι και μη λειτουργικοί, καθώς όπως αναφέρθηκε και παραπάνω απασχολούν μεγάλο μέρος της χωρητικότητας του δικτύου. Ακόμη, ένα από τα χαρακτηριστικά του ISDN είναι ότι μπορούν να επιτευχθούν υψηλοί ρυθμοί μετάδοσης και ειδικότερα αν χρησιμοποιηθούν Η κανάλια. Έτσι, στο περιβάλλον του ISDN με τα χαρακτηριστικά που αναφέρθηκαν, το X.25 όχι μόνο δεν είναι αναγκαίο, αλλά δεν επιτρέπει και την επίτευξη των ρυθμών μετάδοσης δεδομένων, οι οποίοι είναι δυνατόν να επιτευχθούν με το ISDN. Επίσης, καθώς αρχίζουν να μεγαλώνουν οι ανάγκες των χρηστών των δικτύων και καθώς αρχίζουν να εισάγονται εφαρμογές (γραφικά, πολυμέσα κ.α.), που απαιτούν μεγάλο εύρος ζώνης, η επιβάρυνση του X.25 που δημιουργεί επιπρόσθετα προβλήματα.

Σε όλα αυτά τα προβλήματα, που παρουσίαζε η κλασική μεταγωγή πακέτου, ήρθε να δώσει λύση η τεχνολογία Frame Relay. Βασικό χαρακτηριστικό του Frame Relay, είναι η διατήρηση της φιλοσοφίας της μεταγωγής πλαισίου, μειώνοντας όμως όσο είναι δυνατό τις επιβαρύνσεις που εισάγει το X.25.

Οι **βασικές διαφορές** των δύο τεχνολογιών είναι οι εξής:

1. Η σηματοδότηση ελέγχου, μεταφέρεται σε ένα λογικό κανάλι ξεχωριστό από το κανάλι μετάδοσης δεδομένων. Αποτέλεσμα αυτού, είναι οι ενδιάμεσοι κόμβοι να μην χρειάζεται να χρησιμοποιούν διαδικασίες ελέγχου κλήσεων, για κάθε ανεξάρτητη σύνδεση.

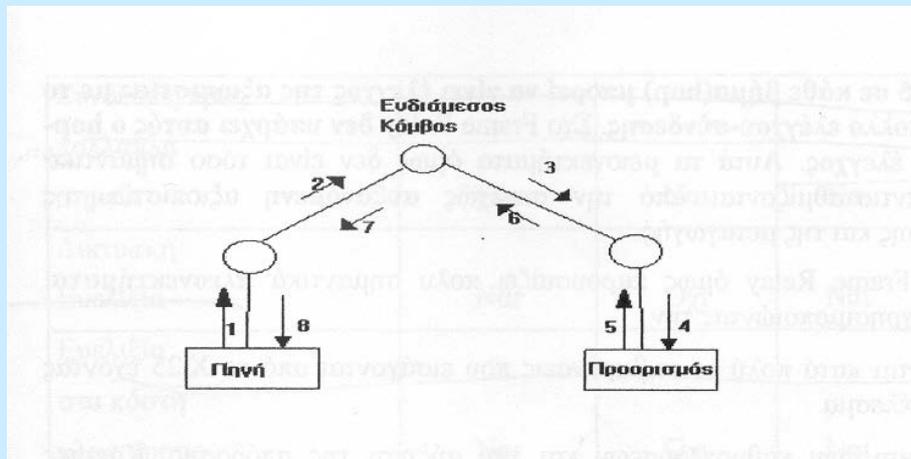
2. Η πολυπλεξία και η μεταγωγή πακέτων, γίνεται στο 2^ο επίπεδο αντί για το 3^ο επίπεδο όπου γίνεται στο X.25, μειώνοντας έτσι ένα ολόκληρο επίπεδο επεξεργασίας.

3. Δεν υπάρχουν έλεγχοι ροής και λάθους, από *τμήμα – σε - τμήμα (hop-by-hop)*. Αν απαιτούνται τέτοιοι έλεγχοι τότε αυτό είναι υπευθυνότητα ενός ανώτερου επιπέδου.

Τα παραπάνω αναπαρίστανται καλύτερα ως εξής:

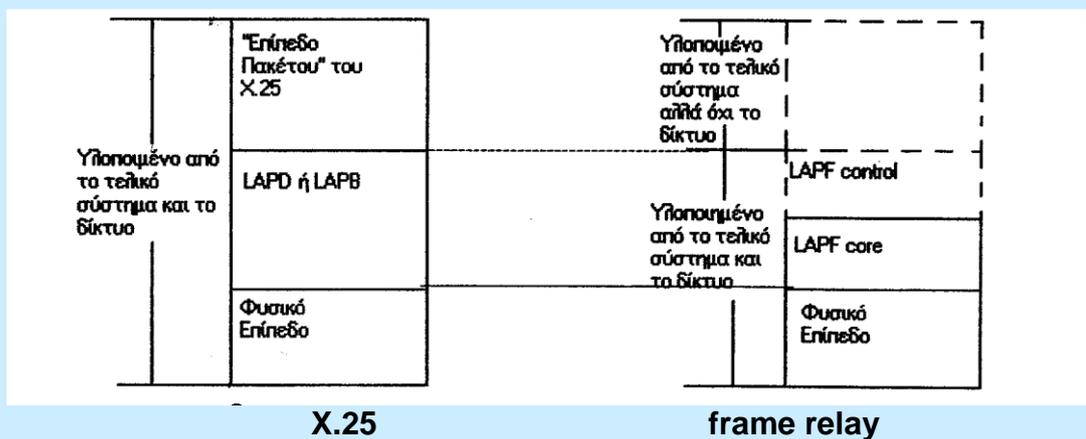
Σύγκριση X25 και Frame Relay		
...	X25	FR
Πολυπλεξία εικονικών κυκλωμάτων	Ναι	Ναι
Διαμοίραση ports	Ναι	Ναι
Ευαισθησία πρωτοκόλλων	Ναι	Όχι
Αποδοτικότητα κατά την διάρκεια συμφόρησης	Ναι	Ναι
Υψηλή ροή δεδομένων	Όχι	Ναι
Ταχύτητα μετάδοσης	Αργή/μεσαία	Μεσαία/γρήγορη
Καθυστέρηση	Υψηλή	Χαμηλή

Η λειτουργία του frame relay φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:2.6β. Όπως φαίνεται, από την πηγή στον προορισμό στέλνεται μόνο ένα πλαίσιο δεδομένων, και, αντίστοιχα, επιστρέφεται ένα πλαίσιο αναγνώρισης που δημιουργείται σε ένα ανώτερο επίπεδο.



Σχήμα:2.6β

Η σύγκριση των δυο τεχνολογιών, με βάση τα 3 πρώτα επίπεδα του μοντέλου OSI, φαίνεται παραστατικά στο παρακάτω σχήμα:2.6γ



Σχήμα:2.6γ

- **LAPD** : Είναι το πρότυπο, το οποίο ακολουθεί η μεταφερόμενη πληροφορία στο frame relay. Το πρότυπο αυτό, επιτρέπει την λογική πολυπλεξία μέσα σε μια φυσική γραμμή. Έτσι, δίνεται η δυνατότητα της ταυτόχρονης μεταφοράς πολλαπλών λογικών συνόδων, μέσα από μια φυσική γραμμή.
- **LAPB** : Είναι το πρότυπο, το οποίο ακολουθεί η μεταφερόμενη πληροφορία στο X.25. Στο επίπεδο γραμμής το LAPB, είναι υπεύθυνο για την αξιοπιστία στην μετάδοση από την πηγή της πληροφορίας στο δίκτυο μεταγωγής πλαισίου και από αυτό στον προορισμό.

Ένα *μειονέκτημα* του Frame Relay, μπορεί κάποιος να πει, ότι είναι δεν δίνει τη δυνατότητα να γίνει έλεγχος ροής και ελέγχου, αν και αυτό μπορεί να γίνει σε κάποιο ανώτερο επίπεδο. Ακόμη, ένα *άλλο χαρακτηριστικό του X.25*, το οποίο δεν υπάρχει στο Frame Relay, είναι ότι στο X.25 σε κάθε βήμα (hop) μπορεί να γίνει έλεγχος της αξιοπιστίας με το πρωτόκολλο ελέγχου-σύνδεσης. Στο Frame Relay δεν υπάρχει αυτός ο hop-by-hop έλεγχος. Αυτά τα μειονεκτήματα όμως, δεν είναι τόσο σημαντικά αφού αντισταθμίζονται από την συνεχώς αυξανόμενη αξιοπιστία της μετάδοσης και της μεταγωγής.

Η τεχνολογία Frame Relay όμως παρουσιάζει πολύ σημαντικά *πλεονεκτήματα*. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιώντας την, μειώνονται κατά πολύ οι επιβαρύνσεις που εισάγονται από το X.25, έχοντας ως αποτέλεσμα την μείωση των καθυστερήσεων και την αύξηση της απόδοσης. Κάποιες πρώτες μετρήσεις, έχουν δείξει **μείωση μιας τάξης μεγέθους** του χρόνου επεξεργασίας πλαισίου. Επίσης, τα δίκτυα που βασίζονται στην τεχνολογία αυτή, υποστηρίζουν ταχύτητες πρόσβασης έως 2Mbps εύρος ζώνης κατόπιν απαίτησης (On Demand), και πολλαπλές συνόδους δεδομένων πάνω από την ίδια γραμμή πρόσβασης. Έτσι, είναι σίγουρο ότι το frame relay θα αντικαθιστά το X.25 καθώς περνάει ο χρόνος.

Τα πλεονεκτήματα του Frame Relay σε σχέση με τις τεχνολογίες X.25, τα μεταγωγίμα κυκλώματα και τις μισθωμένες γραμμές, φαίνονται ομαδοποιημένα στον παρακάτω πίνακα:

Απαιτήσεις	Μεταγωγίμα κυκλώματα	Μισθωμένα κυκλώματα	X.25	Frame Relay
Υψηλές Ταχύτητες	Όχι	Ναι	Όχι	Ναι
Εύρος ζώνης Κατόπιν ζήτησης	Όχι	Όχι	Ναι	Ναι
Συνδέσεις προς Πολλαπλά σημεία	Όχι	Ναι	Ναι	Ναι
Δικτυακή ευελιξία	Ναι	Όχι	Ναι	Ναι
Ευελιξία στα κόστη υλοποίησης	Ναι	Όχι	Ναι	Ναι

Συνοψίζοντας τα **θετικά στοιχεία της τεχνολογίας frame relay**, τα οποία το ξεχωρίζουν από τις υπόλοιπες λύσεις και κυρίως από την τεχνολογία X.25είναι:

- Δυνατότητα διαμοιρασμού θύρας και γραμμής, χρησιμοποιώντας πολυπλεξία πλαισίων
- Υψηλές ταχύτητες
- Υψηλή απόδοση
- Χαμηλές καθυστερήσεις
- Εύρος ζώνης, κατόπιν ζήτησης
- Συνδέσεις προς πολλαπλά σημεία
- Ευελιξία στα κόστη υλοποίησης
- Ευκολία αναβάθμισης από τα υπάρχοντα δίκτυα σε δίκτυα τεχνολογίας frame relay

- Εύκολη επέκταση του δικτύου
- Απλοποιημένη διαχείριση των δικτύων
- Πολλά πρότυπα για την τεχνολογία αυτή
- Ιδιαίτερα αποδοτική σε μια σειρά εφαρμογών
- Ιδιαίτερα αποδοτική για ISDN δίκτυα

2.7 ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

Επιπλέον γενικά χαρακτηριστικά μεταγωγής πλαισίου:

- Μεταγωγή frames μεταβλητού μήκους ≤ 4096 bytes
- Έχει έλεγχο συμφόρησης (**congestion**)
- Παρέχει εγγυημένο ρυθμό πληροφορίας (**CIR-Committed Information Rate**)
($CIR \leq \text{Burst Rate} \leq \text{Physical Medium Speed}$)
- Είναι κατάλληλο δίκτυο για **bursty traffic**
- Βασικότερο εξάρτημα είναι το **frad-frame relay assembler / dissembler**
- Υποστηρίζει **point-to-point** συνδέσεις αλλά και **point-to-multipoint** συνδέσεις

Χρήσιμο θα ήταν να αναλύσουμε ένα από τα βασικότερα χαρακτηριστικά του Frame Relay, το **CIR**

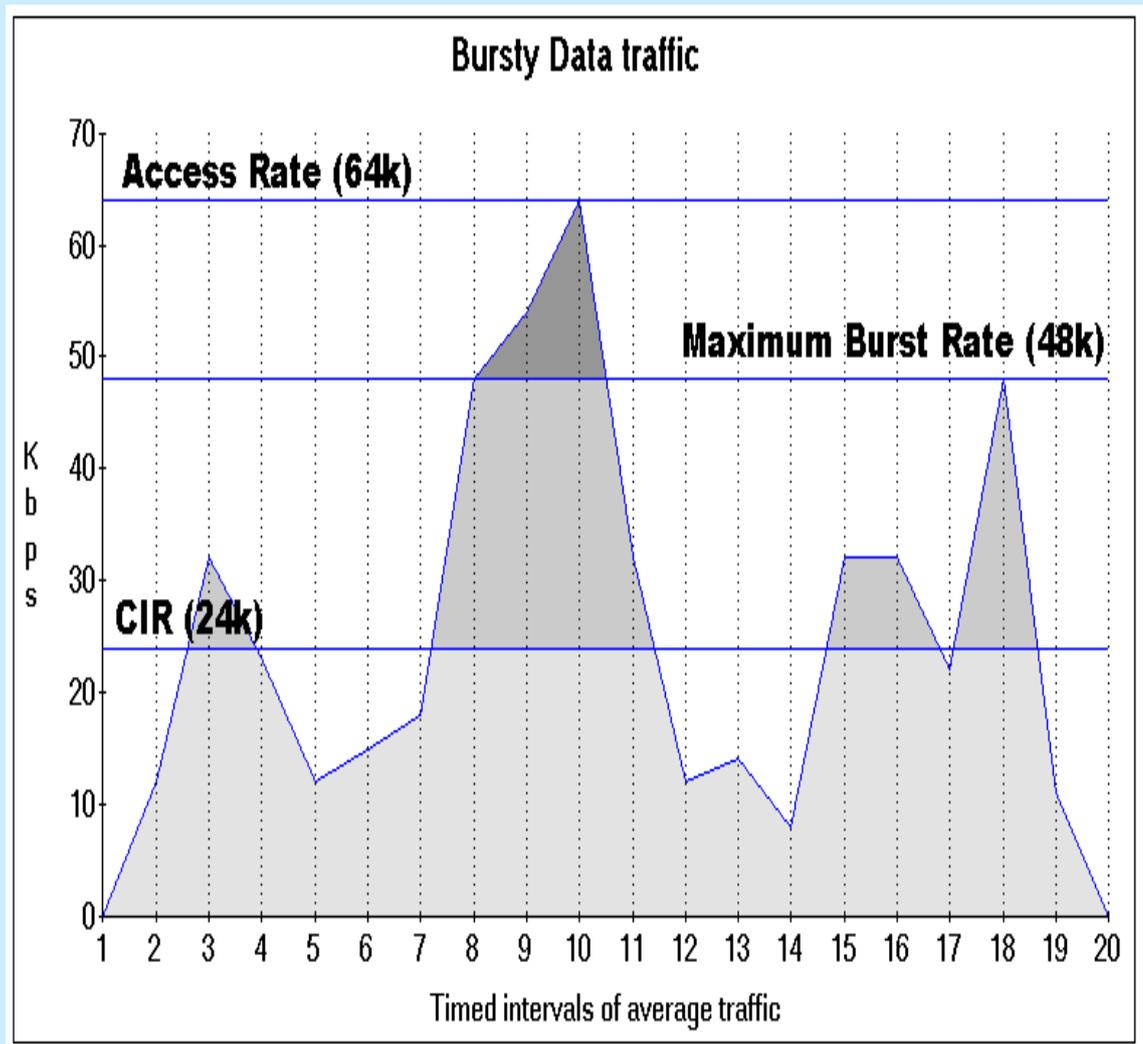
A) CIR:

Το ακρωνύμιο **CIR (Committed Information Rate)**, σημαίνει “Εγγυημένος Ρυθμός Πληροφορίας”. Έχουν κατά καιρούς ακουστεί οι όροι :”**Burst Rate**” (ποσοστό έκρηξης) και “**Bursting above CIR**” (έκρηξη επάνω από το CIR), αλλά αυτοί οι όροι είναι πραγματικά αρκετά παραπλανητικοί και επινοήθηκαν από τους μηχανικούς, που υπολόγισαν ότι οι περισσότεροι άνθρωποι δεν θα καταλάβαιναν τις έννοιες των δικτύων, έτσι δημιούργησαν έναν πιο κατανοητό όρο. Στην πραγματικότητα, η γραμμή μας “*εκρήγνυται*” από ταχύτητα, επειδή η μεταγωγή πλαισίων (που γίνεται με βάση το πρωτόκολλο HDLC) το απαιτεί, και δεν μπορεί να γίνει διαφορετικά.

