



**ΕΘΝΙΚΟ & ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ**

**Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα  
Ηλεκτρονικού Αυτοματισμού**

**Παναγιώτης Κολυβάς (Α.Μ. 605)**

Μετάδοση Φωνής με τη χρήση της τεχνολογίας Asynchronous  
Transfer Mode (ATM)

Εργασία στο μάθημα: Επικοινωνία με Ομιλία  
Διδάσκων: Γεώργιος Κουρουπέτρογλου

Αθήνα 1999

Η Τεχνολογία ATM και η ολοκλήρωση των υπηρεσιών .....	1
ΤΙ ΕΙΝΑΙ Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ATM; .....	1
ΠΟΙΑ ΕΙΝΑΙ ΤΑ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΧΡΗΣΗΣ ΤΟΥ;.....	1
ΤΥΠΟΙ ΡΟΩΝ ATM .....	1
<i>Poή CBR (Constant Bit Rate)</i> .....	1
<i>Poή VBR (Variable Bit Rate)</i> .....	2
<i>Poή ABR (Available Bit Rate) και poή UBR (Unspecified Bit Rate)</i> .....	2
ΕΓΚΑΘΙΔΡΥΟΝΤΑΣ ΜΙΑ ΣΥΝΔΕΣΗ.....	3
<i>Congestion Control:</i> .....	4
ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΦΩΝΗΣ ΚΑΙ CBR TRAFFIC .....	7
ΑΡΧΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ TDM .....	7
Προσομοίωση κυκλώματος (circuit Emulation).....	11
ΑΔΟΜΗΤΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ – UNSTRUCTURED CIRCUIT EMULATION .....	12
ΔΟΜΗΜΕΝΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ – STRUCTURED CIRCUIT EMULATION .....	13
ATM Adaptation Layer 2 - AAL2 .....	16
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ AAL2 .....	16
Σύγκριση μεταξύ AAL1 και AAL2 .....	20
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟΥ AAL2.....	20
Χρήση του AAL1.....	24
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ AAL2 ΓΙΑ VBR-RT .....	25
Σύγκριση VTOA με την τεχνολογία TDM.....	27
Σύνοψη .....	28
Βιβλιογραφία .....	29
ΑΓΓΛΙΚΟΙ ΟΡΟΙ ΚΑΙ ΜΕΤΑΦΡΑΣΗ ΤΟΥΣ.....	30
ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΝΤΜΗΣΕΩΝ.....	31

Σχήμα 1. Ροές ATM σε ένα κανάλι επικοινωνίας.....	2
Σχήμα 2. Μορφή του ATM cell .....	4
Σχήμα 3. Αρχιτεκτονική του ATM .....	5
Σχήμα 5. Μορφή του ATM cell header για AAL1 .....	8
Σχήμα 6. Δομή του cell στο AAL1 .....	9
Σχήμα 7. Στρωμάτωση του AAL1 cell.....	9
Σχήμα 8. Σχηματικό διάγραμμα αντιστοίχισης του AAL1 με το ATM layer.....	11
Σχήμα 9. Εφαρμογή Unstructured Circuit Emulation .....	12
Σχήμα 10. Τυπική εφαρμογή του unstructured CES .....	13
Σχήμα 11. Εφαρμογή Structured Circuit Emulation .....	14
Σχήμα 12. Παράδειγμα εκχώρησης timeslots σε εικονικά κυκλώματα.....	15
Σχήμα 13. Παράδειγμα πολλαπλών εικονικών κυκλωμάτων σε δίκτυο ATM.....	15
Σχήμα 14. Δομή του AAL .....	17
Σχήμα 15. Μορφή πακέτου AAL2 CPS .....	18
Σχήμα 16. Μορφή του AAL2 CPS-PDU.....	18
Σχήμα 17. Αποτελεσματικότητα του πρωτοκόλλου AAL2.....	20
Σχήμα 18. Απαιτήσεις Εύρους Ζώνης για 6 κανάλια φωνής.....	21
Σχήμα 19. Voice Over ATM Multiplexer με Trunk τύπου ATM T1 .....	21
Σχήμα 20. Voice Over ATM Multiplexer με T1 ATM Trunk .....	22
Σχήμα 22. ATM Cross-connect.....	24

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να επιδείξει τους τρόπους με τους οποίους είναι δυνατή η μεταφορά της φωνής με τη χρήση της τεχνολογίας ATM – Asynchronous Transfer Mode. Το ATM είναι μια πολλά υποσχόμενη τεχνολογία που έχει ως σκοπό την μεταφορά κάθε είδους πληροφορίας (δεδομένα, φωνή, video) πάνω από κοινό μέσο μετάδοσης.

Ειδικότερα για τη φωνή, υπάρχουν διαφορετικοί τρόποι για τη μεταφορά της. Πιο συγκεκριμένα, η φωνή μπορεί να μεταφερθεί είτε μέσω της διαδικασίας Adaptation Layer 1 (AAL 1) είτε μέσω της διαδικασίας AAL 2. Στην εργασία αυτή περιγράφονται και οι δύο αυτοί τρόποι ενώ ακολουθεί και η σύγκρισή τους μέσα από την οποία φαίνεται ποιος είναι ο προτιμότερος για τη μετάδοση της φωνής. Αναλύονται επίσης οι λόγοι που οδηγούν στη μία ή την άλλη λύση. Γίνεται επίσης και μία σύγκριση με παραδοσιακούς τρόπους μεταφοράς φωνής όπως είναι η τεχνολογία TDM (Time Division Multiplexing).

Παράλληλα η εργασία περιλαμβάνει και μία αναλυτική αναφορά σχετικά με τα είδη κυκλοφορίας που υποστηρίζει το ATM (ATM traffic types) και περιγράφει τις παραμέτρους που χαρακτηρίζουν κάθε τύπο κυκλοφορίας κάνοντας μνεία για τις παραμέτρους που είναι απαραίτητες για τη μετάδοση της φωνής χωρίς προβλήματα.

Τέλος, να σημειώσουμε ότι η τεχνολογία VoATM ήδη εφαρμόζεται στο Πανεπιστήμιο Αθηνών επιτρέποντας την επικοινωνία με το Κέντρο Διαχείρισης του ΕΜΠ. Δέκα τηλεφωνικά κανάλια που επιτρέπουν δέκα ταυτόχρονες τηλεφωνικές συνομιλίες έχουν αποδοθεί σε αυτή τη ζεύξη. Το επόμενο βήμα είναι η ολοκλήρωση όλων των τηλεφωνικών κέντρων που είναι διεσπαρμένα στην Πανεπιστημιούπολη μέσω της τεχνολογίας VoATM αφού το ATM αποτελεί την τεχνολογία κορμού της Πανεπιστημιούπολης και μπορεί να χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά για την αρμονική ολοκλήρωση φωνής και δεδομένων.

## Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ATM ΚΑΙ Η ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ ΤΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ

### ΤΙ ΕΙΝΑΙ Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ATM;

Τα αρχικά ATM αποδίδονται ως Asynchronous Transfer Mode. Πρόκειται για μια τηλεπικοινωνιακή τεχνολογία που επιτρέπει τη μετάδοση φωνής, δεδομένων, εικόνας στατικής και κινούμενης χρησιμοποιώντας ένα κοινό μέσο μετάδοσης.

### ΠΟΙΑ ΕΙΝΑΙ ΤΑ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΧΡΗΣΗΣ ΤΟΥ;

Το ATM επιτρέπει στο χρήστη να χρησιμοποιεί ένα κοινό δίκτυο μέσα από το οποίο θα εξυπηρετεί όλες τις ανάγκες του. Με αυτόν τον τρόπο δεν απαιτείται η ανάπτυξη ξεχωριστού δικτύου φωνής, δεδομένων και εικόνας. Αντίθετα, χρησιμοποιώντας την υποδομή του ATM είναι δυνατή η μεταφορά της πληροφορίας πάνω από κοινή υποδομή (π.χ. οπτική ίνα ή χάλκινο καλώδιο κατηγορίας 5).

Επιπρόσθετα, το κόστος των ATM καρτών μειώνεται καθημερινά με αποτέλεσμα η τεχνολογία ATM να έχει σήμερα κόστος συγκρίσιμο με άλλες τεχνολογίες τοπικών δικτύων όπως είναι το FDDI (το οποίο έχει χάσει σημαντικό μερίδιο της αγοράς) αλλά και το Fast Ethernet. Για του λόγου το αληθές, η FORE Systems μείωσε τον Νοέμβριο του 1998 το κόστος των ATM PCI adapters σε τιμή κάτω από 100\$!! Παράλληλα με τη μείωση του κόστους έχουν αρχίσει να κάνουν αισθητή την παρουσία τους στην αγορά κάρτες δικτύου ATM σε ταχύτητα 622 Mbps γεγονός που δείχνει τη δυναμικότητα του ATM ακόμα και σε σχέση με το Gigabit Ethernet που οι αποστάσεις του από το κεντρικό hub δεν μπορούν να ξεπεράσουν τα 25 μέτρα με χρήση χάλκινου καλωδίου. Αντίθετα το ATM με τη χρήση monomode fibers μπορεί να εκτείνεται σε απόσταση χιλιομέτρων από το κεντρικό ATM switch ενώ με τη χρήση χάλκινου καλωδίου εκτείνεται μέχρι τα 100 μέτρα.

Ένα ακόμα σημαντικό πλεονέκτημα του ATM είναι ότι μπορεί να ολοκληρωθεί χωρίς προβλήματα με την αρχιτεκτονική της σύγχρονης ιεραρχίας (SDH).

Το ATM παρέχει ακόμα προστασία της επένδυσης του χρήστη αφού προσφέρει τη δυνατότητα αναβάθμισης σε αντίθεση με άλλες τεχνολογίες που δεν έχουν τη διαβαθμισιμότητα του ATM όσον αφορά τους ρυθμούς μετάδοσης. Τέλος, το ATM είναι η μοναδική τεχνολογία που επιτρέπει την άμεση ολοκλήρωση τοπικών δικτύων και δικτύων ευρείας περιοχής αφού είναι εφικτή η end to end δημιουργία ενός ATM δικτύου (με κοινό μέσο μεταφοράς το cell των 53 bytes).

### ΤΥΠΟΙ ΡΟΩΝ ATM

Με τον όρο ροές εννοούμε το σύνολο των ATM cells όπως αυτά έχουν δημιουργηθεί από την αντίστοιχη εφαρμογή ανώτερου επιπέδου. Έτσι για παράδειγμα, μία ροή cells μπορεί να δημιουργηθεί από τη διαδικασία μετατροπής πλαισίων φωνής (TDM δίκτυο) σε cells με σκοπό τη μετάδοση φωνής μέσα από το δίκτυο ATM.

Λόγω λοιπόν της φύσης του ATM (ολοκλήρωση μετάδοσης data, voice και video) υπάρχει ανάγκη ανάλογα με το είδος της εφαρμογής που πρέπει να μεταφερθεί, να γίνεται ένας έλεγχος της μεταδιδόμενης πληροφορίας όσον αφορά τον έλεγχο της ποιότητας επικοινωνίας (Quality of Service).

Υπάρχουν τρεις κύριοι τύποι ροών μέσα σε ένα δίκτυο ATM.

