

Κεφάλαιο 3:

Η Τεχνική Μετάδοσης ATM κατά την ITU-T (ATM Standards)

3.1 Εισαγωγή

Στο προηγούμενο κεφάλαιο αναφερθήκαμε στα βασικά χαρακτηριστικά της ATM τεχνολογίας. Ξεκινήσαμε από διάφορες προτάσεις όπως την ATD (Asynchronous Time Division), την FPS (Fast Packet Switching) για να οδηγηθούμε στην ATM. Είχαμε δει ότι διάφορες παράμετροι βασικές για τον καθορισμό του ATM μπορούν να μην είναι σταθερές αλλά να κυμαίνονται σε κάποια όρια. Κάθε τιμή μέσα σε αυτά τα όρια έχει και τα πλεονεκτήματά της και τα μειονεκτήματά της.

Τον τελικό καθορισμό της ATM, συμπληρώνοντας όλες τις λεπτομέρειες, τον έδωσε η ITU-T (International Telecommunication Union - η τότε CCITT, ομάδα εργασίας SGXNIII) μετά από αρκετές συνεδριάσεις. Μερικές από τις αποφάσεις που ελήφθησαν από την ITU-T βασίστηκαν καθαρά πάνω σε τεχνικά θέματα και μερικές από συμβιβασμό των τεχνικών θεμάτων και των απαιτήσεων των χωρών-κρατών. Για παράδειγμα μερικές χώρες έδιναν περισσότερη σημασία στις υπηρεσίες εικόνας (video) και φωνής (voice) ενώ μερικές άλλες έδιναν περισσότερη σημασία σε υπηρεσίες δεδομένων υψηλής ταχύτητας (high speed data).

Σκοπός αυτού του κεφαλαίου δεν είναι να εξηγήσει το γιατί η ITU-T επέλεξε ορισμένα "standards". Σκοπός του είναι να περιγράψει λεπτομερώς τις επιλογές που έχει κάνει η ITU-T όπως αυτές έχουν αποφασιστεί στην τελευταία συνεδρίαση της SGXNIII και όπως περιγράφονται στην σειρά Recommendations που συμφωνήθηκαν τον Ιούνιο του 1990.

Τον Ιούνιο του 1990, η ITU-T συμφώνησε στις ακόλουθες συστάσεις:

- | | |
|-------|---|
| I.113 | Λεξικό των όρων του ISDN ευρείας ζώνης |
| I.121 | Προσανατολισμός του ISDN ευρείας ζώνης |
| I.150 | Χαρακτηριστικά Λειτουργίας του ATM B-ISDN |

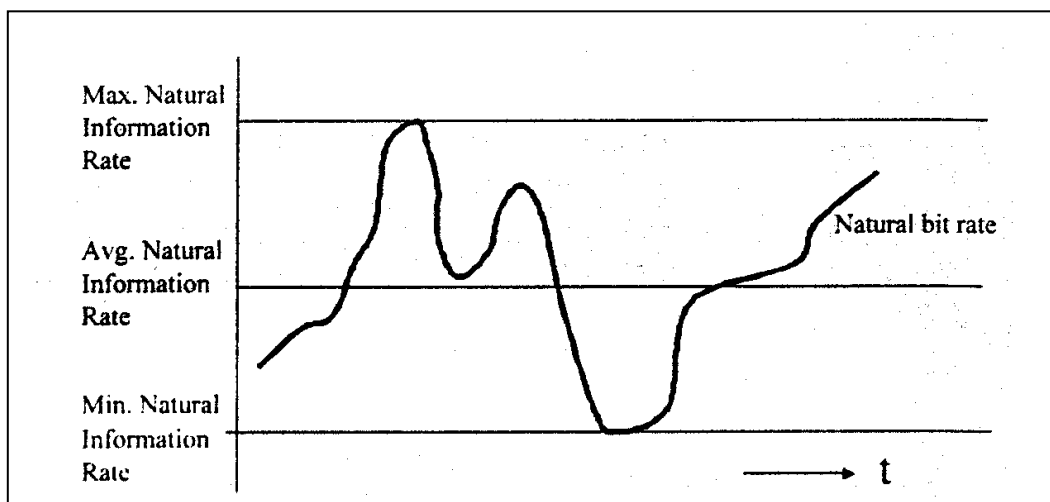
I.211	Προσανατολισμός Υπηρεσιών στο B-ISDN
I.311	Γενικός Προσανατολισμός Δικτύων B-ISDN
I.321	Καθορισμός του Μοντέλου Πρωτοκόλλου του B-ISDN και Εφαρμογές του
I.327	Λειτουργική Αρχιτεκτονική Δικτύων B-ISDN
I.361	Καθορισμός Επιπέδου ATM B-ISDN
I.362	Λειτουργική Περιγραφή του Επιπέδου Προσαρμογής ATM B-ISDN
I.363	Καθορισμός Επιπέδου Προσαρμογής ATM B-ISDN
I.413	Διασύνδεση Χρήστη - Δικτύου στο B-ISDN
I.432	Διασύνδεση Χρήστη-Δικτύου στο B-ISDN - Καθορισμός Φυσικού Επιπέδου
I.610	OAM Αρχές πρόσβασης του B-ISDN

3.1.1. Φυσικός Ρυθμός Bit

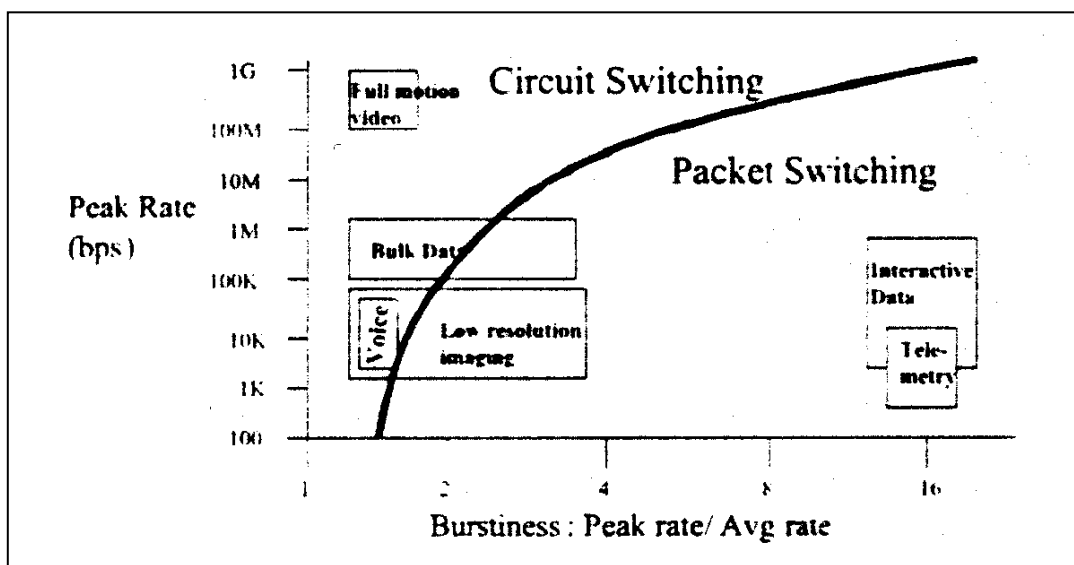
Το διάγραμμα του φυσικού ρυθμού bit (natural bit rate) συναρτήσει του χρόνου μπορούμε να το χωρίσουμε σε τρία επίπεδα πληροφοριών: στο μέγιστο, ελάχιστο και μέσο φυσικό ρυθμό πληροφοριών.

Ο μέγιστος φυσικός ρυθμός πληροφοριών θέτει ένα άνω όριο στο ρυθμό, πάνω από το οποίο οι πληροφορίες κινδυνεύουν να χαθούν λόγω της ανικανότητας του διακόπτη να αντεπεξέλθει στις απαιτήσεις του συγκεκριμένου ρυθμού. Ο ελάχιστος φυσικός ρυθμός πληροφοριών θέτει ένα κάτω όριο, κάτω από το οποίο η υπηρεσία μπορεί να είναι αντιοικονομική. Τέλος, ο μέσος φυσικός ρυθμός πληροφοριών θέτει ένα μέσο ρυθμό, ο οποίος πρέπει να διατηρείται από την πηγή πληροφοριών (σχήμα 3.1.1α).

Στο επόμενο σχήμα 3.1.1β φαίνεται ο μέγιστος ρυθμός (peak rate) συναρτήσει του πηλικού του μέγιστου ρυθμού προς το μέσο ρυθμό (peak rate/average rate). Το διάγραμμα αυτό παρουσιάζει τη ριπή (burstiness) διαφόρων υπηρεσιών. Βασιζόμενοι στη συσχέτιση μεταξύ ριπής και των αποδοτικών υπηρεσιών, ο χώρος στο διάγραμμα χωρίζεται σε δυο μέρη. Η παχιά μαύρη γραμμή χωρίζει τις υπηρεσίες μεταγωγής κυκλώματος (circuit switching), από τις υπηρεσίες μεταγωγής πακέτου (packet switching) όπως είναι το ATM.



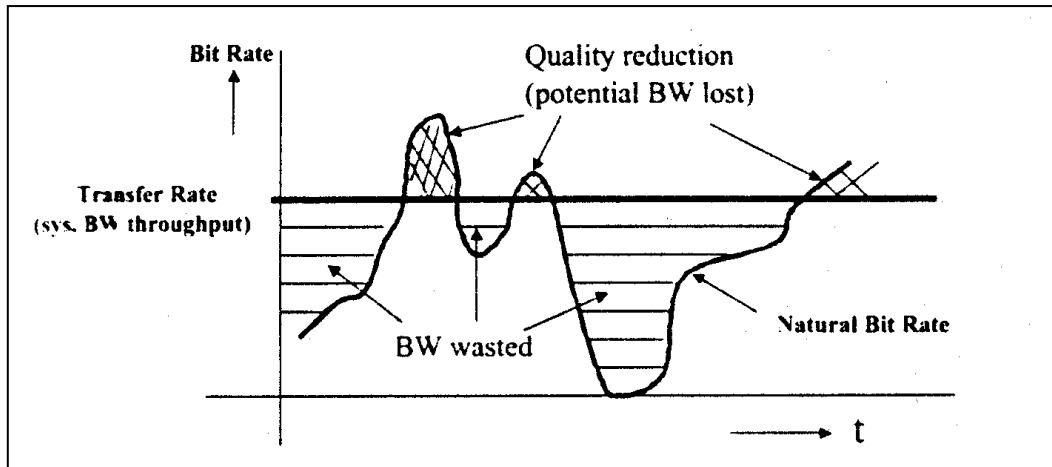
Σχήμα 3.1.1α Φυσικός ρυθμός bit



Σχήμα 1.3.1β Ριπή

Έστω τώρα ότι έχουμε ένα ασύγχρονο σύστημα με πολλές ασύγχρονες εισόδους (inputs) και με μεγάλες ποσότητες δεδομένων σε κάθε είσοδο. Η ριπή σε κάθε είσοδο δεν είναι ούτε οργανωμένη ούτε συγχρονισμένη. Στο σχήμα 3.1.1γ έχουμε θεωρήσει το άθροισμα των ροών σε κάθε είσοδο και το συνολικό φυσικό ρυθμό bit που προσέρχεται στο σύστημα. Το

σύστημα αυτό χαρακτηρίζεται από ένα ρυθμό μετάδοσης (transfer rate) ή ένα συνολικό εύρος ζώνης (ή μια λειτουργία μεταγωγής - switching function). Για ένα δεδομένο σύστημα, ο ρυθμός μετάδοσης είναι σταθερός και αναπαρίσταται ως ευθεία γραμμή. Συνήθως, ο ρυθμός μετάδοσης διασταυρώνει το διάγραμμα του συνολικού αθροίσματος του φυσικού ρυθμού bit. Σε μια τέτοια περίπτωση, υπάρχουν διαστήματα όπου ο φυσικός ρυθμός bit υπερβαίνει το ρυθμό μετάδοσης, διαστήματα όπου βρίσκεται από κάτω, και διαστήματα όπου βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο.



Σχήμα 3.1.1γ Αξιοποίηση (εκμετάλλευση) του εύρους ζώνης

Όταν το συνολικό άθροισμα του φυσικού ρυθμού bit είναι υψηλότερο από το ρυθμό μετάδοσης, αντιμετωπίζουμε τον κίνδυνο να χαθεί εύρος ζώνης. Όταν το συνολικό άθροισμα του φυσικού ρυθμού bit είναι χαμηλότερο από το ρυθμό μετάδοσης, το σύστημα αξιοποιείται λιγότερο από όσο θα μπορούσε, με αποτέλεσμα ένα εκμεταλλεύσιμο μέρος από το αχρησιμοποίητο εύρος ζώνης να χάνεται. Όταν ο μέσος όρος του φυσικού ρυθμού bit είναι ίσος με το ρυθμό μετάδοσης (τέλεια ισορροπία), τότε σε περίπτωση διατάραξης της ισορροπίας, αντιμετωπίζουμε τον κίνδυνο να χάσουμε εύρος ζώνης. Συνήθως θέλουμε ο μέσος όρος του φυσικού ρυθμού bit να προσεγγίζει το ρυθμό μετάδοσης από το κάτω μέρος. Τα μέγιστα δεν πρέπει ούτε να ξεπερνούν το ρυθμό μετάδοσης ούτε να βρίσκονται κάτω από αυτόν για παρατεταμένα χρονικά διαστήματα, μιας και αυτό προϋποθέτει, για την πρώτη περίπτωση, μεγάλες μονάδες προσωρινής αποθήκευσης (long buffers) και ανεπιθύμητες καθυστερήσεις, και για τη δεύτερη, άδικα χαμένο εύρος ζώνης.

Στη συνέχεια του κεφαλαίου αυτού θα περιγράψουμε πρώτα τις βασικές επιλογές που απαιτούνται για τη διατήρηση του ορισμού του ATM, και θα εξηγήσουμε ένα γενικό μοντέλο προτύπου αναφοράς (reference configuration model) που θα μας επιτρέψει έναν εύκολο,

λειτουργικό καταμερισμό μεταξύ διαφόρων οντοτήτων του δικτύου. Ακολούθως θα περιγράψουμε ένα μοντέλο επιπέδων που θα μας επιτρέψει τον εύκολο διαχωρισμό και την περιγραφή των λειτουργιών μεταξύ διαφορετικών επιπέδων και υποεπιπέδων, όπως καθορίζονται από την ITU-T. Κατόπιν γίνεται μια περιγραφή των διαφόρων επιπέδων (υπο-επιπέδων): φυσικό επίπεδο, επίπεδο ATM, επίπεδο προσαρμογής. Τέλος το κεφάλαιο θα κλείσει με μια περιγραφή της φιλοσοφίας συντήρησης που υιοθετήθηκε για το B-ISDN.

3.2 Αρχές της ATM τεχνολογίας

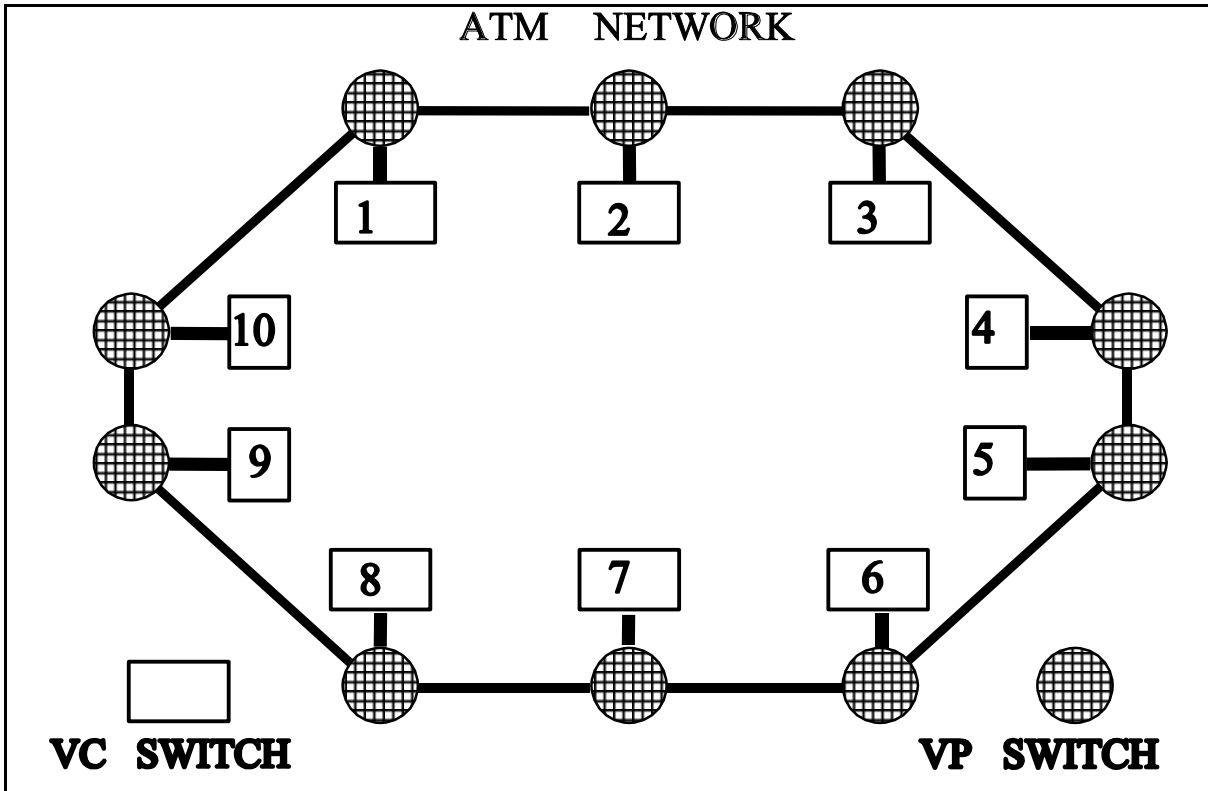
Οι βασικές αρχές του ATM έχουν ήδη αναφερθεί στο προηγούμενο κεφάλαιο μαζί με τους λόγους που οδήγησαν στην επιλογή τους. Στο τμήμα αυτό θα κάνουμε μια περιληπτική ανακεφαλαίωση των βασικών αρχών όπως τέθηκαν από την ITU-T στην σύσταση I.150.

- Το ATM θεωρείται ως μια εξειδικευμένη packet oriented τεχνική μετάδοσης βασισμένη σε πακέτα σταθερού μήκους (cells). Κάθε cell αποτελείται από το πεδίο πληροφορίας και την επικεφαλίδα η οποία είναι υπεύθυνη για τον καθορισμό του νοητού καναλιού (VC) και της κατάλληλης δρομολόγησης. Η ακολουθιακή ακεραιότητα των cells εξασφαλίζεται σε κάθε νοητό κανάλι.
- Το ATM είναι connection - oriented. Σε κάθε τμήμα της σύνδεσης, η τιμή που ανατίθεται στην επικεφαλίδα παραμένει σταθερή για όλη τη διάρκεια της σύνδεσης. Η σηματοδότηση και η πληροφορία που στέλνει ο χρήστης μεταδίδονται σε ξεχωριστά νοητά κανάλια.
- Το πεδίο πληροφορίας ενός ATM cell μεταφέρεται με διαφάνεια μέσα από το δίκτυο. Καμιά επεξεργασία όπως έλεγχος λαθών δε γίνεται σ' αυτό από το δίκτυο.
- Όλες οι υπηρεσίες (φωνή, video, δεδομένα...) μπορούν να μεταφερθούν μέσω του ATM, ακόμη και υπηρεσίες "χωρίς σύνδεση". Για να μπορεί να χρησιμοποιηθεί από διάφορες υπηρεσίες, του παρέχεται μια λειτουργία προσαρμογής για να μπορεί να ταιριάζει την πληροφορία όλων των υπηρεσιών στα ATM cells και να είναι έτσι σε θέση να παρέχει διάφορες διευκολύνσεις στις υπηρεσίες αυτές (π.χ. ανάκτηση ρολογιού, ανάκτηση χαμένων cells κ.λ.π.).

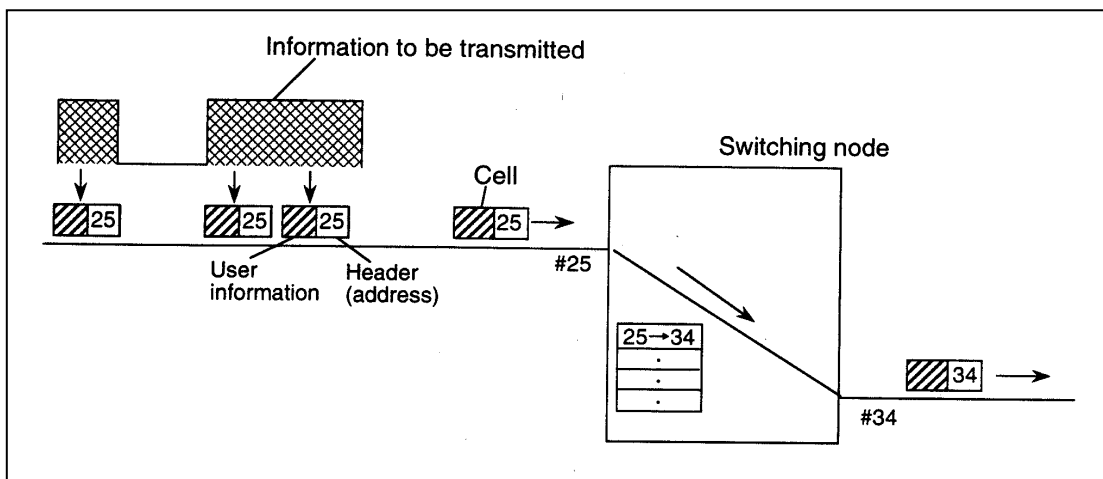
Μιας και η ATM είναι «connection-oriented» τεχνολογία δικτύου, έχουμε εγκατάσταση συνδέσεων για όλη την διάρκεια μιας κλήσης. Η εγκατάσταση αυτή περιλαμβάνει τη διάθεση ενός VCI (Virtual Channel Identifier) και/ή ενός VPI (Virtual Path Identifier) αλλά και τη διάθεση των απαιτούμενων πόρων (resources) για την πρόσβαση του χρήστη στο δίκτυο. Οι πόροι αυτοί συχνά εκφράζονται συναρτήσει του ρυθμού εξυπηρέτησης (throughput). Ο ρυθμός αυτός μπορεί να είναι αντικείμενο διαπραγματεύσεως μεταξύ χρήστη και δικτύου και θα επιβλέπεται από το δίκτυο για να διαπιστώνεται αν ο χρήστης τηρεί το ρυθμό αυτό που του επιτρέπει κατόπιν διαπραγματεύσεως. Η διαπραγμάτευση μεταξύ χρήστη και δικτύου για τη διάθεση των πόρων γίνεται από ένα ξεχωριστό νοητό κανάλι σηματοδοσίας.

Για την εγκατάσταση και την απόλυση ενός νοητού καναλιού σηματοδοσίας χρησιμοποιείται ένα ειδικό κανάλι μετα-σηματοδοσίας. Το κανάλι μετα-σηματοδοσίας μεταφέρεται μέσω ενός προανατεθειμένου VCI/VPI που καθορίζεται από τη διασύνδεση χρήστη-δικτύου (user-network interface). Η διαδικασία της μετασηματοδοσίας διαπραγματεύεται βασικά το VCI/VPI όπως και τον απαιτούμενο ρυθμό εξυπηρέτησης (throughput). Στη διασύνδεση χρήστη - δικτύου (User-Node Interface) ορίζονται επίσης άλλες προανατιθέμενες τιμές για τα cells που δεν έχουν παραχωρηθεί, για τα αδρανή (idle) cells, για τα cells γενικής εκπομπής σηματοδοσίας και για τα cells συντήρησης και λειτουργίας του φυσικού επιπέδου (OAM, operations and maintenance).

Όπως είχαμε δει και στο κεφάλαιο 2, υπάρχουν δύο ειδών συνδέσεις: **συνδέσεις νοητών καναλιών (VCC)** και **συνδέσεις νοητών διαδρομών (VPC)** όπου ένα VPC μπορεί να θεωρηθεί ως ένα σύνολο από VCC. Η μεταγωγή/πολύπλεξη πρέπει να γίνεται βάσει των VPI's και των VCI's, όπως φαίνεται στο σχήμα 3.2α και τα υπόλοιπα επεξηγηματικά σχήματα που ακολουθούν. Μια οντότητα (διακόπτης - switch) εκτελεί μόνο μια μεταγωγή VP ενώ άλλες εκτελούν VC μεταγωγή (στην ουσία εκτελούν και VC και VP μεταγωγή). Σε μερικές περιπτώσεις το κομμάτι της VP μεταγωγής μπορεί να είναι αδρανές οπότε έχουμε καθαρά VC μεταγωγή.



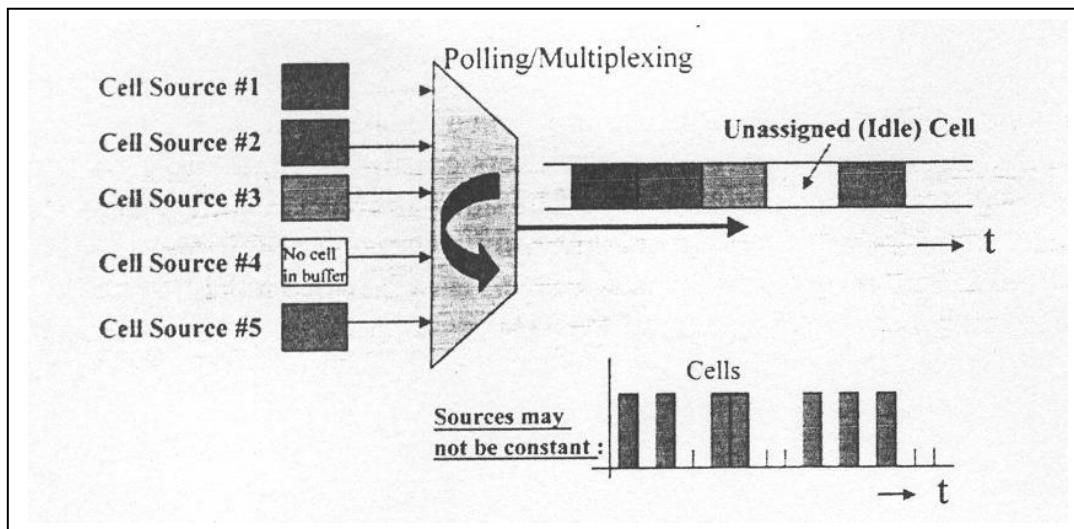
Σχήμα 3.2α Παράδειγμα ATM δικτύου



Σχήμα 3.2β Βασικά χαρακτηριστικά των δικτύων ATM

3.2.1. Διάταξη Πολυπλεξίας

Τα cells έρχονται από διάφορες πηγές με τυχαίο ρυθμό αλλά πάντα μεταξύ κάποιων ορίων. Όταν αυτά καταφτάσουν στον προορισμό τους, πρέπει να αναδιοργανωθούν σε μία συνεχή ροή. Στο σχήμα 3.2.1α φαίνεται μία διάταξη πολυπλεξίας ATM cells όπου πολυπλέκονται όλες οι εισερχόμενες πηγές (για απλοποίηση παρουσιάζονται μόνο πέντε από αυτές). Στη διάταξη υπάρχει ένας μηχανισμός ο οποίος ξεκινά να πολυπλέκει την πρώτη πηγή cell, μετά τη δεύτερη και ούτω καθεξής (*round robin mechanism*). Μόλις φτάσει στην τελευταία, η διαδικασία επαναλαμβάνεται. Στο σχήμα κάθε ορθογώνιο, στην είσοδο, αντιπροσωπεύει μία μονάδα προσωρινής αποθήκευσης (buffer) όπου αποθηκεύονται τα cells που έρχονται. Με την πολυπλεξία κάθε μονάδας προσωρινής αποθήκευσης, ένα cell μεταφέρεται στην έξοδο σε μία σειρά. Εάν όμως μία εισερχόμενη μονάδα προσωρινής αποθήκευσης δεν έχει cell, για παράδειγμα η μονάδα προσωρινής αποθήκευσης 4, τότε η διάταξη πολυπλεξίας δημιουργεί ένα αδρανές (idle) cell.

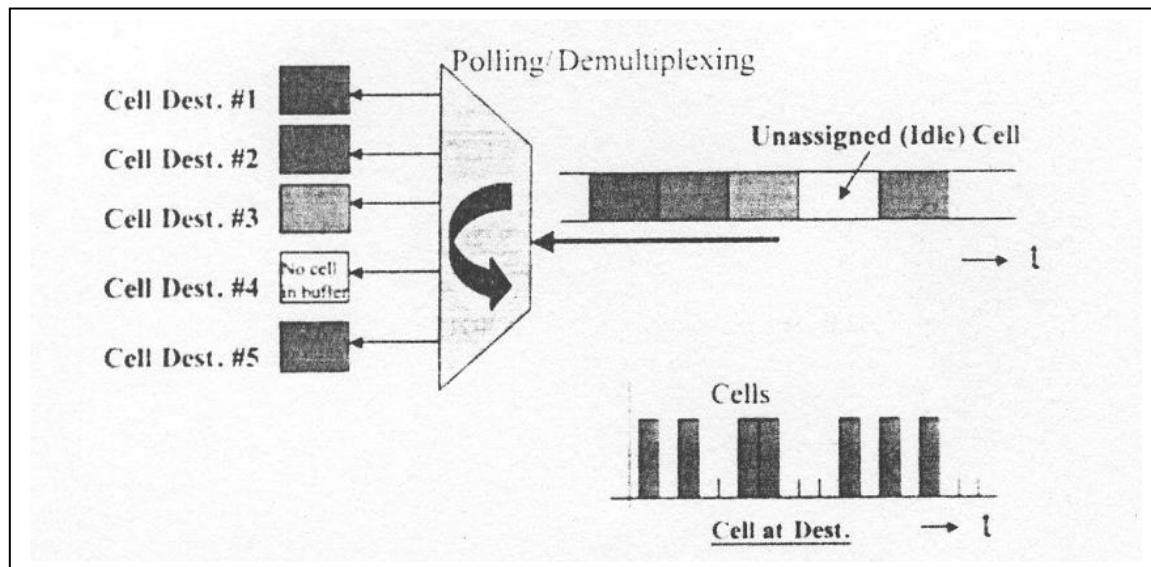


Σχήμα 3.2.1α Πολυπλεξία του ATM cell

Κατά την αντίθετη διεργασία, λαμβάνεται η συνεχής ροή των cells, η διάταξη απο-πολυπλεξίας συγχρονίζεται με αυτή, και τα cells αφού αποσπαστούν από τη ροή παραδίδονται στις αντίστοιχες μονάδες προσωρινής αποθήκευσης για τις οποίες προορίζονται (σχήμα 3.2.1β). Εάν ένα εισερχόμενο cell αναγνωριστεί ως αδρανές αποβάλλεται και η αντίστοιχη μονάδα

προσωρινής αποθήκευσης για την οποία προοριζόταν παραλείπεται, δηλαδή δεν εισάγονται δεδομένα μέσα σε αυτή. Η διαδικασία τότε συνεχίζεται στις επόμενες μονάδες.

Τέτοιες διατάξεις πολυπλεξίας ενός **NE (network element)** είναι απλές, είναι συγχρονισμένες με το σύστημα και εισάγουν στο cell μια πολύ μικρή επικεφαλίδα (overhead). Εάν η πολυπλεξία γίνεται χωρίς να διατηρείται η σειρά των cells με την οποία καταφτάνουν, στο σημείο υποδοχής πρέπει να προστεθεί μία ετικέτα (tag) σε κάθε cell. Η ετικέτα περιέχει τις απαραίτητες πληροφορίες ώστε τα cells να μεταφέρονται στη σωστή μονάδα προσωρινής αποθήκευσης και με την κατάλληλη σειρά. Επειδή όμως χρησιμοποιείται μόνο για τη δρομολόγηση των cells, αφαιρείται πριν τη μετάβαση αυτών στο δίκτυο.

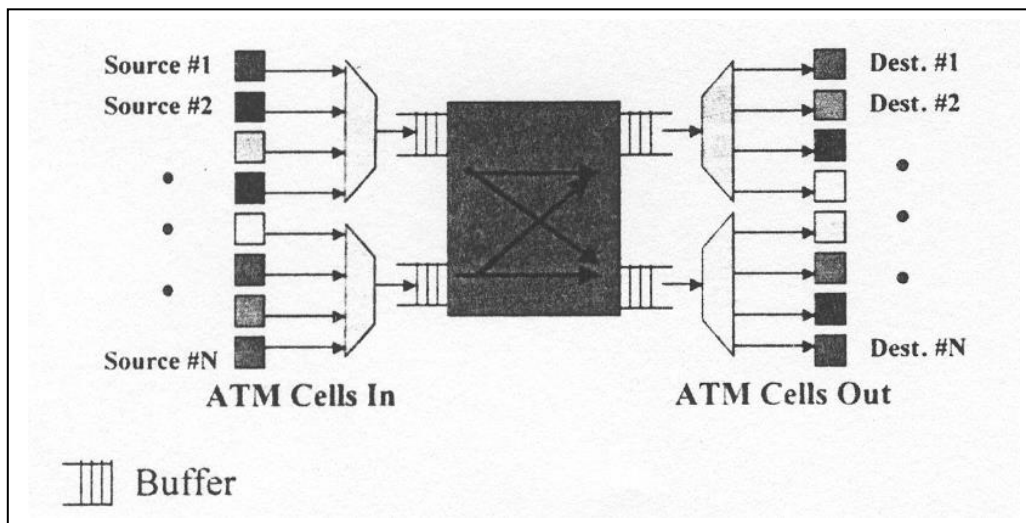


Σχήμα 3.2.1β Απο-πολυπλεξία του ATM cell

3.2.2. Μεταγωγή των ATM πακέτων (Cell Switching): Μοντέλο

Εδώ παρουσιάζονται τα cells από τις αρχικές τους πηγές στους τελικούς προορισμούς τους (σχήμα 3.2.2). Θεωρούμε όπως και πριν ότι πολλές πηγές πολυπλέκονται. Οι εξοδοί (outputs) των διατάξεων πολυπλεξίας απαρτίζουν τις εισόδους ενός διακόπτη. Ο διακόπτης δρομολογεί κάθε είσοδο (συνεχόμενη ροή από cells) σε μία από τις εξόδους που ενώνεται με μία διάταξη απο-πολυπλεξίας. Αυτή η μεταγωγή ονομάζεται μεταγωγή διαδρομής (path switching). Τελικά η συνεχόμενη ροή των cells απο-πολυπλέκεται και τα cells διανέμονται στους

προορισμούς τους. Παρατηρούμε ότι μεταξύ των διατάξεων πολυπλεξίας, απο-πολυπλεξίας και διακόπτη υπάρχουν μερικές μονάδες προσωρινής αποθήκευσης. Οι τελευταίες είναι προαιρετικές και δηλώνουν ότι ίσως χρειαστεί επιπλέον συγχρονισμός και/ή καθυστέρηση.