Το **HDLC**, είναι ένα σύγχρονο πρωτόκολλο (που σημαίνει ότι τα δεδομένα είναι "συγχρονισμένα" σε ένα ρολόι) που στέλνει τα δεδομένα με μια τυποποιημένη τεχνική διαμόρφωσης. Όταν ένα πλαίσιο διαβιβάζεται, τα στοιχεία πρέπει να είναι παρακείμενα, δηλαδή δεν μπορούν να υπάρξουν οποιαδήποτε "κενά" μεταξύ των ψηφιολέξεων των δεδομένων. Έτσι, εάν διαβιβάζονται 1000 ψηφιολέξεις δεδομένων, δεν μπορούν να σταλούν 500 να υπάρξει κενό και έπειτα να σταλούν οι υπόλοιπες. Το αποτέλεσμα πρέπει να είναι ένα μεγάλο κομμάτι. Ο όρος του Frame Relay, "Bursting over CIR" μπαίνει στο 'παιχνίδι', επειδή δεν υπάρχει κανένας τρόπος να επιβραδυνθούν τα δεδομένα ή να αλλάξει το μήκος του 'μεγάλου κομματιού', μόλις αρχίσει η μεταφορά. Αντίθετα με την κοινή πεποίθηση, δεν μπορούμε να αλλάξουμε την ταχύτητα ρολογιών στη γραμμή. Έτσι, εάν συμβεί να στείλουμε πάρα πολλά δεδομένα, επειδή το μεγάλο κομμάτι δεδομένων μας είναι μεγαλύτερο από τη διανομή, έχουμε Bursting over CIR.

Το CIR, είναι "στη χειρότερη περίπτωση" η ρυθμοαπόδοση, που ο προμηθευτής frame relay δικτύων προσπαθεί να εγγυηθεί. Ο προμηθευτής frame relay δικτύων, δεν μπορεί να εγγυηθεί ότι θα είμαστε σε θέση να διαβιβάζουμε πάντα στο CIR (π.χ. ταυτόχρονη μετάδοση δεδομένων στο δίκτυο), αλλά μπορούμε πέρα από μια λογική χρονική έκταση (συνήθως πέρα από μια έκταση δευτερολέπτων). Βασικά, *η σπονδυλική στήλη των δικτύων (network backbone)* "κατασκευάζεται" για να χειριστεί τα λογικά φορτία.

Λαμβάνοντας υπόψη ένα ορισμένο φόρτο κυκλοφορίας, τα δεδομένα πρέπει να διατρέξουν διαμέσου της σπονδυλικής στήλης του δικτύου, χωρίς καθυστέρηση. Κατά περιόδους, όταν κατ' ασυνήθιστο τρόπο υπάρχει η βαριά κυκλοφορία, έχουμε *συμφόρηση* (Σχήμα: 2.7).



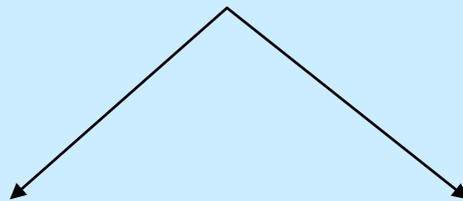
Σχήμα:2.7

2.8 ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

Το frame relay δίκτυο αποτελείται από τον παρακάτω *εξοπλισμό*:

- Διατάξεις προσαρμογής του συνδρομητή
- Διακοπτικά στοιχεία (μεταγωγής, συγκεντρωτές , πολυπλέκτες)
- Σύστημα διαχείρισης

Η μεταγωγή πακέτων στο Frame Relay διακρίνεται σε 2 μορφές:



Frame Relaying υπηρεσία	Frame Switching υπηρεσία
<ul style="list-style-type: none">-Επιτρέπει πολλούς ιδεατούς δρόμους σε πολλαπλούς προορισμούς-Η σηματοδότηση στο D κανάλι-Η μεταφορά δεδομένων στο LAPF-Το δίκτυο ανιχνεύει λάθη μετάδοσης, διαμόρφωσης	<ul style="list-style-type: none">-Έλεγχος ροής και στις 2 κατευθύνσεις-Το δίκτυο ανιχνεύει και διορθώνει λάθη-Το δίκτυο ανιχνεύει και επανέρχεται από προβλήματα απώλειας ή ύπαρξης διπλών πακέτων-Χρήση acknowledgments

α) Η **frame relaying** υπηρεσία, είναι μια αναξιόπιστη πολυπλεγμένη υπηρεσία. Είναι μια υπηρεσία που δεν περιλαμβάνει acknowledgments, στην οποία είναι πιθανόν να έχουμε απώλεια πλαισίων ή ακόμα και διπλά πλαίσια, χωρίς να υπάρχει ένας μηχανισμός ελέγχου ροής, στο user-network interface. Ωστόσο, η frame relaying υπηρεσία εγγυάται ότι τα πλαίσια φθάνουν στον προορισμό με την σειρά που στάλθηκαν.

β) Η **frame switching** υπηρεσία, είναι μια αξιόπιστη πολυπλεγμένη υπηρεσία. Παρέχει έλεγχο ροής και έλεγχο λαθών και για τον λόγο αυτό μοιάζει περισσότερο με το X.25 σε λειτουργικότητα.

Η frame relaying υπηρεσία είναι ευρύτατα διαδεδομένη, ενώ προς το παρόν δεν υπάρχει στην αγορά διαθέσιμη frame switching υπηρεσία. Με δεδομένη την αξιοπιστία των σύγχρονων δικτύων και επιπλέον την ύπαρξη λογισμικού υψηλότερων επιπέδων για παροχή end-to-end αξιοπιστίας, το frame switching δεν θα πολυχρησιμοποιηθεί.

2.9 ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ Frame Relay

2.9.1 Υπηρεσίες πρωτοκόλλου LAP-D:

Το πρωτόκολλο πρόσβασης στο κανάλι D (LAP-D) παρέχει στους χρήστες δυο τύπους υπηρεσιών

1. **Την υπηρεσία μεταφοράς χωρίς επιβεβαίωση λήψης**, η οποία υποστηρίζει απλά την μεταφορά πλαισίων που περιέχουν τα δεδομένα του χρήστη, χωρίς επιβεβαίωση λήψης. Έτσι, δεν υπάρχει εγγυημένη παράδοση δεδομένων που έχουν αποσταλεί και επιπλέον, ο αποστολέας δεν ενημερώνεται σε περίπτωση που η προσπάθειά του έχει αποτύχει. Επίσης δεν παρέχεται κανένας μηχανισμός ελέγχου λαθών και ροής δεδομένων. Σε ό,τι αφορά τους χρήστες, η υπηρεσία υποστηρίζει την επικοινωνία ανάμεσα σε δυο χρήστες αλλά και μεταξύ ενός χρήστη και πολλών ανταποκριτών (**broadcast**).

Τα χαρακτηριστικά της, επιτρέπουν την εφαρμογή της σε περιπτώσεις που απαιτείται γρήγορη μεταφορά δεδομένων και είναι πολύ χρήσιμη σε περιπτώσεις διαχείρισης και εκπομπής δεδομένων σε πολλούς χρήστες.

2. Την υπηρεσία μεταφοράς πληροφορίας με επιβεβαίωση λήψης, κατά την οποία, πριν γίνει οποιαδήποτε ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ δυο χρηστών LAP-D, γίνεται η εγκατάσταση μιας λογικής σύνδεσης.

LAP-D Πρωτόκολλο εμπλέκεται στα εξής:

- Πολλές διατάξεις μοιράζονται την ίδια συσκευή προσαρμογής (FRAD)
- Κάθε διάταξη παράγει πολλαπλά είδη κίνησης
- Κάθε διάταξη έχει ένα μοναδικό κωδικό
(TEI)- Ταυτοποιητής Τερματικού Σημείου Απόληξης
- Κάθε οντότητα πρωτοκόλλου τρίτου επιπέδου αντιστοιχεί σε έναν κωδικό (SAPI)-Ταυτοποιητής Σημείου Πρόσβασης σε Υπηρεσία

2.9.2 Λειτουργίες πρωτοκόλλου LAP-D:

1.Λειτουργία χωρίς επιβεβαίωση. Αφορά στην μετάδοση πληροφορίας, που αντιστοιχεί στο επίπεδο δικτύου, με την μορφή **μη αριθμημένων πλαισίων**. Δεν υπάρχουν έλεγχοι λάθους ή ροής, αλλά χρησιμοποιείται ένας μηχανισμός ανίχνευσης λαθών για την απόρριψη μη έγκυρων πλαισίων

2.Λειτουργία με επιβεβαίωση. Στην περίπτωση αυτή, η πληροφορία που αντιστοιχεί στο επίπεδο δικτύου μεταφέρεται με την μορφή πλαισίων, που περιλαμβάνουν αρίθμηση που δηλώνει την σειρά τους στην ακολουθία αποστολής. Επίσης παρέχονται διαδικασίες για τον έλεγχο λάθους και ροής.

Το πρωτόκολλο LAPD, εμπλέκεται σε δυο επίπεδα πολυπλεξίας. Αρχικά στην πλευρά του συνδρομητή, μπορεί να υπάρχουν πολλές διατάξεις που μοιράζονται την ίδια συσκευή προσαρμογής (FRAD). **Επίσης, κάθε μια από**

τις διατάξεις μπορεί να παράγει πολλαπλά είδη κίνησης. Για να υποστηρίξει τις διαδικασίες πολυπλεξίας το πρωτόκολλο χρησιμοποιεί μια διεύθυνση που αποτελείται από δυο τμήματα που χαρακτηρίζονται 'Ταυτοποιητής Σημείου Πρόσβασης σε Υπηρεσία' (SAPI-Service Access Point Identifier) και 'Ταυτοποιητής Τερματικού Σημείου Απόληξης' (TEI- Terminal Endpoint Identifier).

Ο 'Ταυτοποιητής Σημείου Πρόσβασης σε Υπηρεσία' (SAPI) αντιστοιχεί σε μια οντότητα πρωτοκόλλου του τρίτου επιπέδου, που βρίσκεται σε μια διάταξη ενός χρήστη.

Οι τιμές που μπορεί να πάρει είναι :

- 0 Αν χρησιμοποιείται για διαδικασίες ελέγχου κλήσης με σκοπό την διαχείριση κυκλωμάτων του Β καναλιού
- 1 Αν χρησιμοποιείται για επικοινωνία μεταγωγής πακέτου με βάση τις διαδικασίες ελέγχου κλήσης I.451
- 16 Αν χρησιμοποιείται για επικοινωνία μεταγωγής πακέτου στο D κανάλι
- 32-62 Αν χρησιμοποιείται για συνδέσεις με μεταγωγή πλαισίου
- 63 Αν χρησιμοποιείται για διαδικασίες διαχείρισης του επιπέδου 2

Σε κάθε διάταξη ενός χρήστη δίδεται ένας μοναδικός 'Ταυτοποιητής Τερματικού Σημείου Απόληξης' (TEI). Μπορεί επίσης να δοθούν περισσότεροι ταυτοποιητές, ανάλογα με τον τύπο της διάταξης (π.χ. αν πρόκειται για έναν συγκεντρωτή). Η απόδοση ταυτοποιητών μπορεί να γίνει αυτόματα, όταν η διάταξη για πρώτη φορά συνδέεται στο δίκτυο ή από τον ίδιο τον χρήστη. **Στην πρώτη περίπτωση** ο χρήστης έχει την ευελιξία να αλλάζει τον αριθμό των συνδεδεμένων διατάξεων, χωρίς να εμπλέκει τον διαχειριστή του δικτύου. **Στην δεύτερη περίπτωση**, ο μεν χρήστης θα πρέπει να εξασφαλίζει ότι τα TEI που αποδίδει είναι όντως μοναδικά, ενώ στο δίκτυο θα πρέπει να υπάρχει μια βάση δεδομένων στην οποία θα υπάρχουν τα στοιχεία που αφορούν την παρούσα κατάσταση κάθε χρήστη. Οι δυνατές τιμές του ταυτοποιητή, είναι από 0-63 για μη αυτόματη απόδοση, 64-126 για αυτόματη, και η τιμή 127 που χρησιμοποιείται κατά την διάρκεια της αυτόματης απόδοσης ταυτοποιητών.

2.9.3 ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ LAPF

Η **frame mode** υπηρεσία φορέα, υποστηρίζεται από το πρωτόκολλο LAPF (Link Access Procedure for Frame-Mode Bearer Services), το οποίο ορίζεται στη σύσταση Q.922. Το LAPF, βασίζεται και είναι επέκταση του LAPD. Το format του LAPF πλαισίου χρησιμοποιείται για την αποστολή πλαισίων σε όλα τα κανάλια που χρησιμοποιεί ο χρήστης (B, D και H).

Για την frame relaying υπηρεσία φορέα χρησιμοποιείται ένα υποσύνολο του LAPF, γνωστό σαν **core** πρωτόκολλο, το οποίο ονομάζεται και **control** πρωτόκολλο, που χρησιμοποιείται στην frame switching υπηρεσία φορέα.

2.9.4 ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ LAPF core

Το format των πλαισίων φαίνεται στον ακόλουθο πίνακα:

General frame format				
Flag 1 byte	Address 2 bytes	Information variable length	FCS 2 bytes	Flag 1 byte

Το πεδίο **flag**, είναι μια μοναδική σειρά bits που δείχνει την έναρξη και το τέλος ενός πλαισίου. Το πεδίο **address** είναι μεταβλητό στο μήκος, από 2 - 4 οκτάδες. Το DLCI περιλαμβάνεται σε αυτόν τον τομέα. Ένας από τους λόγους για τους οποίους αυτός ο τομέας είναι μεταβλητός είναι το γεγονός ότι υπάρχει η δυνατότητα τα 1024 DLCI να μην είναι αρκετά. Το πεδίο **information** περιέχει τα πραγματικά στοιχεία του χρήστη, από τις εφαρμογές που λειτουργούν σε πιο υψηλά επίπεδα του προτύπου OSI από του frame relay. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο κλήσης.

Η ακολουθία ελέγχου πλαισίων (FCS), είναι ένας αποθηκευμένος υπολογισμός που παρεμβάλλεται όταν διαβιβάζεται το πλαίσιο. Επάνω στην

παραλαβή, το FCS υπολογίζεται εκ νέου και συγκρίνεται με την αποθηκευμένη αξία. Εάν δεν ταιριάζει συμπεραίνεται ότι το πλαίσιο έχει σφάλματα και απορρίπτεται.

The address field - 2 octets by default							
1	2	3	4	5	6	7	8
DLCI high order						C/R	EA 0
DLCI low order				FECN	BECN	DE	EA 1

Το πεδίο address μπορεί να ποικίλει από 2 έως 4 οκτάδες στο μέγεθος. Η αρχική λειτουργία του πεδίου διευθύνσεων είναι να φέρει το DLCI. Αυτό επιτρέπει στις πολλαπλές συνδέσεις να μεταφερθούν σε ένα ενιαίο κανάλι.

Το EA (Extended Address = Επεκτεταμένη Διεύθυνση) πεδίο επιτρέπει στη διεύθυνση να επεκταθεί στο μέγεθος από 10 σε 17 ή 24 bits αντίστοιχα.