#### **Ροή CBR (Constant Bit Rate)**

Ο τύπος αυτής της ροής είναι **σταθερού ρυθμού μετάδοσης**. Τυπικές εφαρμογές είναι η φωνή, το video (μέσα από τη χρήση codecs) και εφαρμογές μεταγώμενου κυκλώματος - circuit switched (π.χ. E1, E3, nx64). Τα κύρια χαρακτηριστικά για την πληροφορία CBR είναι:

- √ Σταθερό εύρος ζώνης
- √ Χαμηλή καθυστέρηση
- √ Χαμηλή απόκλιση στο χρόνο άφιξης/αναχώρησης των cells (χαμηλό jitter)

Είναι προφανές ότι σε αυτό το είδος της ροής το δίκτυο ATM **πρέπει** να προσφέρει τις απαραίτητες προϋποθέσεις προκειμένου να εξασφαλίζεται η απρόσκοπτη μετάδοση της φωνής χωρίς καθυστερήσεις και απώλειες cells που αντιστοιχούν ουσιαστικά σε τμήματα της μεταδιδόμενης φωνής.

### Ροή VBR (Variable Bit Rate)

Η ροή αυτή είναι λίγο μεταβαλλόμενη σε σχέση με το χρόνο. Είναι ροή όπου η μεταδιδόμενη πληροφορία απαιτεί εγγυημένο εύρος ζώνης (desktop video). Από τη στιγμή που η πληροφορία στα video frames δεν είναι σταθερή, υπάρχει κάποια μικρή διακύμανση. Τα κύρια χαρακτηριστικά για την πληροφορία VBR είναι:

- √ Διατηρούμενο εύρος ζώνης
- √ Μέγιστο εύρος ζώνης
- √ Μικρή Καθυστέρηση

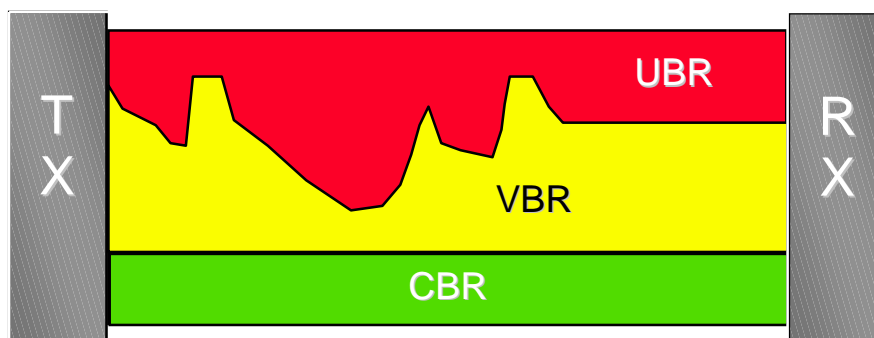
### Ροή ABR (Available Bit Rate) και ροή UBR (Unspecified Bit Rate)

Οι ροές αυτές είναι πολύ μεταβαλλόμενες σε σχέση με το χρόνο και λόγω της φύσης τους είναι bursty. Η μεταδιδόμενη πληροφορία εμφανίζει υψηλό βαθμό τυχαιότητας όσον αφορά την καθυστέρηση αλλά και όσον αφορά το απαιτούμενο εύρος ζώνης. Αυτού του τύπου οι ροές είναι ιδανικές για τη μετάδοση πληροφορίας data. Τα κύρια χαρακτηριστικά τους είναι τα εξής:

- √ Έντονα μεταβαλλόμενο εύρος ζώνης
- √ Μεγάλη Καθυστέρηση

*Γενικά, ο στόχος ενός δικτύου ATM είναι να εγγυηθεί την αξιόπιστη μεταφορά πληροφορίας CBR και VBR στο εύρος ζώνης που απαιτείται, και να επιτρέψει τη χρησιμοποίηση του εναπομείναντος εύρους ζώνης για να περνά την πληροφορία τύπου ABR και UBR. Η διαφορά της ροής ABR από τη ροή UBR είναι ότι για την τελευταία το ATM δίκτυο δεν εγγυάται ούτε καν έναν ελάχιστο ρυθμό μετάδοσης (MCR – Minimum Cell Rate) όπως εγγυάται για τη ροή ABR.*

Ένα χαρακτηριστικό διάγραμμα είναι και αυτό που ακολουθεί:



Σχήμα 1. Ροές ATM σε ένα κανάλι επικοινωνίας

Εγκαθιδρύοντας μία σύνδεση

Ο αποστολέας ζητά από τον αποδέκτη μία σύνδεση. Προκειμένου όμως να γίνει δυνατή αυτή η σύνδεση θα πρέπει να ελεγχθεί το υποψήφιο κανάλι επικοινωνίας κατά πόσο μπορεί να προσφέρει αντίστοιχη "ποιότητα" υπηρεσίας (Quality of service - QoS). Να σημειωθεί ότι το υποψήφιο κανάλι επικοινωνίας διέρχεται από ένα μικρό ή μεγάλο αριθμό switches. Αυτά τα switches υπάρχει πιθανότητα να βρίσκονται σε κατάσταση φόρτου (congestion) με αποτέλεσμα το δίκτυο να μην μπορεί να εγγυηθεί την απαραίτητη ποιότητα υπηρεσίας από άκρη σε άκρη. Υπάρχει βέβαια και η πιθανότητα τα switches αυτά να έχουν μειωμένο φόρτο άρα και την ικανότητα να δρομολογούν την κίνηση χωρίς προβλήματα. Από τη στιγμή που ο αποστολέας με τον αποδέκτη έχουν αποφασίσει για συγκεκριμένο QoS είναι υποχρέωση του δικτύου (switches και adapters) να διατηρήσουν το συγκεκριμένο QoS. Προκειμένου να υλοποιηθεί αυτό, είναι απαραίτητο να υλοποιηθεί διαχείριση της κίνησης (traffic management).

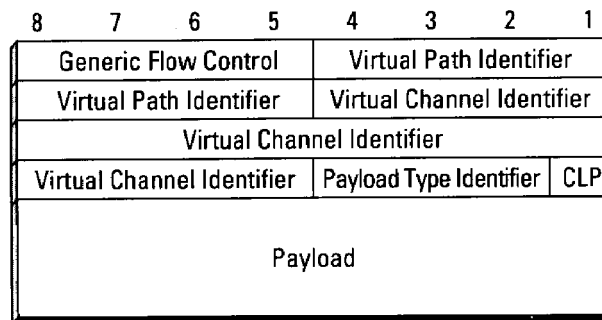
### **Διαχείριση Κυκλοφορίας (Traffic Management)**

Η διαδικασία αυτή είναι απαραίτητη έτσι ώστε να εξασφαλίζεται το QoS που είχε εγκαθιριθεί στην αρχή της ζεύξης. Το traffic management αποτελείται από δύο κύριες λειτουργίες:

**Traffic shaping:** το οποίο λαμβάνει χώρα στην πλευρά του χρήστη ATM (π.χ. adaptor card). Εφαρμόζεται από τον χρήστη έτσι ώστε να διατηρείται το προκαθορισμένο QoS πάνω στο κανάλι επικοινωνίας. Το shapping γίνεται σύμφωνα με το GCRA (Generic Cell Rate Algorithm). Κάθε εταιρεία χρησιμοποιεί δικούς τους επεξεργαστές (αρχιτεκτονικής RISC) προκειμένου να υλοποιήσει το traffic shaping. Για παράδειγμα στα προϊόντα της FORE Systems το traffic shaping υλοποιείται από τον επεξεργαστή INTEL i960.

**Traffic Policing:** Το traffic policing γίνεται στην πλευρά του δικτύου ATM με ανάλογο τρόπο που γίνεται στην πλευρά του χρήστη. Κατά τη διάρκεια του traffic policing και όταν το switch δεν είναι σε θέση να υλοποιήσει το QoS για μία ή περισσότερες ζεύξεις τότε λαμβάνουν χώρα οι παρακάτω διαδικασίες:

- √ είτε απορρίπτονται τα cells τα οποία δεν είναι σύμφωνα με το απαιτούμενο QoS
- √ είτε "σημαδεύονται" τα cells αυτά θέτοντας το CellLossPriority (CLP) bit (βλ. και σχήμα που ακολουθεί) ίσο με ένα



CLP = Cell Loss Priority

Σχήμα 2. Μορφή του ATM cell

Πως επιτυγχάνεται αυτό το traffic policing; Με τη χρήση της μεθόδου leaky bucket. Το leaky bucket είναι υλοποίηση (hardware) που λαμβάνει χώρα στο ATM switch και κάνει διαρκές monitoring κάθε σύνδεση ATM με σκοπό να ελέγξει αν διατηρείται ή όχι το απαιτούμενο QoS. Στην περίπτωση του CBR χρησιμοποιείται ένα leaky bucket το οποίο ελέγχει αν ο ρυθμός μετάδοσης παραμένει σταθερός. Το traffic policing για την περίπτωση ροής VBR χρησιμοποιεί δύο leaky buckets από τα οποία το ένα παρακολουθεί τον διατηρούμενο ρυθμό μετάδοσης cells (Sustained Cell Rate-SCR) και ο άλλος παρακολουθεί το μέγιστο ρυθμό μετάδοσης (Peak Cell Rate-PCR). Αν οποιαδήποτε από αυτές τις δύο παραμέτρους τεθεί έξω από τα προκαθορισμένα όρια τότε:

- 1) είτε απορρίπτονται τα cells τα οποία δεν είναι σύμφωνα με το απαιτούμενο QoS
- 2) είτε "σημαδεύονται" τα cells αυτά θέτοντας το CLP bit τους ίσο με ένα όπως και στην προηγούμενη περίπτωση του CBR.

#### Congestion Control:

**Αν το δίκτυο έχει αποδώσει τους πόρους του σωστά**, τότε οι ροές CBR και VBR δεν αντιμετωπίζουν πρόβλημα συμφόρησης (congestion). Το πρόβλημα μπορεί να το αντιμετωπίσει η ροή τύπου ABR. Υπάρχουν τρεις τρόποι για να υποστηριχθεί το congestion control για την ροή ABR.

- FECN
- BECN
- Link by Link flow control

**FECN : Forward Explicit Congestion Notification:** Γίνεται, με το μαρκάρισμα ενός ATM cell το οποίο έχει υποστεί συμφόρηση (CLP=1). Όταν ο αποδέκτης δει το μαρκαρισμένο cell, ειδοποιεί τον αποστολέα (μέσω ενός backward καναλιού) για το congestion έτσι ώστε ο αποστολέας να ακολουθήσει μία διαφορετική διαδρομή.

**BECN : Backward Explicit Congestion Notification:** Σε αυτή την περίπτωση, το ίδιο το δίκτυο πληροφορεί τον αποστολέα για το congestion.



**Link by Link flow control:** Όταν παρατηρηθεί συμφόρηση τότε κάθε ATM switch ενημερώνει το προηγούμενό του να σταματήσει να στέλνει ή να περιορίσει την ταχύτητα με την οποία στέλνει.

Σε ότι αφορά τα switches, η γενική αρχή είναι οι συνδέσεις να χωρίζονται σε υψηλής και χαμηλής προτεραιότητας. Για τις ροές τύπου CBR και VBR δίνεται υψηλή προτεραιότητα. Αντίθετα οι συνδέσεις τύπου ABR και UBR παίρνουν χαμηλή προτεραιότητα.