Σχήμα 3.2.2 Μοντέλο μεταγωγής των cells

Έστω ότι υπάρχουν πολλές πηγές οι οποίες έχουν πολυπλεχτεί. Υποθέτουμε ότι κάθε cell από κάθε πηγή μετάγεται (switched) ανεξάρτητα από τα άλλα και κατευθύνεται σε ένα διαφορετικό προορισμό. Για παράδειγμα, ένα cell από την πρώτη πηγή κατευθύνεται στον N-οστό προορισμό. Η μεταγωγή αυτή βασίζεται στη ζήτηση του καναλιού να συνδεθεί με ένα προορισμό και ονομάζεται μεταγωγή καναλιού (channel switching).

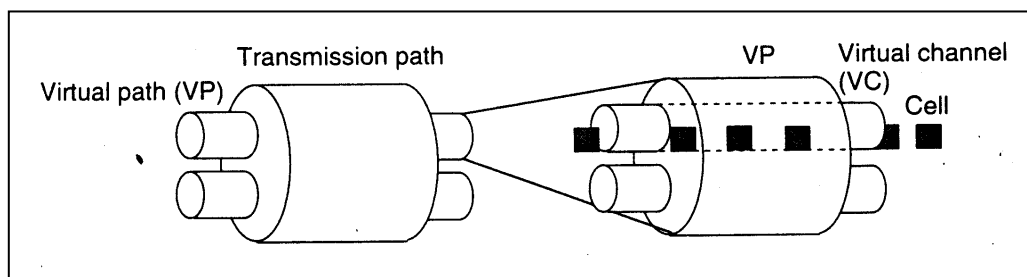
3.2.3. Νοητές διαδρομές και νοητά κανάλια

Θεωρούμε διάφορες πηγές (κανάλια) οι οποίες συγκλίνουν σε κάποιο σημείο στο δίκτυο. Επιπλέον, θεωρούμε ότι η κίνηση (traffic) των πηγών 'πακετάρεται - bundled' (πολυπλέκεται) σε έναν 'αγωγό - ripe' (συνεχόμενη ροή ή διαδρομή) και, από εκεί, το δίκτυο καθοδηγεί ολόκληρο τον αγωγό στον προορισμό του. Παρόλο που μία διαδρομή στο δίκτυο δεν παραμένει σταθερή αλλά ανακατευθύνεται, όλα τα πακεταρισμένα κανάλια φτάνουν στον προορισμό τους. Η διαδρομή που ακολουθούν λέγεται νοητή **VP (virtual path)** και ο

μηχανισμός μεταγωγής ενός ολόκληρου VP λέγεται μεταγωγή νοητής διαδρομής **VPS (virtual path switching)**.

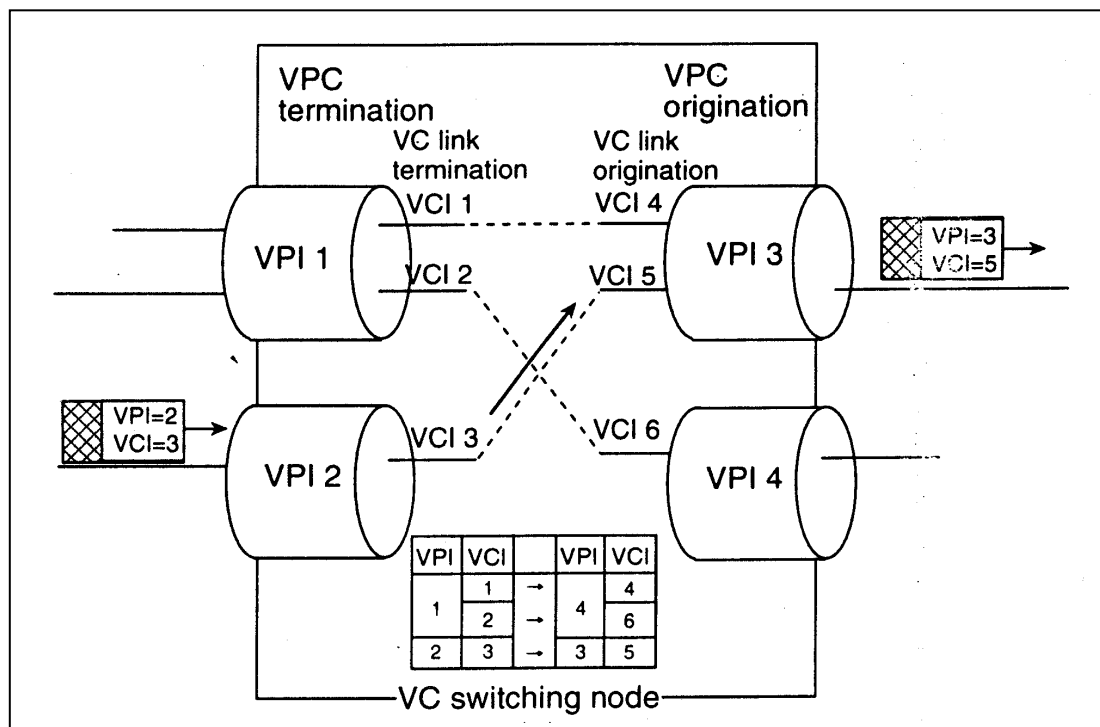
Πολλές πηγές ή κανάλια αναζητούν σύνδεση με συγκεκριμένους προορισμούς. Τα κανάλια όμως δεν είναι σταθερά σε κάθε σημείο στο δίκτυο (δε βρίσκονται στον ίδιο αγωγό σε κάθε σημείο μιας μοναδικής διαδρομής), αλλά σε μερικούς κόμβους μπορούν να αναπηδήσουν από ένα VP σε άλλο μέχρι να φτάσουν στον προορισμό τους. Αυτά λέγονται νοητά κανάλια **VCs (virtual channels)** και ο μηχανισμός μεταγωγής VCs λέγεται μεταγωγή νοητού καναλιού **VCS (virtual channel switching)**.

Το σχήμα 3.2.3α δείχνει το πακετάρισμα των VCs και VPs σε μεγαλύτερους αγωγούς οι οποίοι απαρτίζουν τη διαδρομή μετάδοσης (transmission path). Η τελευταία (παράδειγμα διαδρομής μετάδοσης είναι το φυσικό μέσο) είναι ικανή να μεταχειρίζεται πολλά VPs και σε κάθε VP πολλά VCs. Στο σχήμα παρουσιάζεται η ιεραρχία ενός δικτύου μεταφοράς ATM. Το ATM χρησιμοποιεί τα VPs και VCs υποστηρίζοντας τις διαδικασίες δρομολόγησης μεταξύ δύο άκρων.



Σχήμα 3.2.3α Ιεραρχία στο δίκτυο ATM

Το VC περιγράφει τη μονόδρομη επικοινωνιακή δυνατότητα που παρέχεται στα ATM cells. Η επικεφαλίδα κάθε cell περιέχει μία ετικέτα (label) που καθορίζει επακριβώς το VC στο οποίο ανήκει. Η ετικέτα αυτή περιλαμβάνει τον κωδικό αναγνώρισης νοητού καναλιού VCI (virtual channel identifier) και τον κωδικό αναγνώρισης νοητής διαδρομής VPI (virtual path identifier). Τόσο η τιμή του VPI όσο και η τιμή του VCI είναι απαραίτητες για τον καθορισμό κάθε νοητού κυκλώματος και αυτό γιατί οι τιμές του VCI, δε χρησιμοποιούνται σε μια μόνο VP αλλά σε περισσότερες. Κάθε φορά που ένα νοητό κανάλι μετάγεται, αποδίδεται μια συγκεκριμένη τιμή VCI. Οι τιμές VPI και VCI στην επικεφαλίδα ενός εισερχόμενου cell αλλάζουν σύμφωνα με τον πίνακα μετάφρασης του κόμβου μεταγωγής όπως φαίνεται και στο σχήμα 3.2.3β.

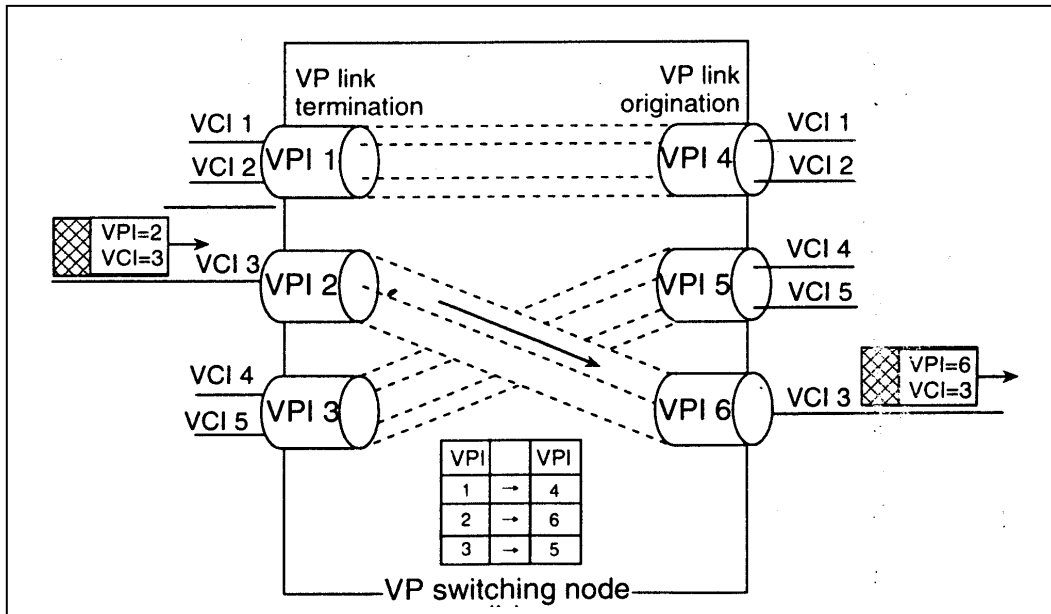


Σχήμα 3.2.3β Κόμβος μεταγωγής VC

Όταν το cell εξέρχεται, έχει πλέον νέες τιμές κωδικών αναγνώρισης. Ένας κόμβος μεταγωγής που λαμβάνει υπόψη του την τιμή του VCI ονομάζεται κόμβος μεταγωγής νοητών καναλιών (VC switching node) ή χειριστής νοητών καναλιών (VC handler).

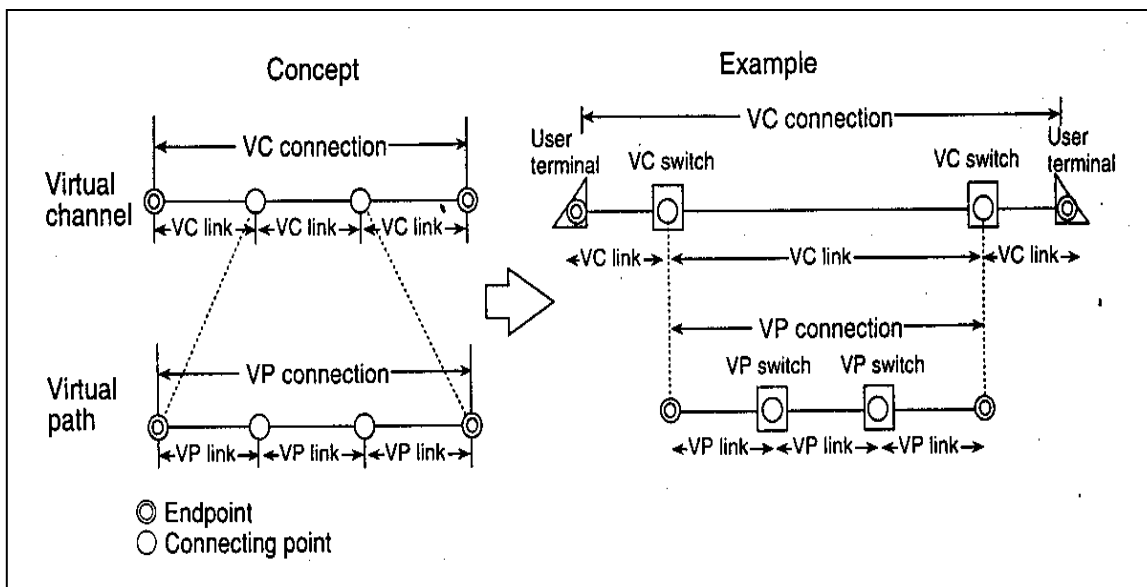
Η ζεύξη νοητού καναλιού **VCL (virtual channel link)** περιγράφει τη μονόδρομη επικοινωνιακή δυνατότητα μεταφοράς ATM cells μεταξύ δύο διαδοχικών οντοτήτων ATM, όπου μεταφράζεται η τιμή του VCI. Επομένως, το VCL ορίζεται μεταξύ δύο διαδοχικών κόμβων VCS ή μεταξύ ενός τερματικού ATM και ενός κόμβου VCS. Η αλληλουχία VCL σχηματίζει μια σύνδεση νοητού καναλιού VCC (virtual channel connection). Ως άκρο του VCC θεωρείται το σημείο ανταλλαγής, ανάμεσα στα επίπεδα ATM και προσαρμογής (AAL), του πεδίου πληροφορίας. Όταν τα cells μεταφέρονται μέσω ενός VCC διατηρούν τη σειρά τους.

Όπως προαναφέρθηκε, το VP μπορεί να θεωρηθεί ως ένας μεγάλος αγωγός μέσα στον οποίο υπάρχουν μικρότεροι. VCs που μοιράζονται το ίδιο VP έχουν την ίδια τιμή VPI. Κάθε φορά που ένα VP μέταγεται στο δίκτυο, αποδίδεται μια συγκεκριμένη τιμή VPI. Η τιμή αυτή αλλάζει σύμφωνα με τον πίνακα μετάφρασης του κόμβου μεταγωγής που φαίνεται στο σχήμα 3.2.3γ.



Σχήμα 3.2.3γ Κόμβος μεταγωγής VP (διασταυρούμενης σύνδεσης)

Ένας κόμβος μεταγωγής που λαμβάνει υπόψη του την τιμή VPI ονομάζεται κόμβος VP, ή χειριστής VP, ή κόμβος διασταυρούμενης σύνδεσης (cross connect).



Σχήμα 3.2.3δ Σχέση ιεραρχίας στο επίπεδο ATM

Η ζεύξη νοητής διαδρομής **VPL (virtual path link)** περιγράφει τη μονόδρομη επικοινωνιακή δυνατότητα μεταφοράς ATM cells μεταξύ δύο διαδοχικών οντοτήτων ATM, όπου μεταφράζεται η τιμή του VPI. Επομένως το VPL ορίζεται μεταξύ δύο διαδοχικών κόμβων VPS ή μεταξύ ενός τερματικού ATM και ενός κόμβου VCS ή μεταξύ δύο κόμβων VCS και VPS. Η αλληλουχία των VPL σχηματίζει μια σύνδεση νοητής διαδρομής VPC (virtual path connection). Ως άκρο της σύνδεσης VP θεωρείται το σημείο στο οποίο οι τιμές των VCIs δημιουργούνται, μεταφράζονται ή τερματίζουν. Τα ιεραρχικά επίπεδα δρομολόγησης μεταξύ τελικών ή/και ενδιάμεσων σημείων ενός ATM δικτύου με βάση τις τιμές VPI και VCI παρουσιάζονται στο σχήμα 3.2.3δ.

3.2.4. Νοητά κανάλια VC.

(α) Σύνδεση νοητού καναλιού VCC. Οι συνδέσεις που μπορούν να πραγματοποιηθούν με μια VCC είναι οι εξής:

Από χρήστη σε χρήστη: Οι πληροφορίες μεταφέρονται μέσα σε ATM cells από τις εγκαταστάσεις ενός χρήστη σε έναν άλλο.

Από χρήστη σε δίκτυο: Η VCC δημιουργείται μεταξύ των εγκαταστάσεων του χρήστη και του κόμβου του δικτύου και παρέχει πρόσβαση σε ένα NE.

Από δίκτυο σε δίκτυο: Η VCC εκτείνεται μεταξύ δυο κόμβων δικτύων. Αυτό περιλαμβάνει διαχείριση της κίνησης (traffic management) του δικτύου και πληροφορίες δρομολόγησης (routing).

(β) Ιδιότητες των VCC. Οι γενικές ιδιότητες των VCCs είναι:

(Ημι-)μόνιμες συνδέσεις: Οι VCCs μπορούν να συνδεθούν σε ημιμόνιμη ή μόνιμη βάση.

Ακεραιότητα διαδοχής των cells: Αυτό διατηρείται εντός του VCC.

Ποιότητα υπηρεσίας (QoS): Σε αυτό ειδικεύονται παράμετροι όπως η αναλογία χαμένων cells και η διακύμανση καθυστέρησης των cells.

Παράμετροι κίνησης (traffic parameters): Γίνεται διαπραγμάτευση μεταξύ χρήστη και δικτύου για κάθε VCC (για call-setup ή μόνιμη σύνδεση, ανάλογα με τη διάρκεια της σύμβασης).

3.2.5 Νοητές Διαδρομές

(α) **Συνδέσεις νοητών διαδρομών VPC.** Οι συνδέσεις που μπορούν να πραγματοποιηθούν με ένα VPC είναι οι εξής:

Από χρήση σε χρήση: Ο πελάτης μπορεί να χρησιμοποιήσει τα κανάλια της διαδρομής (τα οποία βρίσκονται σε παράλληλη δέσμη - bundle) για μείγμα εφαρμογών, υπό τον όρο ότι αυτό επιτρέπεται από τις παραμέτρους του διαδρόμου.

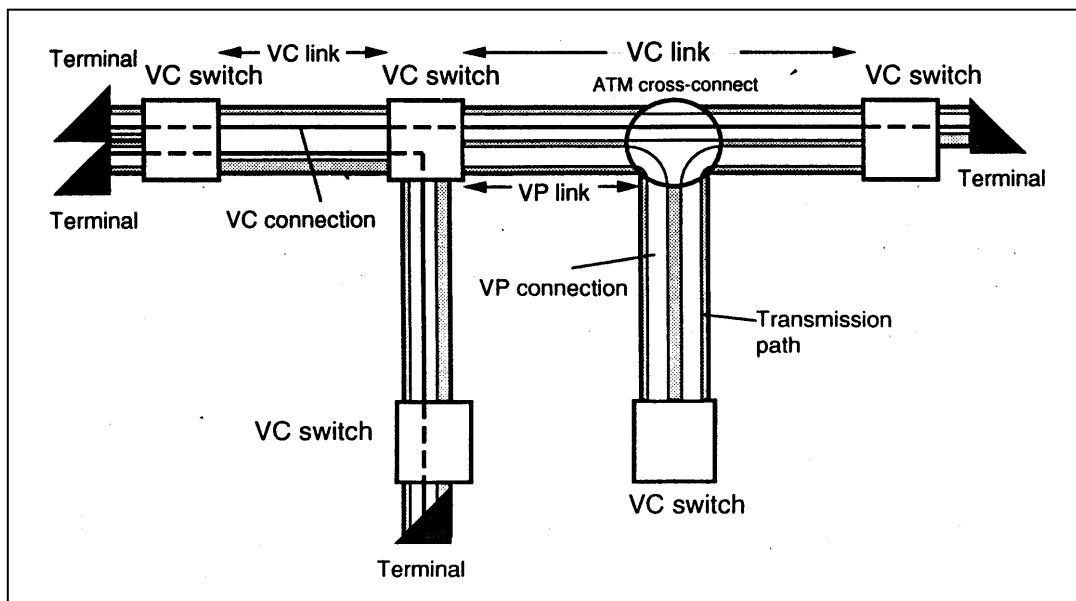
Από χρήση σε δίκτυο: Επιτρέπει στον πελάτη να έχει ξεχωριστές VPIs για ομάδες συνδέσεων οι οποίες θα δρομολογηθούν σε διαφορετικά δίκτυα ή παροχές υπηρεσιών.

Από δίκτυο σε δίκτυο: Παρέχει μια μόνιμη διαδρομή μεταξύ δυο κέντρων.

(β) Ιδιότητες νοητής διαδρομής

Έλεγχος της χρήσης παραμέτρων: Παρέχεται στις VPs και στα VCs. Παρόλα αυτά μερικά VCs μπορεί να φυλάσσονται μόνο για τη χρήση του δικτύου και να μη διατίθενται στο χρήστη.

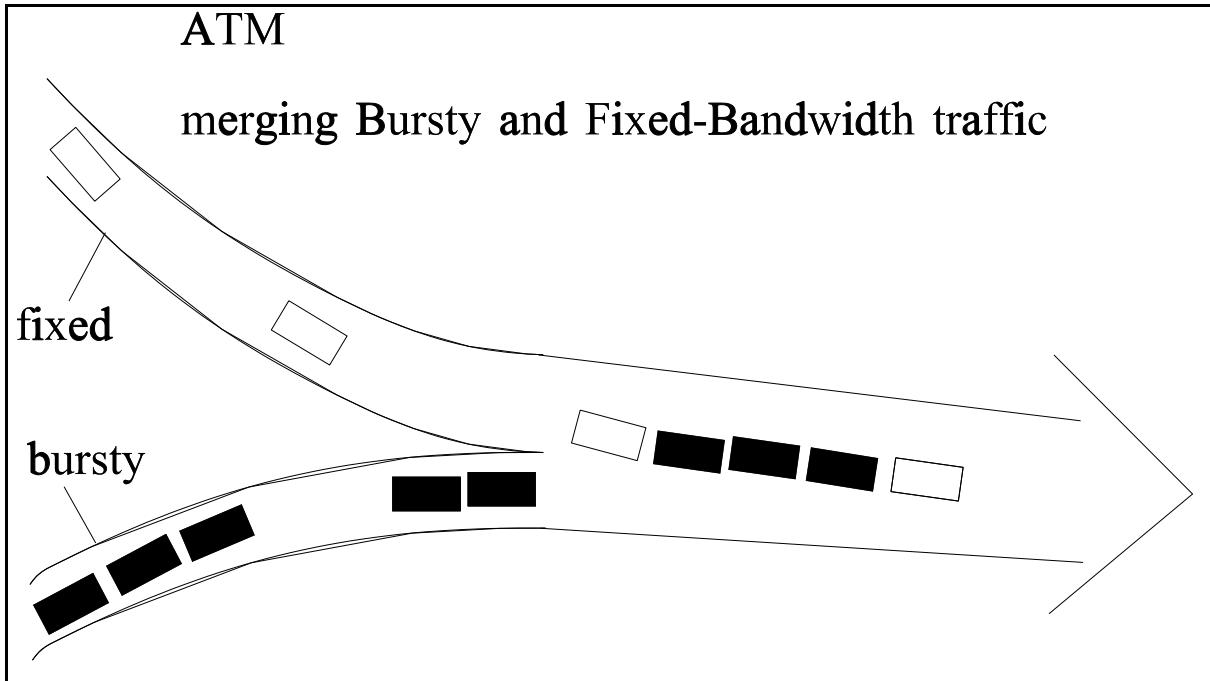
Παράμετροι κίνησης (traffic parameters): Διαπραγματεύονται μεταξύ χρήστη και δικτύου για κάθε VPC.



Σχήμα 3.2.4α Ζεύξη και σύνδεση VC/VP

VC	Ένα Virtual Channel είναι ένας γενικός όρος που χρησιμοποιείται για να περιγράψουμε τη δυνατότητα επικοινωνίας μέσω της μετάδοσης ATM cells.
VCI	Με τον Virtual Channel Identifier διακρίνουμε μια VC ζεύξη (VCL) σε μια συγκεκριμένη VP ζεύξη (VPL).
VCL	Μια Virtual Channel Link μας παρέχει τη δυνατότητα μετάδοσης ATM cells μεταξύ δύο γειτονικών ATM διακοπών, όπου μεταφράζεται η τιμή του VCI (VC διακόπτες).
VCC endpoint	Το Virtual Channel Connection endpoint είναι το σημείο εκείνο όπου η πληροφορία που μεταφέρει το ATM cell στο πεδίο πληροφορίας (payload) ανταλλάσσεται μεταξύ του επιπέδου ATM (ATM layer) και του επιπέδου ATM Adaptation (AAL).
VCC	Μια Virtual Channel Connection αποτελείται από διαδοχικές, συνεχόμενες VC ζεύξεις μεταξύ δύο VCC endpoints, ή, στην περίπτωση πολλαπλών συνδέσεων (point-to-multipoint), μεταξύ πολλών VCC endpoints.
VP	Ένα Virtual Path είναι ένας γενικός όρος για να δηλώσουμε μια ομάδα από VCL, που έχουν τα ίδια τελικά σημεία (endpoints), απαραίτητως.
VPI	Με τον Virtual Path Identifier διακρίνουμε μια ομάδα από VC ζεύξεις (VCL), σε ένα συγκεκριμένο σημείο αναφοράς, που μοιράζονται την ίδια VP ζεύξη (VPL).
VPL	Μια Virtual Path Link μας παρέχει την δυνατότητα μετάδοσης ATM cells μεταξύ δύο γειτονικών ATM διακοπών, όπου μεταφράζεται η τιμή του VPI (VP διακόπτες). Μια VP ζεύξη αρχίζει ή τελειώνει με την ανάθεση ή την αφαίρεση (αντιστοίχως) της τιμής του VPI.
VPC endpoint	Το Virtual Path Connection endpoint είναι το σημείο εκείνο όπου οι VCIs αρχίζουν, ή τελειώνουν, ή μεταφράζονται.
VPC	Μια Virtual Path Connection αποτελείται από διαδοχικές, συνεχόμενες VP ζεύξεις μεταξύ δύο VPC endpoints, ή, στην περίπτωση πολλαπλών συνδέσεων (point-to-multipoint), μεταξύ πολλών VPC endpoints.
VP cross-connect	Είναι ένα στοιχείο δικτύου που διασυνδέει VP ζεύξεις. Μεταφράζει μόνον τις τιμές του VPI και ελέγχεται από το management plane και όχι από το control plane.
VC cross-connect	Είναι ένα στοιχείο δικτύου που διασυνδέει VC ζεύξεις. Τερματίζει τις VPC και μεταφράζει τις τιμές του VCI. Ελέγχεται από το management plane και όχι από το control plane.
VP-VC cross-connect	Είναι ένα στοιχείο δικτύου που δρα και ως VP cross-connect και ως VC cross-connect. Ελέγχεται από το management plane και όχι από το control plane.
VP switch	Είναι ένα στοιχείο δικτύου που διασυνδέει VP ζεύξεις. Μεταφράζει μόνον τις τιμές του VPI και ελέγχεται από το control plane.
VC switch	Είναι ένα στοιχείο δικτύου που διασυνδέει VC ζεύξεις. Τερματίζει τις VPC και μεταφράζει τις τιμές του VCI. Ελέγχεται από το control plane.
VP-VC switch	Είναι ένα στοιχείο δικτύου που δρα και ως VP διακόπτης και ως VC διακόπτης. Ελέγχεται από το control plane.

Πίνακας 3.2.4 Ορισμοί των VC/VP



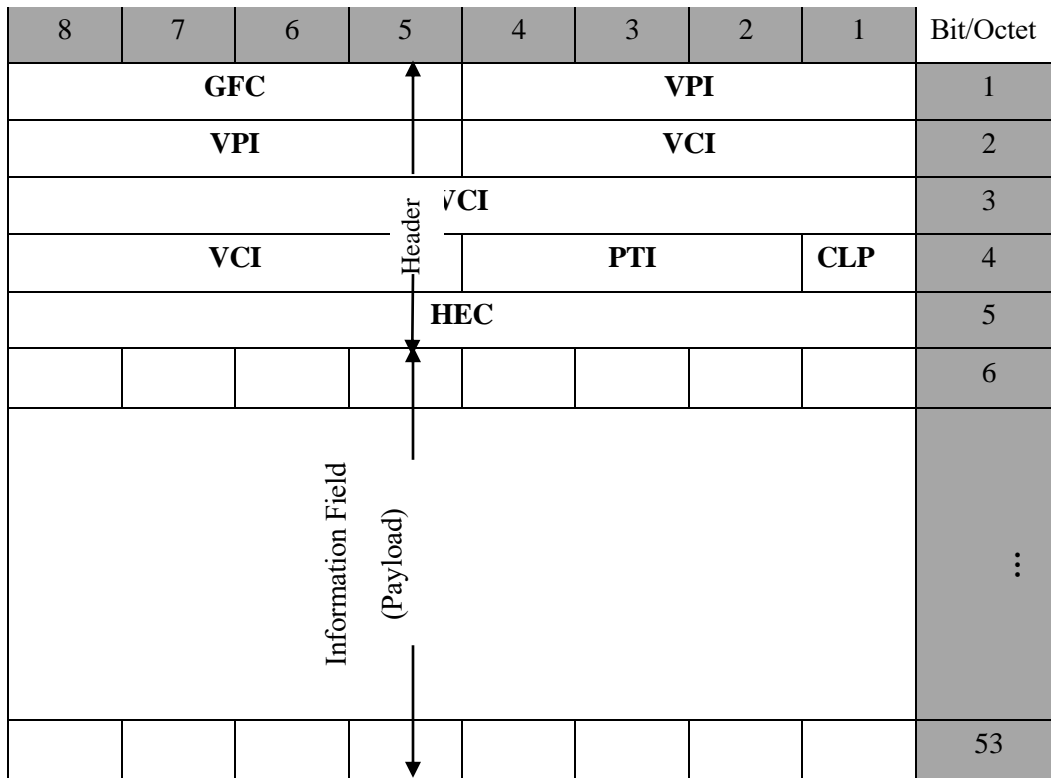
Σχήμα 3.2.4β Βασική ιδέα της ATM μετάδοσης

3.2.6 Η δομή της επικεφαλίδας των ATM cells

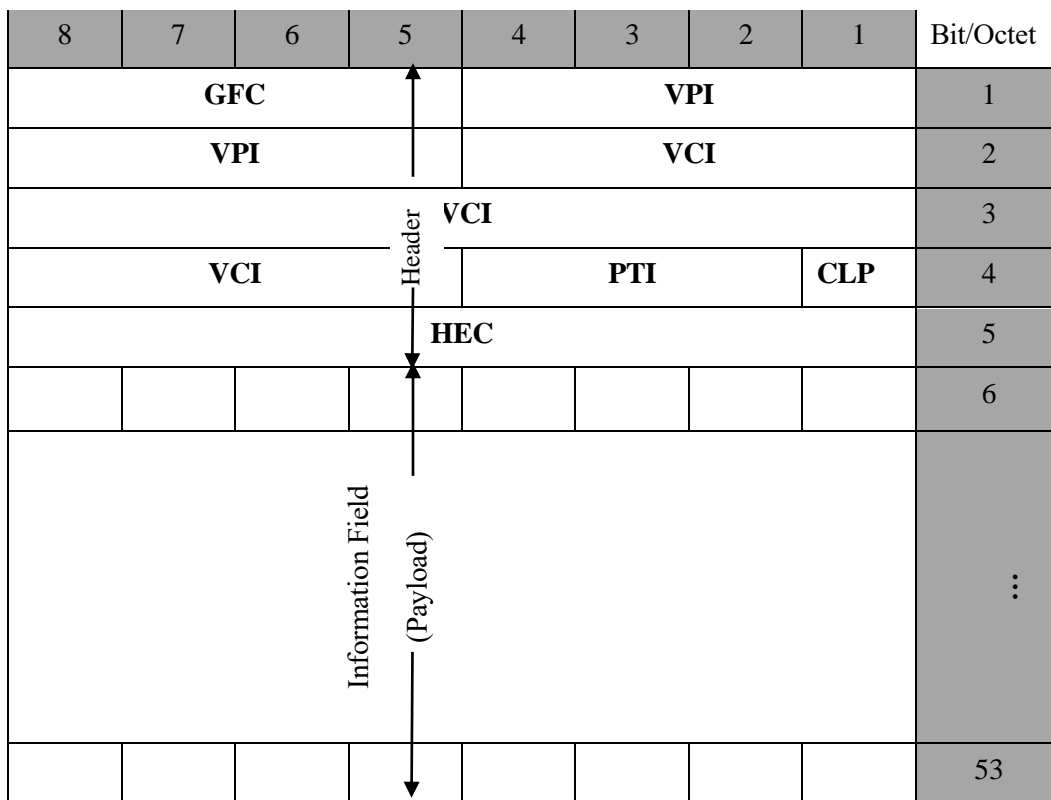
Η επικεφαλίδα των ATM cells αποτελείται από 5 οκτάδες (5 bytes). Το περιεχόμενό της, το οποίο συνδέεται με το πεδίο πληροφοριών και όλα μαζί οικοδομούν ένα cell, μεταβάλλεται κατά τη μεταφορά μέσα στο δίκτυο από ένα στοιχείο σε ένα άλλο. Επίσης μεταβάλλεται και ο ορισμός της επικεφαλίδας του δικτύου ATM. Υπάρχουν δύο τυποποιημένες δομές για τα ATM cells, που αναφέρονται στη διεπαφή χρήστη-δικτύου UNI (user-network interface) και δικτύου-δικτύου NNI (network-to-network ή network-node interface).