Το bit εντολής / απάντησης (Command/Response – C/R) χρησιμοποιείται από τις υψηλότερες τελικές εφαρμογές, για να ρυθμιστούν οι συνδέσεις end-end. Δεν χρησιμοποιείται στο 2^ο επίπεδο OSI (frame relay).

Η εμπρόσθια ρητή ανακοίνωση συμφόρησης (FECN-Forward Explicit Congestion Notification), ενεργοποιείται όταν το πλαίσιο μετάγεται σε μια σύνδεση όπου η διεπαφή frame relay έχει κορεστεί. Κατά συνέπεια, η λαμβάνουσα συσκευή ξέρει ότι το PVC (Permanent Virtual Connection) είναι κορεσμένο.

Η οπίσθια ρητή ανακοίνωση συμφόρησης (BECN - Backward Explicit Congestion Notification) ενεργοποιείται, για να πει στο switch, να συμμετέχει στην αποφυγή συμφόρησης, όπου η κυκλοφορία είναι στην αντίθετη κατεύθυνση του λαμβανόμενου πλαισίου, δηλαδή τα μεταδιδόμενα πλαίσια θα αντιμετωπίσουν συμφόρηση.

Η Άδεια Απόρριψης (**DE - Discard Eligibility**), τίθεται ως «σημάδι» για να δείξει ότι ένα ορισμένο πλαίσιο μπορεί να επιλεγεί για απόρριψη (ανάμεσα σε άλλα πλαίσια που δεν έχουν το σημάδι αυτό), όταν και εάν η σύνδεση γίνει κορεσμένη.

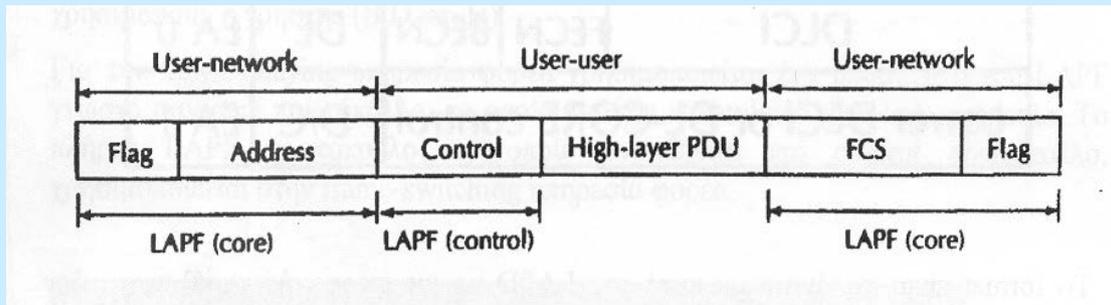
Το **format** είναι παρόμοιο με αυτό του LAPD με μια προφανή παράλειψη: **δεν υπάρχει πεδίο ελέγχου**. Αυτό έχει σαν συνέπεια τα ακόλουθα:

- Υπάρχει μόνο ενός είδους πλαισίου, που χρησιμοποιείται για την μεταφορά δεδομένων του χρήστη. Δεν υπάρχουν πλαίσια ελέγχου.
- Δεν είναι πιθανή η χρήση σηματοδότησης μέσα από το ίδιο κανάλι και πρέπει να χρησιμοποιηθεί κάποιο άλλο λογικό κανάλι για τον σκοπό αυτό.
- Δεν είναι δυνατόν να υπάρχει έλεγχος ροής και έλεγχος λαθών, αφού δεν υπάρχουν αριθμοί πλαισίων.

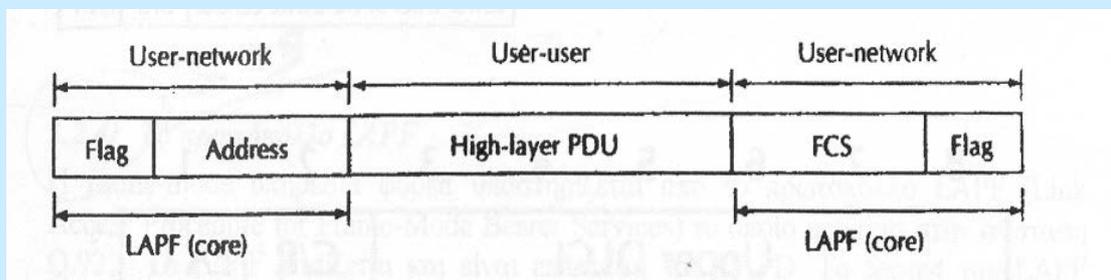
Εάν ο χρήστης επιλέξει να χρησιμοποιήσει επιπλέον λειτουργίες για έλεγχο σύνδεσης δεδομένων, end-to-end, τότε ένα data link πλαίσιο θα υπάρχει στο πεδίο πληροφορίας. Το μήκος του πεδίου πληροφορίας καθορίζεται από τα address field extension bits (EA). Το πεδίο διεύθυνσης έχει default μήκος 2bits, αλλά αυτό μπορεί να επεκταθεί σε 3 ή 4. Περιέχει το DLCI το οποίο έχει μήκος 10, 16, 17 ή 23 bits. Εδώ πρέπει να σημειώσουμε ότι το DLCI έχει μόνο τοπική σημασία : κάθε άκρο της λογικής σύνδεσης έχει ένα σύνολο από DLCI, που δεν έχουν αποδοθεί σε κανένα λογικό κύκλωμα και το δίκτυο πρέπει να αντιστοιχήσει από το ένα DLCI στο άλλο. Στην περίπτωση κατά την οποία κάθε λογική σύνδεση θα είχε το δικό της DLCI, θα χρειάζονταν συνολική διαχείριση των τιμών που θα έπαιρνε το DLCI. Στην περίπτωση που χρησιμοποιούνται διευθύνσεις των 3 ή 4 bytes, το D/C bit δείχνει, αν τα υπόλοιπα 6 bits πρέπει να ερμηνευθούν σαν τα χαμηλότερης τάξης DLCI bits ή σαν data link core control protocol bits. **Το C/R bit, εξαρτάται από την εφαρμογή και δεν χρησιμοποιείται από το data link core control protocol.** Τα υπόλοιπα bits έχουν να κάνουν με τον έλεγχο συμφόρησης.

2.9.5 ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ LAPF control

Το πρωτόκολλο LAPF control, χρησιμοποιείται για έλεγχο λαθών και έλεγχο ροής, κάτι που δεν περιλαμβάνει το LAPF core πρωτόκολλο. Χρησιμοποιείται στην frame switching υπηρεσία φορέα, αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί και στην frame relaying υπηρεσία φορέα για end-to-end χρήση μόνο. Αυτό το σημείο διασαφηνίζεται στα ακόλουθα σχήματα:2.9.5α/β.



Σχήμα2.9.5α



Σχήμα2.9.5β

Όπως φαίνεται στο πρώτο σχήμα, χρησιμοποιείται το LAPF core πρωτόκολλο. Το πεδίο πληροφορίας μπορεί να περιέχει κάποιο PDU, για κάποιο πρωτόκολλο υψηλότερου επιπέδου το οποίο παρέχει end-to-end έλεγχο ροής και λαθών.

Ωστόσο μια πιθανή επιλογή για end-to-end έλεγχο ροής και λαθών, είναι η χρήση του LAPF control. Σε αυτή την περίπτωση, δεν βάζουμε ένα ολόκληρο πλαίσιο του LAPF control στο πεδίο πληροφορίας, αλλά απλά προσθέτουμε το πεδίο ελέγχου. Το αποτέλεσμα φαίνεται στο προηγούμενο σχήμα. Το πεδίο

ελέγχου είναι διαφανές για το δίκτυο μεταγωγής πλαισίων και χρησιμοποιείται μόνο από τα δυο τελικά συστήματα. Το πεδίο πληροφορίας του πλαισίου, μπορεί να περιέχει ένα υψηλότερου επιπέδου PDU, όπως για το επίπεδο δικτύου ή το επίπεδο μεταφοράς.

2.9.6 ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΛΗΣΗΣ (Call –Control Protocol)

Το πρωτόκολλο ελέγχου κλήσης συμμετέχει στην ανταλλαγή μηνυμάτων ανάμεσα στον χρήστη και τον χειριστή πακέτων (frame-handler), σχετικά με τις συνδέσεις μεταγωγής πλαισίου, πάνω από μια προϋπάρχουσα σύνδεση πρόσβασης. Τα μηνύματα μεταδίδονται με έναν από τους ακόλουθους τρόπους, ανάλογα με το είδος της σύνδεσης πρόσβασης:

- **Switched πρόσβαση στο διαχειριστή πλαισίων.** Τα μηνύματα ελέγχου κλήσης μεταδίδονται σε πλαίσια frame relay, μέσω του ίδιου καναλιού (B ή H) όπως στις συνδέσεις frame relay, χρησιμοποιώντας την ίδια δομή πλαισίου, με την τιμή του **‘Ταυτοποιητή Σύνδεσης Επιπέδου Γραμμής’ (DLCI-Data Link Connection Identifier)** ίση με 0. Για την εγκατάσταση της σύνδεσης πρόσβασης χρησιμοποιείται το D κανάλι. Βέβαια, στην περίπτωση που έχουμε ημισταθερές συνδέσεις (κάτι ανάλογο με τις μισθωμένες γραμμές), είτε πρόσβασης, είτε frame relay, τότε δεν χρειάζεται πρωτόκολλο ελέγχου κλήσης για την αντίστοιχη σύνδεση.

- **Integrated πρόσβαση στον διαχειριστή πλαισίων.** Τα μηνύματα ελέγχου κλήσης, μεταδίδονται σε πλαίσια LAPD με SAPI =0 από το D κανάλι. Για την εγκατάσταση της σύνδεσης πρόσβασης, χρησιμοποιείται το D κανάλι, ενώ η frame relay σύνδεση μπορεί να γίνει σε ένα από τα κανάλια D, B και H. Βέβαια, στην περίπτωση που έχουμε ημισταθερές συνδέσεις (κάτι ανάλογο με τις μισθωμένες γραμμές), είτε πρόσβασης, είτε frame relay, τότε δεν χρειάζεται πρωτόκολλο ελέγχου κλήσης για την αντίστοιχη σύνδεση.

Και στις δύο περιπτώσεις, το σύνολο των μηνυμάτων, το οποίο ορίζεται από την σύσταση Q.933, είναι υποσύνολο από αυτά που χρησιμοποιούνται

στην Q.931. Όμως, για την μεταγωγή πλαισίου αυτά τα μηνύματα χρησιμοποιούνται για την εγκατάσταση και τον χειρισμό λογικών, παρά μόνιμων συνδέσεων. Άρα, κάποιες από τις παραμέτρους που χρησιμοποιούνται στο πρωτόκολλο, διαφέρουν από αυτές που χρησιμοποιούνται στην Q.931.

2.9.7 Πρωτόκολλο Ενθυλάκωσης και πρακτικής εφαρμογής

Χαρακτηριστικά, οι ελεγκτές SNA, οι δρομολογητές και τα FRAD, ενθυλακώνουν το SNA ως πολυπρωτόκολλο δεδομένων, όπως αυτό περιγράφεται στο frame relay forum FRF.3.1 IA. Οι SNA τοπολογίες που υποστηρίζονται από ένα frame relay δίκτυο περιλαμβάνουν:

- Ενδιάμεσο κόμβο δικτύων (**INN**)
- Κόμβο δικτύων ορίου (**BNN**)
- SNA δίκτυο διασύνδεσης (**SNI**)
- Προηγμένη peer-to-peer δικτύωση (**APPN**), συμπεριλαμβανομένης της υψηλής απόδοσης δρομολόγηση (**HPR**)

Το FRF.3.1 δείχνει πώς να τοποθετήσει την υποπεριοχή SNA, SNA/APPN με ή χωρίς HPR μέσα στο πλαίσιο πολυπρωτοκόλλου RFC 1490. Επειδή τα δεδομένα είναι διαφανή στο frame relay δίκτυο, επιτρέπει στα διάφορα ευδιάκριτα πρωτόκολλα να πολυπλεχτούν μέσα από μια ενιαία frame relay διεπαφή. Οι κόμβοι πρόσβασης στο frame relay δίκτυο είναι αρμόδιοι για τη μετατροπή των στοιχείων των χρηστών σε ένα κατάλληλο σχήμα RFC 1490 για την κυκλοφορία SNA και του τοπικού LAN.

Υπάρχουν άλλες εναλλακτικές λύσεις σε RFC 1490, για τη μεταφορά του SNA, μέσα από το frame relay. Μια μέθοδος χρησιμοποιεί τους δρομολογητές

για να τοποθετήσει τα ενθυλακωμένα στοιχεία SNA μέσα στο TCP/IP χρησιμοποιώντας πρότυπα όπως η μετατροπή συνδέσεων στοιχείων (DLSw-Data Link Switching) για τη μεταφορά στρώματος συνδέσεων. Η μέθοδος μεταφοράς που ένας χρήστης επιλέγει, εξαρτάται από την σχετική εφαρμογή και τον χρησιμοποιούμενο τύπο εξοπλισμού δικτύων.

2.9.8 Διοικητικά πρωτόκολλα μεταγωγής πλαισίων

Τα διοικητικά πρωτόκολλα συνδέσεων, χρησιμοποιούνται από έναν κόμβο σε ένα δίκτυο για να ελέγξουν τις μεμονωμένες συνδέσεις, δηλαδή ιδιωτικά εικονικά κυκλώματα (PVC). Άλλες εφαρμογές επικοινωνούν επίσης χρησιμοποιώντας LMI.

Η τελική συσκευή σε ένα δίκτυο (DTE), στέλνει το μήνυμα έρευνας θέσης στον κόμβο δικτύων σε κάθε διάστημα 'ελέγχου παρουσίας' (**heartbeat**). Ο κόμβος αποκρίνεται με ένα μήνυμα θέσης, που ελέγχει την ακεραιότητα των συνδέσεων.

Μετά από έναν καθορισμένο αριθμό ανταλλαγών (συνήθως 6), τα αιτήματα εξοπλισμού DTE απαιτούν πλήρη αναπροσαρμογή. Αυτό περιλαμβάνει τη θέση όλων των PVC (νέων, διαγεγραμμένων και υπαρχόντων), που τερματίζουν στο DTE.

Με τα πρωτόκολλα παραρτημάτων-Annex (που συζητούνται παρακάτω), οι πλήρεις αναπροσαρμογές εμφανίζονται τυχαία. Υπάρχουν τρεις κύριες παράμετροι για αυτήν την λειτουργία: α) **heartbeat**, β) **διάλειμμα** και γ) **ποσοστό θέσης**.

Υπάρχουν τρεις κύριοι τύποι των LMI:

1. Πρωτόκολλο **LMI**
2. Πρωτόκολλο **Annex D**
3. Πρωτόκολλο **Annex A**

2.9.8.1 Πρωτόκολλο LMI

Το **LMI**, είναι ένας από εκείνους τους όρους, που σημαίνει "τη διοικητική διεπαφή γραμμών". Βασικά, το LMI είναι ένας 'ζωντανός' μηχανισμός, που δίνει περιοδικά στον τελικό χρήστη κάποιες πληροφορίες θέσης, για τις συνδέσεις του. Κάθε 10 δευτερόλεπτα ή παραπάνω, ο τελικός χρήστης απευθύνεται στο δίκτυο, είτε ζητώντας απαντήσεις, είτε πληροφορίες για τις θέσεις καναλιών. Το δίκτυο πρέπει να αποκριθεί στις ζητούμενες πληροφορίες, εάν όχι, ο χρήστης θα θεωρήσει ότι η σύνδεση έχει "κρεμάσει". Όταν το δίκτυο αποκρίνεται με μια απάντηση "ΠΛΗΡΟΥΣ ΘΕΣΗΣ", περιλαμβάνει τις πληροφορίες θέσης για DLCIs που διατίθενται σε εκείνη την γραμμή. Ο χρήστης μπορεί να χρησιμοποιήσει αυτές τις πληροφορίες για να καθορίσει εάν οι λογικές συνδέσεις της είναι σε θέση να περνάνε δεδομένα.

Το πρωτόκολλο LMI θα υποστηρίζει ταυτόχρονα και τη λήξη ενδιάμεσων με τον χρήστη LMI και το δίκτυο LMI , όπου η διεπαφή τερματίζει σε μια συσκευή τελικών χρηστών.