Παράλληλα, σε πολλά switches (όχι σε όλα) υπάρχουν buffers για κάθε εικονικό κύκλωμα που δημιουργείται (per VC queuing), έτσι ώστε κάθε traffic ακόμα και της ίδιας κατηγορίας να έχει το δικό του buffer.

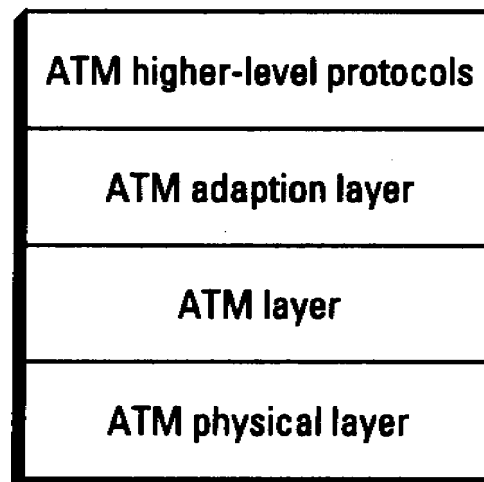
Η υλοποίηση switches τα οποία δεν εφαρμόζουν per class queuing (πολύ δε περισσότερο per VC queuing) εφαρμόζουν FIFO queuing που απαιτεί ουσιαστικά cells που έχουν έρθει νωρίτερα στην ίδια fifo να φύγουν πριν περάσουν τα επόμενα. Γι' αυτό το λόγο υπάρχει έντονη διακύμανση καθυστέρησης (**Cell Delay Variation-CDV**) και σε τελική ανάλυση δεν μπορεί να διατηρηθεί συγκεκριμένο QoS.

### Classes of Service

Ενώ οι παραπάνω κατηγορίες ροών είναι ορισμένες από το ATM FORUM, η ITU-T έχει ορίσει τις παρακάτω 4 κατηγορίες υπηρεσιών ATM:

- class 1 Συνεχής ροή πληροφορίας (PCM, nx64, E1, E3)
- class 2 Μεταβλητού ρυθμού εφαρμογές (π.χ compressed video)
- class 3 Εφαρμογή data - connection oriented
- class 4 Εφαρμογή data - connectionless

Το παρακάτω σχήμα είναι χαρακτηριστικό της στρωματικής αρχιτεκτονικής του ATM:



### *ATM Protocol Stack*

Σχήμα 3. Αρχιτεκτονική του ATM

Το ATM Adaptation Level (AAL) αποτελεί το σύνδεσμο ανάμεσα στο ATM layer και στις εφαρμογές των ανώτερων επιπέδων.

Ανάλογα με την εφαρμογή που θα υποστηριχθεί, το AAL έχει διαφορετική μορφή:

**AAL 1** : Σχεδιασμένο να υποστηρίζει εφαρμογές class 1

**AAL 2** : Σχεδιασμένο να υποστηρίζει εφαρμογές class 2

**AAL 3/4** : Σχεδιασμένο να υποστηρίζει εφαρμογές class 3 και 4 (επικοινωνίες data)

**AAL 5** : Αποκλειστικά για επικοινωνίες data

Η σημαντικότερη διεργασία που υλοποιεί το AAL είναι η κατάτμηση των πακέτων πληροφορίας (Packet Data Units – PDUs) όπως αυτά έρχονται από τα ανώτερα επίπεδα σε cells και η επανασυγκόλληση των cells αυτών σε πακέτα. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται Segmentation And Reassembly - SAR. Η κύρια διαφορά του AAL 3/4 από τα άλλα AALs είναι ότι επιτρέπει σε cells από διαφορετικά πακέτα να χρησιμοποιούν το ίδιο εικονικό κύκλωμα, ενώ το AAL 5 στέλνει μόνο ένα πακέτο πάνω από κάθε εικονική σύνδεση. Το AAL 5 θεωρείται ο αντικαταστάτης του AAL 3/4 επειδή το τελευταίο εμφανίζει μεγάλη πολυπλοκότητα και μεγαλύτερο overhead. Το AAL 5 ονομάζεται διαφορετικά και SEAL (Simple and Efficient Adaptation Level). Σε σχέση με το AAL 3/4, παρέχει λιγότερες λειτουργίες (όχι error correction παρά μόνο error detection) αλλά χρειάζεται λιγότερο εύρος ζώνης και λιγότερες απαιτήσεις επεξεργασίας.

## ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΦΩΝΗΣ ΚΑΙ CBR TRAFFIC

Η μετάδοση φωνής είναι μία διαδικασία στην οποία απαιτείται σταθερό εύρος ζώνης σε όλη τη διάρκεια της ζεύξης. Η ροή σταθερού ρυθμού μετάδοσης CBR (Constant Bit Rate) είναι ο τύπος κίνησης που είναι εκ πρώτης όψεως απαραίτητος προκειμένου να μεταδοθεί αυτού του είδους η πληροφορία με μειωμένη χρονική ολόσθηση (jitter). Η μετάδοση της φωνής μπορεί να γίνει και με άλλους τρόπους όπως το AAL 2 γενική αναφορά του οποίου έγινε παραπάνω. Στα επόμενα θα εστιάσουμε στους τρόπους μετάδοσης της φωνής μέσω της τεχνολογίας ATM, στα μειονεκτήματα και πλεονεκτήματα των τρόπων αυτών ενώ θα αναφερθούμε επίσης και στις πρακτικές υλοποιήσεις της σύγχρονης δικτυακής τεχνολογίας προκειμένου να γίνει δυνατή η απρόσκοπτη μετάδοση της φωνής.

Η μετάδοση φωνής παρουσιάζει κάποιες ιδιαιτερότητες:

- Μεγάλη ευαισθησία στις καθυστερήσεις και ηχώ καλούμενου και καλούντα
- Δυσκολία στη εφαρμογή τεχνικών συμπίεσης
- Προβλήματα που σχετίζονται με silence suppression
- Απαιτήση επεξεργασίας των πολλών σημάτων ελέγχου κλήσεων του τηλεφωνικού δικτύου
- Δυσκολία συνεργασίας των υπαρχόντων τηλεφωνικών δικτύων με τα δίκτυα φωνής ATM.

*Το AAL 1 θεωρείται αυτή τη στιγμή ως ο πιο δοκιμασμένος τρόπος μετάδοσης της φωνής. Δεν καταργεί την αρχιτεκτονική δομή της Ευρωπαϊκής ή της Αμερικανικής Ιεραρχίας του TDM (Time Division Multiplexing) αλλά την χρησιμοποιεί προκειμένου μέσω μιας διαδικασίας Segmentation and Reassembly – SAR να στείλει τα ψηφιοποιημένα bytes της φωνής (τα οποία δεν είναι συμπίεσμένα) σε cells τα οποία με τη σειρά τους περνούν στο ATM δίκτυο.*

### ΑΡΧΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ TDM

Σύμφωνα με τις γνωστές αρχές του PCM η φωνή δειγματοληπτείται 8000 φορές το δευτερόλεπτο και κάθε δείγμα αποτελείται από 8 bits. Επομένως ο ρυθμός μετάδοσης της φωνής είναι 64000 bps ή 64Kbps. Κάθε δείγμα των 8 bits μεταδίδεται σε χρόνο  $1/8000=125$  msec. Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Ιεραρχία 32 τέτοια δείγματα από κυκλώματα φωνής πολυπλέκονται με τη βοήθεια ενός πολυπλέκτη και μεταδίδονται προς την άλλη πλευρά (λήψη) όπου εκεί γίνεται η αντίστροφη διαδικασία της αποπολυπλεξίας. Τα 32 αυτά κυκλώματα έχουν ρυθμό μετάδοσης  $32 * 64$  Kbps = 2048 Kbps ή 2 Mbps. Στην πραγματικότητα δεν χρησιμοποιούνται και τα 32 αυτά κυκλώματα (τα οποία ονομάζουμε και διαφορετικά χρονοθυρίδες-timeslots TS). Το TS0 και το TS16 στην Ευρωπαϊκή Ιεραρχία δε μεταφέρουν πληροφορία φωνής αλλά χρησιμοποιούνται για ευθυγράμμιση του TDM πλαισίου (TS0) και για σηματοδότηση (TS16). Αντίστοιχα, στην Αμερικανική Ιεραρχία το TDM πλαίσιο αποτελείται από 24 TS. Πιο αναλυτικά, κάθε frame αποτελείται από 8 bits + 1 bit ακόμα το οποίο χρησιμοποιείται για τον συγχρονισμό του πλαισίου. Το σύνολο είναι λοιπόν  $24*8 + 1 = 193$  bits. Το πλαίσιο μεταδίδεται σε 125 msec άρα ο ρυθμός μετάδοσης είναι  $193/125$  msec=1544 Kbps. Η σηματοδότηση μεταφέρεται μέσα στο ίδιο το TDM πλαίσιο "κλέβοντας" ένα bit από κάθε δείγμα των 8 bits που αποτελεί το σήμα της φωνής και έτσι η πραγματική πληροφορία είναι 7 bits και ο ρυθμός της είναι  $7*8$  kbps = 56 Kbps.

### ΠΡΩΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΣΗΣ ATM (ATM ADAPTATION LAYER 1 - AAL 1)

Η σύσταση I.363.1 της ITU-T προσδιορίζει επακριβώς το AAL1 το οποίο παρέχει τις παρακάτω υπηρεσίες:

- Μεταφορά δεδομένων με σταθερό source bit rate και παράδοση αυτών στον αποδέκτη με το ίδιο bit rate.

- Μετάδοση πληροφορίας συγχρονισμού αλλά και δομής μεταξύ πηγής και προορισμού.
- Ένδειξη χαμένης ή λανθασμένης πληροφορίας η οποία δεν επανακτήθηκε από το AAL1, εάν αυτό απαιτείται.

Η κύρια εφαρμογή που υλοποιείται στο AAL1 είναι η μεταφορά TDM πληροφορίας που είναι εξ'ορισμού ισόχρονη μέσω μιας διαδικασίας που καλείται προσομοίωση κυκλώματος (**Circuit Emulation**). Η τελευταία παρέχει υπηρεσία CBR (Constant Bit Rate) και για να το επιτύχει αυτό χρησιμοποιεί το AAL1. Καθορίζεται λοιπόν με ακριβή τρόπο τόσο το PCR (Peak Cell Rate), το CLR (Cell Loss Ratio) όσο και το CDV (Cell Delay Variation) στοιχεία που είναι απαραίτητα να είναι επακριβώς καθορισμένα έτσι ώστε το δίκτυο ATM να μπορεί να υποστηρίξει την εφαρμογή αυτή. Πρέπει να τονιστεί ότι ακόμα και στην περίπτωση που κάποιο κύκλωμα φωνής δε μεταφέρει καθόλου πληροφορία, το δίκτυο ATM συνεχίζει να μεταφέρει idle cells έτσι ώστε η ροή να είναι σταθερή πάνω από το συγκεκριμένο εικονικό κύκλωμα (virtual circuit).

Η πληροφορία του ωφέλιμου φορτίου (payload) του AAL1 είναι πάντοτε 47 οκτάδες. Υπάρχει δυνατότητα στο AAL1 να προστίθεται επιπλέον overhead στην περίπτωση του Structured Circuit Emulation το οποίο θα περιγράψουμε παρακάτω.