Η δομή της επικεφαλίδας στην περίπτωση UNI διαχωρίζεται σε έξι πεδία. Τα 4 πρώτα bits προσδιορίζονται για γενικό έλεγχο ροής **GFC (generic flow control)**, τα επόμενα 8 bits για τον κωδικό αναγνώρισης διαδρομής **VPI**, τα επόμενα 16 bits για τον κωδικό αναγνώρισης καναλιού, τα επόμενα 3 bits για τον τύπο του πεδίου πληροφορίας **PT (payload type)**, 1bit για την προτεραιότητα απώλειας cells **CLP (cell loss priority)**, και η τελευταία οκτάδα για τον έλεγχο σφαλμάτων της επικεφαλίδας **HEC (head error check)**.

Στην περίπτωση NNI, η δομή της επικεφαλίδας είναι ίδια με την UNI με δύο εξαιρέσεις. Πρώτον, δεν υπάρχει το GFC και δεύτερον το πεδίο του VPI έχει αυξηθεί σε 12 bits.



(α) Δομή του ATM cell στη διεπαφή χρήστη-δικτύου (UNI)



(β) Δομή του ATM cell στη διεπαφή κόμβου-δικτύου (NNI)

Σχήμα 3.2.5 Δομή του ATM πακέτου (cell)

Τα διάφορα πεδία της επικεφαλίδας περιγράφονται στη συνέχεια:

1. GFC: Αποτελείται από 4 bits. Χρησιμοποιείται στο UNI για να βοηθήσει το δίκτυο του πελάτη να ελέγχει τη ροή των cells, όχι όμως και τη ροή της κίνησης. Δηλαδή, επιτρέπει σε έναν πολυπλέκτη να ελέγξει το ρυθμό ενός τερματικού ATM. Το GFC δεν μεταφέρεται διαμέσου του δικτύου.
2. VPI/VCI: Τα δύο πεδία (24 bits) αποτελούν το λεγόμενο πεδίο δρομολόγησης. Η δρομολόγηση ενός cell γίνεται σύμφωνα με τις τιμές των πεδίων VPI και VCI, που υπάρχουν στην επικεφαλίδα. Η διαδικασία δρομολόγησης περιλαμβάνει τη μετάφραση της τιμής VPI στους VPS και τη μετάφραση τόσο του VPI όσο και του VCI στους VCS. Σύμφωνα με τον αριθμό των bits των δύο πεδίων, το πεδίο VCI με τα 16 bits παρέχει τη δυνατότητα υποστήριξης 2^{16} VC σε ένα VP, 2^8 VP σε ένα UNI και 2^{12} VP σε ένα NNI. Ορισμένες τιμές έχουν κρατηθεί για ειδικές χρήσεις. Οι κωδικοί VPI και VCI έχουν μόνο τοπική σημασία και καθορίζουν τον προορισμό.
3. CLP: Ένα δίκτυο ATM είναι σε θέση να μεταδίδει υπηρεσίες **μεταβλητού ρυθμού μετάδοσης (VBR)**. Θα ήταν ενδιαφέρον αν για μερικές VBR υπηρεσίες το δίκτυο εγγυούταν ένα ελάχιστο όριο χωρητικότητας. Έτσι σε περίπτωση συμφόρησης του δικτύου, το δίκτυο θα μπορούσε να απορρίψει μερικά cells χωρίς αυτή η ενέργεια να έχει οποιαδήποτε επίπτωση στην απαιτούμενη ποιότητα μετάδοσης. Για το λόγο αυτό η CCITT υιοθέτησε μια λύση δυο προτεραιοτήτων σε μια νοητή σύνδεση: υψηλή προτεραιότητα (CLP = 0) για cells εντός του διαπραγματεύσιμου ρυθμού εξυπηρέτησης και χαμηλή προτεραιότητα γι' αυτά που μπορεί να απορριφθούν ανάλογα με την κατάσταση του δικτύου. Για το CLP αφιερώνεται ένα bit στην επικεφαλίδα. Σημαντικό είναι το ότι η ακεραιότητα της διαδοχής των cells σε μια νοητή σύνδεση δεν παραβιάζεται έστω και αν πρόκειται για cells διαφορετικών προτεραιοτήτων.
4. PTI: Αναγνωρίζει τον τύπο του πεδίου πληροφοριών (PT), δηλαδή καθορίζει κατά πόσο το συγκεκριμένο cell μεταφέρει πληροφορίες του ενός χρήστη προς τον άλλο (στην περίπτωση αυτή η τιμή του πεδίου είναι 00) ή αν μεταφέρει ειδικές πληροφορίες που προορίζονται για το ίδιο το δίκτυο. Στην περίπτωση που η πληροφορία αφορά το δίκτυο, ένα κομμάτι του πεδίου πληροφορίας αντιπροσωπεύει το συγκεκριμένο τμήμα του δικτύου στο οποίο απευθύνεται το υπόλοιπο της πληροφορίας. Στην παρούσα φάση αποτελείται από 2bits, αλλά στο άμεσο μέλλον θα επεκταθεί σε 3 με την προσθήκη ενός πεδίου RES (reserved) που έχει κρατηθεί. Η διαδικασία της χρέωσης εξυπηρετείται επίσης από αυτό το πεδίο.

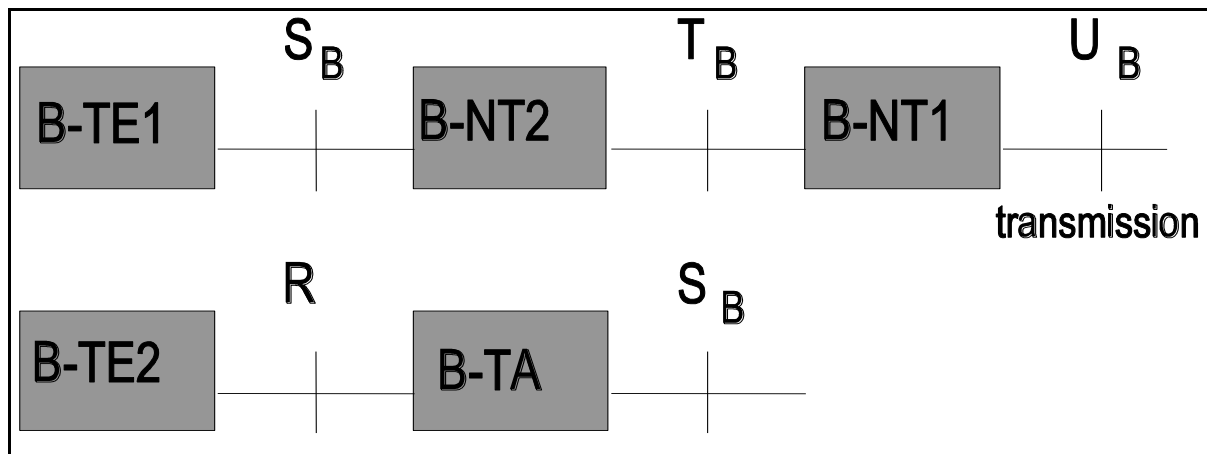
5. HEC: Επειδή ο ρόλος της επικεφαλίδας είναι ιδιαίτερα κρίσιμος στην όλη διαδικασία, υπάρχει αυτό το ιδιαίτερο πεδίο (8 bits) που διορθώνει τυχόν λάθη της. Σε αντίθεση με την επικεφαλίδα, το πεδίο πληροφορίας δεν υπόκειται σε διαδικασία ελέγχου και διόρθωσης λαθών. Το έργο αυτό ανατίθεται σε ανωτέρα στρώματα.

3.3 Διαμόρφωση B-ISDN Αναφοράς (B-ISDN Reference Configuration)

- * "Reference Configuration" είναι η λογική διάταξη λειτουργικών ομάδων (functional groups) και σημείων αναφοράς (reference points).
- * Λειτουργική ομάδα είναι το σύνολο των λειτουργιών για τη μεταφορά πληροφορίας ανάμεσα στον τελικό χρήστη (end-user) και στο δίκτυο (interexchange network).
- * Σημείο αναφοράς είναι μια ιδεατή διαχωριστική γραμμή (ή ιδεατό σημείο) μεταξύ δύο μη επικαλυπτόμενων λειτουργικών ομάδων.

Τα σημεία αναφοράς είναι ένα πρακτικό εργαλείο για τον εύκολο ορισμό της σύνδεσης δυο διαφορετικών οντοτήτων του δικτύου όπως και για τον ορισμό των λειτουργιών της κάθε μιας οντότητας.

Τα σημεία αναφοράς που χρησιμοποιήθηκαν στο B-ISDN για τη διασύνδεση χρήστη-δικτύου προέκυψαν από αυτά του N-ISDN όπως περιγράφονται στη σύσταση I.411 της ITU-T.



Σχήμα 3.3 Διαμόρφωση αναφοράς B-ISDN

Τα σημεία αναφοράς που υιοθετήθηκαν από την ITU-T περιγράφονται στο σχήμα 3.3. Τα σημεία αναφοράς R, S, T και U όπως ορίζονται για τον N-ISDN ισχύουν και στην περίπτωση B-ISDN όπως επίσης ισχύουν και οι λειτουργικές ομάδες **B-NT1**, **B-NT2 (Broadband Network Termination 1 or 2)**, **B-TE1**, **B-TE2 (Broadband Terminal Equipment 1 or 2)** και **B-TA (Broadband Terminal Adaptor)**. Έχει αποφασιστεί από την CCITT ότι μόνο οι διασυνδέσεις στα σημεία S_B και T_B θα τυποποιηθούν.

3.3.1 Σημεία Αναφοράς

Το σημείο αναφοράς R προσδιορίζει ένα μη-B-ISDN interface, μεταξύ μιας μη "standard" συσκευής χρηστού και του προσαρμοστού της συσκευής.

Το σημείο αναφοράς T_B ξεχωρίζει τις συσκευές που ανήκουν στο δίκτυο από τις προσωπικές συσκευές των χρηστών.

Το σημείο αναφοράς S_B αντιστοιχεί στο interface των επί μέρους B-ISDN τερματικών και διαχωρίζει τις συσκευές των χρηστών από τις λειτουργίες επικοινωνίας που σχετίζονται αποκλειστικά με το δίκτυο.

Η λειτουργική ομάδα B-NT2 ενδεχομένως να υποστηρίζει πολλά B-TE1.

Το σημείο αναφοράς U_B ορίζει τη διασύνδεση (interface) μεταξύ των συστημάτων μετάδοσης και B-NT1.

Στις μέχρι τώρα διαθέσιμες συστάσεις της ITU-T τα βασικά χαρακτηριστικά των S_B και T_B διασυνδέσεων καθορίζονται στα 155,520 Mbit/s. Αυτά τα 155,52 Mbit/s είναι ο φυσικός ρυθμός μετάδοσης που παρέχεται και στις δύο διασυνδέσεις. Ανάλογα με τη δόμηση του φυσικού συρμού bit/cell η CCITT άφησε ελεύθερες δύο επιλογές: η μια βασίζεται στα ATM cells και η άλλη στην **SDH (Synchronous Digital Hierarchy)**.

Η διασύνδεση T_B εδραιώνεται (υλοποιείται) από σημείο σε σημείο (point-to-point interface), που σημαίνει ότι πομπός και δέκτης πάνε πάντα ανά ζεύγη (δηλαδή οι λειτουργικές ομάδες B-NT2 και B-NT1 εμφανίζονται πάντα ως ζεύγος). Στα πιο υψηλά επίπεδα προβλέπεται μια λογική σύνδεση από ένα σημείο σε πολλά σημεία (point-to-multipoint) η οποία όμως είναι υπό μελέτη από την ITU-T.

Τα ίδια ισχύουν και για τη διασύνδεση S_B . Οι προτάσεις που έχει κάνει η ITU-T για τις δυο αυτές διασυνδέσεις έχουν πάρα πολλά κοινά αλλά όπως είπαμε το θέμα αυτό είναι υπό μελέτη.

Ο ορισμός των S_B και T_B για ρυθμούς μεγαλύτερους των 155,520 Mbit/s είναι ανοιχτός από την πλευρά της ITU-T.

3.3.2 Λειτουργικές Ομάδες

Οτιδήποτε συνδέεται στο άκρο της γραμμής B-ISDN στο χώρο του πελάτη, ονομάζεται 'τερματικός εξοπλισμός'. Αυτός ο εξοπλισμός χωρίζεται σε τέσσερις κύριες λειτουργικές ομάδες:

- Τερματικός εξοπλισμός ευρείας ζώνης κατηγορίας 1 B-TE1 (broadband terminal equipment 1).
- Τερματικός εξοπλισμός ευρείας ζώνης κατηγορίας 2 B-TE2 (broadband terminal equipment 2).
- Τερματικός προσαρμογέας ευρείας ζώνης B-TA (broadband terminal adaptor).
- Τερματισμός δικτύου ευρείας ζώνης B-NT (broadband network termination).

Η CCITT δεν έχει ακόμη παρουσιάσει πλήρεις περιγραφές για όλες τις λειτουργικές ομάδες. Ωστόσο μπορούμε να περιγράψουμε τις κύριες κατευθύνσεις στις οποίες θα κινηθούν οι ορισμοί αυτοί.

Η λειτουργική ομάδα B-NT συμπεριλαμβάνει τον τερματισμό του κυκλώματος μετάδοσης στην πλευρά του δικτύου (U-interface) και τον τερματισμό του κυκλώματος μετάδοσης στη συνδρομητική πλευρά (S-interface). Για τη διαμόρφωση της βασικής πρόσβασης το NT επίσης τροφοδοτεί με ισχύ τις τηλεφωνικές συσκευές.

Υπάρχει σε δύο τύπους:

B-NT1: Εκτελεί τις λειτουργίες που αφορούν στο στρώμα 1 του μοντέλου OSI. Μερικές από αυτές είναι τροφοδοσία ισχύος, τερματισμός της γραμμής μετάδοσης και πολυπλεξία στρώματος 1 στη συνδρομητική πλευρά της ψηφιακής συνδρομητικής γραμμής, διαχείριση συνδέσεων και λειτουργίες OAM.

B-NT2: Χειρίζεται λειτουργίες των στρωμάτων 2 και 3 του μοντέλου OSI. Περιλαμβάνει λειτουργίες μεταξύ των οποίων είναι πολύπλεξη και απο-πολύπλεξη της κίνησης, επιτήρηση του εύρους ζώνης (bandwidth enforcement), μεταγωγή (switching) εσωτερικών συνδέσεων, χειρισμό των πρωτοκόλλων σηματοδότησης (signalling) και μεταγωγής ώστε να προσφέρει εσωτερική επικοινωνία ή προσαρμογή στη φυσική διαμόρφωση, "buffering" και διάθεση των μέσων του δικτύου (resource allocation).

Γενικότερα, το B-NT1 χρησιμοποιείται σε όλες τις συνδέσεις Βασικής Πρόσβασης, ενώ στις περιπτώσεις που υπάρχει ανάγκη για χρησιμοποίηση περισσότερων καναλιών από τα 2B+D (περισσότερες από μια BRI) χρησιμοποιείται και πρόσθετος τερματισμός δικτύου το B-NT2. Κατά

κανόνα το B-NT2 είναι ενσωματωμένο στην κάρτα υποδοχής ενός B-ISDN συνδρομητικού κέντρου, ή ενός τοπικού δικτύου H/Y (LAN).

Για παράδειγμα, υπάρχουν διάφορα είδη NT1s τα οποία διακρίνονται από πρόσθετες δυνατότητες που έχουν. Έτσι:

- Υπάρχει το απλό NT1 το οποίο διαθέτει δυο ή τρεις υποδοχές σύνδεσης ISDN τερματικών. Στα σημεία αυτά συνδέουμε μεμονωμένες συσκευές, ή Παθητική Αρτηρία (Passive Bus). Τέτοια NTs κατασκευάζονται από εταιρείες όπως ERICSSON, SIEMENS, BOSCH, QUANTE, INTRAKOM κ.α.
- Υπάρχει το NT1+ το οποίο διαθέτει ενσωματωμένο τερματικό προσαρμογέα (terminal adapter) και εκτός των υποδοχών για ISDN συσκευές, διαθέτει και δυο (συνήθως) υποδοχές για σύνδεση μη ISDN συσκευών (αναλογικές τηλεφωνικές συσκευές, FAX κ.τ.λ.) οι οποίες λέγονται P.O.T. (Plain Old Telephony). Τέτοια NT1+s κατασκευάζονται από διάφορες εταιρείες όπως AETHRA, SPACELLAS, BOSCH, INTRAKOM κ.α.
- Υπάρχει επίσης ISDN Router ο οποίος έχει ενσωματωμένο NT1 καθώς και Τερματικό Προσαρμογέα.
- Τέλος υπάρχει ένα νέο στην Ελλάδα προϊόν, το οποίο συνδυάζει λειτουργίες NT1, NT1+ καθώς και λειτουργίες ISDN Modem (ειδικός T.A. κατάλληλος για PC). Το προϊόν αυτό είναι το 'NETMOD' και κατασκευάζεται από την εταιρεία INTRAKOM. Συγκεκριμένα πρόκειται για ένα NT1+ το οποίο διαθέτει Σειριακή Πόρτα (RS 232 UART 16550) μέσω της οποίας μπορεί να συνδεθεί H/Y και να μεταφέρει δεδομένα με ταχύτητα που φτάνει τα 115 Kbit/s.

Οι τερματικοί προσαρμογείς ευρείας ζώνης B-TA είναι διατάξεις οι οποίες προσαρμόζουν αναλογικού τύπου συσκευές στο S-interface του B-ISDN. Υπάρχουν διάφορα είδη TA:

- TA κατάλληλοι για προσαρμογή αναλογικών τηλεφωνικών συσκευών ή συσκευών FAX.
- TA κατάλληλοι για προσαρμογή H/Y ώστε να δοθεί σε αυτούς η πρόσβαση στην B-ISDN γραμμή.

Οι TA υπάρχουν σαν αυτόνομες διατάξεις, ή είναι ενσωματωμένες σε άλλες διατάξεις. Έτσι μπορεί να είναι ενσωματωμένοι στο NT1 οπότε στην περίπτωση αυτή προσαρμόζουν τηλεφωνικές συσκευές αναλογικού τύπου ή FAX. Επίσης μπορεί να είναι ενσωματωμένοι σε ISDN ROUTERS. Και σε αυτή την περίπτωση προσαρμόζουν αναλογικές τηλεφωνικές συσκευές ή FAX.

Αυτοί οι ΤΑ, για παράδειγμα, διαθέτουν δυο, τέσσερις ή οκτώ υποδοχές για τη σύνδεση των αναλογικών συσκευών. Υπάρχουν ΤΑ με τέσσερις ή περισσότερες υποδοχές που ενσωματώνουν και λειτουργίες Συνδρομητικών Κέντρων.

Οι ΤΑ υπάρχουν και σε κάρτες για Η/Υ (PC) οπότε τοποθετούνται μέσα στον Η/Υ (σε ISA ή PCI SLOT) και στην περίπτωση αυτή δίνουν τη δυνατότητα μέσω κατάλληλου Software να χρησιμοποιηθεί ο Η/Υ τόσο για μεταφορά δεδομένων όσο και για τηλεφωνικές υπηρεσίες (TELES, PICTURETEL, ELSA, EICON κ.λ.π.).

Τέλος υπάρχουν ΤΑ κατάλληλοι για σύνδεση φορητού Η/Υ (Note Book) μέσω PCI-CIA κάρτας.

Οι ΤΑ (εξωτερικού τύπου), οι οποίοι χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση Η/Υ λέγονται και ISDN Modems.

Η λειτουργική ομάδα B-TE1 τερματίζει την "standard" B-ISDN διασύνδεση των χρηστών (user interface) και τερματίζει όλα τα πρωτόκολλα από τα χαμηλά στρώματα προς τα υψηλά.

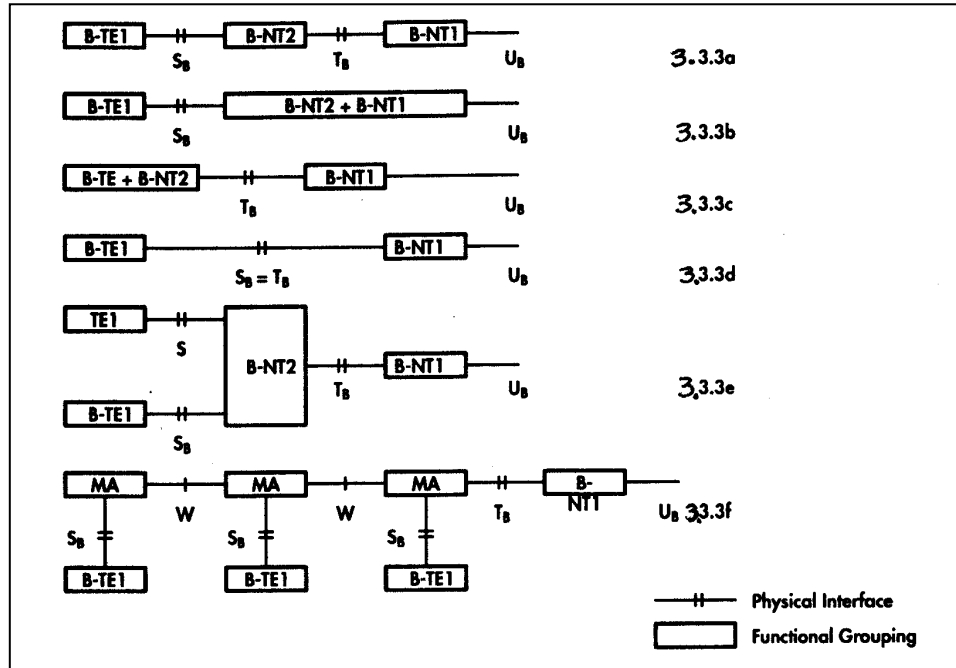
Η λειτουργική ομάδα B-TE2 (Broadband Terminal Equipment 2) χρησιμοποιείται για όλα τα υπάρχοντα μη "standard" B-ISDN interfaces. Τέτοιες συσκευές απαιτούν "Terminal Adapters (TAs)" για να συνδεθούν στα B-ISDN interfaces.

3.3.3 Παραδείγματα διαμόρφωσης B-ISDN αναφοράς

Όπως έχει περιγραφεί, τα σημεία αναφοράς μπορεί να υλοποιηθούν με πολλούς διαφορετικούς τρόπους. Μερικά παραδείγματα υλοποίησης του κομματιού χρήστη-δικτύου φαίνονται στο σχήμα 3.3.3.

Στο πρώτο παράδειγμα (σχ. 3.3.3a) και οι δυο διασυνδέσεις S_B και T_B υλοποιούνται με φυσικά μέσα και απορρέουν και οι δύο από την οντότητα B-NT2. Το παράδειγμα αυτό διαφέρει από το δεύτερο παράδειγμα (σχ. 3.3.3b), όπου εδώ μόνο η διασύνδεση S_B υλοποιείται με φυσικά μέσα, ενώ οι οντότητες B-NT2 και B-NT1 γίνονται ένα. Στο σχ. 3.3.3c μόνο η διασύνδεση T_B υλοποιείται με αποτέλεσμα τον συνδυασμό B-TE και B-NT2 σε μια οντότητα. Στο σχ. 3.3.3d οι S_B και T_B συμπίπτουν γι' αυτό και είναι οι ίδιες. Δεν έχουμε υλοποίηση της B-NT2 στην πλευρά του καταναλωτή. Στο σχ. 3.3.3e οι διασυνδέσεις μεταξύ τερματικών και B-NT1 γίνονται με S_B και S (για N-ISDN) διασυνδέσεις πάνω σε ένα κεντρικό B-NT2. Το B-NT2 μπορεί επίσης να διαμοιραστεί, προκαλώντας την πιθανή διάταξη του σχ. 3.3.3f. Τα **MA (Medium Adaptor)** παρέχουν ένα μηχανισμό πρόσβασης μέσου ο οποίος εξασφαλίζει την πρόσβαση όλων των τερματικών στο δίκτυο. Τα MA εξαρτώνται από την τοπολογία γι' αυτό και δε θα τυποποιηθούν

από την CCITT. Στο παράδειγμα αυτό οι διασυνδέσεις W μπορεί να εξαρτώνται από την τοπολογία και να μην είναι τυποποιημένες. Σε άλλες εφαρμογές μπορεί να έχουμε λύσεις στις οποίες οι διασυνδέσεις W και S_B να είναι οι ίδιες.



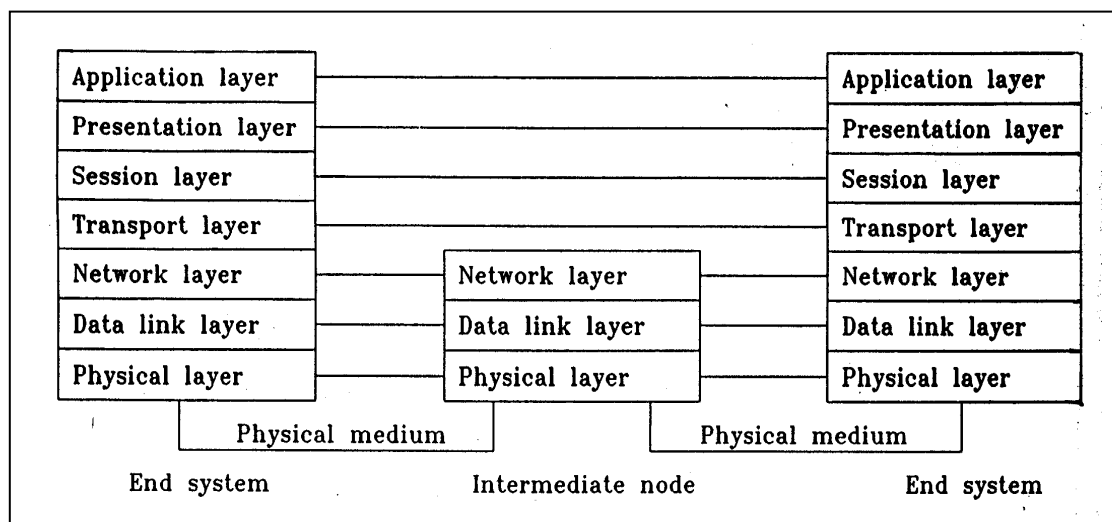
Σχήμα 3.3.3 Παραδείγματα Διαμόρφωσης B-ISDN αναφοράς

3.4.1. Μοντέλο αναφοράς του OSI

Το μοντέλο αναφοράς OSI (Open System Interconnection) που καθιερώθηκε από τον ISO (**I**nternational **S**tandards **O**rganization), με επτά στρώματα (layers), καθορίζει τη διαδικασία και βασικά χαρακτηριστικά μέσων, μεταφοράς μιας πληροφορίας από ένα χρήστη σε έναν άλλο έτσι ώστε να μεταφερθεί χωρίς να αλλοιωθεί.

Στο σχήμα 3.4.1 φαίνονται τα διάφορα στρώματα που περνάει μια πληροφορία από τη στιγμή που στέλνεται από ένα χρήστη σε έναν άλλο. Η αρχική πληροφορία εισάγεται από το χρήστη στο τερματικό προς αποστολή σε έναν άλλο χρήστη με τον οποίο έχει ήδη συνδεθεί. Η πληροφορία παραλαμβάνεται από το στρώμα 7 και στη συνέχεια ακολουθεί την πορεία προς το στρώμα 6, 5, 4 κ.ο.κ. μέχρι να φτάσει στο φυσικό μέσο μεταφοράς από όπου φτάνει στον άλλο χρήστη. Εκεί ακολουθεί αντίστροφη πορεία δηλ. εισάγεται στο στρώμα 1, από εκεί στο 2 κ.ο.κ. μέχρι να φτάσει στον παραλήπτη μέσα από το στρώμα 7 οπότε και παραδίδεται στη μορφή που

είχε όταν εστάλη. Καθώς διατρέχει τα στρώματα στο τερματικό του αποστολέα, υφίσταται μια επεξεργασία κατά την οποία κάθε στρώμα προσθέτει και ένα δικό του τμήμα και έτσι φτάνοντας στο στρώμα 1 έχουν προστεθεί 7 πρόσθετα τμήματα. Σε αυτή τη μορφή μεταφέρεται μέσα από το δίκτυο στον παραλήπτη όπου εφαρμόζεται αντίστροφη διαδικασία. Δηλ. σε κάθε στρώμα αφαιρείται το τμήμα εκείνο το οποίο προστέθηκε από το αντίστοιχο στρώμα στο τερματικό του αποστολέα. Τελικά η πληροφορία βγαίνει από το στρώμα 7 στη μορφή ακριβώς που είχε εισαχθεί στο αντίστοιχο στρώμα από τον αποστολέα. Η διαδικασία πρόσθεσης και αφαίρεσης τμημάτων στα διάφορα στρώματα του μοντέλου OSI, γίνεται με βάση συγκεκριμένα πρωτόκολλα τα οποία είναι διαφορετικά από στρώμα σε στρώμα, αλλά απολύτως αντίστοιχα.



Σχήμα 3.4.1 Αρχιτεκτονική στρωμάτων

Από μελέτες όμως που έχουν γίνει έχει διαπιστωθεί ότι τελικά δεν είναι απαραίτητα και τα επτά στρώματα αλλά μόνο τα πέντε. Το φυσικό και το στρώμα εφαρμογής (physical, application layers) χρειάζονται διότι διαμορφώνουν την αρχή και το τέλος του πρωτοκόλλου. Στο στρώμα δεδομένων (data link layer) βρίσκονται οι λεπτομέρειες του φυσικού στρώματος καθώς επίσης και η τοπολογία της τοπικής ζεύξης (local link to topology). Επειδή η τεχνολογία κάθε ζεύξης διαφέρει, το στρώμα αυτό πακετάρει όλες τις λεπτομέρειες που έχουν να κάνουν με ζεύξεις, απομονώνοντας τα ανώτερα στρώματα από τέτοιου είδους πληροφορίες. Οπότε και το στρώμα δεδομένων είναι χρήσιμο.

Προκειμένου να πραγματοποιηθεί μια επικοινωνία λαμβάνουν χώρα μηχανισμοί end-to-end και hop-by-hop. Για παράδειγμα, ο έλεγχος ροής γίνεται με end-to-end, ενώ η δρομολόγηση

με hop-by-hop. Ο διαχωρισμός αυτός είναι και η αιτία ύπαρξης των στρωμάτων μεταφοράς και δικτύου (transport, network layers) αντίστοιχα.

Όσον αφορά τέλος τα στρώματα συνόδου και παρουσίασης (session, presentation layers) αυτά είναι μάλλον περιττά, διότι αν και παρέχουν ορισμένα χρήσιμα χαρακτηριστικά, αυτά μπορούν κάλλιστα να παραχθούν από το στρώμα εφαρμογής με λίγη επιπλέον δουλειά. Αυτός είναι και ο λόγος που σπάνια υπάρχουν στα σύγχρονα δίκτυα και δεν έχουν ακόμη τυποποιηθεί.

3.4.2. Γενικό μοντέλο πρωτοκόλλου αναφοράς (Protocol Reference Model - PRM)

1. Σκοπός

Σκοπός του PRM είναι να σχηματίσει ένα μοντέλο όπου θα παρουσιάζονται οι διάφορες συνδέσεις του δικτύου και ο τρόπος ανταλλαγής πληροφοριών (συμπεριλαμβανομένου πληροφοριές χρήστη και ελέγχου) προς, διαμέσου, ή μέσα στο δίκτυο.

2. Σχέση με το Μοντέλο Αναφοράς του OSI

- Τόσο το (B-)ISDN PRM όσο και το OSI RM οργανώνουν τις διάφορες λειτουργίες των επικοινωνιών σε επίπεδα και περιγράφουν τη σχέση αυτών με σεβασμό το ένα προς το άλλο.
- Το (B-)ISDN PRM δίνει ένα μοντέλο το οποίο περιλαμβάνει τη ροή των πληροφοριών για όλο το φάσμα των τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών. Αυτή η περιγραφή ενσωματώνει τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του (B-)ISDN τα οποία δεν αντιμετωπίζονται από άλλους τύπους δικτύων (π.χ. τύπους επικοινωνιών πολλαπλών υπηρεσιών που περιλαμβάνουν φωνή, εικόνα, επικοινωνίες δεδομένων και πολλαπλών μέσων).
- Το OSI RM δε συνδέεται με ένα συγκεκριμένο τύπο δικτύου, γι' αυτό, είναι περισσότερο γενικό από το (B-)ISDN. Επειδή όμως ασχολείται με επικοινωνίες δεδομένων (data communications), τελικά είναι πιο εξειδικευμένο από το (B-)ISDN PRM.

Και τα δύο μοντέλα συνυπάρχουν και αλληλοκαλύπτονται (overlap), δεδομένου ότι ο OSI χρησιμοποιείται για τη μοντελοποίηση της επικοινωνίας δεδομένων μεταξύ ανοιχτών συστημάτων σε ένα περιβάλλον (B-)ISDN.

3. Επίπεδα ελέγχου και χρήση (Control and User planes): Επίπεδο-C και Επίπεδο-U

Δημιουργείται ένας διαχωρισμός μεταξύ των πληροφοριών ελέγχου και χρήστη, λόγω υποστήριξης της σηματοδότησης εκτός-ζώνης (out-of-band) και της δυνατότητας ενεργοποίησης συμπληρωματικών υπηρεσιών κατά τη διάρκεια μιας κλήσης.