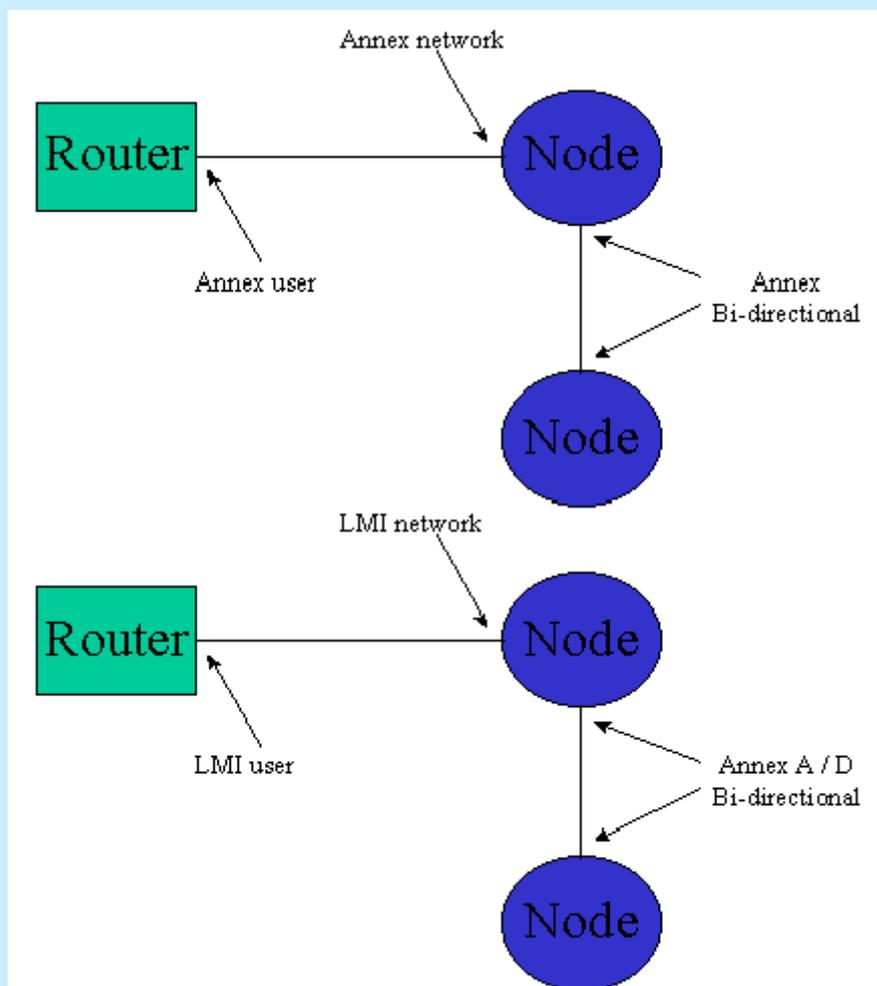
Το πρωτόκολλο LMI είναι ουσιαστικό, δεδομένου ότι παρέχει ένα σήμα (heartbeat) για να εξασφαλίσει λειτουργικό PVC, ενημερώνει τις συσκευές τελικών χρηστών για τα νέα και διαγραμμένα PVC και δηλώνει τις θέσεις των κόμβων κάθε κυκλώματος PVC (end-to-end) , δηλαδή αν το κύκλωμα είναι ενεργό ή όχι.

2.9.8.2 Πρωτόκολλο Annex D

Αυτό το πρωτόκολλο είναι το αποτέλεσμα της εργασίας του ANSI (American National Standards Institute). Όπως συνήθως, σε αυτήν την βιομηχανία όλοι οι φορείς δεν θα μπορούσαν να ενεργήσουν μαζί για να βρουν ένα πρότυπο.

2.9.8.3 Πρωτόκολλο Annex A

Αυτό το πρωτόκολλο προέρχεται από τη διαχείριση συνδέσεων της CCITT .Το πρωτόκολλο Annex D, χρησιμοποιεί DLCI 0.



Σχήμα:2.9.8.3

2.10 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ

Η τεχνολογία μεταγωγής πλαισίου, είναι **connection-oriented**. Αυτό σημαίνει, ότι πριν κάθε ανταλλαγή δεδομένων γίνεται εγκατάσταση μιας λογικής σύνδεσης μεταξύ των δυο άκρων. Έτσι, υπάρχουν οι παρακάτω φάσεις:

1. Εγκατάσταση σύνδεσης
2. Μεταφορά δεδομένων
3. Τερματισμός σύνδεσης

Η τεχνολογία frame relay υποστηρίζει υπηρεσίες τόσο *σταθερών (PVCs - Permanent Virtual Circuits)*, όσο και *μεταγώγιμων (SVCs - Switched Virtual Circuits)* νοητών κυκλωμάτων .

Τα σταθερά κυκλώματα αναφέρονται ως *μόνιμα εικονικά κυκλώματα*, ή *PVC*. Ένα PVC εγκαθίσταται από τον διαχειριστή του δικτύου, από το ένα άκρο στο άλλο. Τα μεταγώγιμα ανάλογα με τη ζήτηση (On demand) κυκλώματα καλούνται *επιλεγόμενα εικονικά κυκλώματα* ή *SVC*. Αυτός ο τύπος κυκλώματος, παρουσιάζεται όταν απαιτείται, ακριβώς όπως στην διεξαγωγή ενός τηλεφωνήματος . Εάν το A θέλει να εγκαταστήσει ένα SVC μέχρι το B, θα στείλει ένα πακέτο ελέγχου με το σχήμα LAPD, το οποίο θα φέρει ένα SVC. Και στις δύο πλευρές, θα οριστεί ένα προσωρινό DLCI και θα είναι έτοιμες να 'μιλήσουν'. Η βασική διαφορά τους, είναι ότι στην δεύτερη περίπτωση, το νοητό κύκλωμα δημιουργείται μετά από αίτηση ενός χρήστη.

Η μεταγωγή των πλαισίων, γίνεται με βάση τις τιμές του DLCI . Οι συνδρομητές ενός δικτύου, είναι άμεσα συνδεδεμένοι με τους 'χρήστες πλαισίων' (**frame handlers**), οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για την δρομολόγηση των πλαισίων. **Όλα τα τερματικά έχουν μια λογική σύνδεση με τον χειριστή πλαισίων.** Οι κομβικοί επεξεργαστές μεταγωγής πλαισίου, που απαρτίζουν το δίκτυο κορμού, διαθέτουν ένα κεντρικό σύστημα διαχείρισης που παρέχει συνδέσεις. Ο διαχειριστής αυτού του κεντρικού συστήματος, καθορίζει τα δύο σημεία μεταξύ των οποίων θα εγκατασταθεί νοητό κύκλωμα. Δημιουργείται μια διαδρομή ανάμεσά τους, ενημερώνονται για την διαδρομή αυτή όλοι οι κόμβοι

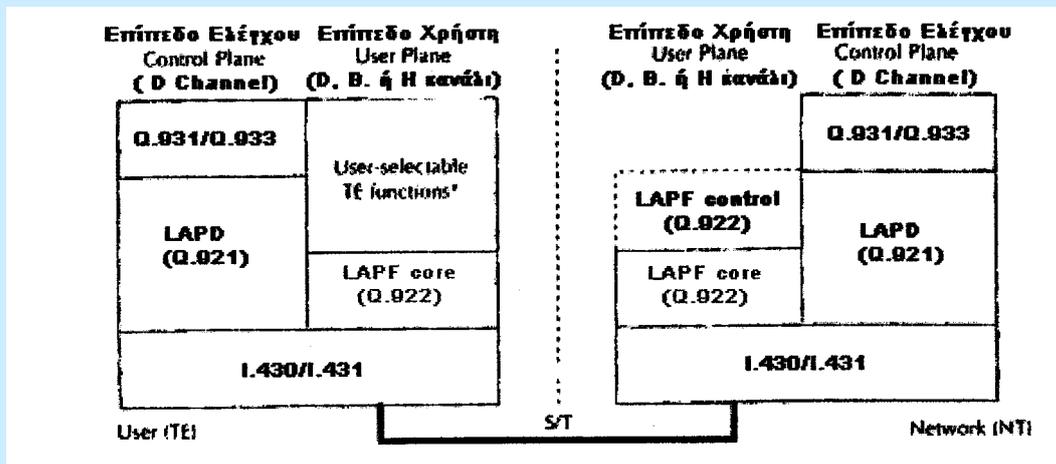
του δικτύου, και έπειτα αυτή χρησιμοποιείται για την επικοινωνία μεταξύ των δύο άκρων. Όσον αφορά τον χρήστη, η μονάδα προσαρμογής του επιλέγει τον ανταποκριτή του και καθορίζει το μόνιμο νοητό κύκλωμα με βάση το DLCI.

Η δρομολόγηση των πλαισίων ελέγχεται με βάση τα στοιχεία ενός πίνακα, ο οποίος ονομάζεται πίνακας συνδέσεων. Αυτός είναι ένας πίνακας που αντιστοιχίζει τα πλαίσια που εισέρχονται σε ένα κανάλι, σε εξερχόμενα πλαίσια και δημιουργείται χρησιμοποιώντας τις τιμές του DLCI. Έτσι, ένας χειριστής πλαισίου χρησιμοποιεί αυτόν τον πίνακα, για να βρίσκει που θα μετάγει ένα πλαίσιο. Εδώ, θα πρέπει να ξεκαθαριστεί ότι το DLCI χρησιμοποιείται μεν για την δρομολόγηση, αλλά δεν είναι η διεύθυνση προορισμού. Το πεδίο αυτό, έχει μόνο τοπική σημασία και μπορεί να αλλάζει καθώς το πλαίσιο κινείται στο δίκτυο. Εκεί που χρησιμεύει το DLCI, είναι στον καθορισμό της λογικής σύνδεσης μεταξύ διαδοχικών στοιχείων του δικτύου και ειδικότερα ανάμεσα σ' ένα άκρο και ένα χειριστή πλαισίου και αντίστροφα, αλλά όχι μεταξύ των κόμβων του δικτύου, οι οποίοι χρησιμοποιούν τις τιμές του λεγόμενου 'ταυτοποιητή νοητού κυκλώματος'(VCI-Virtual Connection Identifier) ή κάποιον άλλο μηχανισμό.

Οι χειριστές πλαισίου, διαβάζοντας την τιμή του DLCI, αποφασίζουν για την δρομολόγηση του πλαισίου. Αν τα πλαίσια χρησιμοποιούνται για την μεταφορά μηνυμάτων ελέγχου, τότε το DLCI έχει τιμή 0. Επίσης οι χειριστές πλαισίου είναι υπεύθυνοι για την πολυπλεξία πολλαπλών λογικών συνδέσεων, πάνω από το ίδιο φυσικό κανάλι.

Κάθε εισερχόμενο πλαίσιο ελέγχεται σε σχέση με το πεδίο 'ακολουθίας ελέγχου πλαισίου' και αν ανιχνευθεί κάποιο λάθος, τότε το πλαίσιο απορρίπτεται. Ο τελικός χρήστης έχει την ευθύνη για την επανόρθωση των λαθών σε κάποιο επίπεδο ανώτερο από το επίπεδο μεταγωγής πλαισίου.

2.11 Διασυνδέσεις (Interfaces) Χρήστη-Δικτύου

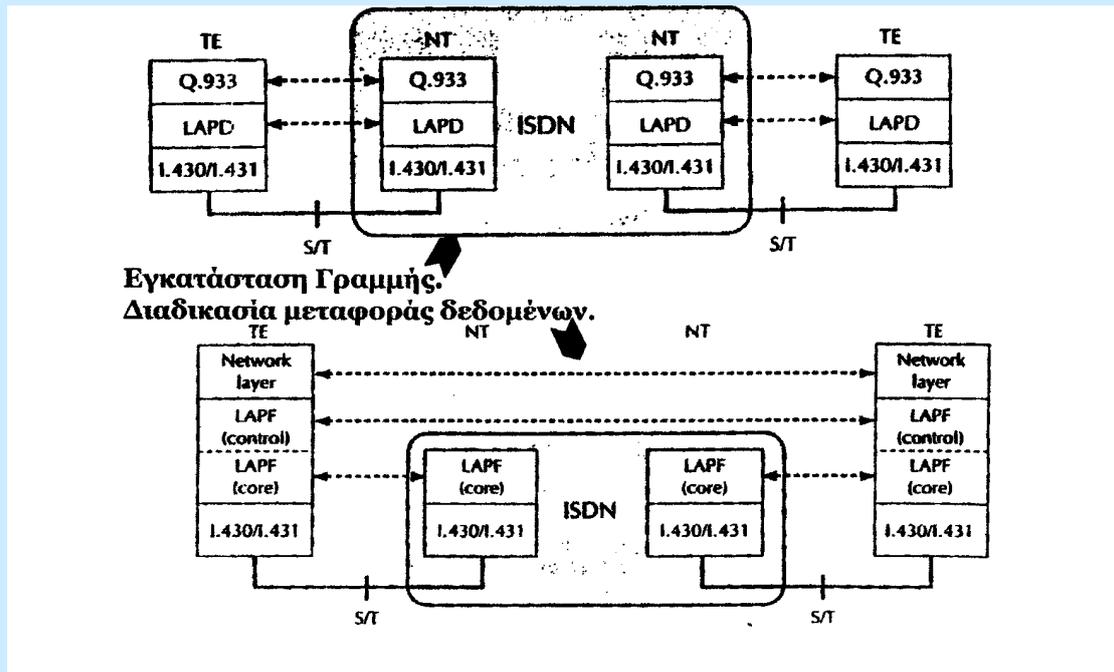


Σχήμα:2.11α

Στο παραπάνω σχήμα φαίνεται η αρχιτεκτονική των πρωτοκόλλων, που χρησιμοποιούνται στο user-network interface. Στο σημείο αυτό, πρέπει να διακρίνουμε δυο λειτουργικά επίπεδα:

- **Το επίπεδο ελέγχου (control-plane).** Το οποίο εμπλέκεται στην εγκατάσταση και στον τερματισμό λογικών συνδέσεων. Είναι παρόμοιο με αυτό που χρησιμοποιείται στην μεταγωγή πακέτου και στην μεταγωγή κυκλώματος. Η σηματοδότηση ελέγχου γίνεται μέσα από το D κανάλι, με σκοπό τον έλεγχο της εγκατάστασης και του τερματισμού ιδεατών κλήσεων στα D,B και Η κανάλια.

Στο data link επίπεδο, χρησιμοποιείται το πρωτόκολλο LAPD (Q.921) για να προσφέρει αξιόπιστη data link υπηρεσία με έλεγχο ροής και έλεγχο λαθών, μεταξύ του χρήστη και του δικτύου, μέσω του D καναλιού. Η data link υπηρεσία χρησιμοποιείται για την ανταλλαγή **Q.931/Q.933 μηνυμάτων ελέγχου σηματοδότησης**. Το ακόλουθο σχήμα δείχνει τα πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται στον χρήστη και στο δίκτυο, για την σηματοδότηση ελέγχου.