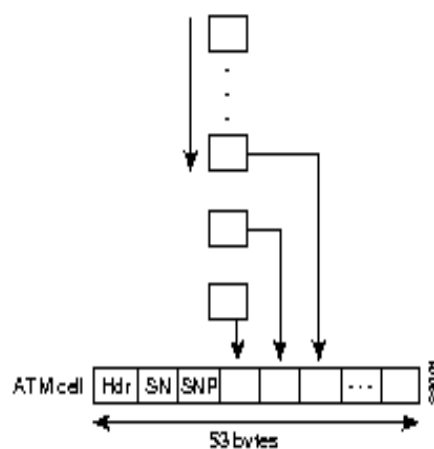
Πρέπει όμως να τονίσουμε ότι το πρωτόκολλο AAL1 έχει τους παρακάτω περιορισμούς αν θεωρήσουμε ότι κάνουμε χρήση του AAL1 για Voice over ATM:

- Υπάρχει κατανάλωση στο εύρος ζώνης ακόμη και όταν δεν υπάρχει ροή.
- Η φωνή είναι πάντα ρυθμού μετάδοσης 64K ή δέσμες των 64K.
- Δεν υπάρχει standard μηχανισμός για συμπίεση, ανίχνευση σιωπής και καταστολής της (silence detection/suppression), αφαίρεσης ανενεργών καναλιών (idle channel removal) καθώς και σηματοδότησης κοινού καναλιού (CCS).

Για τους παραπάνω λόγους το AAL1 δεν είναι και η πιο κατάλληλη λύση για Voice over ATM. Το AAL1 έρχεται να αντικαταστήσει το TDM και όχι για να δώσει τη βέλτιστη λύση για εφαρμογές Voice over ATM.

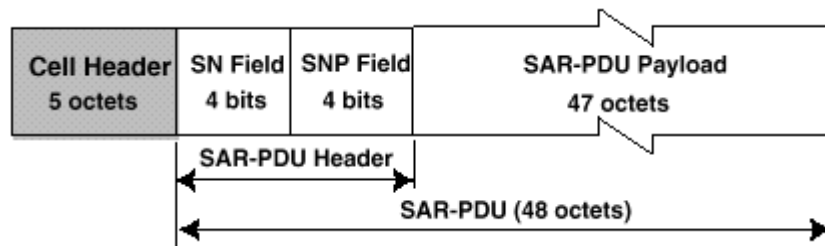
Το Voice over ATM υλοποιείται καλύτερα στο AAL2 (όπως θα δούμε και στα επόμενα) το οποίο υποστηρίζει ροή τύπου VBR σε σχέση με το AAL1 το οποίο υποστηρίζει μόνο ροή CBR και μειονεκτεί εμφανώς στη μεγάλη κατανάλωση του bandwidth.

Η κατάτμηση η οποία φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί και υλοποιείται μέσω της εισαγωγής των bytes της ψηφιοποιημένης φωνής μέσω της διαδικασίας του AAL1 στα ATM cells. Τα cells αυτά μεταδίδονται στον προορισμό και εκεί αναπαράγεται η ίδια σταθερού ρυθμού ροή από τα διάφορα cells.



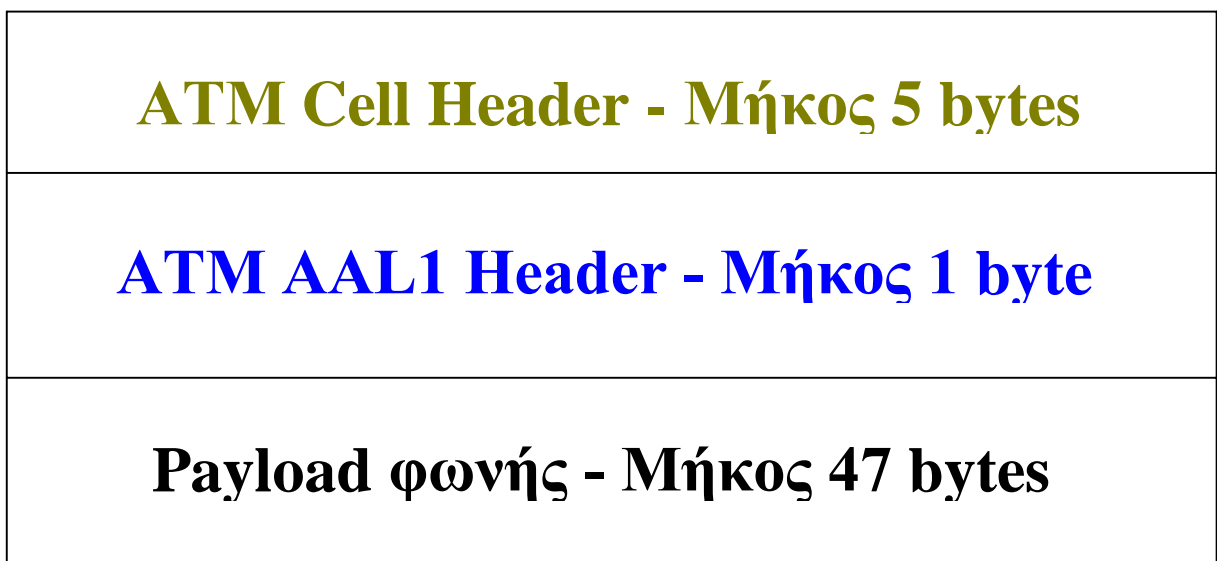
Όπως φαίνεται και από το παραπάνω σχήμα, το cell αποτελείται:

- από τον ATM header που είναι συγκεκριμένος σε όλα τα ATM cells ανεξάρτητα από το AAL με το οποίο έχουν δημιουργηθεί
- από τον AAL1 header ο οποίος έχει μήκος 1 byte και αποτελείται από το SN – Sequence Number field (4 bits) και το SNP – Sequence Number Protector field (4 bits). Βλέπε και σχήμα που ακολουθεί.
- το payload το οποίο έχει μήκος 47 bytes



Σχήμα 6. Δομή του cell στο AAL1

Πιο συγκεκριμένα, το cell που περιέχει πληροφορία AAL1 έχει την παρακάτω μορφή:



Σχήμα 7. Στρωμάτωση του AAL1 cell

Το ATM AAL 1 header λοιπόν αποτελείται από 8 bits. Πιο συγκεκριμένα αποτελείται από το:

- **Convergence Sublayer Indicator (CSI)**. Χρησιμοποιείται από το convergence sublayer του AAL1.

- **Sequence Count.** Έχει μήκος τρία bits και "μαρκάρει" τα cells με modulo 8 τρόπο. Χρησιμοποιείται προκειμένου να μπορεί να προσδιοριστεί αν κάποιο cell χάθηκε κατά την μεταφορά του από τον αποστολέα στον αποδέκτη. Αν συμβεί κάτι τέτοιο, τότε γενικά υπάρχουν δύο επιλογές: α) Ο αποστολέας επανεκπέμπει το cell που χάθηκε, κατάσταση η οποία μπορεί να οδηγήσει σε καθυστερήσεις που δεν είναι επιθυμητές για την φωνή β) Ο αποστολέας κάνει ένα είδος interpolation ανάμεσα στο cell που έχει εκπεμφθεί σωστά και σε αυτό που πρόκειται να εκπεμφθεί. Υπάρχει βέβαια και η περίπτωση ο αποστολέας να μην κάνει τίποτε από τα παραπάνω. Τότε ένα cell που χάθηκε οδηγεί σε καθυστέρηση περίπου 6 msec ( $125 \mu\text{sec} * 47 = 5.88 \text{ msec}$ ). Αυτή βέβαια είναι και η χειρότερη περίπτωση που ένα cell περιέχει 47 bytes από μία μόνο ομιλία. Αν βέβαια το συγκεκριμένο cell περιέχει παραπάνω από μία ομιλίες τότε η καθυστέρηση αυτή είναι ακόμα μικρότερη. Σε περίπτωση που έχει χρησιμοποιηθεί όμως συμπίεση (δεν αφορά την περίπτωση του AAL1 αλλά αυτή του AAL2) τότε ένα κενό 6 msec στην ομιλία μπορεί να οδηγήσει σε τελική καθυστέρηση 12 msec (συμπίεση 1:2).

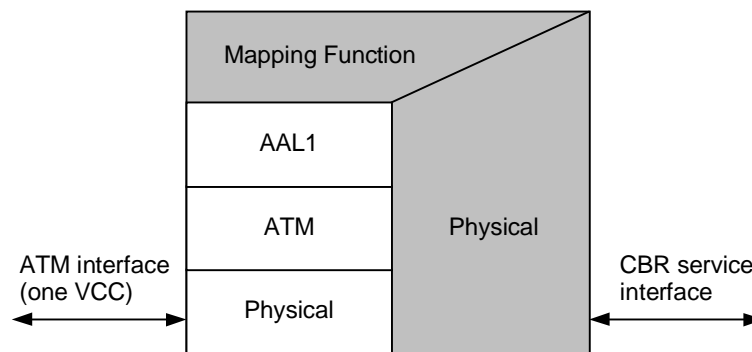
Σημ. Το CSI και το Sequence Count αποτελούν μαζί το SN field.

- Το τρίτο πεδίο του AAL 1 header περιέχει το CRC και χρησιμοποιείται προκειμένου να γίνεται ο έλεγχος στον AAL 1 header. Είναι ένα πολυώνυμο της μορφής  $X^3+X+1$ .
- Το τελευταίο πεδίο είναι ένα parity check που καλύπτει τα 7 bits του AAL 1 header.

Το τρίτο και το τέταρτο πεδίο του AAL1 header αποτελούν το SNP field.

## ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ (CIRCUIT EMULATION)

Το ATM Forum καθόρισε δύο βασικούς τρόπους μεταφοράς φωνής πάνω από ένα δίκτυο ATM. Την αδόμητη προσομοίωση μεταγώμενου κυκλώματος (unstructured Circuit Emulation) και τη δομημένη προσομοίωση μεταγώμενου κυκλώματος (structured Circuit Emulation). Το πρώτο κείμενο του ATM Forum που καθόριζε τους δύο αυτούς τρόπους παρουσιάστηκε για πρώτη φορά τον Απρίλιο του 1995. Σε αυτό το πρώτο κείμενο γινόταν λόγος για μία IWF – InternetWorking Function η οποία έχει δύο φυσικές συνδέσεις, μία με το κύκλωμα σταθερού ρυθμού CBR το οποίο πρόκειται να προσομοιωθεί (π.χ τηλεφωνικό κέντρο) και μία με το δίκτυο ATM. Σε αυτή την απλή μορφή κάθε bit από τη διασύνδεση CBR μέσω μιας συνάρτησης αντιστοίχισης μεταφέρεται στο επίπεδο AAL1 το οποίο διεκπεραιώνει την μετάδοση στο δίκτυο ATM.