- Το σκεπτικό που οδήγησε σε πρωτόκολλα εντός του επιπέδου-U είναι η μεταφορά πληροφοριών μεταξύ των χρηστών, όπου, για παράδειγμα, μεταδίδονται πληροφορίες φωνής και δεδομένων σε ψηφιακή μορφή.

- Το σκεπτικό που οδήγησε σε πρωτόκολλα εντός του επιπέδου-C είναι η μεταφορά πληροφοριών για τον έλεγχο συνδέσεων του επιπέδου-U, π.χ.:

- γίνεται έλεγχος μιας σύνδεσης δικτύου (ελέγχεται εάν η σύνδεση είναι κατειλημμένη ή διαθέσιμη προς χρήση),
- ελέγχεται η χρήση μιας σύνδεσης δικτύου η οποία είναι κατειλημμένη (π.χ. αλλαγή των χαρακτηριστικών της υπηρεσίας κατά τη διάρκεια μιας κλήσης),
- παρέχονται συμπληρωματικές υπηρεσίες.

Όσον αφορά τις πληροφορίες του χρήστη, οποιαδήποτε πληροφορία η οποία, σε μια σύνδεση, ελέγχει τις ανταλλαγές δεδομένων και δε μεταβάλλει την κατάσταση της σύνδεσης (π.χ. έλεγχος ροής), αναφέρεται στο επίπεδο-U. Όλες οι πληροφορίες ελέγχου που περιλαμβάνουν πηγές διανομής/αποδιανομής από το (B-)ISDN αναφέρονται στο επίπεδο-C.

4. Τοπική και Γενική σημαντικότητα (*local and global significance*)

Λόγω της ενοποίησης των τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών, η παροχή ευκολιών εξαρτάται από το εάν η υπάρχουσα οντότητα είναι γειτονική ή απομονωμένη: διάφορες υπηρεσίες, οι οποίες πιθανόν να χρησιμοποιούν διαφορετικά δρομολόγια (routes), ίσως χρειάζονται και τον ανάλογο εφοδιασμό. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι μια τηλεπικοινωνιακή υπηρεσία, που μπορεί να υποστηριχτεί από διάφορες δυνατότητες δικτύων, (π.χ. μια τηλεματική υπηρεσία που υποστηρίζεται είτε από κύκλωμα είτε από δέσμη (packet)), ή μια σύνδεση ISDN που στηρίζεται σε συστατικά βασικής σύνδεσης (π.χ. αναλογικά και ψηφιακά κυκλώματα για μια σύνδεση ομιλίας). Συνεπώς, οι πληροφορίες ελέγχου που χειρίζεται μια οντότητα αφορούν:

- μια γειτονική λειτουργική οντότητα - τοπική σημαντικότητα
- μια απομονωμένη λειτουργική οντότητα - γενική σημαντικότητα

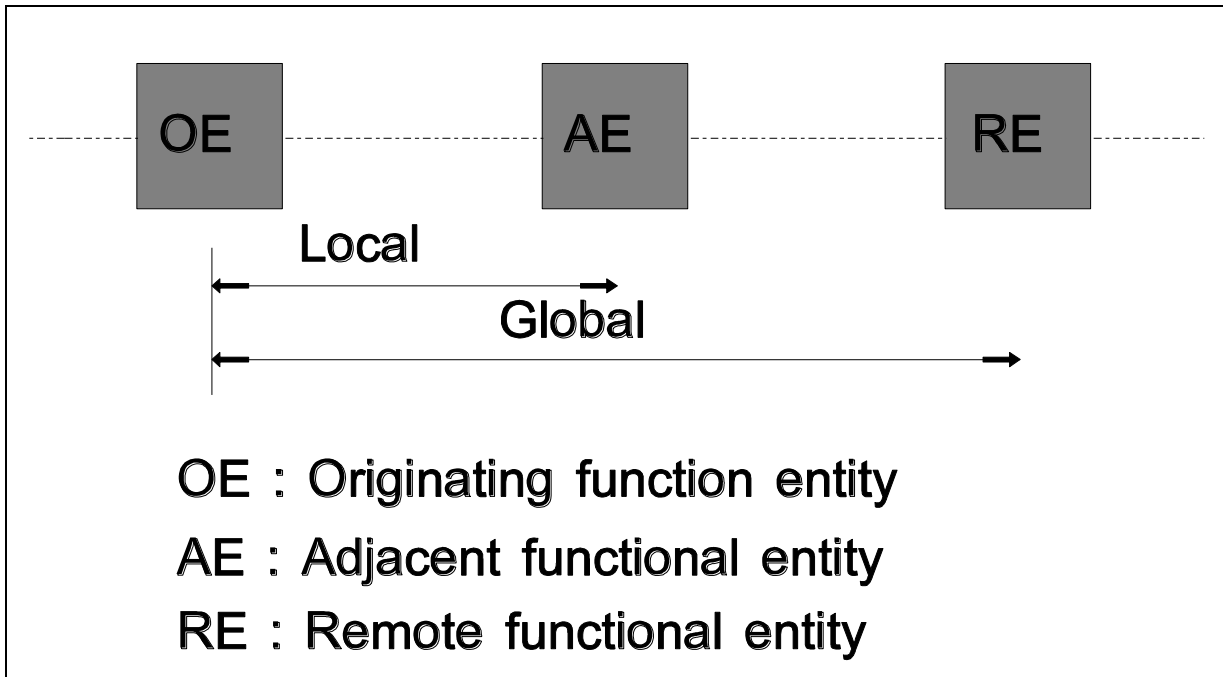
Η σημαντικότητα απευθύνεται μόνο σε πληροφορίες επιπέδου-C.

Από την πλευρά του χρήστη, έχουμε ως παράδειγμα:

- Τη συνολική υπηρεσία που παρέχεται στους χρήστες η οποία έχει γενική σημαντικότητα,
- Τον έλεγχο των πηγών που χρησιμοποιούνται στη διασύνδεση χρήστη - δικτύου ο οποίος έχει τοπική σημαντικότητα.

Και, από την πλευρά του δικτύου, έχουμε:

- Τη συνολική υπηρεσία που παρέχεται από συνδέσεις τύπου (B-)ISDN η οποία έχει γενική σημαντικότητα.
- Τη χρησιμοποίηση στοιχείων σύνδεσης η οποία έχει τοπική σημαντικότητα.



Σχήμα 3.4.2α Η έννοια της σημαντικότητας (significance)

Οι συμπληρωματικές υπηρεσίες, ανάλογα με τις απαιτήσεις λειτουργίας τους, συνδέονται είτε με την τοπική είτε με τη γενική σημαντικότητα:

- η τελειοποίηση τηλεφωνικών κλήσεων προς συνδρομητές των οποίων το τηλέφωνο είναι κατειλημμένο CCBS (completion of calls to busy subscribers) ή η σηματοδότηση από χρήστη σε χρήστη UUS (user-to-user signalling) έχουν γενική σημαντικότητα,
- η αναμονή κλήσης έχει τοπική σημαντικότητα.

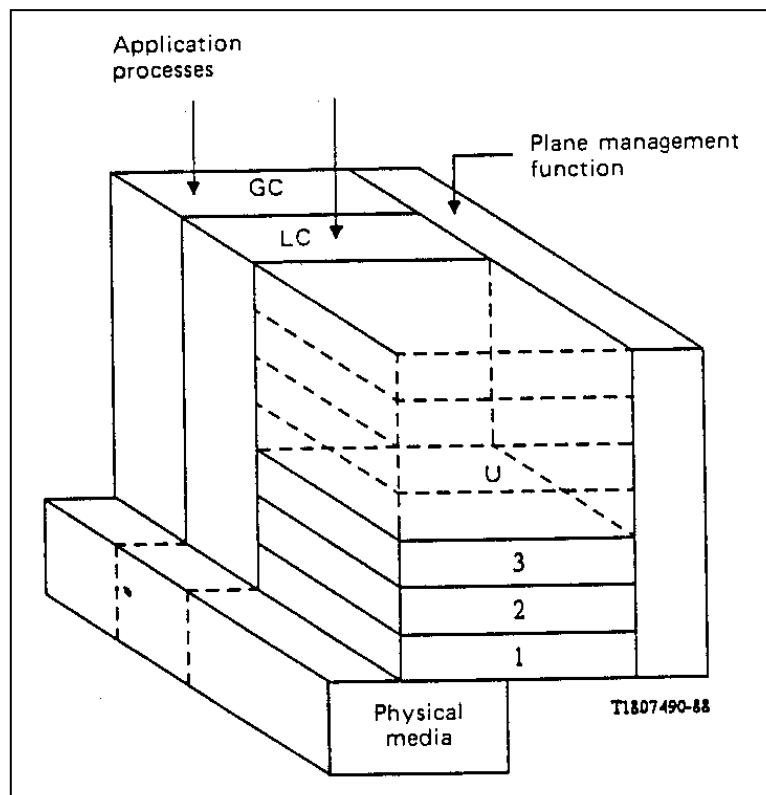
Οι γενικές πληροφορίες χωρίζονται σε τρεις τάξεις:

- οι πληροφορίες μεταφέρονται χωρίς να αλλοιώνονται,
- οι πληροφορίες παρόλο που υφίστανται μια επεξεργασία, παραμένουν ανέπαφες (π.χ. τηλεϋπηρεσίες),

γ) οι πληροφορίες μεταβάλλονται (π.χ. ο αριθμός προορισμού σε σχέση με το freephone ή οι συμπληρωματικές υπηρεσίες προώθησης κλήσης).

5. Μοντέλο Γενικής Χρήσης

Το (B-)ISDN PRM αναπαρίσταται από ένα σύστημα το οποίο ενσωματώνει τις αρχές του στρώματος (layer), της σημαντικότητας και του επιπέδου. Ένα τέτοιο σύστημα πρωτοκόλλου χρησιμοποιείται για να περιγράψει διάφορα στοιχεία στις εγκαταστάσεις (B-)ISDN του χρήστη και του δικτύου, π.χ. τερματικός εξοπλισμός TE (terminal equipment), IS-PBX τερματισμός δικτύου NT (network termination), τερματισμός ανταλλαγής ET (exchange termination), σημείο σηματοδότησης SP (signaling point) κ.τ.λ.



Σχήμα 3.4.2β Κύβος πρωτοκόλλου γενικής χρήσης

Τα τμήματα του μοντέλου είναι:

- α) Φυσικό επίπεδο (Physical layer)
- β) Επίπεδο-C (εμπεριέχει ένα σύνολο πρωτοκόλλων 7 επιπέδων)

Επίπεδο τοπικού ελέγχου **LC (Local Control plane)** & Επίπεδο γενικού ελέγχου **GC (Global Control plane)**

- γ) Επίπεδο-U
- δ) Επίπεδο διαχείρισης λειτουργίας. Αυτό απαιτείται προκειμένου να επιτευχθεί συντονισμός μεταξύ των δραστηριοτήτων στα διάφορα επίπεδα. Παραδείγματα διαχείρισης τέτοιων επιπέδων είναι τα εξής:
- Η απόφαση κατά πόσο μια εισερχόμενη πληροφορία σχετίζεται με το επίπεδο LC ή GC.
 - Η άδεια για επικοινωνία μεταξύ των επιπέδων C και U, με σκοπό το συγχρονισμό.

Παρατηρήσεις

- 1) Το επίπεδο διαχείρισης λειτουργίας δεν πρέπει να συγχυστεί με το σύστημα διαχείρισης που αναφέρεται στη διαχείριση OSI.
- 2) Μερικά επίπεδα μπορεί να είναι άδεια (αυτά δεν παρέχουν καμιά λειτουργικότητα). Είναι πιθανόν, για παράδειγμα, τις απαιτήσεις του επιπέδου-LC να μην τις εξυπηρετούν και τα επτά επίπεδα, χωρίς όμως αυτό να σημαίνει ότι οι οντότητες που έχουν επικοινωνία με αυτό το επίπεδο δεν είναι οντότητες του εφαρμοζόμενου επιπέδου.
- 3) Ένα στοιχείο (στις εγκαταστάσεις του δικτύου ή του χρήστη) δεν χρειάζεται, σε όλες τις περιπτώσεις, να στηρίζει τα πρωτόκολλα των επιπέδων LC, GC και U: μερικά πρωτόκολλα μπορεί να αγνοούν ένα ή και δύο από τα επίπεδα. Για παράδειγμα, ένα κέντρο υπηρεσίας δικτύου που παραχωρεί μια συμπληρωματική υπηρεσία (π.χ. freephone) θα ασχοληθεί μόνο με το επίπεδο-LC, και θα αγνοήσει εντελώς τα άλλα δύο.
- 4) Ένα στοιχείο δικτύου - στην περίπτωση που παρέχει μια λειτουργία ενός υψηλού επιπέδου HLF (high layer function) - δε θα στηρίξει κανένα πρωτόκολλο επιπέδου-U πάνω από το επίπεδο 3.

6. B-ISDN PRM MODEL

Διακρίνομε τα εξής τμήματα:

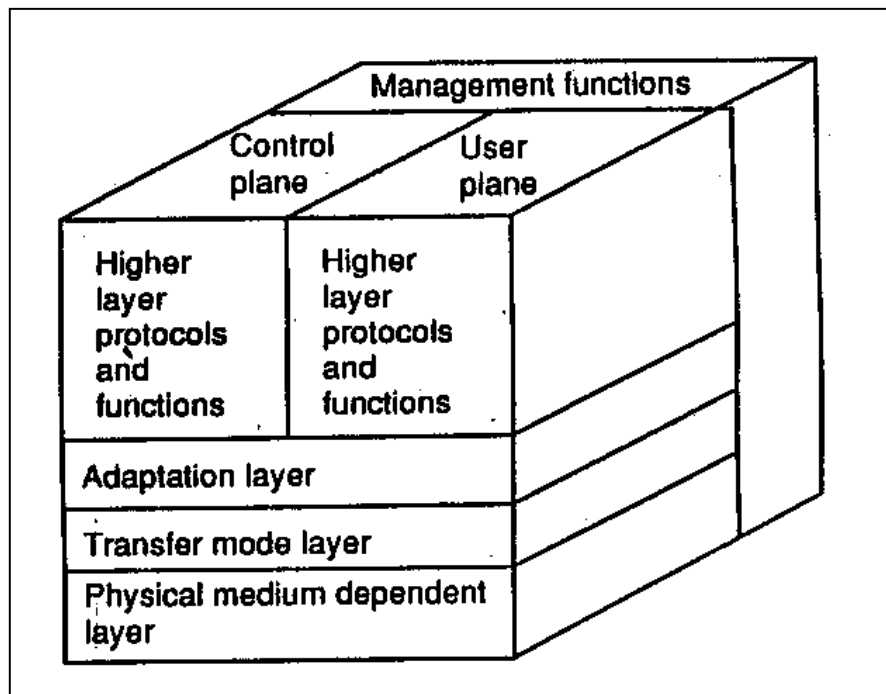
- α) Στρώμα φυσικού μέσου (physical layer)
Το στρώμα του φυσικού μέσου που συνιστά το δίκτυο. Οι υπηρεσίες που προσφέρονται σ' αυτό το στρώμα περιλαμβάνουν: "bit timing", προδιαγραφές για "jitter" και "wander", ρολόι δικτύου και μέγιστος ρυθμός "bit-error".
- β) Επίπεδο Ελέγχου (C-plane)

Το επίπεδο ελέγχου υποστηρίζει τον έλεγχο των συνδέσεων (connection control) με λειτουργίες αποκατάστασης (connection set-up) ή απελευθέρωσης (release) των συνδέσεων.

γ) Επίπεδο Χρηστών (U-plane)

Μόλις αποκατασταθεί η σύνδεση, τα δεδομένα του χρήστη μεταδίδονται, χρησιμοποιώντας κάποιο από τα πρωτόκολλα του U-plane.

Και τα δύο επίπεδα (C και U) χρησιμοποιούν κατώτερα στρώματα για τη μετάδοση των μηνυμάτων και των δεδομένων, αντιστοίχως.



Σχήμα 3.4.2γ Μοντέλο B-ISDN πρωτοκόλλου αναφοράς

δ) Στρώμα τρόπου μεταφοράς (transfer mode layer)

Το στρώμα του τρόπου μεταφοράς ορίζει πώς η πληροφορία των ανωτέρω στρωμάτων θα απεικονισθεί στο στρώμα του φυσικού μέσου.

ε) Στρώμα προσαρμογής (adaptation layer)

Το στρώμα "προσαρμογής" υποστηρίζει τις λειτουργίες των υπερκειμένων στρωμάτων των επιπέδων U και C.

Ως παράδειγμα, οι λειτουργίες του στρώματος προσαρμογής περιλαμβάνουν υπηρεσίες συνεχούς ροής των bits (continuous bit-stream-oriented services), υπηρεσίες που δεν απαιτούν την αποκατάσταση της σύνδεσης στις τερματικές συσκευές (end-to-end) για τη

μεταβίβαση της πληροφορίας (connectionless services) και υπηρεσίες με τη μέθοδο μεταφοράς "packet-mode", (packet-mode services).

στ) Λειτουργίες Διαχείρισεως του Δικτύου (management plane / functions)

Το PRM της ITU-T ορίζει πώς οι λειτουργίες διαχειρίσεως σχετίζονται με τα επίπεδα U και C. Όπως ορίστηκε προηγουμένως στο Γενικό Μοντέλο Πρωτοκόλλων Αναφοράς, οι λειτουργίες διαχείρισης του δικτύου είναι απαραίτητες για το συντονισμό των δραστηριοτήτων των άλλων στρωμάτων.

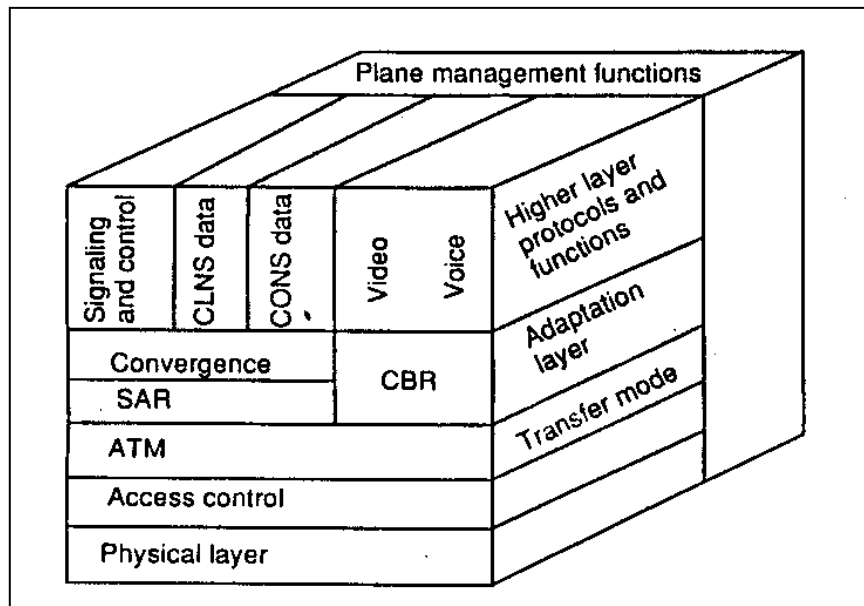
3.5 Καθορισμός επιπέδων ATM δικτύου (ATM Protocol Reference Model)

Το μοντέλο OSI της ISO είναι πολύ γνωστό και χρησιμοποιείται με μεγάλη επιτυχία ως βάση για το μοντελάρισμα όλων των ειδών (των) τηλεπικοινωνιακών συστημάτων. Η ίδια ιεραρχία που χρησιμοποιείται στην αρχιτεκτονική του OSI χρησιμοποιείται και για τα δίκτυα ATM B-ISDN στην σύσταση I.321, εξηγούνται όμως μόνο τα κατώτερα επίπεδα.

Στο μοντέλο θα χρησιμοποιήσουμε την έννοια των χωριστών επιπέδων για να ξεχωρίσουμε τις λειτουργίες του χρήστη, ελέγχου και διαχείρισης. Η προσέγγιση αυτή με τα επίπεδα έχει ήδη χρησιμοποιηθεί από την ITU-T για την περιγραφή του N-ISDN στην σύσταση I.320, η οποία περιέχει και το μοντέλο του πρωτοκόλλου αναφοράς του ISDN.

Το μοντέλο πρωτοκόλλου του B-ISDN για το ATM φαίνεται στο σχήμα 3.5α. Όπως και στο N-ISDN PRM (Protocol Reference Model) αποτελείται από τρία επίπεδα. Ένα επίπεδο χρήστη (user plane), για τη μεταφορά της πληροφορίας του χρήστη, ένα επίπεδο ελέγχου (control plane), το οποίο αποτελείται κυρίως από πληροφορίες σηματοδότησης και ένα επίπεδο διαχείρισης (management plane) το οποίο χρησιμεύει στη συντήρηση του δικτύου και στην εκτέλεση λειτουργικών καθηκόντων. Επιπλέον, έχει προστεθεί μια τρίτη διάσταση στο PRM η οποία ονομάζεται επιβλέπον επίπεδο (plane management) το οποίο είναι υπεύθυνο για την επίβλεψη των διαφόρων επιπέδων.

Για κάθε ένα από τα επίπεδα αυτά γίνεται μια προσέγγιση όπως και στο μοντέλο του OSI με δεδομένη την ανεξαρτησία μεταξύ των διαφόρων επιπέδων. Η ITU-T δεν έχει καθορίσει ακόμη τις σχέσεις μεταξύ των επιπέδων του πρωτοκόλλου του B-ISDN ATM μοντέλου και του μοντέλου του OSI.

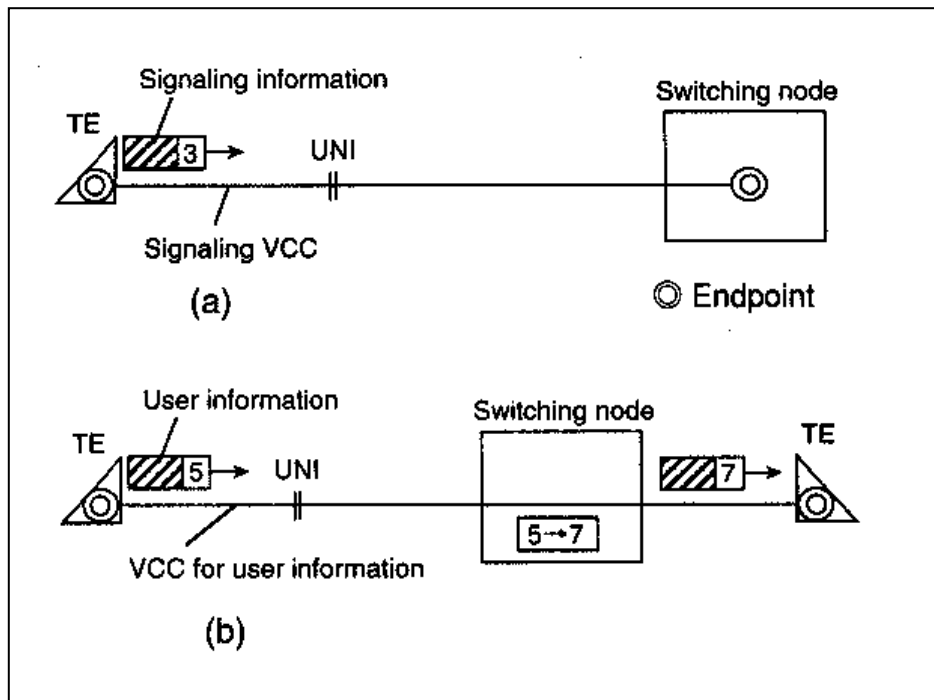


Σχήμα 3.5a Μοντέλο ATM πρωτοκόλλου αναφοράς

Μπορούν όμως να γίνουν οι ακόλουθες συσχετίσεις:

- Το φυσικό επίπεδο είναι λίγο πολύ αντίστοιχο με το πρώτο επίπεδο του OSI και εκτελεί λειτουργίες σε επίπεδο bit. Το επίπεδο αυτό μεταχειρίζεται θέματα που έχουν σχέση με τη φυσική σύνδεση του μέσου μεταφοράς και μεταφορά των ATM cells.
- Το ATM επίπεδο μπορεί να εντοπιστεί κυρίως στο κατώτερο άκρο του δευτέρου επιπέδου του OSI. Αυτό μεταχειρίζεται θέματα ροής των ATM cells.
- Το επίπεδο προσαρμογής αναλαμβάνει την προσαρμογή των πρωτοκόλλων των ανωτέρων επιπέδων, όπως σηματοδότηση ή πληροφορία του χρήστη, σε ATM cells σταθερού μήκους.
- Για τις πληροφορίες του επιπέδου ελέγχου, όπως σηματοδότηση, είναι ισοδύναμο με το κατώτερο τμήμα του δευτέρου επιπέδου του OSI ενώ για το επίπεδο του χρήστη είναι πιο κοντά στο κατώτερο κομμάτι του τετάρτου επιπέδου του OSI μιας και η επεξεργασία στην πληροφορία του χρήστη από το επίπεδο προσαρμογής εκτελείται μόνο στην άκρη του δικτύου δηλ. στα τερματικά ή στους προσαρμογείς τερματικών.

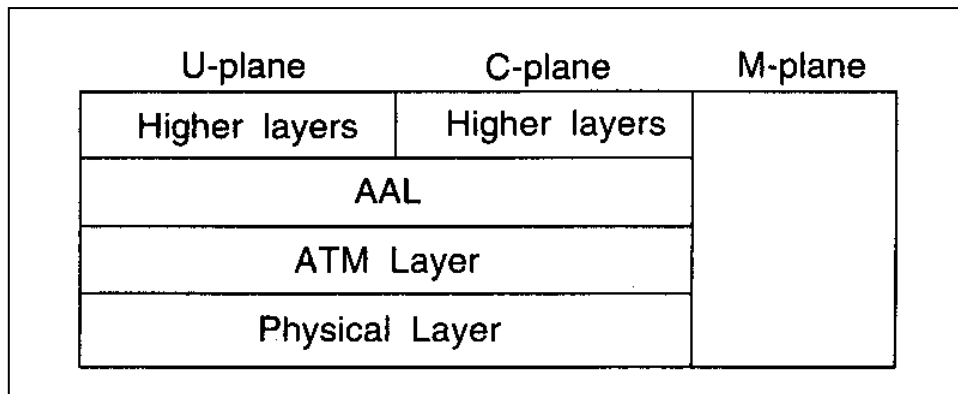
Σημειωτέον ότι η συσχέτιση αυτή δεν έχει να κάνει καθόλου με την ITU-T.



Σχήμα 3.5γ Μεταφορά σηματοδότησης και πληροφορίας χρήστη:

(a) σηματοδότηση (επίπεδο-C)

(b) πληροφορία χρήστη (επίπεδο-U)



Σχήμα 3.5β Μοντέλο πρωτοκόλλου αναφοράς

Σύμφωνα με την ITU-T, στα επίπεδα του B-ISDN ATM μπορεί να γίνει ένας επιπλέον διαχωρισμός όπως φαίνεται στον πίνακα 3.5. Εδώ έχουμε τρία κύρια επίπεδα. Το PHY (φυσικό επίπεδο) το οποίο μεταφέρει βασικά την πληροφορία (bits/cell), το επίπεδο ATM το οποίο αναλαμβάνει τη μεταγωγή/δρομολόγηση και πολύπλεξη και το επίπεδο προσαρμογής AAL (ATM Adaptation Layer) το οποίο αναλαμβάνει τη μετατροπή της πληροφορίας μιας υπηρεσίας σε ένα ATM συρμό. Τα τρία κύρια επίπεδα χωρίζονται σε υποεπίπεδα τα οποία εξετάζονται στη συνέχεια.

AAL (ATM Adaptation Layer)	CS (Convergence Sublayer)	Service specific sublayer
		Common part sublayer
	SAR (Segmentation & Reassembly)	
ATM Layer		Cell Header Generation/Extraction
		Generic Flow Control
		Cell VPI/VCI translation
		Cell Multiplex/demultiplex
		Cell Rate Decoupling (με μη ανατεθειμένα cells : ATM Forum)
PHY (Physical Layer)	TC (Transmission Convergence)	Cell Rate Decoupling (με αδρανή cells: ITU-T)
		HEC (Header Error Check) Generation / Verification
		Cell Scrambling/Descrambling
		Cell Delineation (βάσει του HEC)
		Path Signal Identification
		Frequency Justification
		Frame Scrambling / Descrambling
	Frame Generation / Recovery	
	PM (Physical Medium)	Bit Timing
		Line Coding
Physical Medium dependent Scrambling/Descrambling		

Πίνακας 3.5 Υπο-επίπεδα και λειτουργίες του ATM PRM

3.5.1 Φυσικό Επίπεδο (Στρώμα)

Το φυσικό επίπεδο του B-ISDN αποτελείται από 2 υποεπίπεδα. Αυτό του φυσικού μέσου (PM), το οποίο υποστηρίζει λειτουργίες των bit που εξαρτώνται αποκλειστικά από το μέσο μετάδοσης και αυτό της transmission convergence (TC) το οποίο μετατρέπει το συρμό των ATM cells σε bits έτοιμα προς μετάδοση από το μέσο μετάδοσης.

Υποεπίπεδο Φυσικού Μέσου

Το υποεπίπεδο αυτό είναι υπεύθυνο για τη σωστή μετάδοση και λήψη των bits μέσα από το κατάλληλο μέσο μετάδοσης. Οι λειτουργίες τις οποίες εκτελεί φαίνονται στον πίνακα 3.5. Στο κατώτατο σημείο του επιπέδου οι λειτουργίες εξαρτώνται αποκλειστικά από το μέσο μετάδοσης (οπτικό, ηλεκτρικό) και ονομάζεται φυσικό μέσο. Επιπλέον το υποεπίπεδο αυτό πρέπει να εξασφαλίζει το σωστό χρονισμό των bits (bit timing) που θα ανασυγκροτούνται στο δέκτη. Για το λόγο αυτό οι εκπεμπόμενες ομότιμες οντότητες θα είναι υπεύθυνες για την προσθήκη της πληροφορίας που αφορά στο χρονισμό των bit και την κωδικοποίηση γραμμής.

Υποεπίπεδο Μετάδοσης (Transmission Convergence)

Στο υποεπίπεδο αυτό, τα bit έχουν ήδη αναγνωριστεί κατά την είσοδο του από το PM. Εδώ εκτελούνται βασικά 8 λειτουργίες όπως φαίνονται στον πίνακα 3.5. Η πρώτη λειτουργία μετά από την ανασυγκρότηση των bits είναι η προσαρμογή τους στο σύστημα το οποίο χρησιμοποιήθηκε αρχικά. Πιθανά συστήματα μετάδοσης είναι αυτά που βασίζονται στο SDH, G.703 πλαισιόχρονη ιεραρχία ή σε cells. Τα cells πρέπει να ταιριάζουν μέσα στο σύστημα μετάδοσης, απαιτώντας πιθανώς την προσαρμογή τους σε ένα πλαίσιο μετάδοσης.

Άλλη μια λειτουργία του υποεπιπέδου αυτού είναι η αναγνώριση των ορίων του cell από το δέκτη και η προετοιμασία των δεδομένων στον πομπό για να μπορεί κατόπιν ο δέκτης να ξεχωρίζει ορθά τα cells. Ο μηχανισμός διάκρισης των cells γίνεται με βάση τον αλγόριθμο HEC (Header Error Check) που εξηγήσαμε στο κεφάλαιο 2.

Το υποεπίπεδο αυτό είναι επίσης υπεύθυνο για τη δημιουργία και την αναγνώριση του συνδρόμου HEC κάθε cell.

Τέλος το υποεπίπεδο αυτό αναλαμβάνει την προσθήκη και απόρριψη μη ανατεθειμένων cells για να προσαρμόζει τον ωφέλιμο ρυθμό μετάδοσης με το διαθέσιμο payload του συστήματος μετάδοσης. Η λειτουργία αυτή ονομάζεται cell rate decoupling (αποδέσμευση ρυθμού cells).

Επιπλέον έχουμε ανταλλαγή πληροφοριών OAM με το επίπεδο διαχείρισης.