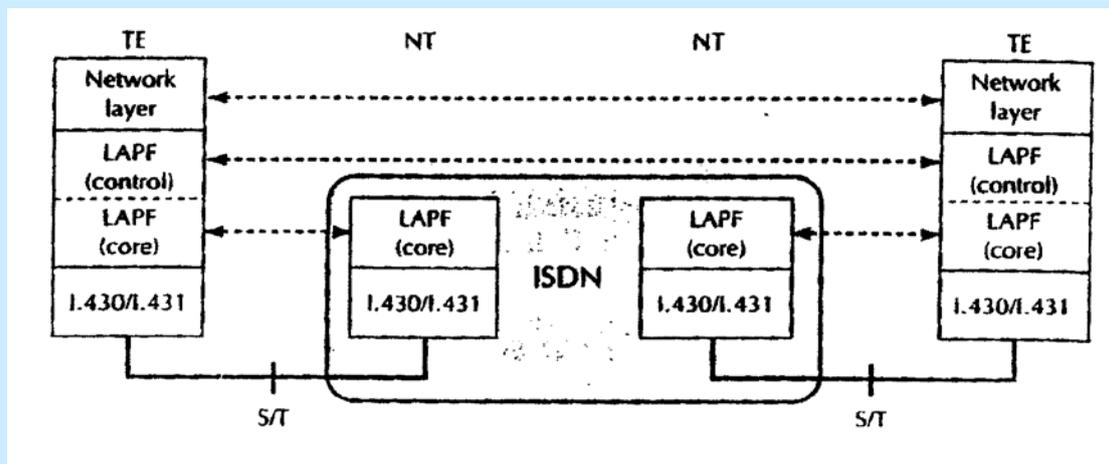
Σχήμα:2.11β

- **Το επίπεδο χρήστη (user-plane).** Το οποίο είναι υπεύθυνο, για την μεταφορά δεδομένων μεταξύ των χρηστών. Ουσιαστικά, για την μεταφορά πληροφορίας μεταξύ των χρηστών, το πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται είναι το **LAPF (Link Access Procedure for Frame-Mode Bearer Services)**, το οποίο ορίζεται στο Q.922. Το Q.922 είναι μια βελτιωμένη έκδοση του LAPD (Q.921). Μόνο οι βασικές λειτουργίες του LAPF (core LAPF), χρησιμοποιούνται στην μεταγωγή πλαισίου και οι οποίες περιλαμβάνουν:

- Ρύθμιση μήκους, στοίχιση και διαφάνεια πλαισίων
- Πολυπλεξία / αποπολυπλεξία πλαισίων, χρησιμοποιώντας το πεδίο της διεύθυνσης
- Εξέταση του πλαισίου, για να εξακριβωθεί ότι αποτελείται από ακέραιο αριθμό bytes
- Εξέταση του πλαισίου, για να εξακριβωθεί ότι δεν είναι ούτε πολύ μεγάλο, ούτε πολύ μικρό
- Ανίχνευση λαθών μετάδοσης
- Λειτουργίες ελέγχου συμφόρησης (η λειτουργία αυτή είναι νέα στο LAPF)

Οι παραπάνω λειτουργίες, εκτός της τελευταίας, είναι επίσης και λειτουργίες του LAPD. Οι core functions του LAPF, στο επίπεδο ελέγχου σχηματίζουν ένα υποεπίπεδο το data link επίπεδο. Αυτό παρέχει απλά την υπηρεσία μεταφοράς data link πλαισίων από τον έναν χρήστη στον άλλον, χωρίς έλεγχο λαθών και έλεγχο ροής. Πάνω από αυτό το υποεπίπεδο, ο χρήστης μπορεί να διαλέξει επιπλέον data link ή network επιπέδου, end-to-end λειτουργίες. Αυτές δεν είναι κομμάτι της ISDN frame relay υπηρεσίας. Βασισμένο στις core functions, το ISDN προσφέρει frame relaying, σαν connection oriented data link υπηρεσία με τις ακόλουθες ιδιότητες:

- Διατήρησης της σειράς των πακέτων
- Μη ύπαρξη διπλών πακέτων
- Μικρή πιθανότητα για απώλεια πακέτων



Σχήμα:2.11γ

Το παραπάνω σχήμα δείχνει ποια πρωτόκολλα χρησιμοποιούνται για την μεταφορά δεδομένων, τόσο στον χρήστη, όσο και στο δίκτυο. Η αρχιτεκτονική αυτή, είναι έγκυρη για τα κανάλια D, B και H. Για την υπηρεσία μεταγωγής πλαισίου, το δίκτυο υλοποιεί μόνο τις core functions του LAPF. Οι χρήστες υλοποιούν πρωτόκολλα υψηλότερου επιπέδου. Για παράδειγμα θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν οι λειτουργίες ελέγχου του LAPF.

Άρα, το επίπεδο ελέγχου αναφέρεται στη σχέση χρήστη-δικτύου, το επίπεδο χρήστη προσφέρει υπηρεσίες end-to-end, και το LAPF control χρησιμοποιείται στην frame switching υπηρεσία.

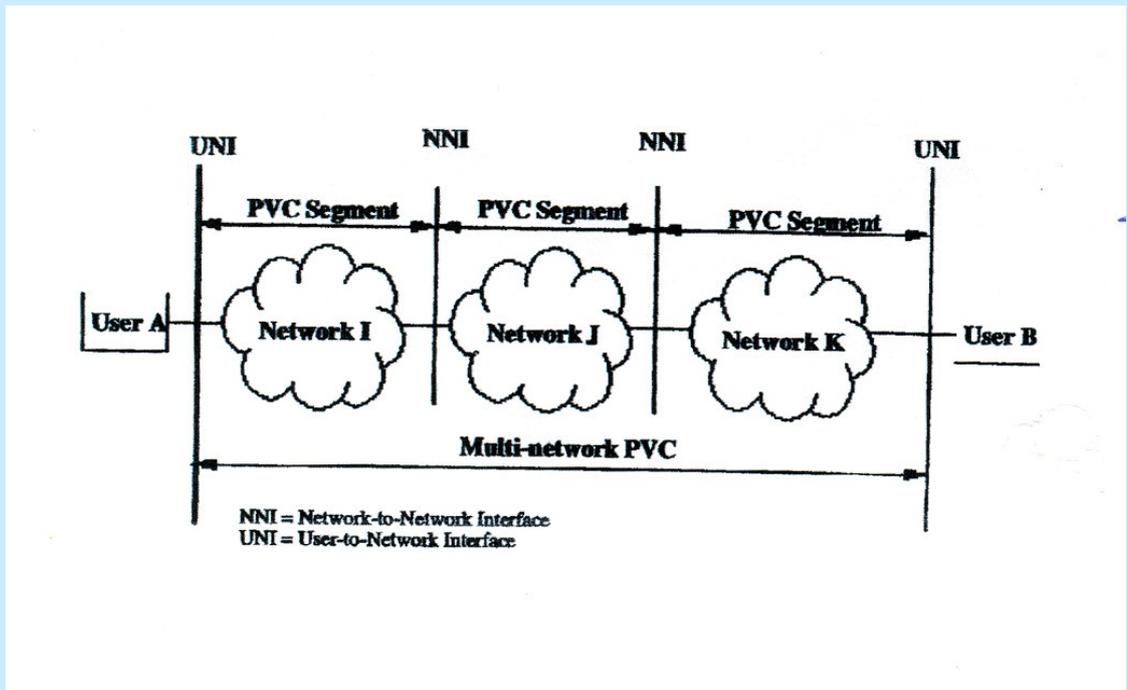
2.12 Διασυνδέσεις (Interfaces) από Δίκτυο σε Δίκτυο

Οι διαδικασίες σηματοδότησης για την κατάσταση του **PVC** (**P**ermanent **V**irtual **C**ircuit) ισχύουν ανεξάρτητα από το αν το **NNI** (**N**etwork to **N**etwork Interface) υποστηρίζει μόνο PVCs ή PVCs και SVCs (Switched Virtual Connection). Οι διαδικασίες αυτές μπορούν να αρχικοποιηθούν από τον δικτυακό εξοπλισμό από οποιαδήποτε πλευρά του NNI.

Οι διαδικασίες περιλαμβάνουν:

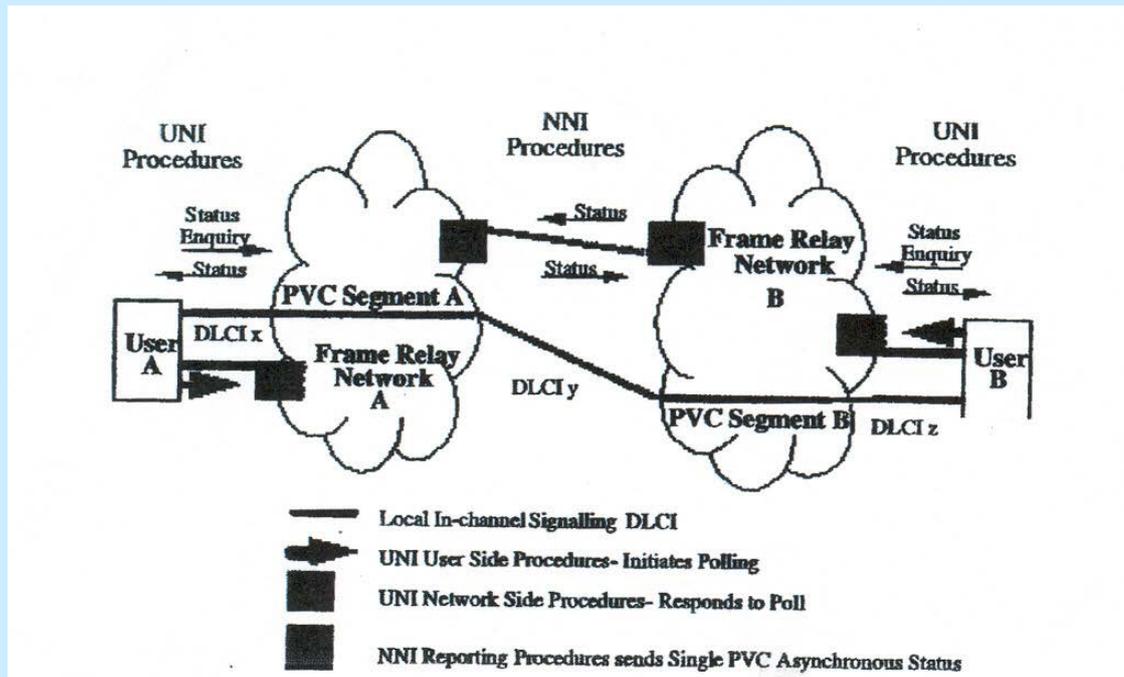
- Ειδοποίηση προσθήκης ενός PVC segment μέσα σ' ένα PVC που διαπερνά πολλά δίκτυα.
- Ειδοποίηση διαγραφής ενός PVC segment μέσα σ' ένα PVC που διαπερνά πολλά δίκτυα.
- Ειδοποίηση για την διαθεσιμότητα ενός PVC που διαπερνά πολλά δίκτυα.

Όταν ένα PVC μεταξύ δυο χρηστών εμπεριέχει περισσότερα από ένα δίκτυα, το κομμάτι του PVC, το οποίο παρέχεται από κάθε δίκτυο, ονομάζεται **PVC segment**. Έτσι ένα PVC που διαπερνά πολλά δίκτυα, είναι ουσιαστικά η συνένωση δύο ή περισσότερων PVC segments. Ένα configured PVC segment, είναι ένα κομμάτι του δικτύου, για το οποίο ο network operator έχει καταχωρήσει μια ιδεατή σύνδεση μεταξύ δύο σημείων.



Σχήμα2.12α

Οι διαδικασίες χρησιμοποιούνται για ανταλλαγή μηνυμάτων κατάστασης (status) μεταξύ των δικτύων. Κάθε δίκτυο στο NNI υποστηρίζει, τόσο διαδικασίες **reporting**, όσο και διαδικασίες **receiving** ταυτόχρονα. Οι πρώτες διαδικασίες, είναι υπεύθυνες για την σύνταξη αναφορών σχετικά με την κατάσταση του PVC, όταν συμβεί κάποια αλλαγή στην κατάστασή του. Οι δεύτερες, επεξεργάζονται τα αποτελέσματα των πρώτων και μεταδίδουν τα αποτελέσματα προς το user-to-network interface. Αυτό φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα2.12β:



σχήμα2.12β

Κάθε δίκτυο βλέπει τα συνδεδεμένα με αυτό δίκτυα με δυο τρόπους σε κάποιο NNI:

1. Λειτουργία επικοινωνίας πρωτοκόλλου - αφορά την επικοινωνία κατά μήκος του NNI και περιλαμβάνει την αποστολή μηνυμάτων STATUS, σχετικά με το PVC.

2. Σηματοδότηση σχετικά με την κατάσταση του συνολικού PVC - αφορά ανταλλαγή πληροφοριών σε PVCs, που διαπερνούν πολλά δίκτυα. Κάθε δίκτυο δείχνει στο άλλο ποια PVCs, είναι configured και ποια είναι έτοιμα για χρήση. Η αναφορά κατάστασης για ένα PVC, που διαπερνά πολλά δίκτυα, επηρεάζεται από πολλά πράγματα, όπως τις συνθήκες στο δίκτυο που κάνει την αναφορά, τις συνθήκες σε κάθε δίκτυο από το οποίο διέρχεται το PVC και τον εξοπλισμό του χρήστη.

2.13 PVC STATUS

Το μήνυμα αυτό στέλνεται, όταν είναι απαραίτητο, για να δηλώσει την κατάσταση ενός ή περισσοτέρων PVC segments. Το μήνυμα **PVC status** περιέχει τα ακόλουθα πεδία :

1. *Protocol discriminator* - είναι το πρώτο κομμάτι κάθε μηνύματος
2. *Call reference*
3. *Message type* - σκοπός του πεδίου αυτού είναι η αναγνώριση της λειτουργίας του μηνύματος
4. *Report type* - χρησιμοποιείται για να δηλώσει τα περιεχόμενα του μηνύματος PVC status
5. *PVC status* - χρησιμοποιείται για να δηλώσει την κατάσταση ενός PVC segment. Το μέγιστο μήκος του πεδίου αυτού είναι 14 bytes, όταν χρησιμοποιούνται 2 bytes για διευθυνσιοδότηση. Μέσα στο πεδίο αυτό υπάρχει πληροφορία του τύπου, αν το PVC είναι νέο ή προϋπήρχε, αν το PVC διαγράφηκε, αν είναι έτοιμο για χρήση ή είναι απλά configured, καθώς επίσης τον λόγο για τον οποίο ένα PVC δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί.

2.14 Έλεγχος συμφόρησης

Τώρα το πρόβλημα με το frame relay, είναι ότι δεν υπάρχει καμία επιβράδυνση. Εάν έχουμε μια γραμμή στα 56kbps, τότε διαβιβάζουμε πάντα τα δεδομένα σε 56kbps, επειδή αυτή είναι η ταχύτητα του ρολογιού και γενικά ο τρόπος που λειτουργεί. Δεν μπορούμε να αλλάξουμε την ταχύτητα των ρολογιών, όπως μπορούμε να επιβραδύνουμε ένα αυτοκίνητο. Έτσι, όταν υπάρχει συμφόρηση, πώς θα αποφευχθεί μια συντριβή; Η λύση είναι η εξής. Όταν το δίκτυο αντιλαμβάνεται ότι πρόκειται να επέλθει συμφόρηση, στέλνει ένα μήνυμα στα δεδομένα, που λέει ότι η συσκευή μεταγωγής πλαισίων (δρομολογητής) πρέπει να επιβραδύνει. Ο μόνος τρόπος που μπορεί να

επιβραδύνει, είναι να καθυστερήσει την αποστολή του επόμενου πλαισίου, η καθυστέρηση είναι λίγων δευτερολέπτων. Όταν στέλνουμε δεδομένα, ελέγχουμε εάν παίρνουμε άλλα bit συμφόρησης, εάν όχι, μπορούμε να αρχίσουμε την μετάδοση δεδομένων στην γραμμή πάλι.

Εάν δεν μπορούμε να επιβραδύνουμε την μετάδοση (επειδή ο δρομολογητής δεν υποστηρίζει τέτοια λειτουργία), τότε ο κίνδυνος συμφόρησης αυξάνεται. Όταν μια συντριβή είναι επικείμενη, τότε γίνεται “απόρριψη” κάποιων δεδομένων. Το θέμα είναι, πώς το δίκτυο αποφασίζει για το ποια στοιχεία πρέπει να απορριφθούν. Στο CIR, μόλις φθάσουμε στην εγγυημένη ρυθμοαπόδοση, το δίκτυο θα θεωρήσει ότι τα πρόσθετα δεδομένα έχουν υψηλή δυνατότητα απόρριψης και θα θέσει το DE bit στο πλαίσιο. Έτσι όταν εμφανίζεται συμφόρηση, τα υπερβολικά πλαίσια απορρίπτονται πρώτα.