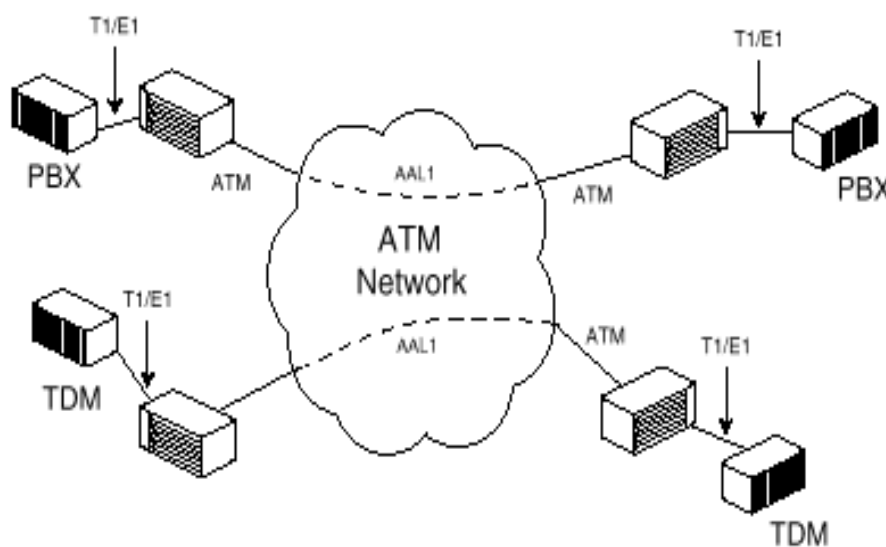
Σχήμα 8. Σχηματικό διάγραμμα αντιστοίχισης του AAL1 με το ATM layer

### Αδόμητη προσομοίωση κυκλώματος – Unstructured Circuit Emulation

Στην περίπτωση του unstructured Circuit Emulation γίνεται αντιστοίχιση ενός κυκλώματος T1 ή E1 σε ένα ATM Virtual Circuit (VC) τύπου AAL1 έτσι ώστε να μεταφέρει ένα πλήρες T1 ή E1 κύκλωμα (ή ακόμα και ένα πλήρες T3 ή E3 κύκλωμα που αποτελεί την επόμενη τάξη της Πλησιόχρονης Ιεραρχίας) μεταξύ δύο σημείων στο δίκτυο. Το ATM δίκτυο δεν γνωρίζει τίποτε για τη σηματοδότηση και απλώς μεταφέρει διαφανώς τη φωνή από το ένα άκρο στο άλλο.

Η μετάδοση της φωνής πάνω από το ATM με αυτόν τον τρόπο είναι απλή και εύκολα υλοποιήσιμη αλλά είναι αναποτελεσματική για τους παρακάτω λόγους:

- Απαιτείται μεγαλύτερο εύρος ζώνης για την μεταφορά ενός E1 ή T1 κυκλώματος από το εύρος που θα χρειαζόταν για την μεταφορά του κυκλώματος αυτού μέσω μιας διαδικασίας TDM. Πράγματι, το ATM εξ ορισμού οδηγεί σε ένα overhead της τάξης του 10% και επομένως ένα εύρος ζώνης αυξημένο κατά 10% είναι απαραίτητο για την μεταφορά της φωνής σε σχέση με το TDM.

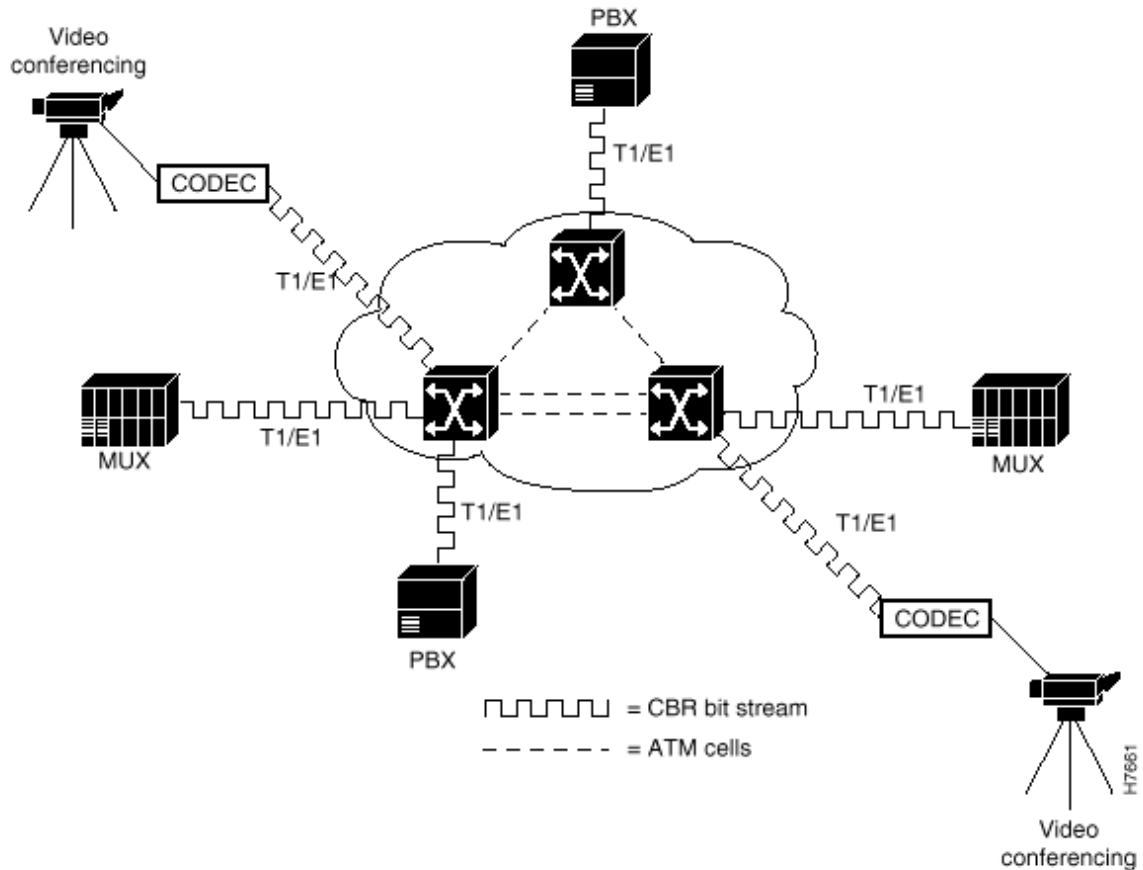


Σχήμα 9. Εφαρμογή Unstructured Circuit Emulation

- Το unstructured emulated T1/E1 circuit αποτελεί μία point-to-point σύνδεση η οποία είναι πάντα ενεργή ακόμη και αν δε μεταφέρεται φωνή. Αυτό σημαίνει ότι αν κάποιο κύκλωμα από τα 30 (ας υποθέσουμε ότι αναφερόμαστε σε πλαίσιο E1) είναι ανενεργό – δηλαδή κάποια συγκεκριμένη στιγμή δε μεταφέρει φωνή, τότε το εύρος ζώνης που αντιστοιχεί σε αυτό το κύκλωμα δε μπορεί να χρησιμοποιηθεί από κάποια άλλη εφαρμογή με αποτέλεσμα να υπάρχει σπατάλη του εύρους ζώνης. Έτσι, όλα τα κανάλια του ήχου μεταδίδονται ακόμα και αν δεν υπάρχουν ενεργές κλήσεις στη σύνδεση μεταδίδοντας στη θέση των ανενεργών κυκλωμάτων idle cells.
- Η προδιαγραφή του AAL 1 δεν λαμβάνει υπόψιν της διαδικασίες συμπίεσης της φωνής που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε εξοικονόμηση bandwidth
- Η προδιαγραφή του AAL 1 δεν λαμβάνει επίσης μέριμνα για silence suppression



Μία τυπική εφαρμογή του unstructured circuit mode φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί. Τρία κεντρικά ATM switches τα οποία αποτελούν το ATM backbone διασυνδέουν έξι non-ATM συστήματα μέσω έξι dedicated γραμμών των 2 Mbps σε unstructured circuit mode. Δύο από αυτά είναι τηλεφωνικά κέντρα, δύο άλλα είναι πολυπλέκτες ενώ δύο ακόμα είναι video codecs.

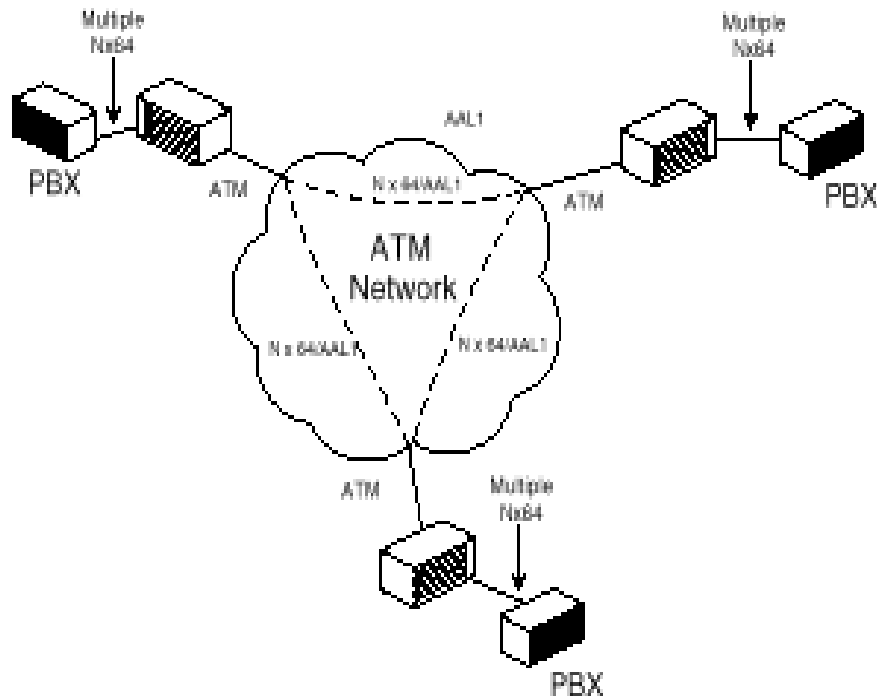


Σχήμα 10. Τυπική εφαρμογή του unstructured CES

#### Δομημένη προσομοίωση κυκλωματος – Structured Circuit Emulation

Στην περίπτωση της χρήσης του structured Circuit Emulation γίνεται πιο ορθολογική χρήση του εύρους ζώνης αφού ο χρήστης του δικτύου αποφασίζει από πριν, την αντιστοίχιση χρονοθυρίδων με virtual circuits. Για παράδειγμα, μπορεί να αποφασίσει ότι τα TS 3 & 4 θα αντιστοιχηθούν στον αποδέκτη A και επομένως θα υπάρχουν 128 Kbps μεταξύ τους ενώ προς κάποιον άλλο αποδέκτη θα αντιστοιχηθούν τέσσερα ακόμα TS για ένα συνολικό εύρος ζώνης 256 Kbps. Με αυτόν τον τρόπο δεν υπάρχει ανάγκη απόδοσης 2 Mbps για κάθε αποδέκτη όπως στην περίπτωση του unstructured Circuit Emulation.