3.5.2 Επίπεδο ATM

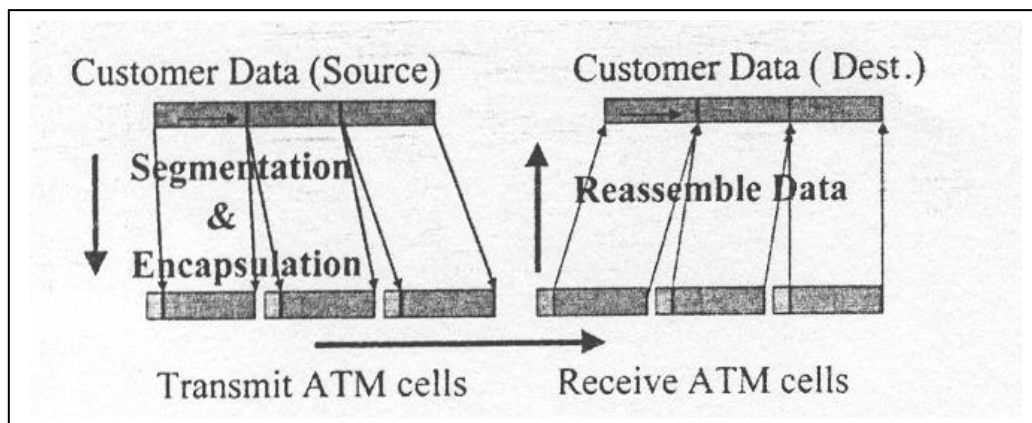
Το επίπεδο ATM είναι εντελώς ανεξάρτητο από το μέσο που χρησιμοποιήθηκε για τη μετάδοση των ATM cells και κατά συνέπεια και από το φυσικό επίπεδο (PHY). Το επίπεδο αυτό εκτελεί τις ακόλουθες κύριες (έξι) λειτουργίες:

- * Η πρώτη είναι η πολύπλεξη και αποπολύπλεξη cells που προέρχονται από διαφορετικές συνδέσεις (ξεχωρίζουν από τα διαφορετικά VCI και/ή VPI) σε ένα απλό (ενιαίο) συρμό cells.
- * Πολλές φορές απαιτείται μετάφραση του cell identifier στους ATM διακόπτες ή Cross-Connectors. Αυτό συμβαίνει όταν γίνεται μεταγωγή του ATM cell από μια φυσική ζεύξη σε μια άλλη. Η μετάφραση αυτή μπορεί να εκτελεσθεί είτε βάσει του VCI μόνο, είτε βάσει του VPI μόνο, είτε βάσει και των δύο, ταυτόχρονα.
- * Πριν (μετά) το cell παραδοθεί στο (παραληφθεί από το) επίπεδο προσαρμογής, γίνεται απομάκρυνση (προσθήκη) της επικεφαλίδας.
- * Στη διασύνδεση χρήστη-δικτύου έχουμε ένα μηχανισμό ελέγχου ροής που υποστηρίζεται από τα GFC bits της επικεφαλίδας.
- * Δίδει στο χρήστη μία VCC ή VPC με συγκεκριμένη QoS κατηγορία (QoS class), από ένα σύνολο QoS κατηγοριών που υποστηρίζονται από το δίκτυο. Ορισμένες υπηρεσίες μπορεί να απαιτούν μια συγκεκριμένη τιμή QoS για ένα μέρος μόνο της ροής των ATM cells και ενδεχομένως μικρότερη τιμή QoS για το υπόλοιπο μέρος. Η διάκριση αυτή γίνεται με τη χρήση του CLP bit της επικεφαλίδας του ATM cell.
- * Λειτουργίες διαχείρισης: η επικεφαλίδα των ATM cells των χρηστών παρέχει ένδειξη συμφόρησης και διαχείρισης (ανάλογα με την τιμή του PT πεδίου) που μπορούν να την αξιοποιήσουν οι ATM χρήστες στη μεταξύ τους επικοινωνία.

3.5.3 Επίπεδο Προσαρμογής ATM (ATM adaptation layer - AAL)

Το επίπεδο αυτό είναι υπεύθυνο για την προσαρμογή της πληροφορίας των ανωτέρων επιπέδων σε ATM cells. Το AAL επίπεδο χωρίζεται σε δύο υποεπίπεδα. Στο υποεπίπεδο τεμαχισμού και συναρμολόγησης (**segmentation and reassembly - SAR**) και στο υποεπίπεδο σύγκλισης (**convergence sublayer - CS**).

Το υποεπίπεδο SAR έχει ως βασικό σκοπό τον τεμαχισμό της πληροφορίας των ανωτέρω επιπέδων (τεμαχισμός) σε ATM cells όπως και την αντίθετη λειτουργία (συναρμολόγηση). Στο σχήμα 3.5.3 φαίνεται αρχικά η συνεχόμενη ροή των bits που έρχεται από την πηγή. Ακολουθεί ο διαχωρισμός της συνεχόμενης αυτής ροής σε μικρότερα τεμάχια, μια διαδικασία η οποία λέγεται τεμαχισμός (segmentation). Στη συνέχεια, κάθε τμήμα μετατρέπεται σε ATM cell αφού εφαρμοστεί σε αυτό μια επικεφαλίδα ATM. Η τελευταία διαδικασία λέγεται ενθυλάκωση (encapsulation). Στον προορισμό των cells αφαιρείται η επικεφαλίδα και η αρχική ροή των δεδομένων αναδομείται. Η διαδικασία αυτή λέγεται συναρμολόγηση (reassembly). Την όλη λειτουργία από την πηγή μέχρι τον προορισμό την λέμε SAR.



Σχήμα 3.5.3 SAR

Παρατηρούμε, ότι όταν τα cells φτάνουν στον προορισμό τους πρέπει να είναι τοποθετημένα στην ίδια σειρά με την οποία μεταδόθηκαν. Αυτό υποδηλώνει ότι η πηγή πρέπει να ενσωματώνει σε κάθε cell έναν αριθμό διαδοχής (sequence number) ώστε ο δέκτης να ανιχνεύει τυχόν εκτοπισμένα cells και να τα τοποθετεί στη σωστή τους θέση.

Για να μπορεί όμως να αντεπεξέλθει στις υποχρεώσεις του αυτές, το SAR θα πρέπει να είναι σε θέση να παρουσιάζει (αναγνωρίζει) τα διάφορα cells ως μια οντότητα σε ένα υψηλότερο επίπεδο. Για το λόγο αυτόν ορίζεται ένα επιπλέον πεδίο μέσα στο πεδίο πληροφορίας το οποίο διακρίνει κατά πόσο τα cells είναι εντελώς ή μερικώς γεμάτα.

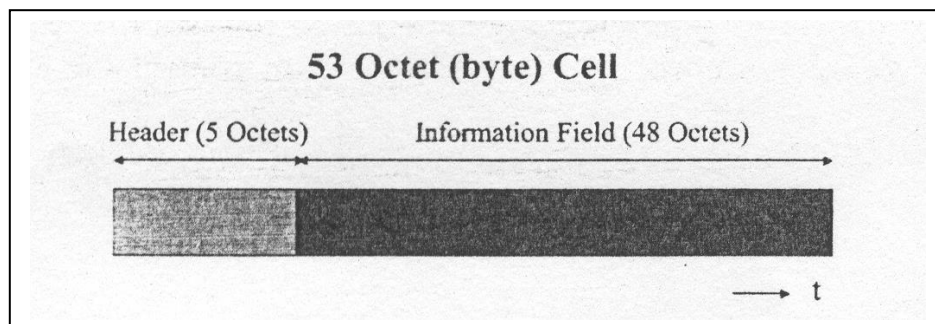
Το υποεπίπεδο σύγκλισης εξαρτάται από την παρεχόμενη υπηρεσία και εκτελεί λειτουργίες όπως η αναγνώριση μηνυμάτων, ανάκτηση ρολογιού κ.λ.π. Για την υποστήριξη της μετάδοσης δεδομένων κυρίως, το επίπεδο CS υποδιαιρείται στο "Common Part Convergence Sublayer" και στο "Service Specific Sublayer".

Είναι πιθανόν ορισμένοι χρήστες τις υπηρεσίες AAL να εξυπηρετούνται πλήρως από την υπηρεσία που προσφέρει το ATM επίπεδο και να μη χρειάζονται το AAL επίπεδο. Στην περίπτωση αυτή το πρωτόκολλο AAL θα είναι κενό.

Το επίπεδο AAL εξετάζεται στη συνέχεια λεπτομερώς.

3.6 Ορισμός του επιπέδου ATM

Στην σύσταση I.361 περιγράφεται λεπτομερώς ο τρόπος κωδικοποίησης των ATM cells. Το μέγεθος των cells αυτών είναι συνολικά 53 bytes, 48 από αυτά αποτελούν το πεδίο πληροφορίας και 5 της επικεφαλίδας.



Σχήμα 3.6α ATM πακέτο

Όταν γίνεται η μετάδοση των ATM cells, τα bytes (οκτάδες) στέλνονται κατ' αύξουσα σειρά αρχίζοντας από την επικεφαλίδα ενώ τα bits μιας οκτάδας στέλνονται κατά φθίνουσα σειρά, δηλαδή πρώτα το όγδοο και τελευταίο το πρώτο.

Μια διάκριση γίνεται μεταξύ των cells τα οποία είναι ορατά μόνο στο φυσικό επίπεδο και δεν περνούν στο επίπεδο ATM και στα cells τα οποία είναι ορατά και στα δύο επίπεδα. Η διάκριση αυτή γίνεται από το bit ένα της τέταρτης οκτάδας της επικεφαλίδας (CLP). Η ITU-T έχει επίσης ορίσει τους ακόλουθους τύπους cells.

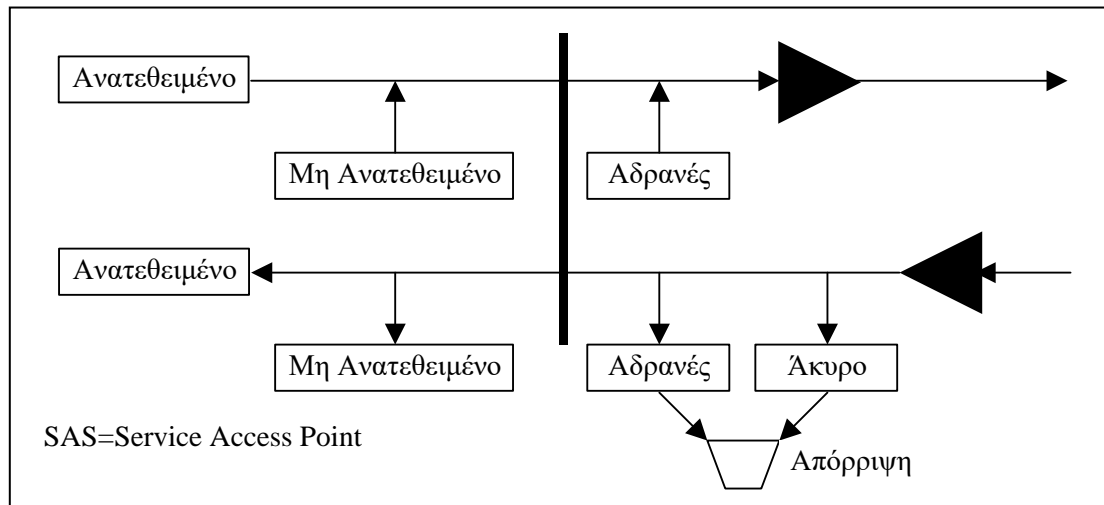
- * Έγκυρα cells (Valid cells)
- * Άκυρα cells (Invalid cells)

- * Ανατεθειμένα cells (Assigned cells)
- * Μη ανατεθειμένα cells (Unassigned cells)
- * Αδρανή cells (Idle cells)
- * Cells μετα-σηματοδοσίας (Meta-signalling cells)
- * Cells γενικής εκπομπής σηματοδοσίας (General broadcast signalling cells)
- * Διάφορα OAM (operation, administration, and management) cells φυσικού επιπέδου (Physical Layer OAM cells)
- * Cells για τη διαχείριση των πόρων (bandwidth) του δικτύου (Resource management cells)
- * Cells χρηστών (User Information cells)

Τα έγκυρα cells δεν έχουν ούτε λάθη στην επικεφαλίδα ούτε κάποιο διορθωμένο λάθος, σε αντίθεση με τα άκυρα που παρουσιάζουν στην επικεφαλίδα ένα μη διορθώσιμο λάθος. Τα ανατεθειμένα cells είναι έγκυρα cells τα οποία παρέχουν μια υπηρεσία χρησιμοποιώντας το επίπεδο ATM. Τα μη ανατεθειμένα δεν περιέχουν οποιαδήποτε χρήσιμη πληροφορία για το χρήστη. Η διαφορά τους από τα αδρανή cells έγκειται στο ότι τα μη ανατεθειμένα cells είναι ορατά και από το φυσικό και από το ATM επίπεδο ενώ τα αδρανή (idle cells) είναι ορατά μόνο από το φυσικό επίπεδο. Τα αδρανή cells χρησιμοποιούνται για να γεμίσουν το αχρησιμοποίητο εύρος ζώνης (bandwidth) στο φυσικό επίπεδο. Τα μη ανατεθειμένα και τα αδρανή cells στέλνονται όποτε ο πομπός δεν έχει διαθέσιμη πληροφορία να στείλει και επιτρέπουν την ασύγχρονη λειτουργία του πομπού και του δέκτη, εξ ου και η ονομασία Ασύγχρονος Τρόπος Μετάδοσης (ATM).

Στο σχήμα 3.6β παρουσιάζονται ορισμένοι τύποι cells οι οποίοι αναγνωρίζονται, καταστρέφονται και δημιουργούνται στο φυσικό και στο ATM επίπεδο ενός στοιχείου δικτύου ATM (ATM network element).

Σημειωτέον ότι τα αδρανή cells δεν μπορούν να χρησιμοποιήσουν το πεδίο GFC της επικεφαλίδας καθόσον ο έλεγχος GFC δεν αποτελεί λειτουργία του φυσικού επιπέδου, έτσι το πεδίο αυτό τίθεται στο 0000. Τα μη ανατεθειμένα cells μπορούν να χρησιμοποιήσουν το πεδίο GFC (στο ATM επίπεδο). Οι τιμές οι οποίες προανατίθενται στην επικεφαλίδα για τις λειτουργίες αυτές φαίνονται στον πίνακα 3.6α. Παρατηρούμε επίσης ότι μερικά bits προκρατούνται για χρήση στο ATM ή στο φυσικό επίπεδο. Τα 7 bits προκρατούνται για χρήση στο ATM επίπεδο σημειώνονται με A στον πίνακα 3.6β ενώ τα 7 bits που χρησιμοποιούνται από το φυσικό επίπεδο σημειώνονται με P.



Σχήμα 3.6β Το ATM cell στο φυσικό και στο ATM επίπεδο

Πίνακας 3.6α: Προανατεθειμένες τιμές της επικεφαλίδας ενός ATM πακέτου

Τύπος ATM-cell	Octet 1	Octet 2	Octet 3	Octet 4
Χρησιμοποιούνται από το PHY	PPPP0000	00000000	00000000	0000PPP1
Unsigned cells	AAAA0000	00000000	00000000	0000AAA0
Physical Layer OAM cells	00000000	00000000	00000000	00001001
Idle (αδρανή) cells	00000000	00000000	00000000	00000001

A : Τα bit αυτά είναι διαθέσιμα για να χρησιμοποιηθούν από το επίπεδο ATM

P : Τα bit αυτά είναι διαθέσιμα για να χρησιμοποιηθούν από το PHY επίπεδο

Τα cells μετά-σηματοδοσίας χρησιμοποιούνται για τη διαπραγμάτευση του VCI σηματοδοσίας και των πόρων σηματοδοσίας. Τα cells γενικής εκπομπής σηματοδοσίας μεταφέρουν πληροφορία η οποία πρέπει να μεταδοθεί σε όλα τα τερματικά στη σύνδεση χρήστη-δικτύου. Τα OAM cells φυσικού επιπέδου μεταφέρουν πληροφορίες συντήρησης που έχουν σχέση με το φυσικό επίπεδο. Οι τιμές των VCI/VPI, PTI και CLP της επικεφαλίδας των διαφόρων cells φαίνονται στον πίνακα 3.6β.

Πίνακας 3.6β: Προκαθορισμένες τιμές της ATM επικεφαλίδας για το ATM επίπεδο (από την ITU-T)

Τύπος ATM-cell	VPI	VCI	PTI	CLP
Μη ανατεθειμένα	00000000	00000000 00000000	AAA	0
Αδρανή*	00000000	00000000 00000000	000	1
Μετα-σηματοδοσίας	xxxxxxx	00000000 00000001	0A0	B
Σηματοδοσίας, γενικής εκπομπής	xxxxxxx	00000000 00000010	0AA	B
Σηματοδοσίας σημείου προς σημείο	xxxxxxx	00000000 00000011	0A0	B
Τμήματος OAM, ροή F4	yyyyyyyy	00000000 00000011	0A0	A
Τερματικής OAM, ροή F4	yyyyyyyy	00000000 00000100	0A0	A
Τμήματος OAM, ροή F5	yyyyyyyy	zzzzzzzz zzzzzzzz	100	A
Τερματικής OAM, ροή F5	yyyyyyyy	zzzzzzzz zzzzzzzz	101	A
Διαχείρισης πόρων	yyyyyyyy	zzzzzzzz zzzzzzzz	110	A
Χρηστών	yyyyyyyy	vvvvvvvv vvvvvvvv	0CU	L

*** Τα αδρανή cells δεν περνούν στο επίπεδο ATM**

- A : Το bit χρησιμοποιείται από το επίπεδο ATM.
- B : Αρχικώς μπορεί να έχει τιμή 0, αλλά το δίκτυο ίσως αλλάξει το bit σε 1.
- C : Explicit Forward Congestion Indication bit (EFCI).
- L : Cell Loss Priority bit.
- U : ATM layer user to ATM layer user indication bit.
- x : Για VPI=0 η τιμή του VCI χρησιμοποιείται για σηματοδοσία με τον κόμβο του δικτύου.
- y : Οποιαδήποτε τιμή για VPI.
- z : Οποιαδήποτε τιμή για VCI, εκτός από 0.
- v : Οποιαδήποτε τιμή για VCI, μεγαλύτερη του 0031 H.

Το ATM Forum διαφοροποιείται ελαφρώς από την ITU-T, όσον αφορά στις προανατεθειμένες τιμές της επικεφαλίδας που ορίζει στο επίπεδο ATM, για τους διάφορους τύπους των ATM cells. Το ATM Forum προτείνει όλα τα bits του PTI και CLP των cells μετασηματοδοσίας και σηματοδοσίας γενικής εκπομπής να είναι διαθέσιμα προς χρήση στο επίπεδο ATM. Επίσης για τη διαχείριση του δικτύου βάσει του πρωτοκόλλου **SNMP (Simple Network Management Protocol)** προτείνει έναν

ακόμη τύπο ATM cells, που αποκαλείται **Interim Local Management Interface (ILMI)** cells. Τα cells αυτό έχουν VPI=0, VCI=00000000 00010000, PTI=0AA και CLP= B. Τα A και B επεξηγούνται στον πίνακα 3.6.β.

3.7 Ορισμός του φυσικού επιπέδου

Το φυσικό επίπεδο περιγράφεται στη σύσταση I.432 και υλοποιείται στη διασύνδεση χρήστη-δικτύου. Το καταλληλότερο μέσο μετάδοσης είναι οι οπτικές ίνες, όμως κατάλληλα είναι και άλλα μέσα μετάδοσης όπως για παράδειγμα το ομοαξονικό καλώδιο. Η ITU-T όρισε τρία είδη μετάδοσης:

- SDH
- PDH
- Cell based μετάδοση, αμιγής

Το ATM Forum πρόσθεσε και την FDDI μετάδοση.

3.7.1 Χαρακτηριστικά Μέσου Μετάδοσης

Το μέσο μετάδοσης πρέπει να είναι η οπτική ίνα χωρίς αυτό να σημαίνει ότι άλλα μέσα μετάδοσης όπως τα ομοαξονικά καλώδια δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν.

Για το σημείο αναφοράς T_B έχει επιλεγεί ένας ρυθμός μετάδοσης της τάξης των 155,520Mbit/s και στις δύο κατευθύνσεις. Μπορεί να χρησιμοποιηθούν τόσο ηλεκτρικές όσο και οπτικές διεπαφές (interface) ανάλογα με την απόσταση, την αξιοπιστία και το κόστος. Για τις ηλεκτρικές διεπαφές απαιτούνται 2 ομοαξονικά καλώδια μήκους μέχρι και 200m (όχι όμως κάτω από 100m) των οποίων οι ηλεκτρικές παράμετροι περιγράφονται στην σύσταση G.703.

Η λύση των οπτικών διεπαφών προτείνεται για κάλυψη αποστάσεων μεγαλύτερων των 800m και μικρότερων των 2000m. Το οπτικό μέσο θα αποτελείται από ζεύγος μονοτροπικών (single mode) οπτικών ινών σύμφωνα με την σύσταση G.652. Εφαρμογές σε εθνικό επίπεδο μπορεί να χρησιμοποιούν πολυτροπικές οπτικές ίνες. Συστήνεται επίσης μια διεπαφή των 622,520 Mbit/s, είτε συμμετρική είτε ασύμμετρη με ρυθμό μετάδοσης 155,520 Mbit/s στην αντίθετη κατεύθυνση. Μόνο μονοτροπική οπτική ίνα θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί.

Η SDH μετάδοση και η αμιγής "cell based" μετάδοση απαιτούν τα ανωτέρω χαρακτηριστικά. Τα χαρακτηριστικά του μέσου μετάδοσης για PDH μετάδοση θα πρέπει να ακολουθούν τις συστάσεις G.703 της ITU-T. Φυσικά η PDH μετάδοση έχει το πλεονέκτημα ότι χρησιμοποιεί την υπάρχουσα δικτυακή υποδομή.

Το ATM Forum ορίζει διεπαφή 125 Mbaud με πολυτροπική οπτική ίνα για ιδιωτικά UNI, για FDDI μετάδοση. Το bit rate είναι 100 Mbit/s.

3.7.2 Χαρακτηριστικά του υποεπιπέδου μετάδοσης (Transmission Convergence characteristics)

Ο διαθέσιμος ρυθμός μετάδοσης για cells πληροφορίας χρήστη, cells σηματοδοσίας και cells OAM εκτός από τα (όχι όμως για) cells φυσικού επιπέδου είναι 149,760 Mbit/s για την περίπτωση που έχουμε 155,520 Mbit/s.

Η ITU-T είχε αρχικώς προτείνει δύο επιλογές προσαρμογής μεταδιδόμενων πλαισίων. Η πρώτη είναι η επιλογή η οποία βασίζεται στα cells και η δεύτερη είναι η επιλογή η οποία βασίζεται στην SDH. Αργότερα πρόσθεσε και την PDH μετάδοση.

Φυσικό επίπεδο για τη διεπαφή με βάση τα cells

Στην επιλογή αυτή τα cells μεταδίδονται συνέχεια χωρίς κάποια τακτική πλαισίωση. Αφού δε διατίθεται εξωτερικό ρολόι στο δέκτη, το ρολόι αυτό παράγεται από το σήμα που λαμβάνεται από τον τοπικό κόμβο ή παρέχεται από τον εξοπλισμό του πελάτη (customer equipment).

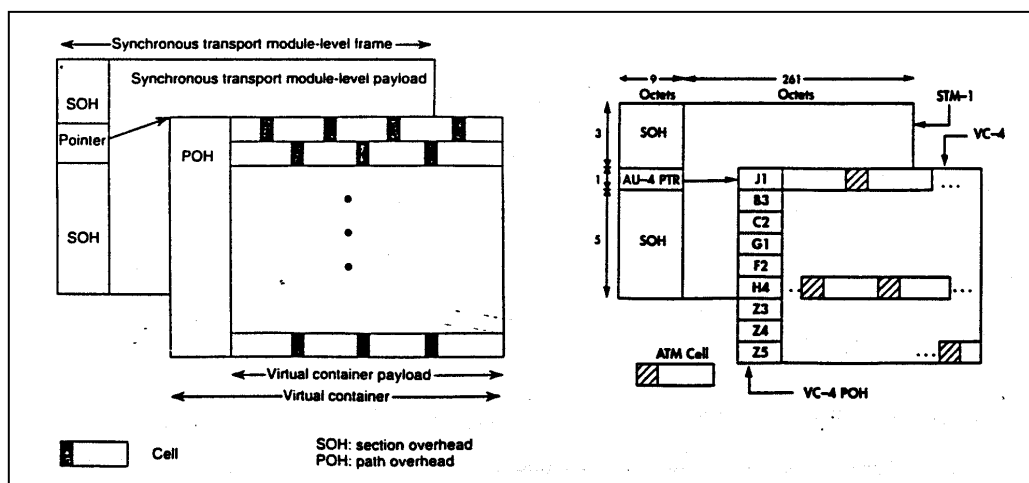
Στη διασύνδεση T_B γίνεται μεταφορά ενός συνεχούς συρμού ATM cells. Μέσα στο συρμό αυτό υπάρχουν ορισμένα ειδικά cells τα οποία μεταφέρουν OAM πληροφορία που αφορά το φυσικό επίπεδο. Τα cells αυτά ξεχωρίζουν από την επικεφαλίδα τους και έχουν νόημα μόνο για το φυσικό επίπεδο. Για το λόγο αυτό προωθούνται στο ATM επίπεδο. Τα cells αυτά ονομάζονται **PLOAM (Physical Layer OAM)**. Η μέγιστη απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών PLOAM cells είναι 26 ATM layer cells.

Τα PLOAM cells, έχει ορισθεί ότι θα μεταφέρουν μερικές OAM λειτουργίες όπως αυτές περιγράφονται στο τμήμα 3.9. Ο πίνακας 3.6α περιέχει τις προανατεθειμένες τιμές των PLOAM. Οι λειτουργίες που θα υποστηρίζονται είναι η επίβλεψη της διασύνδεσης T_B και η ανίχνευση και αναφορά για τυχόν σφάλματα μετάδοσης με τη βοήθεια ενός κώδικα σφαλμάτων για το block των

cells που βρίσκονται μεταξύ δύο διαδοχικών PLOAM. Ο κώδικας αυτός περιέχεται στο πεδίο πληροφορίας του PLOAM και η τεχνική κωδικοποίησής του δεν έχει ακόμη ορισθεί, από την ITU-T.

Φυσικό επίπεδο για τη διεπαφή με βάση την SDH

Στην επιλογή αυτή τα ATM cells μεταφέρονται σε ένα πλαίσιο SDH όπως φαίνεται στο σχήμα 3.7, για ένα σήμα STM-1. Βλέπουμε ότι ο **SOH (Section Overhead)** είναι όπως ακριβώς ορίζεται στη SDH (G.707, G.708, G.709) όπως και ο **POH (Path Overhead)**.



Σχήμα 3.7α ATM cells μέσα σε ένα πλαίσιο STM-1 SDH

Ο συρμός των ATM cells τοποθετείται στα C-4 και μετά πακετάρεται στον υποδοχέα VC-4 μαζί με τον POH. Τα ATM cells παρατάσσονται ανά οκτάδες. Εφόσον όμως η χωρητικότητα της περιοχής C-4 δεν είναι ακέραιο πολ/σιο του μήκους του cell μερικά από αυτά σπάζουν και συνεχίζονται σε άλλη περιοχή C-4. (Χωρητικότητα της C-4 είναι 260x9 bytes και μήκος cell 48+5 bytes).

Ο δείκτης H4 του POH τίθεται από την πλευρά του πομπού για να δείχνει την επόμενη εμφάνιση μιας ομάδας cells μέσα στον VC-4. Στο δέκτη η ένδειξη αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί προαιρετικά για το διαχωρισμό των cells με βάση το μηχανισμό HEC.

Η εκτέλεση των λειτουργιών OAM είναι σύμφωνη με τις προδιαγραφές για την SDH (G.708 και G.709) και επιτρέπουν την ευθυγράμμιση πλαισίων, την επίβλεψη σφαλμάτων, την αναφορά σφαλμάτων κ.λπ.

Η επίβλεψη της απόδοσης μετάδοσης γίνεται ανά τομέα και ανά διάδρομο. Ανά τομέα υπολογίζεται ένα **BIP-24 (Bit Interleaved Parity)** για το εισερχόμενο σήμα και μεταδίδεται μέσω του πεδίου B2. Η τιμή του BIP-24 που υπολογίζεται στο δέκτη συγκρίνεται με την τιμή B2 του εισερχόμενου σήματος και το σφάλμα που προκύπτει από την αφαίρεση των δυο τιμών στέλνεται πίσω στο πεδίο Z2.

Ομοίως γίνεται και η επίβλεψη ενός SDH διαδρόμου από την οκτάδα B3 στο POH η οποία περιέχει ένα BIP-8. Η αναφορά γίνεται με το πεδίο G1.

Ως παράδειγμα POH αναφέρουμε το POH του VC-3/4. Η λειτουργία του κάθε byte φαίνεται στον παρακάτω πίνακα, όπου παρατηρούμε ότι τα τρία τελευταία bytes Z3, Z4 και Z5 που ήταν για μελλοντική χρήση, έχουν αντικατασταθεί από τα F3, K3 και N1 αντίστοιχα.

J1	Ένδειξη Διαδρομής
B3	Έλεγχος Ποιότητας
C2	Σχήμα και διάταξη (format) του Container
G1	Γνωστοποίηση Μεταδιδόμενων Λαθών
F2	Συντήρηση
H4	Μεταγωγή Προστασίας Υπερπλασισίου (superframe)
F3	Συντήρηση
K3	Μεταγωγή Αυτόματης Προστασίας
N1	Έλεγχος Σειριακής Σύνδεσης

Πίνακας 3.7 SDH VC-3/4 POH

Έλεγχος Σφαλμάτων της Επικεφαλίδας (HEC)

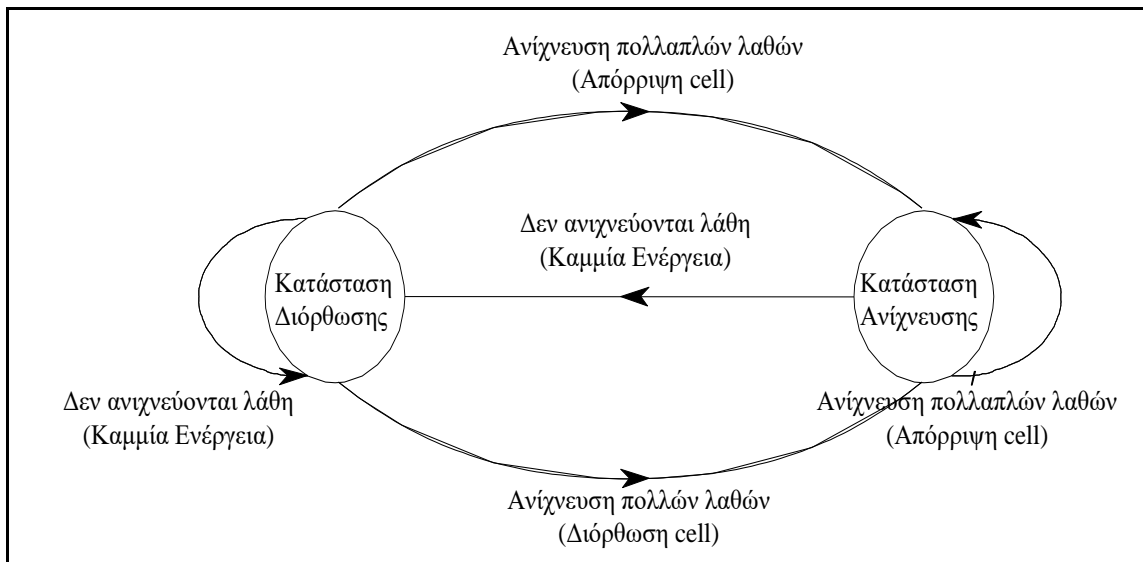
Ο έλεγχος σφαλμάτων της επικεφαλίδας καλύπτει ολόκληρη την επικεφαλίδα του cell. Ο κώδικας αυτός των 8-bits επιτρέπει είτε τη διόρθωση σφαλμάτων του ενός bit είτε την ανίχνευση σφαλμάτων πολλαπλών bit. Και στην περίπτωση των cells όπως και στην περίπτωση της SDH έχουμε την ίδια εφαρμογή.

Στην κανονική μορφή, ο δέκτης βρίσκεται στην κατάσταση διόρθωσης σφαλμάτων του ενός bit (κατάσταση διόρθωσης σχήμα 3.7β). Όταν ανιχνευτεί σφάλμα ενός bit τότε διορθώνεται και το σύστημα μεταβαίνει στην κατάσταση ανίχνευσης. Αν ανιχνευτεί σφάλμα πολλαπλών bit τότε το cell απορρίπτεται και έχουμε και πάλι μετάβαση στην κατάσταση ανίχνευσης.

Στην κατάσταση ανίχνευσης γίνεται απόρριψη όλων των cells των οποίων ανιχνεύεται το παραμικρό σφάλμα στην επικεφαλίδα τους. Μόλις εμφανιστεί μια επικεφαλίδα χωρίς σφάλμα τότε το σύστημα μεταβαίνει στην κατάσταση διόρθωσης.

Για τον υπολογισμό της τιμής του πεδίου HEC, ο πομπός πολλαπλασιάζει το πολυώνυμο που προκύπτει από τα bits της επικεφαλίδας (πλην αυτών του πεδίου HEC) με το x^8 και τα διαιρεί με το πολυώνυμο $x^8 + x^2 + x + 1$. Το υπόλοιπο της διαίρεσης αυτής είναι το περιεχόμενο του πεδίου HEC.

Στον πομπό, ο μηχανισμός που εκτελεί τη διαίρεση τίθεται στο μηδέν. Στο υπόλοιπο της διαίρεσης προστίθενται από τον πομπό τα ακόλουθα 8-bits 01010101 (coset value) για να βελτιώσουμε την απόδοση διαχωρισμού των cells. Τέλος, στο δέκτη πριν γίνει ο υπολογισμός του συνδρόμου της επικεφαλίδας πρέπει πρώτα να αφαιρεθεί η coset value από τον οκτάπομπο HEC.



Σχήμα 3.7.β Κατάσταση διπλής λειτουργίας ενός HEC αλγορίθμου

Αδρανή cells

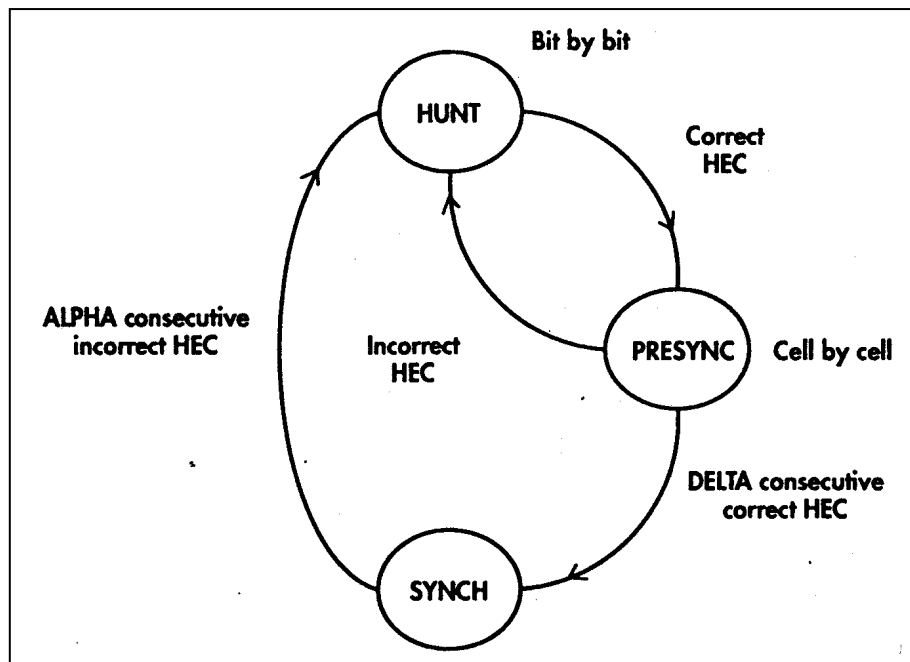
Είναι ένας κωδικός cells που συναντιόνται στο φυσικό επίπεδο. Τα cells αυτά δεν έχουν καμιά επίδραση στους κόμβους ATM εκτός από το διαχωρισμό cells στο υποεπίπεδο TC του φυσικού επιπέδου. Μετά το cell rate decoupling τα cells αυτά απορρίπτονται.