2.15 ΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ του Frame Relay

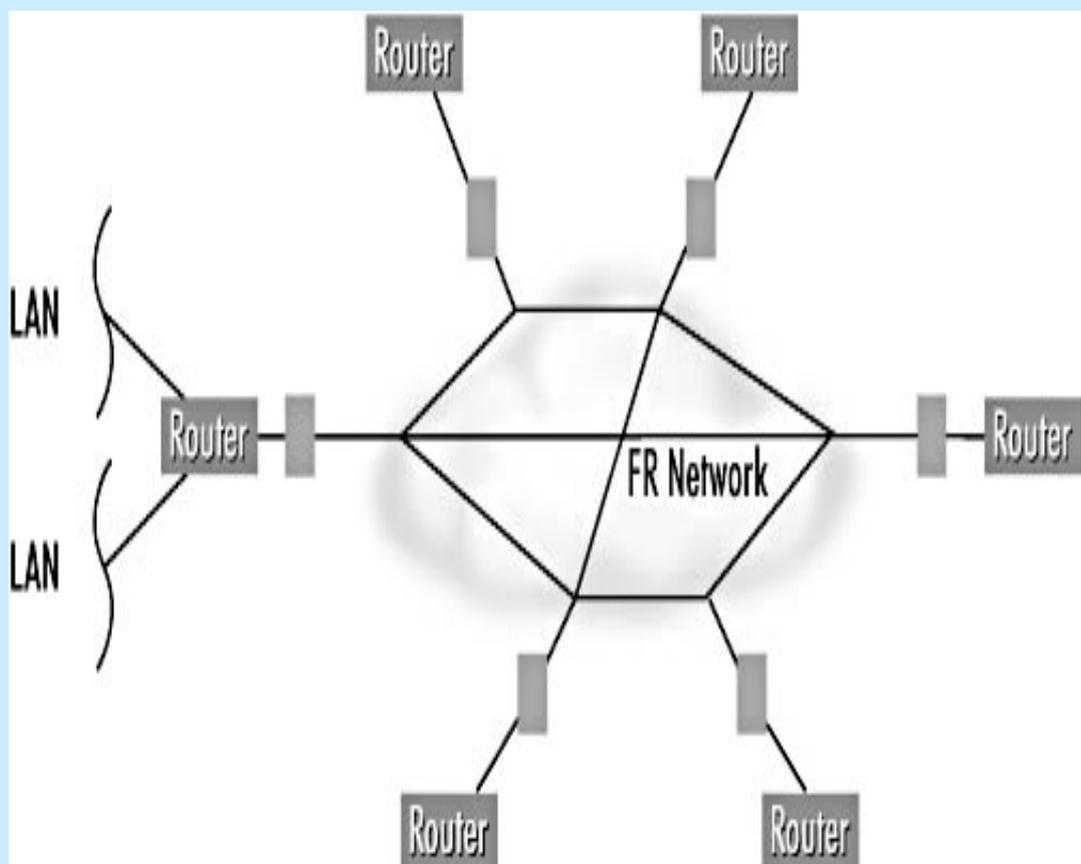
2.15.1 Εφαρμογή 1:

α) Παραδοσιακή LAN ή Client/Server δικτύωση.

Μια παραδοσιακή λύση, για το τοπικό LAN ή τη δικτύωση client/server υπολογιστών, μέσω ενός WAN ‘παγιδευμένου’ δικτύου, ότι οι εφαρμογές είναι δαπανηρές. Δεδομένου ότι η τιμολόγηση ιδιωτικών γραμμών εξαρτάται πολύ από την απόσταση, η τιμή του δικτύου αυξάνεται καθώς αυξάνεται η γεωγραφική διασπορά. Οι αλλαγές στο σχέδιο δικτύων, απαιτούν κανονικά τους φυσικούς επανασχηματισμούς, σε αντίθεση με τις αλλαγές λογισμικού, οι οποίες αυξάνουν τον χρόνο αντιμετώπισης των αλλαγών.

β) Frame Relay για LAN ή client/server.

Με τον προσανατολισμό στο frame relay, για τις εφαρμογές τοπικού LAN ή client/server, πρόσθετα VCs μεταξύ των θέσεων μπορούν να προκαλέσουν ελάχιστη αύξηση του κόστους. Στα περισσότερα δημόσια δίκτυα η τιμολόγηση του frame relay δεν είναι ευαίσθητη από άποψη απόστασης. Οι εικονικές συνδέσεις είναι λογισμικά διαμορφώσιμες, και οι αλλαγές σε VCs μπορούν να γίνουν σχετικά γρήγορα, αυτό κάνει το frame relay ιδανικό να αναμεταδώσει τις διάφορες διαμορφώσεις. Τα παραπάνω γίνονται κατανοητά με το σχήμα 2.15.1α που ακολουθεί.

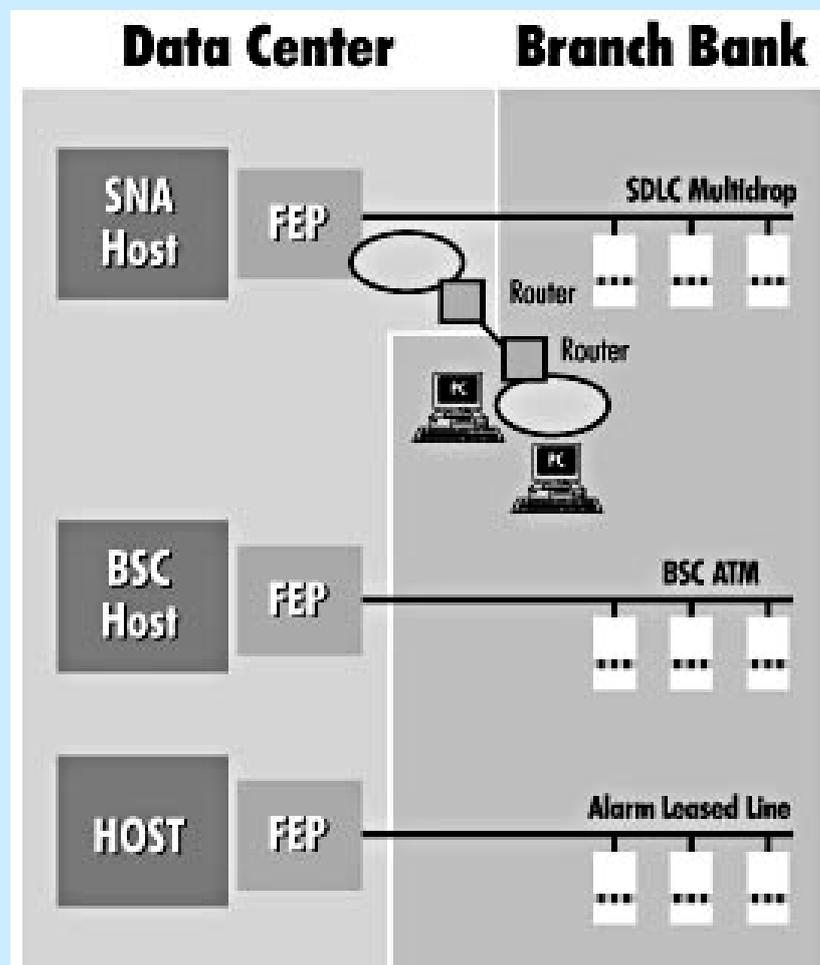


Σχήμα:2.15.1α

2.15.2 Εφαρμογή 2:

Χρήση του Frame Relay σε τραπεζικές εφαρμογές

Σε μια μεγάλη τράπεζα με πολλά υποκαταστήματα, το SNA και οι συσκευές δυαδικών σύγχρονων επικοινωνιών (BSC), συνδυάζονται με τα LANs, με αποτέλεσμα την δημιουργία παράλληλων δικτύων υποκαταστημάτων και υψηλών μηνιαίων WAN δαπανών (Σχήμα:2.15.2α).

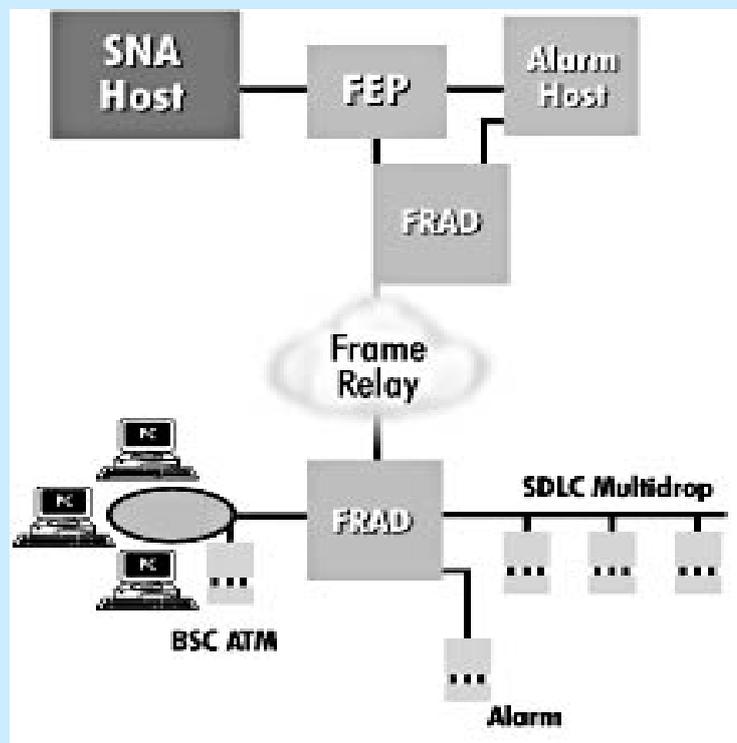


Σχήμα:2.15.2α

Η **frame relay CPE** (**CPE-Customer Premise Equipment**), ενσωματώνει τα SNA/SDLC, BSC δεδομένα και τα δεδομένα του τοπικού LAN επάνω στο **frame relay** πλαίσιο, το οποίο είναι βασισμένο σε WAN. Το αποτέλεσμα είναι

καλύτερη απόδοση, μεγαλύτερη αξιοπιστία και χαμηλότερο κόστος. Επειδή μια πρόσβαση μεταγωγής πλαισίων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να φθάσει στον ίδιο αριθμό περιοχών, με τις πολλαπλάσιες μισθωμένες γραμμές, ο εξοπλισμός δικτύωσης μπορεί να μειωθεί. Οι μηνιαίες δαπάνες τηλεπικοινωνιών μειώνονται επίσης και το δίκτυο απλοποιείται.

Άλλα οφέλη είναι η αποδοτική χρησιμοποίηση εύρους ζώνης, ο προβλέψιμος και συνεπής χρόνος απόκρισης, η ενισχυμένη αξιοπιστία συνόδου, οι απλουστευμένες τοπολογίες και η ανίχνευση λαθών στα δίκτυα. Για παράδειγμα, μια BSC-to-frame relay μετατροπή μπορεί να εκτελεσθεί από την CPE μεταγωγής πλαισίων για τις αυτοματοποιημένες BSC θέσεις μηχανών, που υποστηρίζονται από έναν SNA host στο κέντρο δεδομένων, όπως φαίνεται στο σχήμα:2.15.2β.



2.15.2β

2.15.3 Εφαρμογή 3:

α)Φωνή πάνω σε frame relay (VoFR)

Σήμερα, το frame relay χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο σε διάφορες εφαρμογές. Μια νέα εφαρμογή, είναι η φωνή πάνω σε frame relay (VoFR), το οποίο προσφέρει στις τηλεπικοινωνίες και στους διαχειριστές των δικτύων την ευκαιρία να ενσωματώσουν τα δεδομένα φωνής (π.χ., fax και αναλογικά modem), με τις υπηρεσίες δεδομένων για ένα frame relay δίκτυο. Στα frame relay μισθωμένα δίκτυα γραμμών, πολλοί διαχειριστές δικτύων βρήκαν μια οικονομικώς αποδοτική λύση για τις ανάγκες μετάδοσης των δεδομένων τους. Εντούτοις, δεδομένου ότι πολλά δίκτυα μισθωμένων γραμμών περιείχαν ήδη τη φωνή, χρειαζόταν μια λύση για να εξετάσει τις απαιτήσεις φωνής.

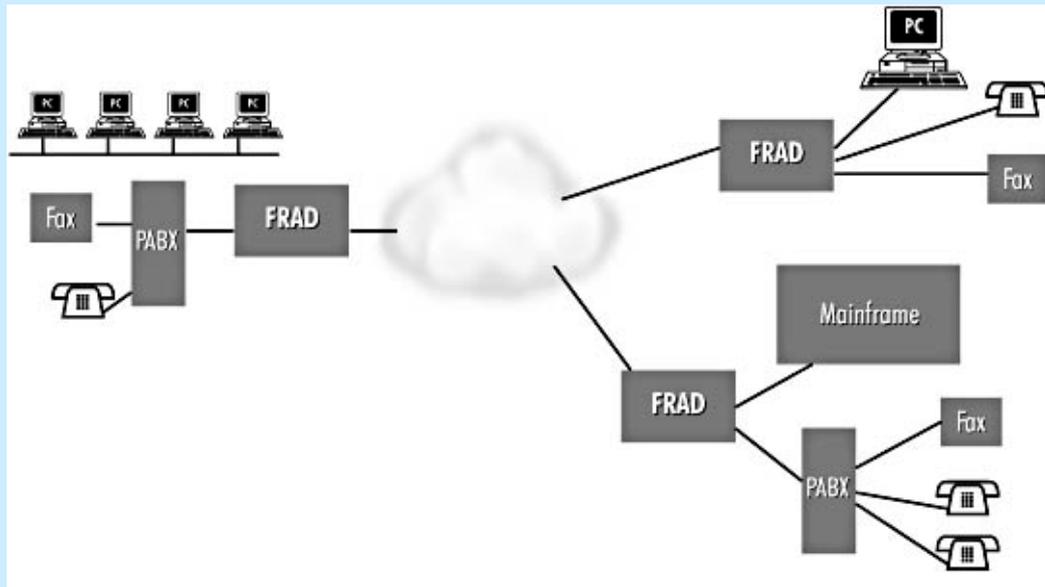
α)Μεγιστοποίηση των δικτύων πλαίσιο μετάδοσης

Το FRF.11, επιτρέπει στους προμηθευτές να αναπτύξουν πρότυπα βασισμένα στον εξοπλισμό και τις υπηρεσίες που επικοινωνούν. Επιτρέπει επίσης, στους διαχειριστές δικτύων που επιδιώκουν να μειώσουν τις δαπάνες επικοινωνιών και να μεγιστοποιήσουν το frame relay δίκτυο τους, να εξετάσουν το VoFR ως επιλογή, στις τυποποιημένες υπηρεσίες φωνής.

Σε μερικές περιπτώσεις, οι χρήστες μπορούν να βρουν ότι έχουν υπερβολικό εύρος ζώνης στο δίκτυο μεταγωγής πλαισίων τους, που μπορεί αποτελεσματικά να υποστηρίξει την κυκλοφορία φωνής. Άλλοι διαχειριστές τηλεπικοινωνιακών δικτύων μπορούν να διαπιστώσουν ότι το αυξητικό κόστος του πρόσθετου frame relay εύρους ζώνης, για την κυκλοφορία φωνής, μπορεί να είναι οικονομικά πιο αποδοτικό από τις τυποποιημένες υπηρεσίες φωνής, που προσφέρονται από τους τοπικούς ή μεγάλης απόστασης παρόχους τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών.

Το VoFR, μπορεί να παρέχει στους τελικούς χρήστες μια οικονομικώς αποδοτική επιλογή για τις ανάγκες της φωνητικής επικοινωνίας μεταξύ των θέσεων μιας επιχείρησης. Για παράδειγμα, ο διαχειριστής δικτύων μπορεί να ενσωματώσει μερικά κανάλια φωνής και τμηματικά στοιχεία, πάνω από μια frame relay σύνδεση, μεταξύ ενός γραφείου και μιας εταιρικής έδρας. Με το να

συνδυάσει ο διαχειριστής την κυκλοφορία φωνής και δεδομένων σε μια frame relay σύνδεση, που είναι ήδη σε ισχύ, δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να έχει την οικονομικώς αποδοτική κλήση και την αποδοτική χρήση του εύρους ζώνης δικτύων, σχήμα2.15.3.