Το σχήμα που ακολουθεί είναι χαρακτηριστικό:



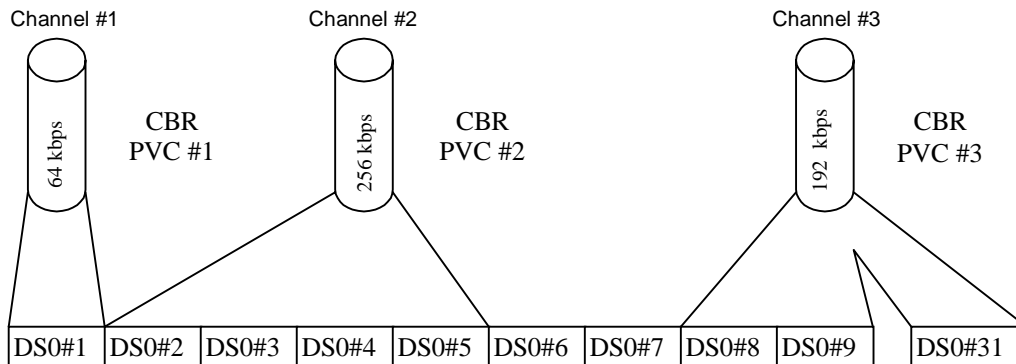
Σχήμα 11. Εφαρμογή Structured Circuit Emulation

Όπως φαίνεται από το παραπάνω σχήμα, στην περίπτωση του Structured Circuit Emulation υπάρχουν πολλαπλοί χρήστες. Κάθε ένας από αυτούς σχετίζεται με ένα μέρος των καναλιών ( $N \times 64$  K) μίας TDM σύνδεσης. Κάθε χρήστης εξυπηρετείται από μία συγκεκριμένη διαδικασία τύπου AAL1. Στη συνέχεια καθεμία από τις AAL1 διαδικασίες αντιστοιχίζεται με ένα συγκεκριμένο Virtual Channel Connection (VCC).

Πιο αναλυτικά, η φυσική πρόσβαση της υπηρεσίας  $N \times 64$  γίνεται με μέσω του πρωτοκόλλου G.703 (2.048 Mbit/s). Η υπηρεσία επιτρέπει να χρησιμοποιηθεί ένα μέρος των διαθέσιμων  $N$  timeslots της CBR σύνδεσης και τις μεταφέρει σε ένα εικονικό κύκλωμα ATM (Virtual Channel Connection – VCC). Είναι επίσης δυνατό, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, να δημιουργηθούν πολλά εικονικά κυκλώματα (VCCs) με διαφορετικά timeslots και σε διαφορετικούς προορισμούς.

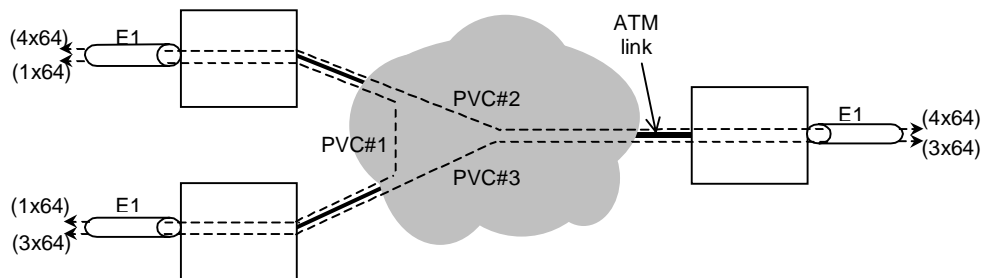
Η σύσταση G.704, στην οποία υπακούει η υπηρεσία  $N \times 64$  (για το E1 ισχύει  $1 \leq N \leq 31$ ) ορίζει ότι η σύνδεση στα 2.048 Mbit/s με 32 κανάλια των 64 kbit/s επιτυγχάνεται με αποστολή πλαισίων μεγέθους 256 bits και ρυθμό επανάληψης 8000 Hz. Κάθε πλαίσιο χωρίζεται σε 32 timeslots μεγέθους 8 bits (1 octet) με αρίθμηση από 0 έως 31. Το timeslot 0 δεσμεύεται για τη μεταφορά πληροφοριών πλαισίωσης ενώ τα υπόλοιπα 31 για την μεταφορά δεδομένων. Από αυτά το κανάλι 16 μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μεταφορά σηματοδότησης.

Στο σχήμα που ακολουθεί, τρία ανεξάρτητα εικονικά κυκλώματα, PVC#1, PVC#2 και PVC#3, περιέχουν το πρώτο το timeslots DS0#1, το δεύτερο τα timeslots DS0#2-DS0#5 και το τρίτο τα timeslots DS0#8, DS0#9 & DS0#31.



Σχήμα 12. Παράδειγμα εκχώρησης timeslots σε εικονικά κυκλώματα

Στο επόμενο σχήμα τα εικονικά κυκλώματα του προηγούμενου παραδείγματος δρομολογούνται ανεξάρτητα διαμέσου του δικτύου ATM, για να συνδέσουν μεταξύ τους τρία Τηλεφωνικά Κέντρα. Το ενδιαφέρον είναι ότι υπάρχει μία μόνο CBR σύνδεση E1 την επικοινωνία του CBR εξοπλισμού (π.χ. Τηλεφωνικό Κέντρο) με το ATM εξοπλισμό (π.χ. ATM switch) και μία μόνο ATM σύνδεση (π.χ. 155 Mbps) προς το δίκτυο ATM σε κάθε ένα από τα τρία σημεία.



Σχήμα 13. Παράδειγμα πολλαπλών εικονικών κυκλωμάτων σε δίκτυο ATM

Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό του structured circuit emulation είναι η μεταφορά της σηματοδότησης. Ενώ στην περίπτωση του αδόμητου τρόπου ήταν προφανές ότι το σήμα των 2 Mbps μεταφερόταν διαφανώς στην άλλη πλευρά και εκεί το αντίστοιχο τηλεφωνικό κέντρο φρόντιζε να "βγάλει" την πληροφορία της σηματοδότησης από το TS 16 στο οποίο και περιεχόταν, στην περίπτωση του structured circuit emulation, η πληροφορία της σηματοδότησης είναι απαραίτητο να γίνεται κατανοητή από το ATM switch προκειμένου το τελευταίο να μπορεί να δρομολογήσει συγκεκριμένα TS προς κάποιο συγκεκριμένο προορισμό. Για αυτό το λόγο, η Structured circuit emulation διαδικασία πρέπει να αναγνωρίζει κάθε timeslot ώστε να επιτρέψει τη δρομολόγηση των μεμονωμένων καναλιών μεταξύ των PBX trunk. Η αναγνώριση του κάθε timeslot επιτρέπει στο δίκτυο να μεταφέρει in-band σηματοδότηση τύπου CAS (Channel Associated Signalling) πάνω από κάθε κανάλι. Η Structured Circuit Emulation δεν μπορεί να διευθετήσει πρωτόκολλα σηματοδότησης out-of-band όπως είναι η σηματοδότηση κοινού καναλιού CCS (Common Channel Signalling).

## ATM ADAPTATION LAYER 2 - AAL2

Η μετάδοση φωνής μέσω της χρήσης του CBR (circuit emulation) υλοποιείται εύκολα αλλά έχει το μειονέκτημα ότι δεσμεύει ένα σταθερό bandwidth για κάθε κανάλι φωνής ανεξαρτήτως εάν υπάρχει δραστηριότητα σε αυτό ή όχι. Επιπρόσθετα, σε ένα δίκτυο ATM, στο οποίο έχει εφαρμοστεί η τεχνολογία circuit emulation για τη μετάδοση φωνής, παρατηρείται πως απαιτείται μεγαλύτερο εύρος ζώνης από ότι θα ήταν αναγκαίο σε μια αντίστοιχη σύνδεση TDM (Time Division Multiplexing), λόγω του overhead στο ATM. Για παράδειγμα, υποθέτοντας ένα ποσοστό overhead της τάξης του 15% (τόσο για το cell header όσο και για τον header του AAL1) τότε για τη μεταφορά έξι καναλιών των 64 Kbps το καθένα απαιτείται εύρος 440 Kbps σε σχέση με τα 384 Kbps που θα απαιτούνταν αν η υλοποίηση είχε γίνει μέσω τεχνικής TDM. Γι'αυτό το λόγο η εφαρμογή της τεχνολογίας circuit emulation δεν είναι η βέλτιστη λύση για τη μετάδοση φωνής μέσω ενός δικτύου ATM.

Είναι επίσης γνωστό ότι η μετάδοση φωνής μέσω ενός δικτύου παρουσιάζει στατιστική μορφή. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι στην επικοινωνία δύο συνομιλητών υπάρχουν αρκετές χρονικές στιγμές παύσεως. Εάν εκμεταλλευτούμε αυτές τις χρονικές στιγμές στις οποίες καταναλώνεται άσκοπα μια συγκεκριμένη ποσότητα εύρους ζώνης και το εύρος αυτό προσφερθεί σε κάποιον άλλο συνδρομητή, τότε υπάρχει μεγάλη εξοικονόμηση εύρους ζώνης. Αυτός ο μηχανισμός είναι γνωστός ως ανίχνευση/καταστολή σιωπής (silence detection/ suppression).

Για να ξεπεραστούν τα μειονεκτήματα τα οποία προαναφέρθηκαν, ήταν αναγκαίο να δημιουργηθεί ένα καινούργιο Adaptation Layer, το AAL2. Το AAL2 έχει καθοριστεί από τη Σύσταση της ITU-T I.362 το 1997 με σκοπό να παρέχει αποτελεσματική τεχνολογία για Voice-over-ATM.

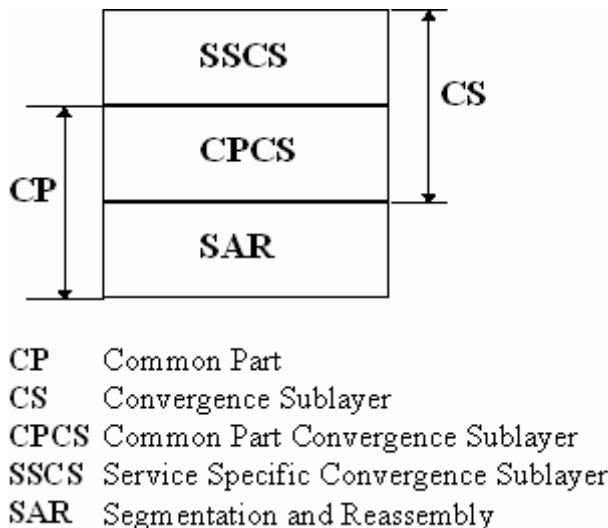
Το AAL2 βελτιώνει/επεκτείνει τις υπηρεσίες οι οποίες παρέχονται από το επίπεδο ATM έτσι ώστε να υποστηρίζει λειτουργίες οι οποίες διαφορετικά θα έπρεπε να υλοποιούνται από τα υψηλότερα επίπεδα. Το AAL2 λοιπόν ξεπερνάει κατά πολύ τις δυνατότητες του AAL1 και υλοποιεί μια σειρά από λειτουργίες υψηλότερων επιπέδων οι οποίες δεν θα ήταν υλοποιήσιμες εντός της δομής του AAL1.