Το περιεχόμενο του πεδίου πληροφορίας των αδρανών cells δεν έχει ακόμη ορισθεί από την ITU-T.

Διάκριση cells και Ανακάτεμα (Cell delineation and scrambling)

Στη σύσταση I.432 υποστηρίζεται ότι ο αλγόριθμος διάκρισης των cells θα πρέπει να είναι self supporting για να μπορεί να μεταδίδεται από τις διασυνδέσεις κάθε δικτύου ανεξάρτητα από το σύστημα μετάδοσης το οποίο χρησιμοποιείται.

Ο μηχανισμός διάκρισης των cells που έχει προταθεί βασίζεται στη σχέση που υπάρχει μεταξύ των bits της επικεφαλίδας και των bits του πεδίου HEC. Το διάγραμμα κατάστασης για τη διάκριση των cells φαίνεται στο σχήμα 3.9.



Σχήμα 3.7γ Διάγραμμα κατάστασης διαχωρισμού cells

Στην κατάσταση HUNT, η διαδικασία διάκρισης ελέγχει bit by bit την ορθότητα των HEC bits για την υποτιθέμενη επικεφαλίδα. Αν είναι σωστά τότε έχουμε μετάβαση στην κατάσταση PRESYNC. Στην περίπτωση που το φυσικό επίπεδο μας παρέχει τη δυνατότητα χρονισμού οκτάδων, ο διαχωρισμός (διάκριση) των cells στην κατάσταση HUNT μπορεί να γίνει και byte by byte. Αυτό είναι για παράδειγμα εφικτό όταν έχουμε μετάδοση SDH. Στην κατάσταση PRESYNC τώρα θεωρούμε ότι έχει προηγηθεί ένας ορθός διαχωρισμός cell. Ανεξάρτητα όμως από την υπόθεση απαιτείται η επαναβεβαίωση του διαχωρισμού αυτού, γι' αυτό και ελέγχεται ξανά η

ορθότητα του πεδίου HEC. Αν η ορθότητα αυτή επαληθευτεί ΔΕΛΤΑ φορές τότε το σύστημα θεωρεί ότι είναι συγχρονισμένο και μεταβαίνει στην κατάσταση SYNCH.

Το σύστημα θεωρεί ότι χάνει το συγχρονισμό του (φεύγει από την κατάσταση SYNCH) όταν καταμετρήσει ΑΛΦΑ διαδοχικά cells με λανθασμένο σύνδρομο HEC. Η ITU-T έχει προτείνει το ΑΛΦΑ = 7 και το ΔΕΛΤΑ = 6.

Για την αύξηση της ασφάλειας και της ανθεκτικότητας της διαδικασίας διαχωρισμού cells κατά εκούσιας ή ακούσιας επανάληψης του σωστού HEC στο πεδίο πληροφορίας, τα bits του πεδίου αυτού ανακατεύονται με τυχαίο τρόπο από ένα αυτοσυγχρονιζόμενο scrambler με πολυώνυμο $x^{43} + 1$. Ο scrambler αυτός έχει ρυθμό πολυπλοκότητας σφάλματος 2. Ο συντελεστής αυτός όμως δεν επηρεάζει καθόλου τον αλγόριθμο ανίχνευσης-διόρθωσης σφαλμάτων της επικεφαλίδας αφού η ίδια η επικεφαλίδα δεν ανακατεύεται. Ο scrambler αυτός για το φυσικό επίπεδο με βάση την SDH έχει προταθεί από την ITU-T. Η καταλληλότητα του scrambler αυτού για το φυσικό επίπεδο με βάση τα cells μελετάται ακόμη.

3.8 Επίπεδο Προσαρμογής ATM (ATM Adaption Layer - AAL)

Το AAL μπορεί να αναβαθμίσει την υπηρεσία που του παρέχεται από επίπεδο ATM στις απαιτήσεις μιας ειδικής υπηρεσίας (I.362). Οι υπηρεσίες αυτές μπορεί να είναι είτε υπηρεσίες χρήστη είτε λειτουργίες ελέγχου (π.χ. σηματοδότηση) και διαχείρισης. Το AAL απεικονίζει τα **PDU's (Protocol Data Unit)** χρήστη/ελέγχου/διαχείρισης στο πεδίο πληροφορίας του ATM cell και αντίστροφα.

Οι υπηρεσίες που θα μεταδίδονται από το επίπεδο ATM έχουν ταξινομηθεί σε 4 κατηγορίες όπου η κάθε μια έχει ξεχωριστές απαιτήσεις από το AAL.

Για την εξασφάλιση των 4 αυτών κατηγοριών, οι υπηρεσίες έχουν χωριστεί με βάση 3 παραμέτρους:

- (1) Σχέση χρόνου μεταξύ πηγής και προορισμού: Σε μερικές υπηρεσίες παρουσιάζεται συγγένεια χρόνου μεταξύ πηγής και προορισμού ενώ σε μερικές άλλες όχι. Για παράδειγμα στη μετάδοση φωνής από την PCM 64 kbit/s υπάρχει καθαρή συσχέτιση χρόνου μεταξύ πομπών και δέκτη. Αντίθετα στη μεταφορά πληροφορίας μεταξύ ηλεκτρονικών υπολογιστών δεν υπάρχει συσχέτιση χρόνου. Τέτοιες υπηρεσίες οι οποίες απαιτούν χρονική συσχέτιση πομπού-δέκτη ονομάζονται υπηρεσίες πραγματικού χρόνου (real time services).

- (2) Ρυθμός μετάδοσης: Μερικές υπηρεσίες έχουν σταθερό ρυθμό μετάδοσης ενώ άλλες έχουν μεταβλητό ρυθμό.
- (3) Τρόπος σύνδεσης: Οι υπηρεσίες μπορεί να είναι τύπου "χωρίς σύνδεση" (connectioless) ή τύπου "με σύνδεση" (connection-oriented).

Από τους 8 θεωρητικούς συνδυασμούς των τριών αυτών παραμέτρων μόνο οι 4 οδηγούν σε υπάρχουσες υπηρεσίες. Για το λόγο αυτόν η ΙΤU-T όρισε τις 4 κατηγορίες που φαίνονται στον πίνακα 3.8 σύμφωνα με τις βασικές παραμέτρους.

Πίνακας 3.8 Κατηγορίες υπηρεσιών για το AAL

	Κατηγορία A (Class A)	Κατηγορία B (Class B)	Κατηγορία C (Class C)	Κατηγορία D (Class D)
<i>Χρονική Συσχέτιση Μεταξύ Πομπού & Δέκτη</i>	ΑΠΑΙΤΕΙΤΑΙ		ΔΕΝ ΑΠΑΙΤΕΙΤΑΙ	
<i>Ρυθμός Μετάδοσης (Bit Rate)</i>	ΣΤΑΘΕΡΟΣ	ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΣ		
<i>Τρόπος Σύνδεσης (Connection Mode)</i>	CONNECTION-ORIENTED			CONNECTION-LESS
Πρωτόκολλο AAL	ΤΥΠΟΥ 1	ΤΥΠΟΥ 2	ΤΥΠΟΥ 3/4, 5	ΤΥΠΟΥ 3/4, 5
Παραδείγματα	DS1, E1, N x 64 Kbps, telephone, circuit- emulation	Video, Audio (analog VBR data)	Frame- relay(5), X.25(3/4), SMDS (3/4) MPEG-2(5)	IP packets (5), LAN emulation (5), SMDS (3/4)

Στην πρώτη κατηγορία (class A) έχουμε συσχέτιση χρόνου μεταξύ πομπού και δέκτη, ο ρυθμός μετάδοσης είναι σταθερός και η υπηρεσία είναι με σύνδεση. Ένα τυπικό παράδειγμα είναι η φωνή των 64 kbit/s όπως και το video σταθερού ρυθμού μετάδοσης.

Στη δεύτερη κατηγορία (class B) πάλι έχουμε συσχέτιση χρόνου μεταξύ πομπού και δέκτη για μια υπηρεσία με σύνδεση. Η διαφορά της από την πρώτη κατηγορία είναι ότι στη δεύτερη

κατηγορία η πηγή έχει μεταβλητό ρυθμό μετάδοσης. Τυπικό παράδειγμα της κατηγορίας αυτής είναι το video και audio μεταβλητού ρυθμού.

Στην τρίτη κατηγορία (class C) δεν έχουμε συσχέτιση χρόνου μεταξύ πομπού και δέκτη και ο ρυθμός μετάδοσης είναι μεταβλητός. Η υπηρεσία εξακολουθεί να είναι με σύνδεση. Παραδείγματα έχουμε στη μεταφορά δεδομένων με σύνδεση και στη σηματοδότηση.

Η τέταρτη και τελευταία κατηγορία (class D) είναι κοντά στην τρίτη κατηγορία με τη διαφορά ότι η υπηρεσία είναι χωρίς σύνδεση. Ένα παράδειγμα είναι η μεταφορά δεδομένων χωρίς σύνδεση (SMDS Switched Multimegabit Data Services).

Το AAL υποδιαιρείται σε δύο υποεπίπεδα:

- Το SAR (Segmentation and Reassembly), και
- Το CS (Convergence Sublayer).

Οι πρωταρχικές λειτουργίες του SAR είναι η διαίρεση των PDU's σε ATM cell και η ανασύνθεση των PDU's από ATM cells. Το CS εξαρτάται από την υπηρεσία. Το SAR και/ή το CS σε μερικές εφαρμογές μπορεί να είναι άδεια.

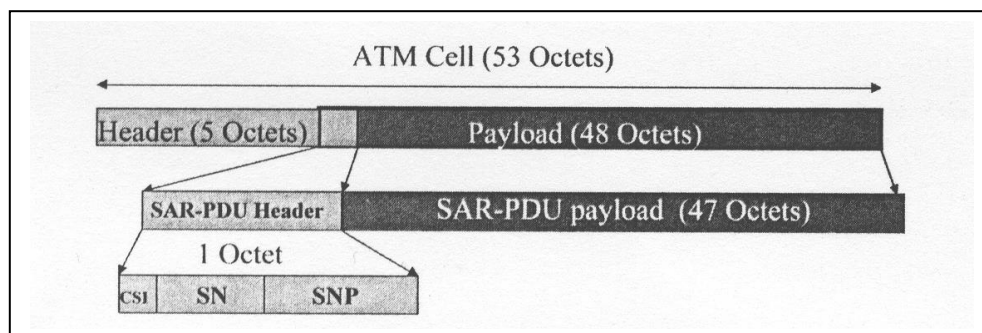
Στη σύσταση I.363 περιγράφεται ένας συγκεκριμένος συνδυασμός των πρωτοκόλλων SAR και CS για την εφαρμογή τους στις κατηγορίες υπηρεσιών που έχουν περιγραφεί προηγουμένως. Ωστόσο η ITU-T έχει αφήσει ελεύθερη την επιλογή άλλων συνδυασμών για τα SAR και CS όπως και τον ορισμό νέων SAR και CS.

Για κάθε μία από τις ανωτέρω κατηγορίες υπηρεσιών αρχικώς προτάθηκαν τέσσερις τύποι πρωτοκόλλων για το επίπεδο AAL, με ονομασίες Τύπου (Type) 1, Τύπου 2, Τύπου 3 και Τύπου 4. Στη σύσταση I.362 ορίζεται ότι οι υπηρεσίες CBR θα χρησιμοποιούν AAL Τύπου 1 πρωτόκολλο, αλλά είναι υπό μελέτη και άλλα πρωτόκολλα AAL για τις υπηρεσίες αυτές. Το πρωτόκολλο Τύπου 2, το οποίο θα εξυπηρετεί μεταβλητού ρυθμού υπηρεσίες που απαιτούν ισχυρή χρονική συσχέτιση μεταξύ πομπού και δέκτη (video, audio), δεν έχει ακόμη οριστικοποιηθεί. Οι υπηρεσίες μεταφοράς δεδομένων με σύνδεση θα χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο AAL Τύπου 3, και με χωρίς σύνδεση θα χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο AAL Τύπου 4. Γρήγορα διαπιστώθηκε ότι δεν υπήρχε λόγος να διατηρήσουμε ξεχωριστά πρωτόκολλα AAL Τύπου 3 και 4, καθώς οι λειτουργίες των πρωτοκόλλων αυτών ήσαν παρόμοιες. Για το λόγο αυτόν τα πρωτόκολλα Τύπου 3 και 4 ενοποιήθηκαν, και το ενοποιημένο πρωτόκολλο AAL αναφέρεται ως Τύπου 3/4. Ακολούθως, δημιουργήθηκε ένα νέο πρωτόκολλο Τύπου 5 για να απλοποιήσει το πρωτόκολλο Τύπου 3/4 για την κατηγορία υπηρεσιών (class) C. Ακολούθως περιγράφονται όλοι οι Τύποι πρωτοκόλλων για να μπορέσει κανείς να συγκρίνει και να δικαιολογήσει τα πρωτόκολλα Τύπου 3/4 και 5.

3.8.1 Πρωτόκολλο Τύπου 1

Στο πρωτόκολλο αυτό έχουμε μεταφορά πληροφορίας σταθερού ρυθμού (CBR-constant bit rate) από τον πομπό στο δέκτη μεταξύ των οποίων έχει εγκατασταθεί μια σύνδεση. Επιπλέον υπάρχει χρονική συσχέτιση μεταξύ δύο συνδρομητών.

Το υποεπίπεδο SAR παρέχει τις δυνατότητες τεμαχισμού και συναρμολόγησης μέσω ενός πεδίου 8 bits. Το πρώτο bit του πεδίου αυτού ορίζεται ως **δείκτης συγκλίνοντος υποεπιπέδου (CSI-convergence sublayer indicator)**. Τα 3 επόμενα bits περιέχουν έναν αριθμό διαδοχής (**SN-sequence number**), ο οποίος επιτρέπει την ανίχνευση της απώλειας ή της εσφαλμένης προσθήκης cells. Το πεδίο αυτό προστατεύεται από τα 4 επόμενα bit (**SNP-sequence number protection**). Η λειτουργία και η κωδικοποίηση του πεδίου SNP δεν έχει ορισθεί από την ITU-T (σχήμα 3.8.1α και σχήμα 3.8.1β-type 1).



Σχήμα 3.8.1α AAL-1 ATM cell

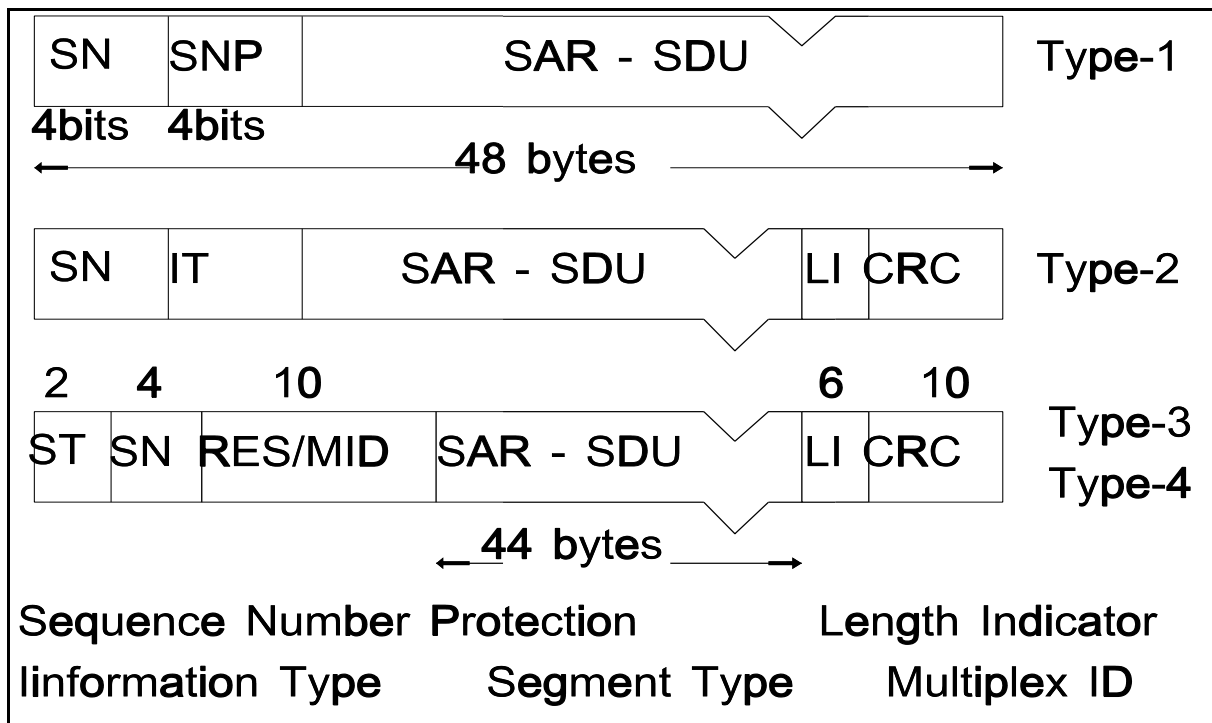
Το CS διαφέρει από υπηρεσία σε υπηρεσία και μπορεί να περιέχει διαφορετικές λειτουργίες. Ο ακριβής χρονισμός μπορεί να παρασχεθεί από τη μετάδοση μιας σφραγίδας χρόνου την οποία χρησιμοποιεί ο δέκτης για τη δημιουργία του ρολογιού. Στην περίπτωση που χρησιμοποιείται απόλυτος χρονισμός για τη δημιουργία του ρολογιού στο δέκτη δεν απαιτείται ξεχωριστό πεδίο στο CS. Επιπλέον μπορεί να γίνεται έλεγχος των λανθασμένων cells (χάνονται ή παρεμβάλλονται) που ανιχνεύονται από το SAR. Για μερικές υπηρεσίες μπορεί να υποστηρίζονται ειδικές λειτουργίες από το CS. Τυπικά παραδείγματα των λειτουργιών αυτών είναι:

(1) *Υψηλής ποιότητας σταθερός ρυθμός μετάδοσης audio and video*

Στην περίπτωση αυτή μπορεί να απαιτηθεί η διόρθωση σφάλματος στο payload. Αυτό μπορεί να γίνει με συνδυασμό με τη μέθοδο παραγεμίματος bits πριν την τοποθέτηση τους στα cells.

(2) Φωνή

Δεν απαιτείται κανένα ειδικό πεδίο SAR-SDU (SAR-Service Data Unit) του CS. Η κύρια λειτουργία είναι η ανάκτηση του ρολογιού από την πλευρά του δέκτη με βάση τον εισερχόμενο συρμό ATM πακέτων. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με έλεγχο του επιπέδου υπερχειλίσης ενός buffer στο δέκτη. Αν απαιτείται, ο μηχανισμός αυτός για την ανάκτηση ρολογιού μπορεί να χρησιμοποιήσει και τις πληροφορίες από το SAR για τις απώλειες ATM πακέτων.



Σχήμα 3.8.1β Δομή του SAR για AAL τύπου 1,2,3 και 4

3.8.2 Πρωτόκολλο Τύπου 2

Το πρωτόκολλο αυτό προσφέρει τη δυνατότητα μεταφοράς πληροφορίας μεταβλητού ρυθμού μετάδοσης. Επιπλέον έχουμε και μεταφορά πληροφορίας για το χρονοισμό του πομπού και του δέκτη. Αφού ο πομπός έχει μεταβλητό ρυθμό μετάδοσης είναι πιθανόν τα ATM πακέτα να μην είναι εντελώς γεμάτα. Για το λόγο αυτόν απαιτούνται περισσότερες λειτουργίες από το SAR.

Η ITU-T δεν έχει καταλήξει σε συμφωνία ακόμη για τον ορισμό αυτού του SAR αλλά είναι πολύ πιθανόν να έχει την μορφή του σχήματος 3.8.1β (type 2). Το SN περιέχει τον αριθμό διαδοχής που επιτρέπει την ανάκτηση ATM πακέτων που έχουν χαθεί ή έχουν δρομολογηθεί λάθος. Το πεδίο **IT (information type)** δείχνει την αρχή ενός μηνύματος (**BOM**), συνέχιση μηνύματος (**COM**), το τέλος μηνύματος (**EOM**) ή ότι το ATM πακέτο μεταφέρει πληροφορία χρονισμού ή άλλου είδους πληροφορία. Τα BOM, COM και EOM δείχνουν ότι το ATM πακέτο είναι το πρώτο, μεσαίο ή το τελευταίο ATM πακέτο ενός μηνύματος. Το πεδίο **LI (length indication)** δείχνει τον αριθμό των χρήσιμων bytes στα μερικώς γεμάτα ATM πακέτα. Το πεδίο **CRC (cyclic redundancy code)** επιτρέπει στο SAR τη διόρθωση λαθών στο πεδίο SAR-SDU.

Στο CS πρέπει να εκτελούνται οι ακόλουθες λειτουργίες:

- * Ανάκτηση ρολογιού
- * Διαχείριση λανθασμένων ATM πακέτων
- * FEC (Forward error correction) για υπηρεσίες audio και video

3.8.3 Πρωτόκολλο Τύπου 3

Έχουν προταθεί δυο ειδών πρωτόκολλα AAL Τύπου 3: Τύπου μηνύματος και τύπου streaming ανάλογα με το αν έχουν να μεταδοθούν μια ή περισσότερες AAL SDU's.

Το AAL του τύπου αυτού υποστηρίζει δυο τρόπους λειτουργίας ανάλογα με τις απαιτήσεις της υπηρεσίας.

* *Με Επιβεβαίωση*

Όλες οι SDU παραδίδονται χωρίς παραμορφώσεις που προέρχονται από λάθη. Κάθε αλλοιωμένη ή χαμένη CS-PDU αναμεταδίδεται. Επιπλέον διατίθεται έλεγχος ροής μεταξύ των τερματικών.

* *Χωρίς Επιβεβαίωση*

Στην περίπτωση αυτή μια SDU μπορεί να παραδοθεί λανθασμένη ή να μην παραδοθεί καθόλου. Έτσι, χαμένες ή λανθασμένες CS-PDU δεν αναμεταδίδονται. Η παροχή ελέγχου ροής είναι προαιρετική.

Το SAR παρέχει κυρίως τις ακόλουθες λειτουργίες:

* Υποστήριξη τεμαχισμού και ανακατασκευής μεταβλητού μήκους CS-PDU's με την ένδειξη του τύπου του ATM πακέτου (πρώτο, μεσαίο, τελευταίο, μονού τεμαχισμού) της CS-PDU και την ένδειξη του αριθμού των χρήσιμων bytes. Οι λειτουργίες αυτές υποστηρίζονται από δυο πεδία:

ST (Segment Type) των 2 bits

LI (Length Indicator) των 6 bits

Η κωδικοποίηση για το πεδίο ST έχει ως εξής: 10 για το BOM, 00 για το COM, 01 για το EOM και 11 για το **SSM (Single Segment Message)**

* Ανίχνευση Σφαλμάτων.

Για την ανίχνευση λανθασμένων bit στην SAR-PDU, ορίζεται ένα πεδίο CRC των 10 bits. Η κωδικοποίηση του πεδίου αυτού γίνεται με βάση το πολυώνυμο $(1 + x + x^4 + x^5 + x^9 + x^{10})$. Επιπλέον θα πρέπει να γίνεται και ανίχνευση χαμένων ή παρεμβαλλόμενων ATM πακέτων. Η ανίχνευση αυτή γίνεται με τη βοήθεια ενός αριθμού διαδοχής (SN) που υποστηρίζεται από ένα πεδίο των 4 bits.

* Ένα ειδικό πεδίο (RES-reserved) έχει κρατηθεί για πιθανή μελλοντική χρήση. Ως πιθανή εφαρμογή που θα μπορούσε να χρησιμοποιήσει το πεδίο αυτό η ITU-T έχει θεωρήσει την πολύπλεξη/αποπολύπλεξη, η σκέψη όμως αυτή βρίσκεται υπό μελέτη. Είναι πολύ πιθανό να απαιτηθεί η πολύπλεξη πολλών συνδέσεων μέσω μιας απλής ATM σύνδεσης. Εάν ζητηθεί μια τέτοια λειτουργία θα χρειαστεί ένας δείκτης (**MID**) που θα καθορίζει κατά πόσο έχουμε πολύπλεξη ή όχι αφού οι πολυπλεγμένες συνδέσεις δε θα είναι ορατές στο επίπεδο ATM (VCI/VPI). Το δίκτυο προσφέρει το ίδιο QoS (Quality of Service) για όλες τις πολυπλεγμένες συνδέσεις.

Οι διάφορες αυτές λειτουργίες οδηγούν στη διαμόρφωση ενός SAR σαν αυτό που φαίνεται στο σχήμα 3.8.1β (type 3). Εδώ παρατηρούμε ότι το μήκος του SAR payload παραμένει 44 bytes οδηγούμενο από μια επικεφαλίδα 2 bytes και ακολουθούμενο από έναν trailer πάλι των 2 bytes.

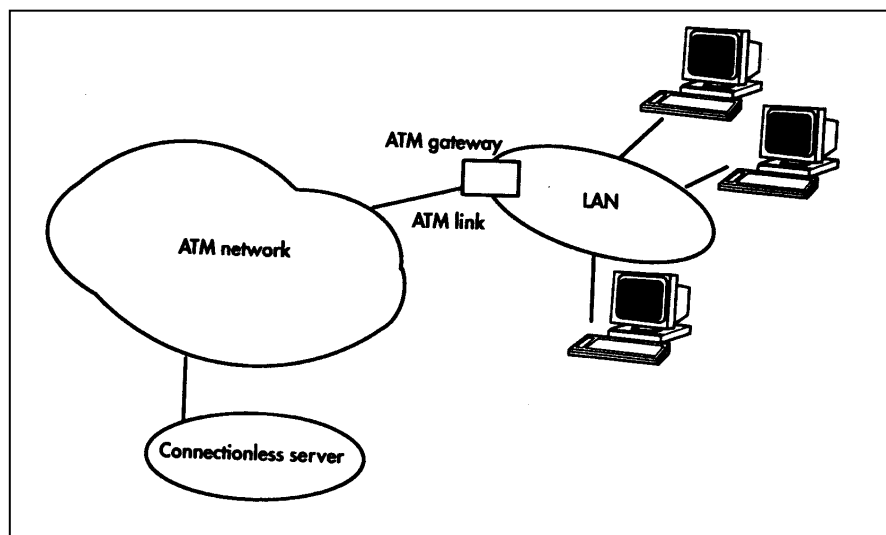
Το CS δεν έχει καθοριστεί ακόμη από την ITU-T και βρίσκεται υπό μελέτη.

3.8.4 Πρωτόκολλο Τύπου 4

Το πρωτόκολλο του τύπου αυτού θα μεταφέρει πληροφορία υπηρεσιών χωρίς σύνδεση και με μεταβλητό ρυθμό μετάδοσης. Το AAL από μόνο του δεν μπορεί να υποστηρίξει πλήρως

υπηρεσία χωρίς σύνδεση αφού λειτουργίες όπως η δρομολόγηση και η διευθυνσιοποίηση δικτύων εκτελούνται από υψηλότερα επίπεδα. Το πρωτόκολλο Τύπου 4 παρέχει τόσο τη δυνατότητα point-to-point όσο και τη δυνατότητα point-to-multipoint μεταφοράς μιας AAL-SDU. Η υπηρεσία που προσφέρεται από τον Τύπο 4 είναι η ίδια με του Τύπου 3 δηλ. τύπου μηνύματος ή τύπου streaming με επιβεβαίωση ή χωρίς επιβεβαίωση.

Η λειτουργικότητα και η κωδικοποίηση του SAR του πρωτοκόλλου Τύπου 4 είναι η ίδια με αυτήν του Τύπου 3. Η μόνη διαφορά τους είναι στο πεδίο RES/MID. Σε αντίθεση με το Τύπου 3 όπου το πεδίο αυτό βρίσκεται στο στάδιο της μελέτης, στο Τύπου 4 η ανάγκη ενός MID είναι επιβεβλημένη αφού στην κατάσταση μετάδοσης χωρίς σύνδεση μπορεί να μεταδίδονται πολλές CS-PDU's μέσω μιας μόνο ATM σύνδεσης. Σαν παράδειγμα έχουμε την περίπτωση όπου ένας αριθμός τερματικών είναι συνδεδεμένα σε ένα LAN (χωρίς σύνδεση) και το ίδιο το LAN είναι συνδεδεμένο μέσω μιας μόνο πύλης ATM στο ATM δίκτυο (σχήμα 3.8.4).



Σχήμα 3.8.4 Σύνδεση ενός LAN σε ένα ATM δίκτυο

3.8.5 Πρωτόκολλο Τύπου 3/4

Το AAL πρωτόκολλο Τύπου 3/4 θα χρησιμοποιείται τελικά για τη μεταφορά υπηρεσιών κατηγορίας C και D μέσα από ATM δίκτυα. Το πρωτόκολλο αυτό προέρχεται από ενοποίηση των πρωτοκόλλων Τύπου 3 και 4. Η δομή του AAL επιπέδου είναι αυτή που η CS (convergence sublayer) περαιτέρω υποδιαιρείται σε δύο υπο-επίπεδα:

- Το **Service-Specific CS (SSCS)**, και
- Το **Common Part CS (CPCS)**.

Το πρωτόκολλο AAL Τύπου 3/4 παρέχει και "εγγυημένες" λειτουργίες και "μη εγγυημένες" λειτουργίες. Κάθε εγγυημένη AAL-SDU (Service Data Unit) περιέχει ακριβώς τα ίδια δεδομένα όπως εστάλησαν από το χρήστη. Η εγγυημένη υπηρεσία παρέχεται με αναμετάδοση (διόρθωση) των χαμένων (ή κομμένων) SSCS-PDUs (protocol data units). Σ' αυτόν τον τρόπο λειτουργίας απαιτείται έλεγχος της ροής (flow control). Στις μη εγγυημένες λειτουργίες δε γίνεται αναμετάδοση των χαμένων (ή των κομμένων) AAL-SDU. Για τη διόρθωση των λαθών επιστρατεύονται τα υψηλότερα επίπεδα. Ο έλεγχος ροής για τις μη εγγυημένες λειτουργίες είναι προαιρετικός. Το υπο-επίπεδο CPCS παρέχει μόνο μη εγγυημένες λειτουργίες. Οι εγγυημένες λειτουργίες μπορούν να εκτελούνται μόνο στο υποεπίπεδο SSCS.

Οι λειτουργίες του υπο-επιπέδου SSCS εξαρτώνται από τη συγκεκριμένη υπηρεσία. Συνήθως περιλαμβάνονται λειτουργίες για ανίχνευση και διόρθωση λαθών.

Δύο τρόποι λειτουργίας ορίζονται για το πρωτόκολλο Τύπου 3/4:

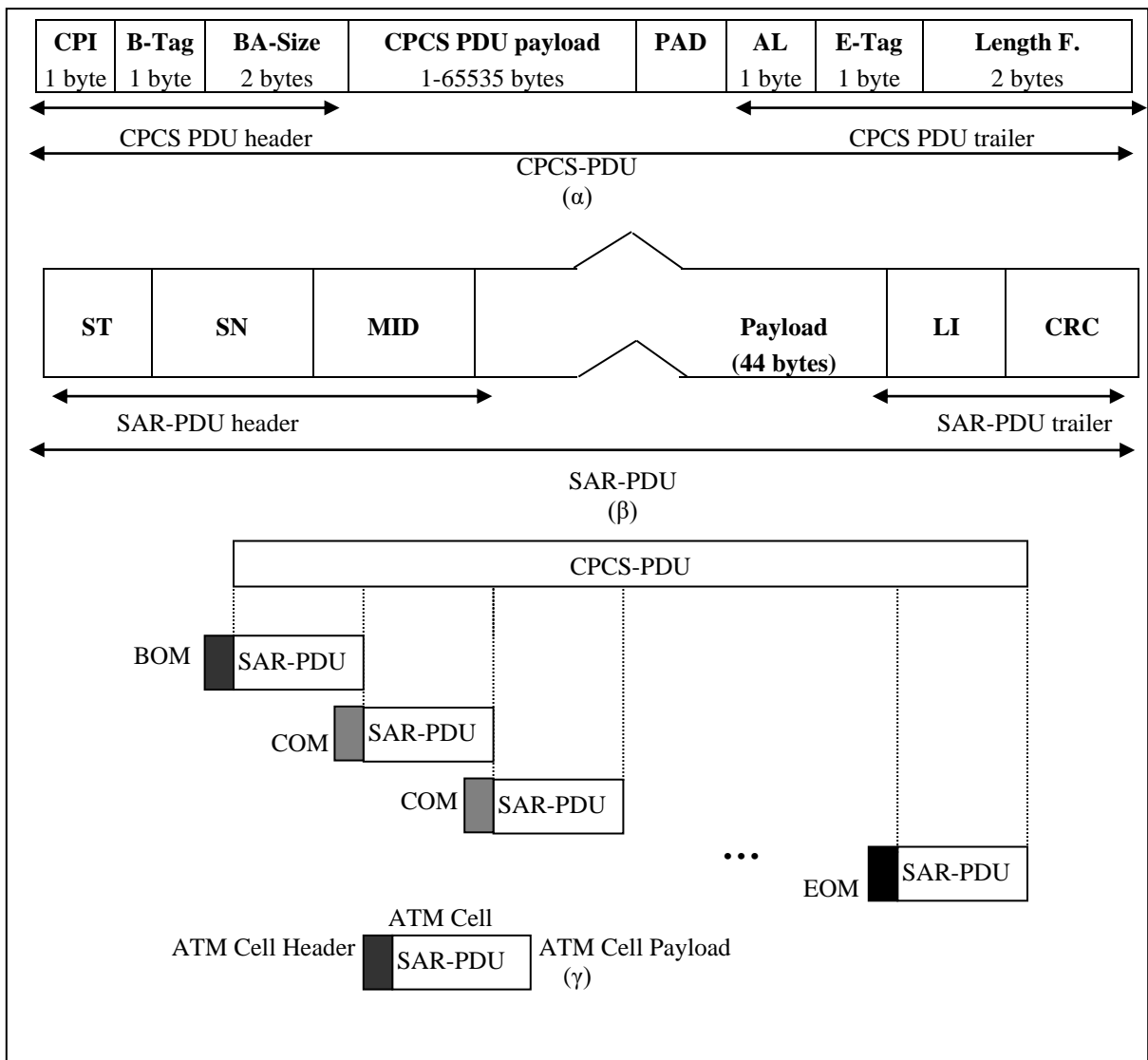
- Τρόπος μηνύματος (message mode).
- Τρόπος διανομής πλαισίου (streaming mode).