2.15.2β

Επειδή, δεν αυξάνει σημαντικά η δικτυακή αρχιτεκτονική, οι ταχύτητες συνδέσεων ή το CIR, η ολοκλήρωση της κυκλοφορίας φωνής, fax και δεδομένων μέσα από μια ενιαία σύνδεση πρόσβασης, παρέχει μια βιώσιμη επιλογή για τους διαχειριστές δικτύων και προσθέτει στον κατάλογο ανάπτυξης νέες και μη παραδοσιακές εφαρμογές για την μεταγωγή πλαισίων.

Οι χρήστες διαπιστώνουν ότι η μεταγωγή πλαισίων προσφέρει ένα πολύ σημαντικό πλεονέκτημα: την δυνατότητα να αλληλεπιδράσει με άλλες προηγμένες υπηρεσίες, όπως το ATM.

2.16 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Συνοψίζοντας, αναφέρουμε μερικά από τα πλεονεκτήματα της τεχνικής Frame Relay. Σε πολλές περιπτώσεις, συμπεριλαμβανομένης εκείνης που έχουμε συνδέσεις μεγάλης απόστασης και υψηλών ταχυτήτων, είναι λιγότερο ακριβή από τις αφιερωμένες γραμμές, ενώ είναι και μια φτηνή λύση για να αξιοποιήσει τον πλεονασμό στο δίκτυο. Επίσης χρησιμοποιεί λιγότερο hardware για τον ίδιο αριθμό συνδέσεων. Σε αντίθεση με τα παραπάνω, πρέπει να σημειώσουμε ότι μπορεί να υπάρξει συμφόρηση και κανένα εγγυημένο εύρος ζώνης, ενώ πιθανώς μια μεμονωμένη από σημείο σε σημείο σύνδεση δεν είναι οικονομικά συμφέρουσα, όπως επίσης και για μεγάλη απόσταση.

ΣΥΓΚΡΙΣΗ

ATM- FRAME RELAY

3. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η γρήγορη υιοθέτηση και αλληλεπίδραση των νέων μεταδόσεων δεδομένων και πολυμέσων έχουν φέρει κεντρικές αλλαγές στη βιομηχανία δικτύωσης. Το καθαρό εύρος της νέας τεχνολογίας ATM, έχει ως αποτέλεσμα ότι ανώτεροι υπάλληλοι επιχειρήσεων και διευθυντές δικτύων αγωνίζονται να ενσωματώσουν στις υπάρχουσες υποδομές δικτύων τους τα οφέλη της επόμενης γενιάς των ATM δικτύων.

Οι προμηθευτές αναγγέλλουν νέα προϊόντα και υπόσχονται λύσεις δικτυακής αρχιτεκτονικής, σχεδόν καθημερινά. Μέχρι τώρα, η μετάβαση στο ATM ήταν συχνά σύνθετη, δαπανηρή, πειραματική ή μη εφαρμόσιμη με τον υπάρχοντα εξοπλισμό. Εντούτοις, μια επιχείρηση αντιμετωπίζει τα βραχυπρόθεσμα ζητήματα αμέσως με μια αποτελεσματική συνεργασία των τεχνολογιών frame relay και ATM.

Η δέσμευση των αναδυόμενων τεχνολογιών επικοινωνιών, για την ανάπτυξη των προτύπων που βασίζονται στα προϊόντα της συνεργασίας τεχνολογιών έχουν οδηγήσει σε πολλές υλοποιήσεις WAN διακοπών που υποστηρίζουν frame relay, ATM, IP, SDMS και ISDN. Βασισμένα σε ένα εξελικτικό υλικό και μια εξελικτική αρχιτεκτονική λογισμικού, τα ανερχόμενα προϊόντα έχουν σκοπό να συμβαδίσουν με την τεχνολογική αλλαγή.

Οι τεχνολογίες

3.1 Frame Relay

Η τεχνολογία frame relay είναι μια γρήγορη και οικονομική WAN τεχνολογία μετάδοσης, που είναι καλοταίριασμένη στις εφαρμογές δεδομένων, συμπεριλαμβανομένων των τοπικών δικτύων (LAN), μεταφορών SNA, διαδικτύου και ενδοδικτύου. Η χρήση της frame relay τεχνολογίας παρουσιάζει ραγδαία αύξηση και σήμερα πολλές επιχειρήσεις εξαρτώνται αρκετά από το frame relay για τα δίκτυα ευρείας ζώνης, στις καθημερινές επιχειρησιακές απαιτήσεις τους.

3.1.1 ATM

Η ATM τεχνολογία, η οποία χρησιμοποιεί μια γρήγορη διαδικασία μεταγωγής κυττάρων, υποστηρίζει έναν πλήθος πρόσθετων εφαρμογών, όπως η φωνή και το βίντεο. Δεδομένου, ότι η τεχνολογία και οι υπηρεσίες του ATM έχουν επεκταθεί ευρύτερα, υπάρχει πλήρης διαλειτουργικότητα μεταξύ των frame relay και ATM συσκευών.

3.2 Πλεονεκτήματα της μεταγωγής πακέτου

Το Frame Relay έχει πλεονεκτήματα ευρέως υποστηριγμένα, κατανοητά, εύκολα υιοθετούμενα και ιδιαίτερα οικονομικώς αποδοτικά, για μια μεγάλη ποικιλία δικτύων δεδομένων. Ειδικότερα, το frame relay είναι πιο “συγκροτημένο” από το ATM μόνο για δεδομένα και απαιτήσεις μεσαίων ταχυτήτων (56/64Kbps), όπως οι εξής:

- Διασύνδεση LAN to LAN
- Πρόσβαση στο Διαδίκτυο
- Κυκλοφορία της IBM SNA

Για το frame relay, η αναλογία του μεγέθους επικεφαλίδας προς το μέγεθος πλαισίων, είναι χαρακτηριστικά πολύ μικρότερη από την μεγάλη αναλογία του ATM, το οποίο κάνει το frame relay αποδοτικότερο. Επιπλέον, το frame relay θα χρησιμοποιηθεί πιθανώς στο μέλλον ως πρωτόκολλο πρόσβασης υψηλότερης ταχύτητας ATM δίκτυα. Κατά συνέπεια, το frame relay και το ATM είναι πιθανόν να είναι συμπληρωματικές, παρά ανταγωνιστικές τεχνολογίες.

3.2.1 Πλεονεκτήματα του ATM

Το ATM είναι μια σύνδεση προσανατολισμένη προς τη τεχνολογία "γρήγορης μετάδοσης πακέτων", η οποία έχει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

- Παρέχει τη δυναμική κατανομή του εύρους ζώνης, για πιο αποδοτικό χειρισμό της κυκλοφορίας, χρησιμοποιώντας το εύρος ζώνης όταν απαιτείται για bursty data, για προβλέψιμα στοιχεία και για όλους τους άλλους τύπους κυκλοφορίας, συμπεριλαμβανομένου της φωνής, του βίντεο και της εικόνας.
- Παρέχει κλίμακες από T1 και NxtT1 σε 45 Mbps έως και ταχύτητες που αγγίζουν τα gigabits.
- Παρέχει κλίμακες στην τοπολογία από δίκτυα τοπικής περιοχής (LAN) έως δίκτυα ευρείας περιοχής (WAN).
- Προστατεύει σε μεγάλο ποσοστό την φθορά της τεχνολογίας.
- Υποστηρίζει την ποσοτικά προσδιορίσιμη "σκληρή" ποιότητα υπηρεσιών (QoS) για όλους τους τύπους κυκλοφορίας.
- Επιτρέπει την ολοκληρωμένη διαχείριση δικτύων.
- Μπορεί να επεκταθεί σε δημόσια, ιδιωτικά ή υβριδικά δίκτυα.

Το ATM διαβιβάζει μόνο πλαίσια καθορισμένου μεγέθους, αποκαλούμενα κύτταρα και όχι μεταβλητού μεγέθους πλαίσια, όπως κάνουν το Frame Relay και η εναλλακτική μετάδοση πακέτου πληροφοριών (packet switching). Το

πρότυπο του ATM, είναι 53bytes cells (εκ των οποίων τα 5, είναι τα bytes της επικεφαλίδας). Με το να γίνεται επεξεργασία μόνο καθορισμένου μεγέθους κυττάρων, οι cell relay switches, μπορούν να εκτελούν εργασίες σε έναν σημαντικά γρηγορότερο ρυθμό, από τους frame relay switches. Τα καθορισμένου μεγέθους κύτταρα, επιτρέπουν στο ATM να υποστηρίζει ποσοτικά προσδιορισμό QoS, το οποίο με την σειρά του επιτρέπει (στο ATM), να χειριστεί την ευαίσθητη κυκλοφορία καθυστέρησης, όπως τη φωνή και την τηλεδιάσκεψη.

ΤΟ F.R ΣΕ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΤΟ ATM

	FRAME RELAY	ATM
ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΕΥΡΟΣ ΖΩΝΗΣ	ΝΑΙ	ΝΑΙ
ΜΕΓΕΘΟΣ ΚΥΤΤΑΡΩΝ	ΜΕΤΑΒΛΗΤΟ	ΣΤΑΘΕΡΟ
ΚΛΙΜΑΚΩΣΗ ΣΕ ΜΕΓΑΛΕΣ ΤΑΧΥΤΗΤΕΣ	ΜΕΡΙΚΕΣ ΦΟΡΕΣ	ΝΑΙ
ΚΑΤΑΛΛΗΛΟ ΓΙΑ WANs-MANs	ΝΑΙ	ΝΑΙ
ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΦΕΡΟΝ ΣΗΜΑΤΟΣ	ΝΑΙ	ΝΑΙ
ΦΩΝΗ ΣΕ ΦΕΡΟΝ ΣΗΜΑ/ΒΙΝΤΕΟ	ΜΕΡΙΚΕΣ ΦΟΡΕΣ	ΝΑΙ
ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ QoS	ΟΧΙ	ΝΑΙ
ΑΚΡΙΒΟ ΓΙΑ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΜΕΣΑΙΑΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ	ΝΑΙ	ΜΕΡΙΚΕΣ ΦΟΡΕΣ
ΚΑΤΑΛΛΗΛΟ ΓΙΑ LAN ΚΑΙ ΕΝΟΠΟΙΗΜΕΝΑ ΔΙΚΤΥΑ	ΟΧΙ	ΝΑΙ

3.3 Η συνεργασία frame relay και ATM πλαισίων

Η επίτευξη της συνεργασίας frame relay και ATM απλοποιείται λόγω των πολυάριθμων ιδιοτήτων και των κύριων χαρακτηριστικών που δύο τεχνολογίες έχουν από κοινού. Στις περισσότερες περιπτώσεις, μια παράμετρος μεταγωγής πλαισίων έχει μια άμεσα αντίστοιχη παράμετρο του ATM. Οι ομοιότητές τους διευκολύνουν αποτελεσματικά την αλληλεπίδραση μεταξύ τους.

Το frame relay, με το μεταβλητό μέγεθος πλαισίων και τα χαμηλά γενικά έξοδά του, βελτιστοποιείται για τη μετάδοση δεδομένων και είναι ειδικά ελκυστικό για το τοπικό LAN. Αποδειγμένα σταθερές και ευρέως διαθέσιμες από διάφορους φορείς παροχής υπηρεσιών, οι πρόσφατες frame relay καινοτομίες, έχουν διευρύνει την απήχυσή τους ακόμα περισσότερο. Σήμερα, ακόμη και τα δεδομένα που είναι ευαίσθητα σε χρονικές καθυστερήσεις, όπως το SNA και η φωνή, μπορούν να προσαρμοστούν χάρη στην επέκταση της ποιότητας υπηρεσιών (QoS), όπως η Ascend's Priority Frame τεχνολογία.

Το ATM, με τα καθορισμένου μήκους κύτταρά του, παρέχει μια ενοποιημένη υποδομή μετάδοσης, που υποστηρίζει οποιαδήποτε μορφή ψηφιακής μετάδοσης για δεδομένα, φωνή, βίντεο ή πολυμέσα. Στην επιφάνεια, το ATM παρέχει το ακατέργαστο εύρος ζώνης που μπορεί να επιτυγχάνει συνεχώς υψηλότερες ταχύτητες, αλλά η θεμελιώδης δύναμη του ATM, βρίσκεται στη δυνατότητα του να υποστηρίζει ταυτόχρονα τις πολυάριθμες ιδιότητες της υπηρεσίας. Αυτό επιτρέπει τη σταθεροποίηση των χωριστών δικτύων για φωνή και δεδομένα, επάνω σε μια ενιαία ενοποιημένη αρχιτεκτονική.

Και οι δύο τεχνολογίες (frame relay, ATM), είναι προσανατολισμένες προς τη σύνδεση. Οργανώνουν ένα εικονικό κύκλωμα (VC) στο δίκτυο, από το ένα σημείο στο άλλο. Οι προσανατολισμένες προς τη σύνδεση μέθοδοι, μειώνουν τις απαιτήσεις επεξεργασίας σημαντικά, με τη δρομολόγηση στο εικονικό προσδιοριστικό καναλιών (VCI) (frame relay DLCI ή ATM VPI/VCI). Το frame relay και το ATM, προσαρμόζουν bursty κυκλοφορία. Μια σύμβαση κυκλοφορίας μεταξύ του χρήστη και του δικτύου διευκρινίζει ποια υπηρεσία δικτύων θα υποστηριχθεί. Ένα σύνολο παραμέτρων χρησιμοποιείται για κάθε μόνιμο εικονικό κύκλωμα (PVC), για να χαρακτηρίσει την ταχύτητα και το

burstiness του. Το frame relay χρησιμοποιεί παραμέτρους για το συμφωνημένο ποσοστό πληροφοριών (CIR).

Οι ATM συμβάσεις περιγράφονται από το *συνεχή ρυθμό* κυττάρων (**SCR**), το *μέγιστο ρυθμό* κυττάρων (**PCR**) και το μέγιστο μέγεθος burst (**MBS**).

Επειδή, αυτές οι παράμετροι εξετάζουν το ίδιο πρόβλημα, μπορεί να επιτευχθεί μια αποτελεσματική μετάφραση μιας frame relay και ATM σύμβασης. Αυτή η μετάφραση, είναι η *καρδιά της* συνεργασίας του frame relay με το ATM.

Οι επιχειρήσεις αντικαθιστούν το Frame Relay με το ATM κυρίως για δυο λόγους:

- Η ανάγκη για μεγαλύτερη χωρητικότητα, από εκείνη που προσφέρει το Frame Relay
- Η ανάγκη να υποστηριχθεί η ταυτόχρονη συνύπαρξη φωνής και video

Παρακάτω, παρουσιάζονται **στρατηγικές** για την μετάβαση από το Frame Relay στο ATM. Κάθε περίπτωση έχει το πλεονέκτημα ότι δεν απαιτεί βελτιώσεις του hardware του εξοπλισμού εγκαταστάσεων του πελάτη, τουλάχιστον στις απομακρυσμένες θέσεις. Κατά συνέπεια, οι χρήστες μπορούν να διατηρήσουν την επένδυσή τους στον υπάρχοντα Frame Relay εξοπλισμό.

3.4 Στρατηγικές μετάβασης

Όταν τα δεδομένα ή οι πολυμεσικές εφαρμογές, ξεπεράσουν τα όρια του εύρους ζώνης του frame relay, τότε θα οδηγηθούμε σε μια βαθμιαία πορεία μετάβασης, προς το ATM.

Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει τα διάφορα στάδια κατά την πορεία μετατροπής ενός δικτύου με στόχο την πλήρη (end-to-end) μετατροπή των συνδέσεων σε ATM. Η κατώτατη γραμμή, είναι η αναβάθμιση του ATM όταν και όπου αυτό χρειάζεται και συνεχίζει να υποστηρίζει το frame relay σε άλλες θέσεις.

3.5 Τα αλληλεπιδρώντα πρότυπα βιομηχανίας F.R. και ATM

Η ομοιότητα μεταξύ του frame relay και του ATM καθιστά το frame relay ένα φυσικό σκαλοπάτι προς το ATM. Με το συνδυασμό και των δύο τεχνολογιών, οι επιχειρήσεις μπορούν να προστατεύσουν την υπάρχουσα υποδομή δικτύων τους. Τα αποτελέσματα του συνδυασμού των δυο τεχνολογιών έχουν αποδειχθεί και γι' αυτό υιοθετούνται γρήγορα και τίθενται σε χρήση άμεσα.