Το AAL2 προσφέρει τη δυνατότητα μετάδοσης πακέτων σε χαμηλό ρυθμό, μικρού και μεταβλητού μεγέθους, σε εφαρμογές οι οποίες είναι ιδιαίτερα ευαίσθητες στην καθυστέρηση. Συνεπώς αυτό το νέο Adaptation Layer υποστηρίζει ρυθμούς μετάδοσης στα 32K, 24 K, 16K και 8K (π.χ. ADPCM). Η δυνατότητα χρήσης μικρού και μεταβλητού μεγέθους ευνοεί τη μείωση της καθυστέρησης

### ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ AAL2

Σύμφωνα με τη σύσταση I.362 της ITU-T τα AALs χωρίζονται σε δύο υποστρώματα. Το **Convergence Sublayer (CS)** και το **Segmentation And Reassembly sublayer (SAR)**. Το CS χωρίζεται στη συνέχεια στο **Common Part Convergence Sublayer (CPCS)** και το **Service Specific Convergence Sublayer (SSCS)**. Το CPCS είναι κοινό για όλες τις διαδικασίες εκείνες που υλοποιούνται μέσα στο ίδιο AAL (για αυτό το λόγο το CPCS μαζί με το SAR) ονομάζονται CP). Αντίθετα, το SSCS μπορεί να έχει διαφορετικό τρόπο υλοποίησης μέσα στο ίδιο AAL.

Κατά συνέπεια, και το AAL 2 χωρίζεται σε δυο sublayers: Το Convergence Sublayer (CS) και το Segmentation And Reassembly (SAR) sublayer. Με τη σειρά του το Convergence Sublayer υποδιαιρείται σε Common Part Convergence Sublayer (CPCS) και σε Service Specific Convergence Sublayer (SSCS). Στο ακόλουθο σχήμα φαίνεται η γενική δομή του AAL.



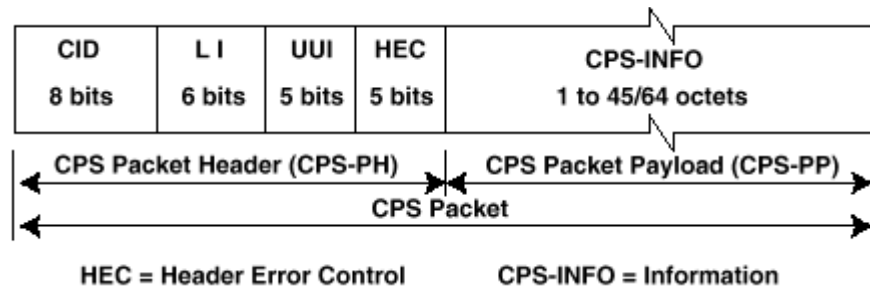
Σχήμα 14. Δομή του AAL

Το Common Part Sublayer (CP) προτάθηκε στην ITU-T προκειμένου να χρησιμοποιηθεί για την προσαρμογή των απαιτήσεων εφαρμογών που χαρακτηρίζονταν από μεταβλητό ρυθμό μετάδοσης (όπως είναι η συμπιεσμένη φωνή).

Το σημαντικό χαρακτηριστικό του AAL2 είναι ότι πετυχαίνει μικρή καθυστέρηση πακετοποίησης της φωνής αλλά και υψηλή διαθεσιμότητα στο χρησιμοποιούμενο εύρος ζώνης γιατί α) επιτρέπει μεταβλητό μήκος πακέτου από 1 μέχρι 45 bytes δίνοντας έτσι στην εφαρμογή της συμπίεσης την ευχέρεια χρήσης του κατάλληλου μήκους πακέτου ανάλογα με τις απαιτήσεις καθυστέρησης και β) επιτρέπει την πολυπλεξία πολλών AAL2 συνδέσεων πάνω από το ίδιο VCC (Virtual Channel Connection) επιτρέποντας με αυτό τον τρόπο την αποτελεσματική χρήση του bandwidth αφού ένα cell μπορεί να περιέχει AAL2 πακέτα από περισσότερες της μιάς σύνδεσης.

Το πακέτο AAL2-CPS έχει μήκος 3 bytes για τον header (**CPS-PH**) και μέχρι 45 bytes ωφέλιμο φορτίο (**CPS-PP**). Το πραγματικό μήκος του CPS-PP φαίνεται από το πεδίο LI (Length Indicator). Το πεδίο UII (User to User Indicator) χρησιμοποιείται για να μεταφέρει διαφανώς πληροφορία η οποία χρειάζεται από τα ανώτερα στρώματα (π.χ τι είδος codec χρησιμοποιείται). Υπάρχει επίσης ένας 8 bit Connection Identifier (CID) ο οποίος χρησιμοποιείται για να αναγνωρίζει ανεξάρτητες AAL2 συνδέσεις μέσα στο ίδιο AAL2 link (VCC). Μέχρι 248 AAL2 συνδέσεις μπορούν να πολυπλεκτούν σε ATM VCC. Τέλος, υπάρχει και ένα 5 bits CRC το οποίο χρησιμοποιείται για τον έλεγχο του header στην λήψη λόγω λαθών που μπορεί να γίνουν στη μετάδοση.

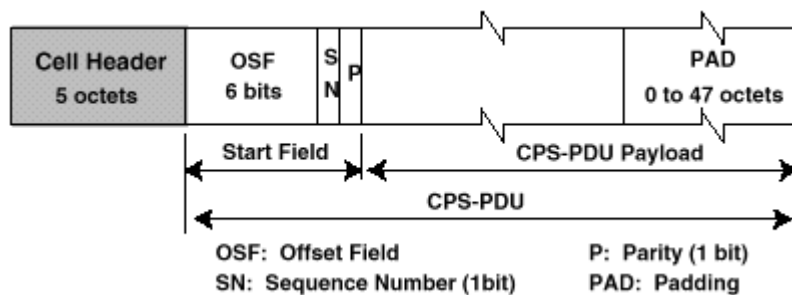
Στο σχήμα που ακολουθεί φαίνεται η μορφή του πλαισίου ενός AAL2-CPS πακέτου.



Σχήμα 15. Μορφή πακέτου AAL2 CPS

Στη συνέχεια, ένα σύνολο από CPS-Packets τοποθετούνται σε ένα CPS-PDU. Για να είναι δυνατός ο διαχωρισμός των διαφόρων πακέτων CPS χρησιμοποιείται ένα Start Field (SF) το οποίο συνεργάζεται με το LI που είδαμε παραπάνω προκειμένου να γίνεται ακριβής διαχωρισμός των διαφόρων πολυπλεγμένων πακέτων. Το SF αποτελείται από το OSF (OffSet field) που δείχνει πάντα στην αρχή του πρώτου πακέτου AAL2 που αρχίζει τη μετάδοσή του σε αυτό το PDU. Το SN (Sequence Number) και το Parity bit παρέχουν βασικούς μηχανισμούς για να δείχνουν την απώλεια cells καθώς και την ύπαρξη λαθών στο πεδίο SF.

Αντίθετα με το AAL1 το οποίο διαθέτει από την αρχή προκαθορισμένο και σταθερό ωφέλιμο φορτίο που μπορεί να φτάνει μέχρι και 47 bytes, το AAL2 προσφέρει τη δυνατότητα του μεταβλητού ωφέλιμου φορτίου από 1 έως 45 bytes. Λόγω του μεταβλητού ωφέλιμου φορτίου μπορούμε να ελέγξουμε εύκολα την καθυστέρηση, δηλαδή το χρόνο ο οποίος είναι αναγκαίος για να γεμίσει ένα AAL2-CPS πακέτο. Όσο πιο μικρό είναι το μέγεθος του πακέτου τόσο πιο πολύ μειώνεται η καθυστέρηση με το μειονέκτημα βέβαια ότι αυξάνει ο απαραίτητος πλεονασμός για τη μεταφορά της πληροφορίας.



Σχήμα 16. Μορφή του AAL2 CPS-PDU

Όπως φαίνεται από τα προηγούμενα σχήματα, το ωφέλιμο φορτίο του πακέτου CPS-PDU μπορεί να αποτελείται και από κομμάτια ενός πακέτου AAL2-CPS. Άρα το υπόλοιπο μέρος ενός μεγάλου AAL2-CPS πακέτου θα μεταφερθεί από την επόμενη κυψέλη. Πρέπει επίσης να τονιστεί ότι το μήκος των πακέτων AAL2-CPS PDU είναι 48 bytes και ταιριάζει πλήρως στο payload ενός ATM cell.

Συμπερασματικά, το AAL2 δίνει τη δυνατότητα σε ένα διαχειριστή δικτύου, να ελέγξει τη μεταβλητή χρήση του εύρους ζώνης, ανάλογα με τις απαιτήσεις και μπορεί να εφαρμοστεί ακόμα και σε περιπτώσεις που χαρακτηρίζονται από χαμηλό ρυθμό μετάδοσης όπως είναι για παράδειγμα οι ασύρματες επικοινωνίες τύπου GSM όπου ένας αντίστοιχος codec παράγει 260 bits σε χρόνο 20 msec. Αυτά τα πακέτα ταιριάζουν σε ένα AAL2-CPS χωρίς να υπάρχει η ανάγκη χρήσης ενός εξειδικευμένου SSCS. Αντίθετα, όμως υπάρχουν εφαρμογές οι οποίες δεν παράγουν data τα οποία μπορούν να ταιριάζουν σε ένα AAL2-CPS (π.χ. μήκος μεγαλύτερο από 45 bytes) και επομένως χρειάζεται ένα SSCS το οποίο θα επιφορτιστεί με το ρόλο της μετατροπής των δεδομένων του χρήστη σε αντίστοιχα πακέτα AAL2-CPS.

## ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΤΑΞΥ AAL1 ΚΑΙ AAL2

Το AAL2 προσφέρει σημαντικά οφέλη έναντι του AAL1 για Voice over ATM. Το AAL1 όμως εξασφαλίζει διαλειτουργικότητα και ίσως από αυτή την άποψη να είναι πιο κατάλληλο για κάποιου είδους εφαρμογές φωνής.

### Αποτελεσματικότητα πρωτοκόλλου AAL2

Όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα η αποτελεσματικότητα του AAL2 ποικίλει από 25% έως 96% μεταξύ του ελάχιστου και του μέγιστου packet payload για κάθε μεμονωμένο κανάλι χρήστη. Με μια πρώτη ματιά το AAL2 εμφανίζεται λιγότερο αποτελεσματικό από το AAL1 το οποίο έχει αποτελεσματικότητα της τάξης του 98%. Η πραγματικότητα όμως είναι διαφορετική.

	Channel Header	Payload	Efficiency
Minimum Length Indicator (LI)	3 bytes	1 byte payload	25%
32K ADPCM (4ms)	3 bytes	16 byte payload	84%
32K ADPCM (8ms)	3 bytes	32 byte payload	91%
PCM (4ms)	3 bytes	32 byte payload	91%
Default LI	3 bytes	45 byte payload	94%
Maximum LI	3 bytes	64 byte payload	96%
AAL1 -CES V2	1 bytes	47 byte payload	98%

Σχήμα 17. Αποτελεσματικότητα του πρωτοκόλλου AAL2

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται το εύρος ζώνης το οποίο απαιτείται σε ένα δίκτυο ATM για να υποστηρίξει 6 κανάλια φωνής, χρησιμοποιώντας το AAL2. Επίσης περιλαμβάνεται και ένα παράδειγμα το οποίο δείχνει το bandwidth το οποίο απαιτείται για την AAL1 CES/CAS υπηρεσία για τα ίδια έξι κανάλια. Σε αυτή τη σύγκριση, για λόγους απλότητας, οι υπολογισμοί του bandwidth πραγματοποιήθηκαν με AAL2 Packet Fill Delay στα 6ms. Το AAL2 παρουσιάζει σημαντική μείωση στην κατανάλωση του bandwidth σε σχέση με τη Structured Circuit Emulation.