Κατά τον τρόπο μηνύματος μεταφέρονται τα δεδομένα υπό μορφή πλαισίων (framed data), όπως τα πλαίσια της υπηρεσίας **SMDS (switched multimegabit data service)**. Πράγματι το πρωτόκολλο AAL Τύπου 3/4 προήλθε από την SMDS. Η AAL-SDU διασχίζει την AAL σε μόνο μία AAL-PDU που λέγεται **AAL interface data unit (AAL-IDU)**. Ενώ κατά τον τρόπο διανομής πλαισίου μια μονάδα AAL-SDU μεταδίδεται με μία ή περισσότερες AAL-IDUs. Εδώ, υποστηρίζεται λειτουργία "pipeline" με την οποία η αποστέλλουσα AAL αρχίζει τη μετάδοση στην AAL-αποδέκτη, προτού να έχει στη διάθεσή της ολόκληρη την AAL-SDU. Η διαδικασία αυτή μειώνει το μέγεθος της προσωρινής αποθήκευσης (buffer) για την αποθήκευση των AAL-IDUs που ανήκουν στην ίδια AAL-SDU.

Όπως φαίνεται στο σχήμα 3.8.5 (α) η επικεφαλίδα της CPCS-PDU αποτελείται από 1 οκτάδα **CPI (common part indicator)**, 1 οκτάδα **B-tag (beginning tag)** και 2 οκτάδες για το πεδίο **BA-Size (Buffer Allocation Size)**. Ο CPI χρησιμοποιείται για την επεξήγηση των πεδίων που ακολουθούν για τις λειτουργίες του υπο-επιπέδου CPCS στην επικεφαλίδα και στον trailer. Το πεδίο B-tag επιτρέπει τη σύνδεση της επικεφαλίδας και του trailer του CPCS-PDU. Το πεδίο BA-

Size υποδεικνύει στο δέκτη τις μέγιστες απαιτήσεις σε προσωρινή αποθήκευση για να δεχθεί την CPCS-SDU.

Ο trailer της CPCS-PDU αποτελείται από 1 οκτάδα **AL (alignment field)**, 1 οκτάδα E-tag (end tag) και 2 οκτάδες length field. Ο σκοπός του AL είναι να επιτύχει 32-bit ευθυγράμμιση στον trailer της CPCS-PRU. Το πεδίο του μήκους (Length F.) δείχνει το μήκος του CPCS payload.



Σχήμα 3.8.5 Η CPCS-PDU, η SAR-PDU και η δομή των μεταδομένων πλαισίων για το πρωτόκολλο AAL, Τύπου 3/4

Ο αποστολέας θέτει την ίδια τιμή στα πεδία B-tag και E-tag για μια δεδομένη CPCS-PDU και αλλάζει τις τιμές για κάθε CPCS-PDU που ακολουθεί. Η διαδικασία αυτή επιτρέπει στον

αποδέκτη να επαληθεύσει την ορθότητα του μηνύματος που έλαβε, ελέγχοντας την τιμή του B-tag στην επικεφαλίδα και την τιμή του E-tag στον trailer.

Προτού η CPCS-PDU τεμαχισθεί σε μία ή περισσότερες SAR-PDUs, προστίθεται το πεδίο παραγεμίσματος PAD το οποίο αποτελείται από 3 οκτάδες, το πολύ, και προσκολλάται στο τέλος του πεδίου πληροφορίας (payload) με σκοπό να καταστήσει το payload της CPCS-PDU ακέραιο πολλαπλάσιο των 4 οκτάδων.

Στο σχήμα 3.8.5 (β) δείχνεται επίσης το πρωτόκολλο της SAR-PDU για AAL 3/4. Η επικεφαλίδα αποτελείται από πεδίο 2 bit segment type (ST), 4 bit sequence number (SN), και 10 bit multiplexing indication (MID). Το πεδίο ST δείχνει τον τύπο της SAR σε σχέση με την CPCS-PDU.

Υπάρχουν 4 τύποι SAR-PDU:

- SSM (single sequence message) που περιέχει ολόκληρη την CPCS-PDU. Αν η SAR-SDU αποτελείται από δύο ή περισσότερες SAR-PDU, η πρώτη είναι η
- BOM (beginning of message), η τελευταία είναι η
- EOM (end of message), και οι ενδιάμεσες καλούνται
- COM (continuation of message).

Το πεδίο SN επιτρέπει στην ροή των SAR-PDUs μιας CPCS-PDU να αριθμείται με module 16. Αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανίχνευση της απώλειας ενός ATM πακέτου ή της κατά λάθος παρείσφρησης αυτού. Το πεδίο MID χρησιμοποιείται για πολυπλεξία, επιτρέποντας έτσι σε έναν αριθμό από CPCS συνδέσεις να πολυπλέκονται πάνω σε μία ATM σύνδεση.

Ο trailer της SAR-PDU αποτελείται από πεδίο 6 bit LI (length indication) και 10 bit πεδίο CRC (cyclic redundancy check). Το πεδίο LI δείχνει το μήκος του πεδίου πληροφορίας της SAR-PDU. Μια άλλη χρήση αυτού του πεδίου είναι για την απόρριψη μιας μερικώς μεταδιδόμενης CPCS-PDU. Η ειδική τιμή 63 χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της SAR-PDU που απορρίπτεται.

Στο σχήμα 3.8.5 (γ) δείχνεται η δομή του μεταδιδόμενου πλαισίου στην AAL Τύπου 3/4.

3.8.6 Πρωτόκολλο Τύπου 5

Το πρωτόκολλο της AAL, Τύπου 5, ονομάζεται επίσης **SEAL (simple and efficient AAL)**. Όπως φανερώνει το νέο αυτό όνομα του πρωτοκόλλου, AAL 5 απλοποιεί και βελτιώνει το

πρωτόκολλο AAL Τύπου 3/4 μειώνοντας το overhead και εξασφαλίζοντας προσαρμοστικότητα προς τα υπάρχοντα πρωτόκολλα μετάδοσης.

Η δομή της AAL 5 είναι ίδια με τη δομή της AAL 3/4 όπου η CS υποδιαιρείται στα SSCS CPCS υποστρώματα (υπο-επίπεδα). Επίσης οι προσφερόμενες υπηρεσίες από την AAL 5 είναι πολύ όμοιες με αυτές της AAL 3/4. Υποστηρίζονται και εδώ οι δύο τρόποι μετάδοσης των υπηρεσιών, δηλ. ο τρόπος μηνύματος και ο τρόπος διανομής πλαισίου με εγγυημένες και μη εγγυημένες λειτουργίες. Το υπο-επίπεδο CPCS εκτελεί πάλι, μόνο μη εγγυημένες λειτουργίες.

Αν και η AAL 5 θεωρείται μια AAL για connection-oriented υπηρεσίες μόνο, όπως η Frame Relay, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για connectionless υπηρεσίες. Παραδείγματος χάριν η AAL 5 έχει υιοθετηθεί από το ATM Forum για **LANE (LAN emulation)** που είναι connectionless. Δεδομένου του connection-oriented χαρακτήρα των ATM δικτύων, connectionless υπηρεσίες στην πραγματικότητα προσφέρονται από τα πρωτόκολλα των ανωτέρω επιπέδων. Επομένως δεν υπάρχει κάτι που να εμποδίζει την AAL 5 από την υποστήριξη connectionless υπηρεσιών.

Το πρωτόκολλο AAL Τύπου 5 φαίνεται στο σχήμα 3.8.6α (α). Η PDU της CPCS αποτελείται από το πεδίο πληροφορίας που είναι μέχρι 65535 bytes, το πεδίο παραγεμίσματος (**PAD-packet assembler and disassembler**) και τον trailer (8 bytes). Το πεδίο PAD μεταβάλλεται από 0 μέχρι 47 οκτάδες και προσκολλάται στο πεδίο πληροφορίας ούτως ώστε το μήκος της CPCS-PDU να είναι ακέραιο πολλαπλάσιο των 48 οκτάδων.

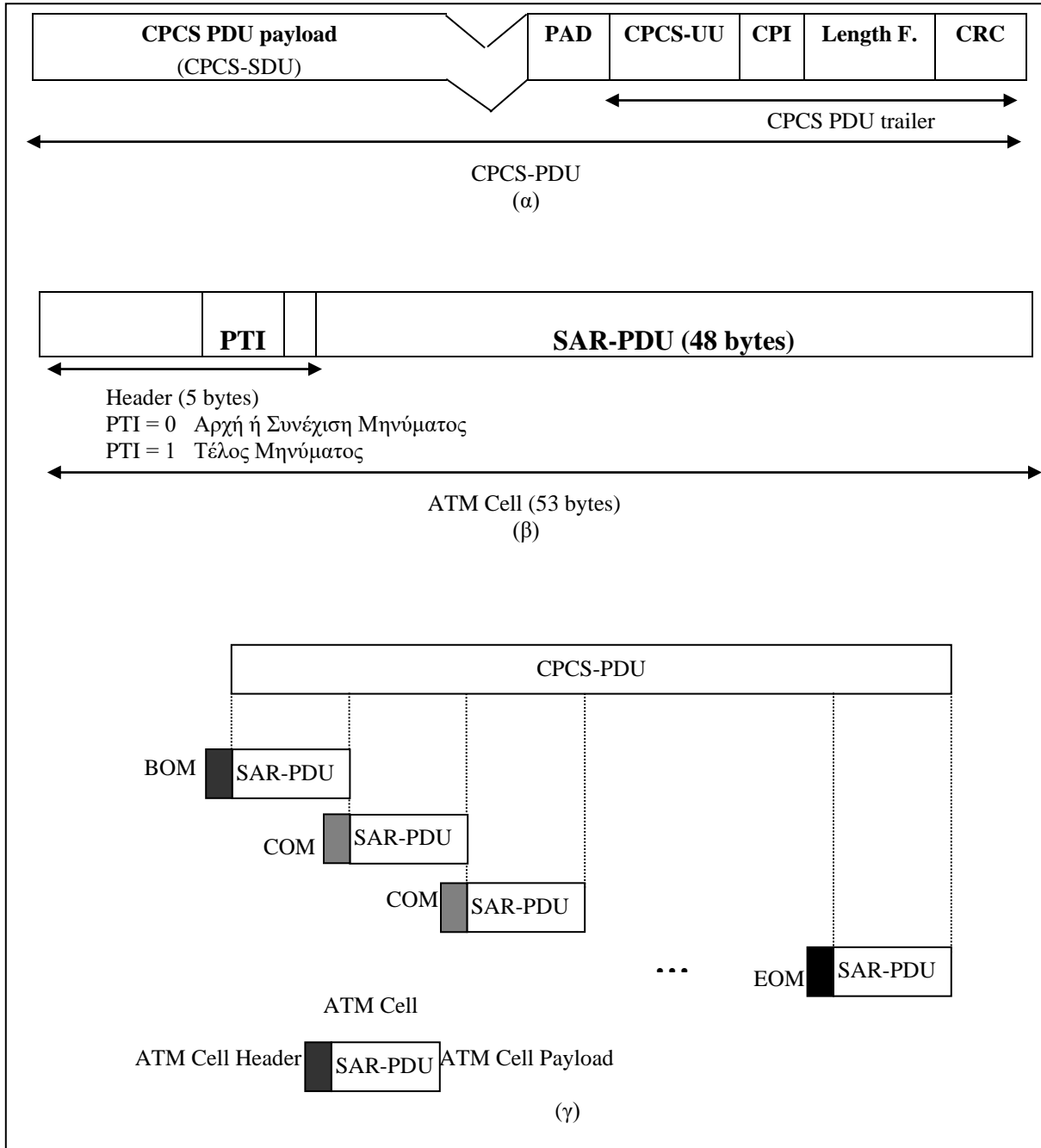
Ο trailer περιέχει 1 οκτάδα CPCS-UU (CPCS user-to-user), 1 οκτάδα CPI (common part indication) όπως στην AAL 3/4, 2 οκτάδες Length, και 4 οκτάδες πεδίο CRC. Το πεδίο CPCS-UU μεταφέρεται διαφανώς από το CPCS. Αντιθέτως προς το AAL 3/4, δεν υπάρχει πεδίο sequence number στην CPCS-PDU της AAL 5, το οποίο σημαίνει ότι όλες οι SAR-PDUs πρέπει να φθάνουν με κατάλληλη σειρά για συναρμολόγηση. Λόγω του πεδίου CRC (32-bits) υψηλής απόδοσης προστασία παρέχεται στο CPCS υπο-επίπεδο από όλα τα κατά λάθος παρεισφρόντα ATM πακέτα ή τα λανθασμένα (bit error) ή και χαμένα ATM πακέτα.

Σε αντίθεση με την AAL 3/4, δεν υπάρχει overhead στο υπο-επίπεδο SAR της AAL 5. Όλα τα 48 bytes του payload του ATM πακέτου της ATM layer είναι διαθέσιμα προς μετάδοση στην CPCS-PDU. Το πεδίο PTI της επικεφαλίδας του ATM πακέτου χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό του τύπου των διαφόρων SAR-PDUs:

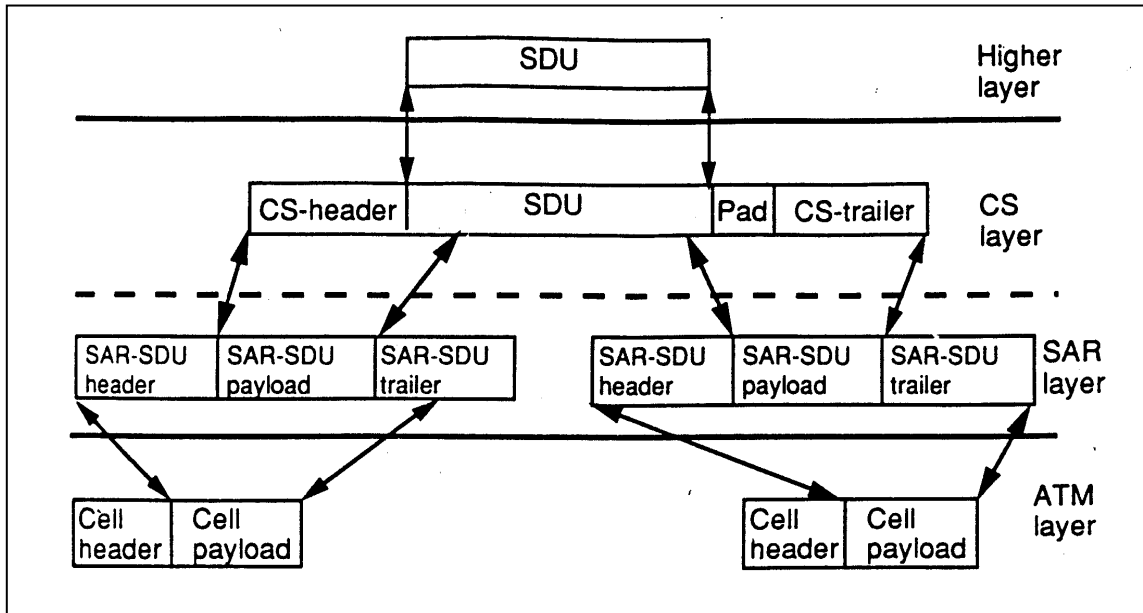
- 0 για BOM /COM
- 1 για EOM

Στο σχήμα 3.8.6α (β) φαίνεται το πρωτόκολλο της SAR-PDU για AAL Τύπου 5. Επίσης στο σχήμα 3.8.6α (γ) δείχνεται παραστατικά η δομή των μεταδιδόμενων πλαισίων της AAL 5.

Συγκριτικά προς την AAL 3/4 η οποία έχει 4 bytes overhead για κάθε ATM πακέτο, AAL 5 καταναλίσκει μόνο 8 bytes για κάθε CPCS-PDU. Επομένως το overhead στην AAL 5 καθίσταται ελάχιστο.

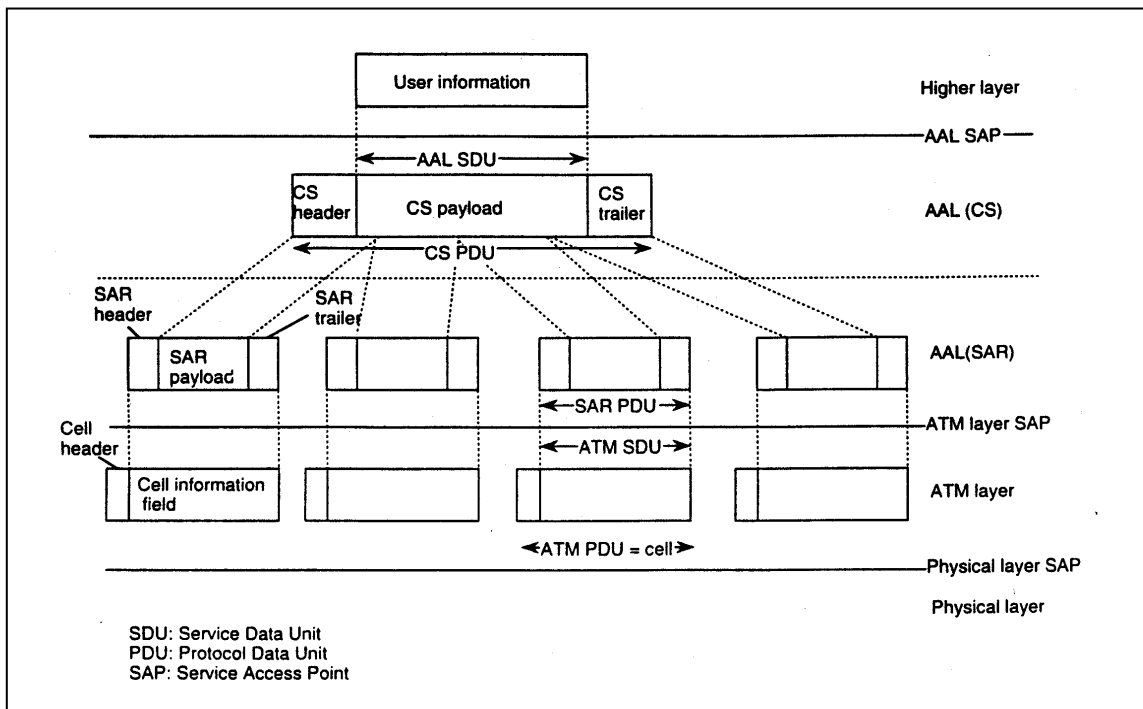


Σχήμα 3.8.6α Η CPCS-PDU, η SAR-PDU και η δομή των μεταδιδόμενων πλαισίων για το πρωτόκολλο AAL, Τύπου 5



Σχήμα 3.8.6β

Το ανωτέρω σχήμα μπορεί να αναπαρασταθεί ως εξής:



Σχήμα 3.8.6γ Παρουσίαση στρωμάτων πρωτοκόλλου

3.9 Λειτουργίες Συντηρήσεως (Maintenance Functions)

Για το ISDN, η ITU-T έχει δημοσιεύσει έναν αριθμό συστάσεων με αρχές λειτουργίας και συντήρησης (M.20, M.30, M.36, I.600 series, I.430, I.431).

Η βασική αρχή OAM βασίζεται στην ελεγχόμενη συντήρηση και αποτελείται από το μηχανισμό επίβλεψης εκτέλεσης και ελέγχου με σκοπό την ελαχιστοποίηση της προληπτικής συντήρησης και τη μείωση διορθωτικής συντήρησης.

Για την απόκτηση της βέλτιστης λειτουργικότητας, από την άποψη της OAM, η ITU-T έχει συστήσει (I.610) τη διάκριση των ακόλουθων φάσεων για το B-ISDN.

* *Επίβλεψη αποδόσεως (performance monitoring)*

Στην κανονική λειτουργία, μιας συνεχής παρακολούθηση ή ένας περιοδικός έλεγχος λειτουργιών εγγυάται την παροχή πληροφοριών συντήρησης. Οι πληροφορίες εκτέλεσης που λαμβάνονται από τους μηχανισμούς επίβλεψης εκτέλεσης θα μεταφέρονται στις οντότητες OAM, οι οποίες θα χρησιμοποιούν τις πληροφορίες αυτές για μεγάλα διαστήματα αξιολόγησης του συστήματος, για μικρά διαστήματα ελέγχου ποιότητας υπηρεσίας και για προληπτικές ενέργειες.

* *Ανίχνευση Βλαβών (Defect and failure detection)*

Με συνεχή ή περιοδική παρακολούθηση των λειτουργιών, μπορεί να γίνει ανίχνευση των βλαβών. Στην περίπτωση που ανιχνευτεί κάποια βλάβη, αρχίζουν οι απαραίτητες ενέργειες για την απομόνωσή της.

* *Προστασία του συστήματος*

Όταν ανιχνευτεί μια βλάβη, η οντότητα που την έχει υποστεί τίθεται εκτός λειτουργίας ελαχιστοποιώντας έτσι τις επιπτώσεις της βλάβης.

* *Πληροφορίες βλάβης ή λειτουργίας (failure or performance information)*

Αν μια οντότητα πάθει κάποια βλάβη, τότε θα ενημερωθούν κάποιες διοικητικές οντότητες. Θα γίνει ανταλλαγή πληροφοριών κατάστασης. Αυτές οι πληροφορίες βλαβών χρησιμοποιούνται στη φάση της προστασίας του συστήματος για να το βοηθούν να απορρίψει τις χαλασμένες οντότητες, όπως επίσης χρησιμοποιούνται και από τις γειτονικές οντότητες για να βεβαιωθεί ότι ένα μήνυμα για μια χαλασμένη οντότητα έχει διαδοθεί σε ολόκληρο το δίκτυο.

* *Απομόνωση Σφαλμάτων (fault localisation)*

Την ευθύνη για την απομόνωση των χαλασμένων οντοτήτων την αναλαμβάνουν εσωτερικά ή εξωτερικά συστήματα ελέγχου. Όταν τα σφάλματα απομονωθούν, η φάση προστασίας του συστήματος αναλαμβάνει να θέσει εκτός λειτουργίας τις χαλασμένες οντότητες.

3.9.1 Δομή του Δικτύου σε Επίπεδα OAM

Η συντήρηση και λειτουργία ενός ATM δικτύου είναι οργανωμένη σε επίπεδα. Έχουν ορισθεί 5 ιεραρχικά επίπεδα OAM με τις σχετικές ροές πληροφοριών. Η δομή αυτή φαίνεται στο σχήμα 3.9.1 όπου παρατηρούμε ότι τα 2 από τα 5 επίπεδα ορίζονται στο επίπεδο ATM και τα άλλα 3 στο φυσικό επίπεδο. Τα επίπεδα αυτά δεν εμφανίζονται απαραίτητα όλα στα διάφορα δίκτυα. Σε τέτοιες περιπτώσεις οι λειτουργίες που σχετίζονται με OAM εκτελούνται από ψηλότερα επίπεδα. Τα 5 επίπεδα που συναντούμε είναι:

* *Νοητού Καναλιού - Virtual Channel (F5)*

Και οι δύο τελικοί κόμβοι εκτελούν λειτουργίες τερματισμού VCI για μια σύνδεση B-ISDN. Μια τέτοια σύνδεση αποτελείται από πολλούς νοητούς διαδρόμους (VP). Οι λειτουργίες OAM εκτελούνται σε ένα επίπεδο VCI και μπορούν να τροφοδοτήσουν με πληροφορίες οποιαδήποτε από τις 5 φάσεις που έχουν περιγραφείνωρίτερα. Για παράδειγμα μπορεί να γίνει επίβλεψη εκτέλεσης σε επίπεδο VCI κάνοντας χρήση των PTI bits της επικεφαλίδας του ATM πακέτου.

* *Νοητής Διαδρομής - Virtual Path (F4)*

Και οι δύο τελικοί κόμβοι εκτελούν λειτουργίες τερματισμού VPI για μια σύνδεση B-ISDN. Μια τέτοια σύνδεση αποτελείται από πολλούς διαδρόμους μετάδοσης. Και πάλι μια από τις 5 προηγούμενες φάσεις μπορεί να εμπλέκεται στη συντήρηση νοητού διαδρόμου.

* *Διαδρομής Μετάδοσης - Transmission Path (F3)*

Και οι δύο τερματικοί κόμβοι εκτελούν συναρμολόγηση/λύση του payload και των λειτουργιών OAM του συστήματος μετάδοσης. Μιας και τα ATM πακέτα πρέπει να αναγνωρίζονται σε ένα διάδρομο μετάδοσης για να αποσπώνται τα OAM τελικά,

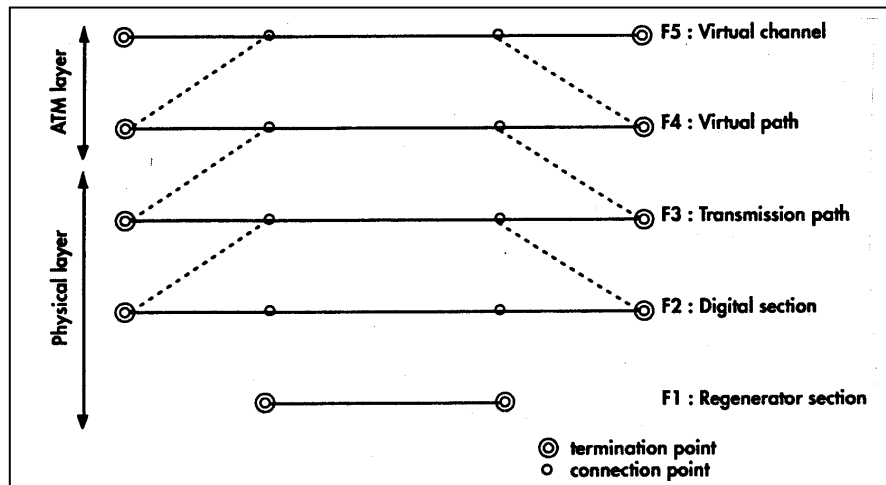
απαιτούνται λειτουργίες μετάδοσης. Μια διαδρομή μετάδοσης αποτελείται από πολλά ψηφιακά τμήματα.

* *Ψηφιακών Τμημάτων - Digital section (F2)*

Και οι δυο τερματικοί κόμβοι είναι κόμβοι τερματισμού τμημάτων. Ένα ψηφιακό τμήμα περιέχει μια οντότητα συντήρησης. Είναι σε θέση να μεταφέρει OAM πληροφορίες από γειτονικά ψηφιακά τμήματα.

* *Τμημάτων Αναγέννησης ή Αναδημιουργίας - Regenerator section (F1)*

Αυτή είναι η μικρότερη αναγνωρίσιμη φυσική οντότητα για το OAM, και εντοπίζεται μεταξύ των επαναληπτών.



Σχήμα 3.9.1 Ιεραρχικά επίπεδα OAM

Ο μηχανισμός που παρέχει τις OAM πληροφορίες και τη ροή πληροφορίας σχετική με τις λειτουργίες αυτές εξαρτάται από το αντίστοιχο επίπεδο.

Μηχανισμοί Φυσικού Επιπέδου

Στο φυσικό επίπεδο η ροή της OAM πληροφορίας (F1, F2, F3) εξαρτάται από τον τύπο του συστήματος μετάδοσης.

Στα συστήματα πλαισιόχρονης μετάδοσης (G.702, G.703) ο ρυθμός εσφαλμένων bit ανά τμήμα επιβλέπεται μέσω του CRC μετρώντας τις παραβιάσεις στην κωδικοποίηση.

Στην SDH, ειδικά bytes στους SOH (Section Overhead) και POH (Path Overhead) μεταφέρουν κώδικες μετρήσεως σφαλμάτων όπως BIP-8 (Bit Interleaved Parity).

Στα συστήματα μετάδοσης με βάση τα ATM πακέτα οι OAM εκτελούνται από ειδικά ATM πακέτα τα οποία ονομάζονται PLOAM (Physical layer OAM). Αυτά έχουν νόημα μόνο για το φυσικό επίπεδο και δεν περνούν στο επίπεδο ATM.

Μηχανισμοί Επιπέδου ATM

Στο επίπεδο ATM (F4, F5) χρησιμοποιούνται αφιερωμένα ATM πακέτα για την εκτέλεση συντήρησης VC και VP. Αυτά μπορούν κάλλιστα να χρησιμοποιηθούν για τη μεταφορά OAM πληροφορίας. Εδώ μπορούν να χρησιμοποιηθούν επίσης και τα PTI bits (Payload Type Indicator).

3.9.2 OAM του φυσικού επιπέδου

Διάφορα μέρη του φυσικού επιπέδου πρέπει να συντηρηθούν. Ένα πιθανό παράδειγμα διαμόρφωσης φυσικού επιπέδου φαίνεται στο σχήμα 3.9.2. Εδώ βλέπουμε την ροή της F1 να τερματίζεται LT's (Line Termination) και αναγεννητές (regenerator) ενώ της F2 τερματίζεται από LT's. Η ροή της F3 απαιτεί αναγνώριση του συρμού των ATM πακέτα.

Διάφορα σφάλματα μπορούν να αναγνωριστούν και να αποθεθούν σε ένα από τα 3 επίπεδα και τις σχετικές ροές που έχουν αναφερθεί προηγουμένως. Οι ακόλουθες βλάβες μπορούν να ανιχνευτούν σε ένα σύστημα μετάδοσης SDH:

F1, F2: * Απώλεια πλαισίου: Έχει χαθεί ο SDH συγχρονισμός πλαισίων.

* Υποβάθμιση της εκτέλεσης λαθών: Η ποιότητα του λαμβανομένου συρμού bit δεν είναι αποδεκτή (δηλ. έχουμε πολλά εσφαλμένα bit). Αυτό μπορεί να προκληθεί από ένα πολύ αδύνατο εισερχόμενο σήμα, από λάθος κλειδίωμα ενός PLL,...

F3: * Απώλεια διαχωρισμού ATM πακέτων: Ο αλγόριθμος διάκρισης των ATM πακέτων δε βρίσκεται πλέον στην κατάσταση SYNC (σχήμα 3.7γ).

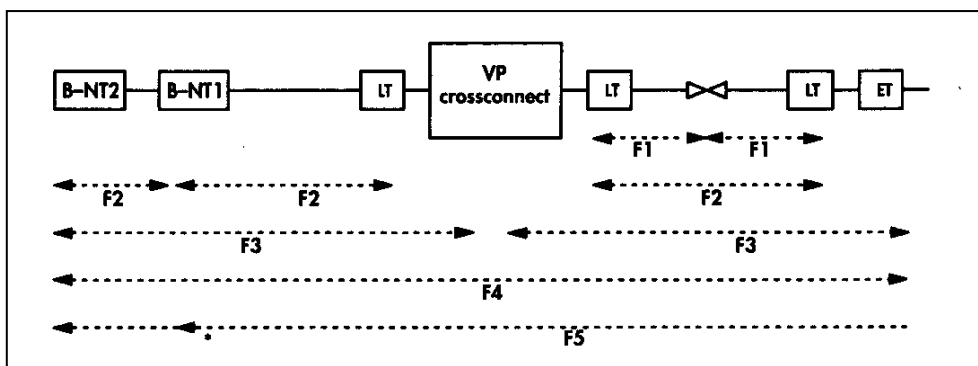
* Header που δε διορθώνεται: Η επικεφαλίδα περιέχει περισσότερα σφάλματα από όσα μπορούν να διορθωθούν. Το σφάλμα αυτό ανιχνεύεται με τον μηχανισμό HEC.

* Υποβάθμιση της εκτέλεσης λαθών στην επικεφαλίδα: Η ποιότητα των bit της επικεφαλίδας είναι πολύ χαμηλή. Αυτό μπορεί να ανιχνευτεί με τον μηχανισμό HEC.

* Απώλεια του δείκτη AU-4: Ο δείκτης AU-4 του SDH-SOH δεν ανακαλύπτεται δίνοντας ώθηση σε ένα μη αναγνωρίσιμο SDH payload.

* Υποβάθμιση της εκτέλεσης λαθών: Η ποιότητα δεν είναι πλέον αποδεκτή. Αυτό μπορεί να μετρηθεί από ειδικά παρεμβαλλόμενα ATM πακέτα, υπολογίζοντας ένα BIP-8 από τα προεκπεμφθέντα ATM πακέτα ή με τη χρήση μια ειδικής λέξης στο πεδίο πληροφορίας των μη ανατεθειμένων ATM πακέτων.