Υπάρχουν δύο πρότυπα βιομηχανίας τα οποία έχουν επικυρωθεί από το forum, τόσο του frame relay όσο και του ATM:

- Frame relay to ATM network interworking (αλληλεπίδραση δικτύων ATM και frame relay) (**πρότυπο FRF.5**).
- Frame relay to ATM service interworking (αλληλεπίδραση υπηρεσιών ATM και frame relay) (**πρότυπο FRF.8**)

Αυτά τα πρότυπα προβλέπουν την άνευ σύνδεσης διαλειτουργικότητα μεταξύ του frame relay και του ATM και εφαρμόζονται στους WAN διακόπτες που είναι σχεδιασμένοι για να υποστηρίζουν τέτοιες πολλαπλές λειτουργίες. Οι λειτουργίες αλληλεπίδρασης δίνουν στις επιχειρήσεις μια πορεία μετάβασης, επιτρέποντάς τους να μοιράζονται δεδομένα και πόρους, με την υιοθέτηση του ATM που έχει μεγάλη χωρητικότητα στην έδρα της εταιρείας, επεκτείνοντας το frame relay στα περιφερειακά γραφεία.

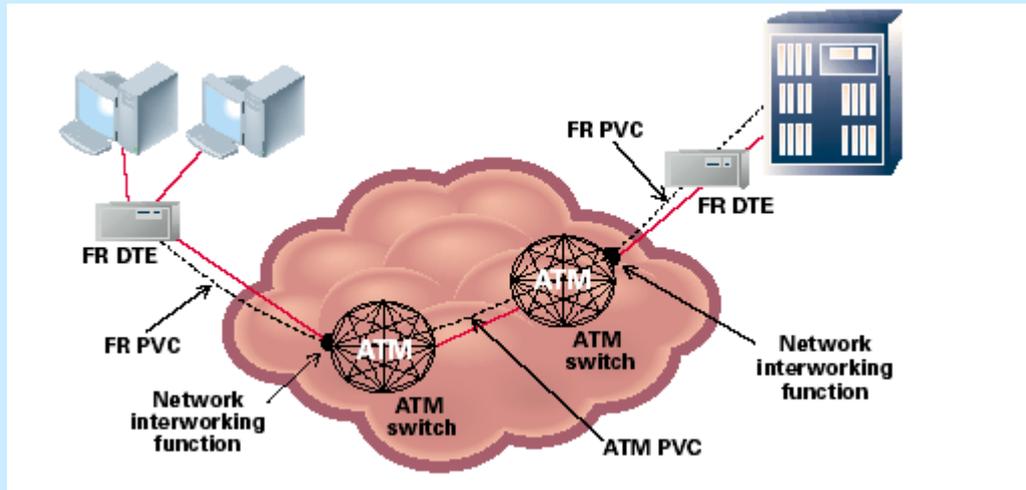
3.6 Αλληλεπίδραση δικτύων Frame relay και ATM

Το πρότυπο αλληλεπίδρασης των δικτύων frame relay και ATM (FRF.5), επιτρέπει δύο συσκευές ή δίκτυα frame relay να επικοινωνούν δια μέσου μιας σπονδυλικής στήλης ATM. Επιτρέπει μια βαθμιαία και διαφανή μετατροπή ενός ιδιωτικού ATM δικτύου, ενώ συνεχίζει να υποστηρίζει frame relay συσκευές.

Αυτή η στρατηγική μπορεί να είναι ιδιαίτερα σημαντική για τις επιχειρήσεις που μόλις έχουν αγοράσει τεχνολογία frame relay. Είναι επίσης μια στρατηγική η οποία δημιουργήθηκε ορμώμενη από την δημιουργία ATM πάνω σε SONET backbone δίκτυο, στην δεκαετία του '90. Σήμερα, η σπονδυλική στήλη του ATM υποστηρίζει αποτελεσματικά και επικερδώς πολλαπλές υπηρεσίες δημόσιων δικτύων, συμπεριλαμβανομένου του frame relay, του IP, της φωνής και του βίντεο.

Σε αυτό το μικτό σενάριο συνεργασίας δικτύων, οι frame relay συσκευές επικοινωνούν η μια με την άλλη μέσα από ένα ATM backbone δίκτυο, που χρησιμοποιεί το frame relay πρωτόκολλο. Μια λειτουργία αλληλεπίδρασης δικτύων, ενθυλακώνει τα πλαίσια μέσα στα κύτταρα του ATM, για μετάδοση μέσα από τη “σπονδυλική στήλη” (**backbone**). Στον προορισμό του ATM switch, μια άλλη δικτυακή λειτουργία αλληλεπίδρασης, επανασυνδυάζει τα κύτταρα στα αρχικά frame relay πλαίσια και τα στέλνει σε μια άλλη frame relay συσκευή.

Η αλληλεπίδραση μπορεί να εφαρμοστεί ως μια λειτουργία ενός ATM διακόπτη (σχήμα 3.6) ή ακόμα και ως χωριστή διάταξη. Μέθοδοι για την ενθυλάκωση frame relay πλαισίων, έχουν συμφωνηθεί από κοινού από τα frame relay και ATM forum.



Σχήμα 3.6
(Αλληλεπίδραση ATM και Frame Relay δικτύων)

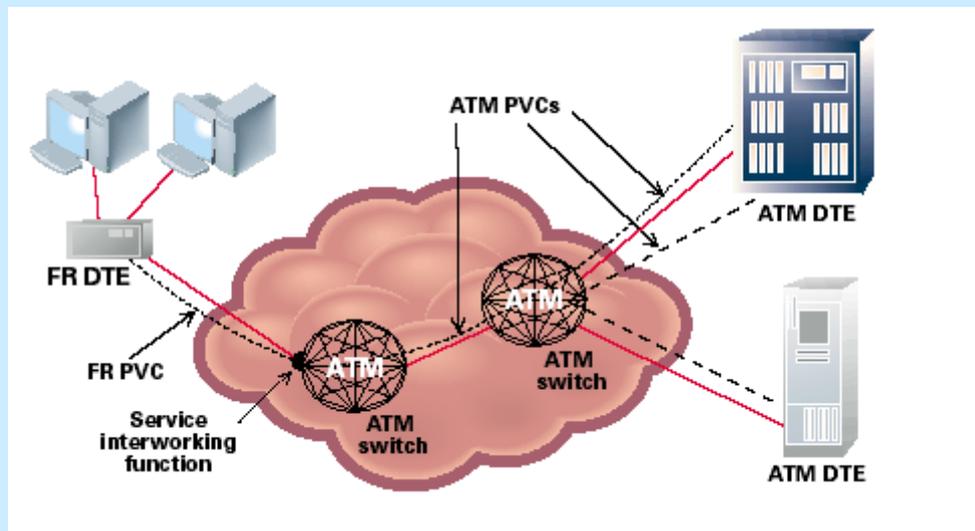
3.7 Αλληλεπίδραση υπηρεσιών Frame relay και ATM

Το πρότυπο αλληλεπίδρασης των υπηρεσιών του ATM και frame relay (FRF.8) επιτρέπει σε μια συσκευή frame relay χρήστη να συνδεθεί με μια συσκευή ATM άλλου χρήστη μέσα από ένα κοινό WAN backbone δίκτυο.

Ουσιαστικά, η υπηρεσία διασύνδεσης είναι μια στρατηγική που μπορεί να εφαρμοστεί άμεσα και οι πελάτες του frame relay μπορούν να την χρησιμοποιήσουν βαθμιαία, για να μεταβούν στη δημόσια ATM υπηρεσία δικτύου, συντηρώντας την επένδυσή τους όσον αφορά τον εξοπλισμό δικτύωσης. Επιτρέπει τη μετατροπή των επιλεγμένων περιοχών πελατών στο ATM, ενώ διατηρείται η δυνατότητα επικοινωνίας με τις περιοχές που δεν έχουν μεταβεί ακόμη σε ATM δίκτυο.

Οι frame relay εγκατεστημένες συσκευές των πελατών, χρησιμοποιούν το frame relay πρωτόκολλο, για να στέλνουν και να λαμβάνουν δεδομένα. Οι ATM εγκατεστημένες συσκευές των πελατών, χρησιμοποιούν τα πρωτόκολλα του ATM, για να επιτύχουν το ίδιο. Μια λειτουργία διασύνδεσης υπηρεσιών εκτελεί τη μετατροπή πρωτοκόλλου, έτσι ώστε και οι δύο τελικές συσκευές να μπορούν να συνεχίσουν να λειτουργούν ανεξάρτητα, είτε ως ATM, είτε ως frame relay συσκευές, χωρίς την ανάγκη αναβάθμισης της θέσης frame relay στο ATM.

Η χαρτογράφηση της frame relay υπηρεσίας σε ATM υπηρεσία είναι αρκετά εύκολη, όμως η χαρτογράφηση της ATM σε frame relay υπηρεσία, μπορεί να υποβιβάσει την ποιότητα υπηρεσίας του ATM. Για αυτόν τον λόγο, η αλληλεπίδραση υπηρεσιών μεταξύ του frame relay και του ATM περιορίζεται στον χαμηλότερο κοινό παρονομαστή, ο οποίος είναι συνήθως η λειτουργία frame relay (σχήμα 3.7).

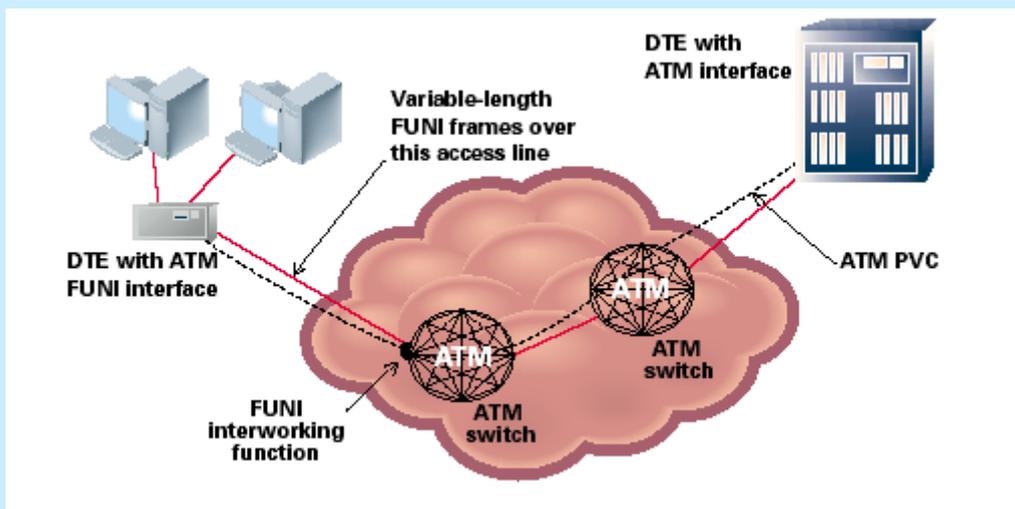


Σχήμα 3.7
(Αλληλεπίδραση ATM και Frame Relay υπηρεσιών)

3.8 Διεπαφή χρήστη-δικτύου του ATM (FUNI)

Η διεπαφή αυτή (**FUNI**), μπορεί να παρέχει μια χρήσιμη πορεία μετάβασης για τους frame relay χρήστες, που πρέπει να αναβαθμίσουν τα επίπεδα υπηρεσιών και την διαχείριση δικτύων τους, αλλά δεν επιθυμούν να αναβαθμίσουν το υλικό τους (hardware). Οι προσφορές FUNI, είναι ακόμα σε πολύ αρχικά στάδια, ειδικά για τις δημόσιες υπηρεσίες.

Η FUNI είναι μια τροποποίηση της τυποποιημένης ATM υπηρεσίας, που παρέχεται από τη διεπαφή ATM χρήστη-δικτύου (UNI). Η FUNI επιτρέπει στον χρήστη να υποβάλλει τα πλαίσια μεταβλητού μήκους στο διακόπτη του ATM, αντί των 53 bytes κυττάρων. Μια άλλη λειτουργία αλληλεπίδρασης στους ATM διακόπτες είναι ότι μεταφράζει τα πλαίσια FUNI σε πρότυπα ATM κυττάρων και τα στέλνει μέσω του δικτύου ATM. Η FUNI είναι παρόμοια με το frame relay, δεδομένου ότι και τα δύο επιτρέπουν τα πλαίσια μεταβλητού μήκους να περνούν πέρα από το κύκλωμα πρόσβασης. Όμως η FUNI υποστηρίζει ATM δικτυακές διαδικασίες και διαχείριση δικτύων, οι οποίες είναι πλιό εκτενείς και τυποποιημένες από την frame relay διαχείριση δικτύων.



Σχήμα 3.8

3.8.1 Σύγκριση FUNI

Η FUNI έχει δύο πλεονεκτήματα, σε σύγκριση με το συνηθισμένο-βασισμένο στα κύτταρα- ATM. Τα χαμηλότερα γενικά έξοδά του, το καθιστούν τόσο αποδοτικό, όσο και το frame relay, το οποίο έχει πιο αργές γραμμές πρόσβασης. Επιπλέον, ο εξοπλισμός που υποστηρίζει FUNI είναι χαρακτηριστικά λιγότερο ακριβός από τις συνηθισμένες διεπαφές ATM. Η FUNI δεν απαιτεί αναβαθμίσεις του υλικού. Αντ' αυτού, μπορεί απλά να κατασκευαστεί από κομμάτια λογισμικού. Το μειονέκτημα της FUNI είναι ότι περιορίζεται στο ATM adaptation layer type 5(AAL5). Το AAL5 παρουσιάζει ανοχή σε καθυστερήσεις και καλύτερη κυκλοφορία, απ' ότι υποστηρίζει φωνή και τηλεοπτική κυκλοφορία. Η χρήση του AAL5 σε συνδυασμό με τα μεταβλητού μήκους πλαίσια, σημαίνει ότι η FUNI έχει τα ίδια προβλήματα, δηλαδή στη μεταφορά φωνής και βίντεο, που έχει το frame relay.

3.9 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Η απόφαση για το πότε πρέπει να χρησιμοποιηθεί το ATM και πότε το frame relay εξαρτάται, κατά ένα μεγάλο μέρος, από τις εφαρμογές που οι επιχειρήσεις θέλουν να τρέξουν στα επιχειρηματικά τους δίκτυα, το πόσο εύρος ζώνης χρειάζονται και τις απαιτήσεις απόδοσής τους. Το ATM είναι ιδανικά κατασκευασμένο για φωνή, δεδομένα και τηλεοπτικά δίκτυα, επειδή εξασφαλίζει την ποιότητα της υπηρεσίας.

Επίσης παρέχει μεγάλο εύρος ζώνης, το οποίο απαιτούν οι επιχειρήσεις για να ικανοποιήσουν τις συνεχώς αυξανόμενες ανάγκες τους για δεδομένα και άλλες εφαρμογές. Το frame relay αφ' ετέρου, συνεχίζει να είναι μια ιδιαίτερα οικονομική και αξιόπιστη επιλογή, ειδικά για εφαρμογές που απαιτούν μεσαίες ταχύτητες μεταφοράς. Το **ATM** και το **Frame Relay** μπορούν σε πολλές περιπτώσεις να συνεργαστούν έτσι ώστε να προσφέρουν τις μέγιστες δυνατές υπηρεσίες. Κατά συνέπεια μπορούμε να πούμε ότι οι δύο αυτές τεχνολογίες είναι τελικά **συμπληρωματικές** παρά **ανταγωνιστικές**.

Βιβλιογραφία

ATM Forum – <http://www.atmforum.com/>

ATM – <http://www.cisco.com/>

Frame Relay Forum – <http://www.frforum.com/>

Frame Relay resource – <http://www.cisco.com/>

Frame Relay & ATM – <http://www.itpapers.org/>

Frame Relay & ATM – <http://www.techguide.com/>

Σημειώσεις μαθήματος “ΔΙΚΤΥΑ ΥΨΗΛΩΝ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ” του κ.Στεργίου
Ελευθέριου.

Ειδικές ευχαριστίες στον κ. Λάππα Κωνσταντίνο, υπεύθυνο της πτυχιακής
εργασίας.