* Βλάβη στην προσθήκη και απομάκρυνση των αδρανών ATM πακέτων: Στην περίπτωση που καταφθάνουν πολλά αδρανή ATM πακέτα δεν μπορεί να μεταδοθεί χρήσιμη πληροφορία.



Σημείωση: *Ο τερματισμός του F5 στο B-NT1 βρίσκεται υπό μελέτη

Σχήμα 3.9.2 Παράδειγμα configuration και OAM ροές στο Physical και στο ATM στρώμα

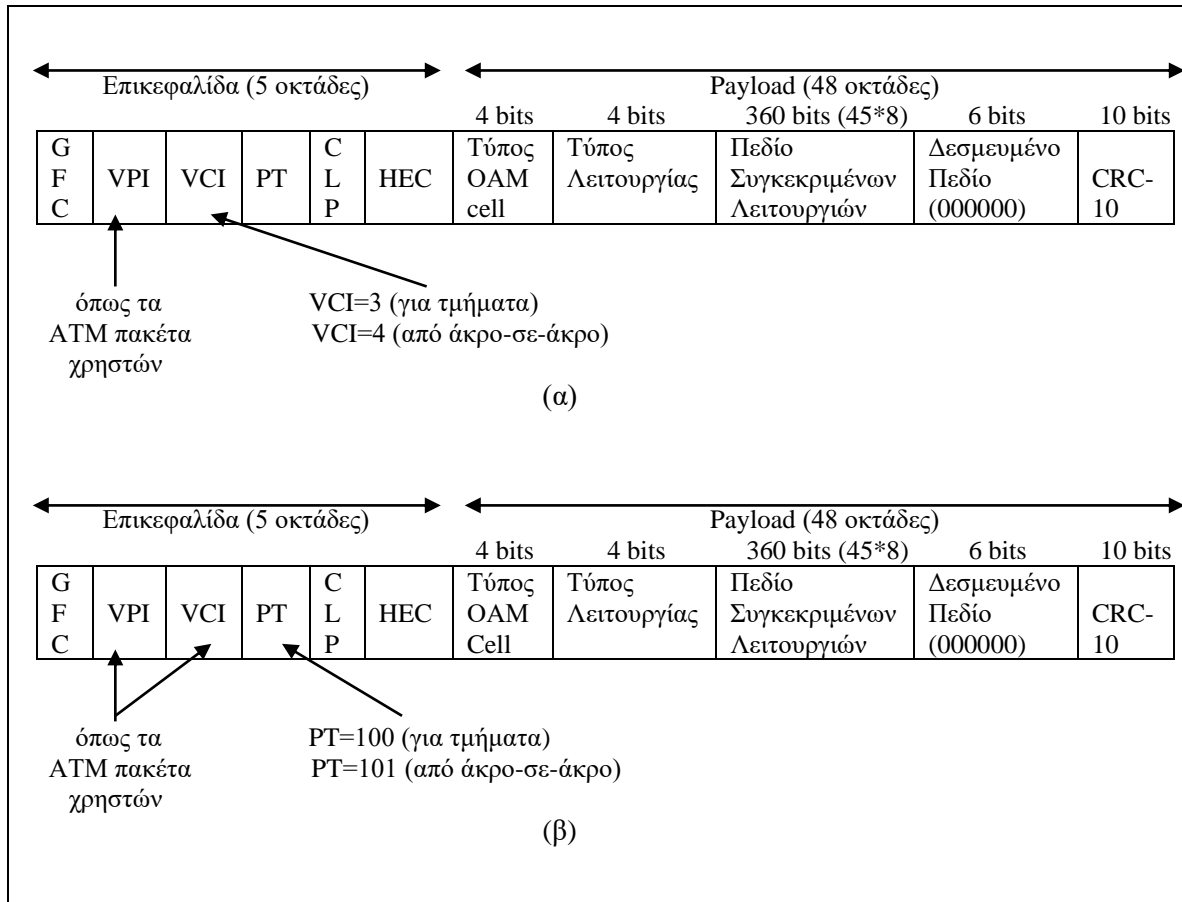
Στην περίπτωση που χρησιμοποιείται ένα σύστημα με βάση τα ATM πακέτα μπορούμε να εντοπίσουμε τα ακόλουθα προβλήματα:

- F1, F2: * Απώλεια της αναγνώρισης των ATM πακέτων PLOAM: Ο δέκτης δεν αναγνωρίζει πλέον τα ATM πακέτα PLOAM. Κατά συνέπεια δεν παρέχεται επίβλεψη εκτέλεσης.
- F2: * Υποβάθμιση της εκτέλεσης λαθών: Βλέπε περιγραφή συστημάτων SDH.
- F3: * Απώλεια της διάκρισης των ATM πακέτων.
 * Header ο οποίος δεν μπορεί να διορθωθεί.
 * Υποβάθμιση εκτέλεσης λαθών επικεφαλίδας.
 * Βλάβη στην προσθήκη και απομάκρυνση των αδρανών ATM πακέτων.

Για όλα αυτά τα σφάλματα ισχύουν οι ίδιες περιγραφές όπως και στα συστήματα SDH.

3.9.3 ΟΑΜ του επιπέδου ΑΤΜ

Οι ΟΑΜ ροές τύπου F4 και F5 ενεργοποιούνται κατά τη διάρκεια ή μετά την εγκατάσταση της σύνδεσης. Πρέπει δε, και κατά τις δύο διευθύνσεις μετάδοσης, να ακολουθούν την ίδια φυσική διαδρομή, έτσι ώστε οποιοδήποτε σημείο σύνδεσης να μπορεί να ελέγξει την ΟΑΜ πληροφορία.



Σχήμα 3.9.3 (α) F4 (VPC) OAM cell

(β) F5 (VCC) OAM cell

Σε μια νοητή σύνδεση, μπορούν τόσο τα τερματικά σημεία όσο και τα σημεία σύνδεσης μιας ροής να εισάγουν, να ελέγχουν και να επεξεργαστούν τα ΟΑΜ ΑΤΜ πακέτα που υπάρχουν σε αυτήν, μόνο όμως τα τερματικά σημεία μπορούν να προχωρήσουν σε εξαγωγή ή/και τερματισμό των ΟΑΜ ΑΤΜ πακέτων. Η δομή των δύο ΟΑΜ ΑΤΜ πακέτων (F4 και F5) δίνεται στο σχήμα 3.9.3.

Τα OAM ATM πακέτα των VPC (F4) έχουν την ίδια τιμή VPI με τα ATM πακέτα δεδομένων χρήστη της ίδιας σύνδεσης VPC, αλλά διαφοροποιούνται στην τιμή του VCI. Έτσι έχουν VCI=3, όταν αναφέρονται στη διαχείριση ενός τμήματος (για παράδειγμα, τα ATM πακέτα που επικοινωνούν μόνο μέσα στα όρια ενός τμήματος VPC), και VCI=4, όταν αναφέρονται στη διαχείριση της συνολικής σύνδεσης (για παράδειγμα, τα OAM ATM πακέτα που υποστηρίζουν την επικοινωνία μεταξύ δύο τερματικών σημείων μιας VPC).

Τα OAM ATM πακέτα των VCC έχουν τις ίδιες VPI/VCI τιμές με τα ATM πακέτα δεδομένων χρήστη του ίδιου VCC, αλλά διαφοροποιούνται στην τιμή του τύπου πληροφορίας PT (payload type). Έτσι έχουν PT=4 (100), όταν αναφέρονται στη διαχείριση ενός τμήματος και PT=5 (101), όταν αναφέρονται στη διαχείριση της συνολικής σύνδεσης. Από τα παραπάνω προκύπτει ότι τα OAM ATM πακέτα των VCC (F5) μοιράζονται την ίδια VCC με αυτές των δεδομένων χρήστη, ενώ στις VCC των OAM ATM πακέτων, που αφορούν VPC (F4), δεν μπορούν να συνυπάρξουν ATM πακέτα δεδομένων χρήστη.

Το πεδίο τύπου OAM ATM πακέτου διακρίνεται στους εξής τρεις τύπους:

1. Διαχείριση λαθών (0001)
2. Διαχείριση απόδοσης (0010)
3. Ενεργοποίηση/απενεργοποίηση (1000).

Πίνακας 3.9.3 Κωδικοποίηση τύπων και λειτουργιών OAM ATM πακέτων

Τύπος OAM ATM πακέτου	Τιμή πεδίου	Τύπος λειτουργίας	Τιμή πεδίου
Διαχείριση λαθών	0001	AIS	0000
		RDI	0001
		Επιστροφή των cells	1000
Διαχείριση απόδοσης	0010	Έλεγχος προς τα μπροστά	0000
		Έλεγχος προς τα πίσω	0001
		Έλεγχος και αναφορά	0010
Ενεργοποίηση/απενεργοποίηση	1000	Έλεγχος απόδοσης	0000

Εάν το OAM ATM πακέτο είναι τύπου 'διαχείρισης λαθών', τότε ο τύπος λειτουργίας OAM (OAM function type) - 4bits μπορεί να είναι: (α) ένα σήμα ένδειξης συναγερμού (**AIS-alarm indication signal** = 0000), (β) μια ένδειξη απομακρυσμένης δυσλειτουργίας (**RDI-remote defect indication** = 0001), (γ) επιστροφή των ATM πακέτων (cell loopback = 1000).

Οι άλλοι δυο τύποι των OAM ATM πακέτων καθώς και οι τύποι λειτουργίας τους φαίνονται στον πίνακα.

Έστω μια συνεχόμενη ροή OAM ATM πακέτων. Η μέτρηση των ATM πακέτων δεδομένων του χρήστη και ο καθορισμός του αριθμού των χαμένων ή των λάθος καταχωρημένων ATM πακέτων λαμβάνει χώρα στον ‘έλεγχο απόδοσης’ (performance monitoring = 0000) των VP/VC. Σε αυτόν τον τύπο λειτουργίας περιλαμβάνονται η επανάληψη υπολογισμού του κώδικα ανίχνευσης λαθών (error detection code) καθώς και η σύγκριση με τον κώδικα στο εισερχόμενο ATM πακέτο. Επιπλέον, κρατάει αρχεία όλων των ευρημάτων και αναφορές των ευρημάτων στο τερματικό που βρίσκεται κοντά στο τέλος.

Όπως βλέπουμε και στο σχήμα 3.9.3 μετά τα πεδία “τύπος OAM cell” και “τύπος λειτουργίας” ακολουθεί το “πεδίο συγκεκριμένων λειτουργιών (function specific)”.

Ένα πιθανό παράδειγμα διαμόρφωσης (configuration) των φυσικών τερματικών σημείων της ροής OAM στο επίπεδο ATM θα συμπεριλάμβανε τη συντήρηση ενός πλήρως VP/VC με τις ροές F4 και F5.

Η ITU-T έχει ορίσει δυο πιθανές βλάβες:

F4: Μη διαθέσιμο VP: Στην περίπτωση αυτή το VP δεν μπορεί να εξασφαλιστεί και απαιτούνται ενέργειες προστασίας του συστήματος.

F4, F5: Υποβάθμιση της εκτέλεσης (απόδοσης): Τα ATM πακέτα που φτάνουν στους κόμβους επεξεργασίας VCI/VPI δεν έχουν την αποδεκτή απόδοση. Αυτή η υποβάθμιση στην απόδοση μπορεί να προκληθεί από την απώλεια ATM πακέτων, την προσθήκη ATM πακέτων, από ένα πολύ μεγάλο ρυθμό λαθών στο πεδίο πληροφορίας...

Η σύσταση I.610 της ITU-T είναι μια πρώτη αρχή (εισαγωγή) στις αρχές συντήρησης των δικτύων ATM. Το θέμα όμως αυτό τυγχάνει ακόμη μελέτης από την ITU-T.

3.10 Παράδειγμα επικοινωνίας σε ATM δίκτυο

Ας θεωρήσουμε την επικοινωνία μεταξύ δύο συνδρομητών με εικονοτηλέφωνα (σχήμα 3.10). Ο καλών συνδρομητής καλεί "τον αριθμό" του καλούμενου. Το εικονοτηλέφωνο του

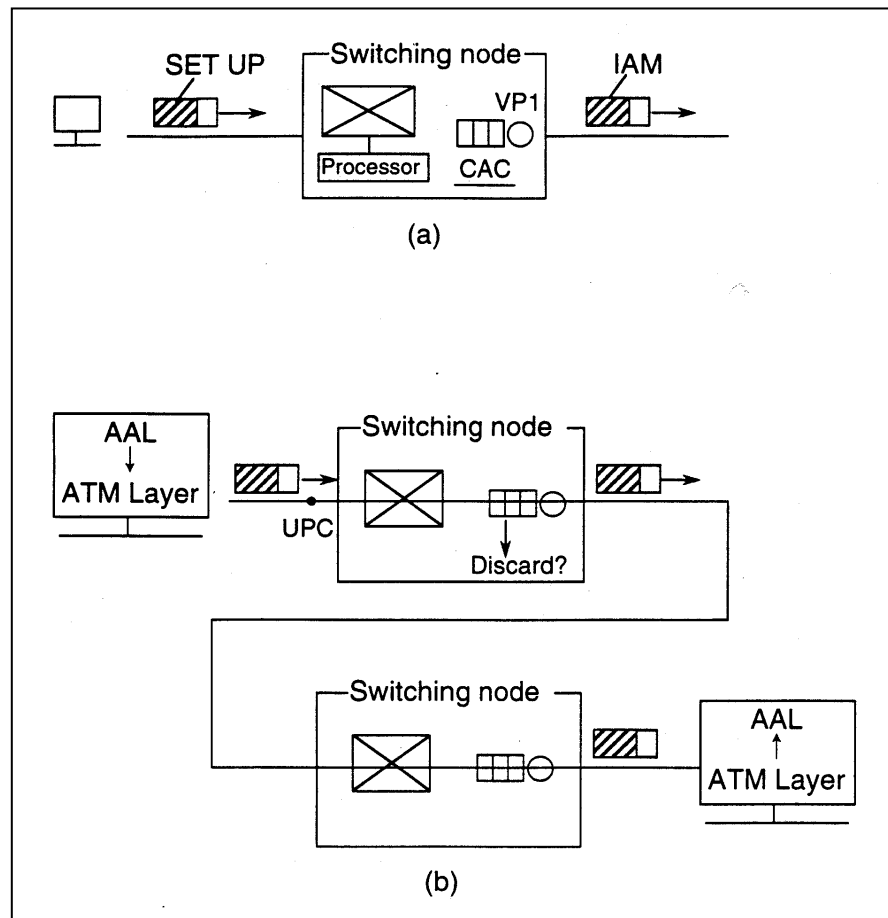
καλούντος στέλλει σήμα "SETUP" (κατά το πρωτόκολλο Q.931 της CCITT) και αυτό το σήμα κατατεμαχίζεται σε ATM πακέτα από τις λειτουργίες της AAL (ATM Adaptation Layer). Ως παράμετρος σ' αυτό το σήμα περιλαμβάνεται η περιγραφή της κίνησης (traffic descriptor) που ζητεί ο καλών συνδρομητής να διεκπεραιώσει το δίκτυο. Τα ATM πακέτα αυτού του σήματος μεταδίδονται πάνω στην VCC (Virtual Channel Connection) που εκτείνεται από το εικονοτηλέφωνο του καλούντος μέχρι τον επεξεργαστή (H/Y) του VC κόμβου στον οποίον ανήκει ο καλών (1ος VC κόμβος).

Ο 1ος VC κόμβος επιλέγει ένα VP ανάλογα με τη διεύθυνση του καλούμενου και το σχέδιο δρομολόγησης της κίνησης που έχει στη διάθεσή του ο κόμβος αυτός και κατόπιν ελέγχει μέσω ενός αλγορίθμου **CAC (Call Admission Control)** αν μπορεί ή όχι να δεχθεί αυτήν τη σύνδεση (αυτό το VC όπως λέμε στην ATM ορολογία). Αν αυτό το VC γίνει αποδεκτό για αυτό το VP, η αρχική διεύθυνση (**IAM-initial address message signal**) αποστέλλεται στον επόμενο VC κόμβο. Το IAM σήμα επίσης κατατεμαχίζεται σε ATM πακέτα και στέλλεται πάνω σε VCC που εγκαθίσταται μεταξύ των δύο VC κόμβων. Ο επόμενος λοιπόν κόμβος, με την σειρά του, θα εκτελέσει και αυτός περαιτέρω δρομολόγηση (routing) και CAC. Τελικώς, αν η VCC που ζητήθηκε μεταξύ των δύο εικονοτηλεφώνων γίνει αποδεκτή σε όλα τα ενδιαμέσως στάδια, ειδοποιείται ο καλών και ο καλούμενος συνδρομητής με κατάλληλους ηχητικούς τόνους, "ring-back" και "ringing", αντιστοίχως. Μόλις ο καλούμενος σηκώσει το ακουστικό του, τα ATM πακέτα με την πληροφορία των χρηστών μεταδίδονται σύμφωνα με τις διαδικασίες του U-plane.

Η πληροφορία ήχου και εικόνας κωδικοποιείται και το πρωτόκολλο AAL τύπου 2 (ή τύπου 1 αν πρόκειται για CBR - Constant Bit Rate - υπηρεσία) σχηματίζει τα ATM πακέτα για τη μεταφορά αυτής της υπηρεσίας. Ανάλογα με την τεχνική κωδικοποίησης που χρησιμοποιείται κάποια ATM πακέτα κρίνονται ότι δεν μεταφέρουν αξιόλογη πληροφορία και τίθεται στην επικεφαλίδα τους CLP=1. Οι τιμές των VCI/VPI που φέρουν τα ATM πακέτα είναι τέτοιες που δηλώνουν την VCC ανάμεσα στα δύο τερματικά (εικονοτηλέφωνα). Στην είσοδο του δικτύου (του 1ου VC κόμβου) ελέγχεται η ροή των ATM πακέτων από τον έλεγχο **UPC (Usage Parameter Control)** ώστε να διαπιστώνεται ότι η πραγματική ροή των ATM πακέτων ανταποκρίνεται στην περιγραφή της κίνησης που δηλώθηκε κατά τη διαδικασία "SETUP". Ο VC κόμβος επιλέγει ένα εξερχόμενο VP σύμφωνα με τις τιμές VPI/VCI των επικεφαλίδων των ATM πακέτων και του πίνακα δρομολόγησης της κίνησης (routing table). Οι τιμές VPI/VCI ξαναγράφονται στιγμιαίως στην έξοδο του VC κόμβου.

Στην έξοδο κάθε διακόπτου (VC κόμβου) πριν από τη γραμμή μετάδοσης υπάρχουν buffers που συσχετίζονται με τα εξερχόμενα VPs. Το προσφερόμενο φορτίο κίνησης σε ένα εξερχόμενο VP πιθανώς να υπερβαίνει προσωρινώς το εύρος ζώνης (bandwidth) του VP και γι'

αυτό σχηματίζεται ουρά στον buffer. Είναι δε πιθανόν ο buffer να υπερχειλίσει. Σε τέτοιες περιπτώσεις τα ATM πακέτα με $CLP=1$ απορρίπτονται από τον buffer (χάνονται). Είναι επίσης δυνατόν η υπερχειλίση του buffer (ο οποίος έχει περιορισμένο σταθερό μήκος) να είναι πιο μεγάλη και να χαθούν ATM πακέτα με $CLP=0$. Πόσα συνολικώς ATM πακέτα "επιτρέπεται" να χαθούν καθορίζεται από το Cell Loss Rate (CLR) και χαρακτηρίζει την υπηρεσία.



Σχήμα 3.10 Παράδειγμα επικοινωνίας σε δίκτυο ATM

(a) Σύνδεση SETUP

(b) Μετάδοση πληροφοριών χρήστη

Σημειωτέον ότι σε ένα ATM δίκτυο μεταξύ των VC κόμβων συνήθως υπάρχουν και VP κόμβοι ή όπως λέγονται στην ATM ορολογία, ATM cross-connectors. Σ' αυτούς γίνεται μετάφραση του VPI μόνο (δηλ. στην έξοδο γράφεται πάλι μια τιμή VPI) και δε γίνεται καμιά άλλη διαδικασία ελέγχου ή "SETUP".

Τα ATM πακέτα που φθάνουν στο μέρος του καλούμενου (τελευταίος VC κόμβος) αποκωδικοποιούνται (disassembled) και δημιουργείται πληροφορία. Η απώλεια των ATM

πακέτων με CLP=1 δεν προκαλεί σοβαρό πρόβλημα και οι συνδρομητές απολαμβάνουν υψηλής ποιότητας επικοινωνία με ήχο και εικόνα.

3.11 Υπηρεσίες Σύμφωνα με το ETSI

Οι υπηρεσίες που προσφέρει το ISDN ή το B-ISDN, σύμφωνα με το **Ευρωπαϊκό Ινστιτούτο Τυποποίησης Τηλεπικοινωνιών (ETSI)**, χωρίζονται σε τρεις κύριες ομάδες:

- ❖ Υπηρεσίες φορέα ή Κομιστικές υπηρεσίες (Bearer Services).
- ❖ Τηλευπηρεσίες (Teleservices).
- ❖ Συμπληρωματικές υπηρεσίες (Supplementary Services).

3.11.1 Υπηρεσίες Φορέα ή Κομιστικές Υπηρεσίες (Bearer Services)

Οι υπηρεσίες φορέα (Bearer Services), είναι υπηρεσίες οι οποίες παρέχουν την έννοια της μεταβίβασης της πληροφορίας (ομιλίας, δεδομένων, εικόνας κ.λ.π.), μεταξύ χρηστών, σε πραγματικό χρόνο, χωρίς μεταβολή του περιεχομένου της.

Οι υπηρεσίες φορέα, που αντιστοιχούν στα τρία κατώτερα στρώματα του μοντέλου OSI, και παρέχονται από τον Ο.Τ.Ε. είναι οι εξής:

- Μεταγωγή Κυκλώματος 64 Kbit/sec χωρίς περιορισμούς (Circuit Mode 64 Kbit/sec Unrestricted)
- Υπηρεσίες Φορέα Μεταγωγής Κυκλώματος (Circuit Mode Bearer Services)
- Μεταγωγή Κυκλώματος 3,1 KHZ φωνής (Circuit Mode 3,1 KHZ audio)

3.11.2 Τηλευπηρεσίες (Teleservices)

Οι τηλευπηρεσίες αφορούν σε καθαρά τηλεφωνικού δικτύου υπηρεσίες και καλύπτουν και τα επτά στρώματα του μοντέλου OSI. Από τον Ο.Τ.Ε. παρέχονται οι εξής τηλευπηρεσίες:

- Τηλεφωνία με συχνότητα 3,1 KHZ (Telephony 3,1 KHZ)
- Τηλεφωνία με συχνότητα 7 KHZ (ποιοτικά υψηλής στάθμης τηλεφωνία).

- Τηλεποιτυπία με FAX G4 (εξελιγμένο FAX με πολύ υψηλή ταχύτητα μετάδοσης).
- Εικονο-κειμενογραφία (Videotext).
- Τηλε-κειμενογραφία (Teletext).
- Εικονοτηλεφωνία (Videotelephony).

3.11.3. Συμπληρωματικές Υπηρεσίες (Supplementary Services)

Οι συμπληρωματικές υπηρεσίες είναι σειρά υπηρεσιών που προσφέρονται μέσα από ISDN ή B-ISDN συνδέσεις και ενδιαφέρουν τη συντριπτική πλειοψηφία των συνδρομητών. Μερικά παραδείγματα τέτοιων υπηρεσιών φαίνονται παρακάτω:

1. Εμφάνιση ή απαγόρευση εμφάνισης αριθμού καλούντα συνδρομητή – Calling line identification presentation (CLIP) or restriction (CLIR).

Με την υπηρεσία αυτή παρέχεται η δυνατότητα εμφάνισης ή απαγόρευσης του αριθμού του καλούντα συνδρομητή στην οθόνη του ISDN ή B-ISDN τηλεφώνου του καλούμενου συνδρομητή κατά τη διάρκεια της κλήσης και μέχρι την απάντηση.

2. Υποδιευθυνσιοδότηση – Sub-addressing.

Με την υπηρεσία αυτή παρέχεται η δυνατότητα σε χρήστες ISDN ή B-ISDN να ορίζουν χωριστή εσωτερική αριθμοδότηση πέραν της αριθμοδότησης που παρέχει το δίκτυο του Ο.Τ.Ε. (σαν προέκταση του αριθμού κλήσεως που δίνει ο Ο.Τ.Ε.). Η υπηρεσία αυτή βρίσκει εφαρμογή περισσότερο σε τερματικά τοπικών δικτύων, τα οποία επικοινωνούν μέσα από το ISDN ή B-ISDN η δε πρόσθετη πληροφορία της υποδιεύθυνσης μεταφέρεται μέσα από το δίκτυο του Ο.Τ.Ε. (σε γραμμή σηματοδοσίας) χωρίς να υποστεί οποιαδήποτε επεξεργασία (transparently).

3. Αναμονή κλήσης – Call waiting (CW).

Με την υπηρεσία αυτή παρέχεται η δυνατότητα αναγνώρισης εισερχόμενης κλήσης όταν και τα δύο κανάλια της ISDN ή B-ISDN γραμμής είναι κατειλημμένα. Η εμφάνιση της πληροφορίας για εισερχόμενη κλήση συνοδεύεται από την πληροφορία ότι και τα δύο κανάλια είναι κατειλημμένα. Ο καλούμενος στην περίπτωση αυτή μπορεί να αποδεχτεί, να απορρίψει, ή να αγνοήσει τη νέα κλήση. Πρέπει να σημειωθεί ότι από το Ψηφιακό Κέντρο Ψ/Κ ISDN ή B-ISDN, δεν παρέχεται κατάλληλο ηχητικό σήμα (όπως γίνεται στις μη ISDN ή B-ISDN ψηφιακές

τηλεφωνικές συνδέσεις), αλλά τέτοιο σήμα μπορεί να δοθεί τοπικά από το τερματικό αν αυτό έχει τη δυνατότητα.

4. Προώθηση κλήσης – Call forwarding (CF).

Η υπηρεσία αυτή διακρίνεται σε:

* Άνευ όρων προώθηση κλήσης – Call forwarding unconditional (CFU).

Με την υπηρεσία αυτή, παρέχεται η δυνατότητα, όλες οι εισερχόμενες κλήσεις προς ένα αριθμό ISDN ή B-ISDN χρήστη, να μεταφέρονται οπωσδήποτε, σε άλλο ISDN ή B-ISDN ή PSTN (Public Switched Telephone Network) αριθμό, ανεξάρτητα από την κατάσταση στην οποία βρίσκεται η σύνδεση η οποία αντιστοιχεί στον αριθμό αυτό.

* Απασχολημένη προώθηση κλήσης – Call forwarding busy (CFB).

Με την υπηρεσία αυτή, παρέχεται η δυνατότητα, όλες οι εισερχόμενες κλήσεις προς ένα αριθμό ενός ISDN ή B-ISDN χρήστη, να μεταφέρονται σε άλλο ISDN ή B-ISDN ή PSTN αριθμό, μόνο στην περίπτωση που ο αριθμός αυτός είναι κατειλημμένος.

* Χωρίς απάντηση προώθηση κλήσης – Call forwarding no reply (CFNR).

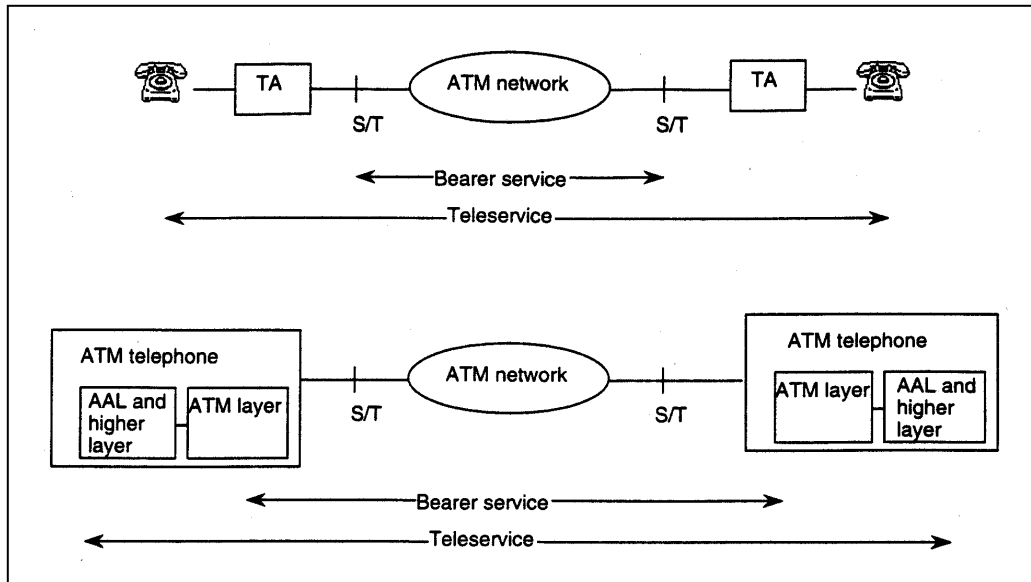
Με την υπηρεσία αυτή, παρέχεται η δυνατότητα, όλες οι εισερχόμενες κλήσεις προς ένα αριθμό ενός ISDN ή B-ISDN χρήστη, να μεταφέρονται σε άλλο ISDN ή B-ISDN ή PSTN αριθμό, μόνο στην περίπτωση που ο αριθμός αυτός δεν απαντά.

5. Πληροφορίες χρέωσης – Advice of charge (AOC).

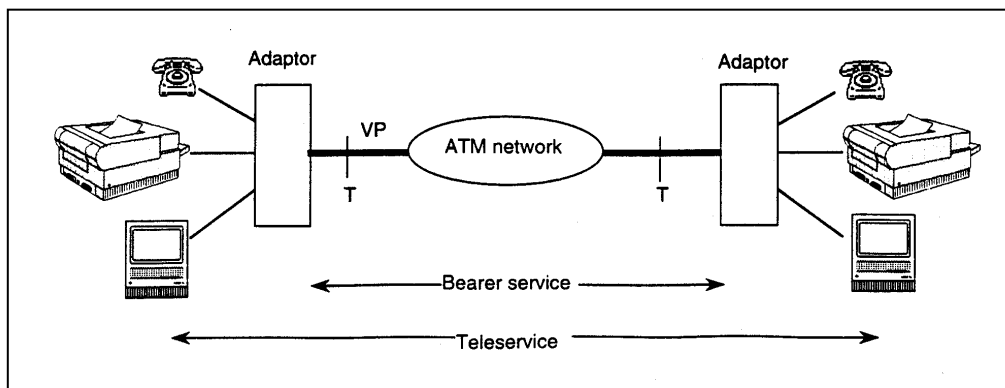
Με την υπηρεσία αυτή, παρέχεται η δυνατότητα να εμφανίζεται η χρέωση κάθε κλήσης στην οθόνη του τερματικού του καλούντα συνδρομητή, και κατ' επιλογή να:

- Εμφανίζεται η χρέωση κατά την αποκατάσταση της σύνδεσης (με την απάντηση της κλήσης).
- Εμφανίζεται η συνολική χρέωση στο τέλος της κλήσης τόσο σε μονάδες όσο και σε κόστος (αν υποστηρίζεται από το τερματικό).
- Εμφανίζεται η χρέωση τη χρονική στιγμή που δίνεται από το Ψ/Κ ISDN ή B-ISDN.

Στα σχήματα που ακολουθούν παρουσιάζονται παραδείγματα κομιστικών υπηρεσιών και τηλευπηρεσιών.



Σχήμα 3.11α Παράδειγμα τηλεφωνικής σύνδεσης



Σχήμα 3.11β Παράδειγμα νοητής διαδρομής χρήστη (user VP)

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

- 1) Ένας ρυθμός δεδομένων έχει μέγιστο ρυθμό 500 Mbps και μέσο ρυθμό 50 Mbps.
 - α. Τι είδους υπηρεσία θα συνιστούσατε: μεταγωγή κυκλώματος ή πακέτου (circuit switching or packet);
 - β. Δώστε παραδείγματα του συγκεκριμένου ρυθμού δεδομένων.
- 2) Θα μπορούσε ένα νοητό κανάλι VC:
 - α. Να ήταν συνδεδεμένο μόνιμα;
 - β. Να συνδεόταν για κάθε κλήση (per-call basis);
- 3) Τι είναι μια προσωρινή σύνδεση VC;
- 4) Θα μπορούσε ο ίδιος κόμβος μεταγωγής να μετάγει και VCs και VPs ή μόνο ένα απ' αυτά;
- 5) Μια απεικόνιση σε ψηφιακή μορφή περιέχεται σε ένα μακρύ πακέτο και πρόκειται να μεταδοθεί μέσω ενός ATM δικτύου. Στο interface του δικτύου, η λειτουργία SAR τεμαχίζει το μακρύ πακέτο σε ATM πακέτα. Καθώς τα ATM πακέτα μεταφέρονται μέσω του δικτύου, δεν υπάρχει βεβαίωση ότι τα ATM πακέτων θα ακολουθήσουν την ίδια διαδρομή. Σχολιάστε τη σειρά άφιξης των ATM πακέτων και προσδιορίστε το μηχανισμό αναδόμησης της αρχικής απεικόνισης στο δέκτη.
- 6) Μια απεικόνιση σε ψηφιακή μορφή περιέχεται σε ένα μακρύ πακέτο. Η λειτουργία SAR προσθέτει ένα σειριακό αριθμό (SN) σε κάθε ATM πακέτο. Σε ποιο πεδίο πρέπει να περιλαμβάνεται ο SN και γιατί;
- 7) Σχολιάστε τις κύριες διαφορές μεταξύ των διαφόρων τύπων AAL και τις εφαρμογές τους.