Πρακτικό ενδιαφέρον παρουσιάζει η σύγκριση μεταξύ του AAL2 και της fixed configuration AAL1 ροής, η οποία δεν υποστηρίζει silence suppression, voice compression ή variable delay settings. Εδώ το κέρδος είναι 4 προς 1 και φαίνεται με το 32K ADPCM.

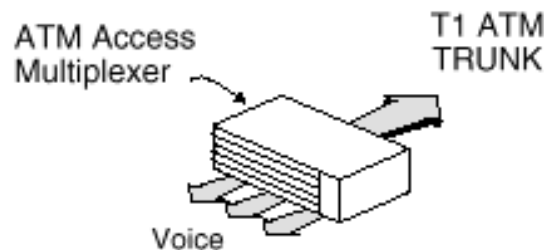


Channels	Channel Rate	Adaptation Layer	Silence Suppression	Bandwidth (Kbps)
6	64K PCM	AAL1 CES/CAS (24 samples per cell)	N/A	866
6	64K PCM	AAL2	No	495
6	64K PCM	AAL1 CES/CAS (47 samples per cell)	N/A	443
6	32K ADPCM	AAL2	No	283
6	64K PCM	AAL2	Yes	198
6	32K ADPCM	AAL2	Yes	113

Σχήμα 18. Απαιτήσεις Εύρους Ζώνης για 6 κανάλια φωνής

### Παράδειγμα αποδοτικότητας του AAL2 σε σχέση με το AAL1 στη μεταφορά 20 καναλιών φωνής

Ένας τρόπος για να διαπιστώσουμε την αποτελεσματικότητα μίας σύνδεσης AAL2 σε σχέση με αυτήν της AAL1, είναι να αναλύσουμε πόσα κανάλια φωνής μπορούν να μεταφερθούν πάνω από ένα συγκεκριμένο ATM trunk. Για παράδειγμα, ας αναλογιστούμε έναν ATM access multiplexer εγκατεστημένο σε μία απομακρυσμένη περιοχή και συνδεδεμένο στο δίκτυο χρησιμοποιώντας ένα T1 ATM trunk όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.

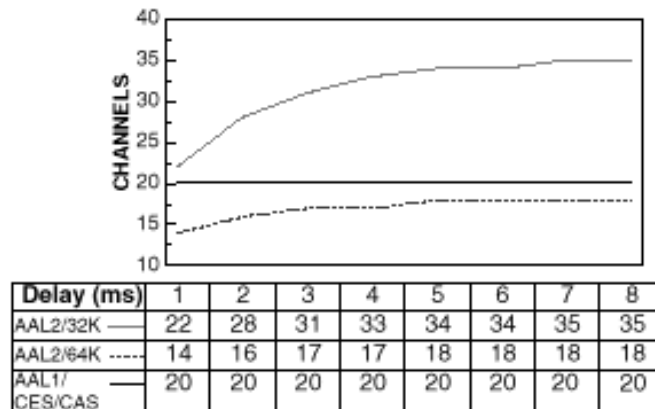


Σχήμα 19. Voice Over ATM Multiplexer με Trunk τύπου ATM T1

Χρησιμοποιώντας την AAL1 υπηρεσία Structured Circuit Emulation για υποστήριξη 20 καναλιών φωνής, το αποτέλεσμα θα είναι ένα πλήρες ATM trunk με μέγιστη δυνατότητα των 20 x 64 Kbps κανάλια φωνής, τα οποία μπορούν να είναι ενεργά την ίδια χρονική στιγμή. Η μέγιστη δυνατότητα των 20 x 64 Kbps καναλιών φωνής βασίζεται στην non-Partial Cell Fill ή πλήρη filled cell με 47 cell.

Το σχήμα που ακολουθεί δείχνει τον αριθμό καναλιών φωνής τα οποία μεταφέρονται πάνω από το ίδιο T1 ATM trunk όταν χρησιμοποιείται το AAL2. Ο άξονας-X παριστάνει την τιμή του Packet Fill Delay και ο άξονας-Y παριστάνει τον αριθμό των καναλιών φωνής που μεταφέρονται. Η γραφική παράσταση απεικονίζει και τις δύο περιπτώσεις 64K PCM και 32K ADPCM στο AAL2

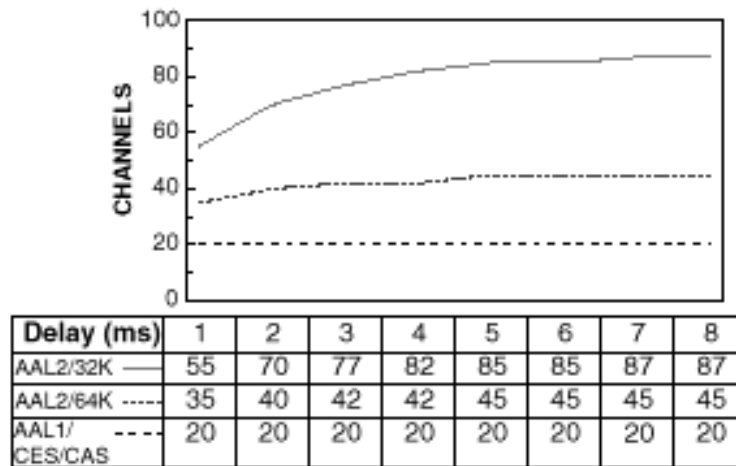
frame.



Σχήμα 20. Voice Over ATM Multiplexer με T1 ATM Trunk

Το γράφημα επίσης απεικονίζει ότι χρησιμοποιώντας 64K PCM εντός ενός AAL2 frame είναι λιγότερο αποτελεσματικό από το AAL1 όταν δεν χρησιμοποιείται το Partial Cell Fill. Όμως για τα 32K ADPCM κωδικοποιημένα κανάλια, ο μέγιστος αριθμός των 35 καναλιών μπορεί να υποστηριχθεί κάτω από τις ίδιες περιστάσεις. Είναι εμφανές ότι συμπιέζοντας τα κανάλια φωνής, υποστηρίζεται μεγαλύτερος αριθμός καναλιών ανά trunk. Η σύγκριση είναι καταλυτική υπέρ του AAL2 με κωδικοποίηση 32K ADPCM αφού παρέχει 75% περισσότερα κανάλια σε σχέση με το AAL1.

Στην περίπτωση βέβαια που εμπλέκεται το silence suppression τότε το κέρδος είναι μεγαλύτερο. Στο Σχήμα 13 φαίνεται μια γραφική απεικόνιση της περίπτωσης όπου θεωρούμε ότι το voice circuit περιέχει 50% silence, το οποίο μπορεί να απομακρυνθεί από την ATM σύνδεση και επίσης θεωρούμε ότι το 20% του συνολικού αριθμού των καναλιών είναι ανενεργά σε κάθε χρονική στιγμή. Εάν αυτό δε δείχνει ως μια δίκαιη σύγκριση προς το AAL1 ας θυμηθούμε ότι το AAL1 δεν προσφέρει standard-based μεθόδους για silence detection /suppression ή απομάκρυνση ανενεργών καναλιών όταν τα κανάλια είναι "on-hook".



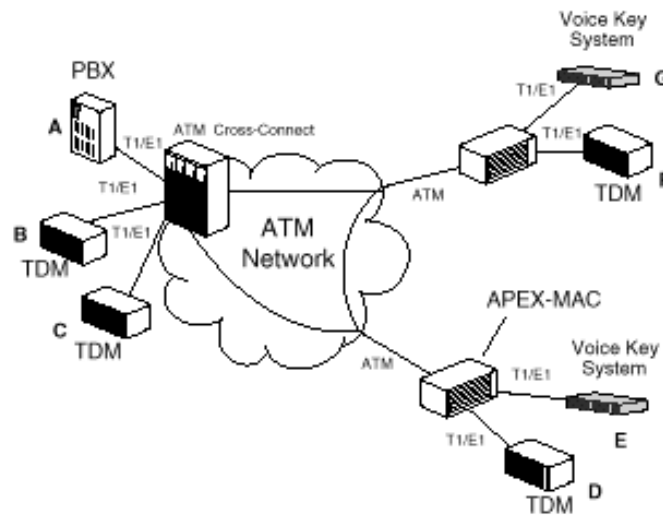
Σχήμα 21. Αριθμός καναλιών AAL2 που είναι suppressed σε ένα T1 κύκλωμα με μεταβλητό packet fill delay (σε msec)

Εάν προσθέσουμε και το γεγονός ότι αυτά τα κανάλια δεν είναι ενεργά (π.χ. τα μεσάνυχτα), το εύρος ζώνης το οποίο θα χρησιμοποιούσαμε για φωνή τώρα είναι διαθέσιμο για άλλες εφαρμογές. Έτσι το δίκτυο ATM δείχνει την αποτελεσματικότητά του σε εφαρμογές δικτύων ευρείας περιοχής.

## ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ AAL1

Όπως φάνηκε στις προηγούμενες ενότητες, το AAL2 προσφέρει σημαντικά οφέλη έναντι του AAL1. Το AAL2 χρησιμοποιείται όταν όλα τα συστατικά του δικτύου εντός ενός δικτύου ATM, υποστηρίζουν την AAL2 adaptation δυνατότητα. Ακόμα όμως και σήμερα οι εταιρείες δεν προσφέρουν ευρέως εξοπλισμό ATM AAL2.

Αντίθετα, το AAL1 χρησιμοποιείται ευρέως και υποστηρίζεται από όλους τους κατασκευαστές. Μία απλή εφαρμογή αυτού του τύπου της διασύνδεσης σε έναν ISP φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί. Σε αυτήν την εφαρμογή οι γραμμές πρόσβασης στο χρήστη είναι οι παραδοσιακές γραμμές φωνής, οι οποίες χρησιμοποιούνται για δύο λόγους: πρόσβαση στο δημόσιο δίκτυο φωνής και πρόσβαση στο Internet. Το ATM δίκτυο παρέχει διασύνδεση προς τους δύο ISP (σημεία G & F, D & E). Σε αυτή την εφαρμογή, ο φόρτος του δικτύου ATM είναι εξ ολοκλήρου κίνηση AAL1 χωρίς να μπορεί να γίνει εκμετάλλευση του στατιστικού κέρδους το οποίο σχετίζεται με το AAL2.



Σχήμα 22. ATM Cross-connect

## ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ AAL2 ΓΙΑ VBR-RT

Όπως αναπτύχθηκε και στα προηγούμενα, ένα από τα κύρια προβλήματα του AAL1 είναι η δέσμευση εύρους ζώνης για κάθε κανάλι φωνής. Αυτό συνεπάγεται μια αναποτελεσματική χρήση του εύρους ζώνης. Για να υλοποιηθεί μια τηλεφωνική επικοινωνία είναι αναγκαίο να εγκατασταθεί μια σύνδεση των 64 K ενώ υπάρχει πάντα η πιθανότητα μόνο ένας συνομιλητής να είναι δραστήριος σε μια τηλεφωνική επικοινωνία. Τότε το μισό εύρος ζώνης καταναλώνεται άσκοπα. Επίσης είναι γνωστό πως υπάρχουν στιγμές παύσεως (διακοπές) στη ροή μιας τηλεφωνικής επικοινωνίας εκ μέρους ενός συνομιλητή. Για να ξεπεραστούν αυτά τα προβλήματα υπάρχει ο μηχανισμός του silence suppression. Η εφαρμογή αυτής της τεχνολογίας επιτρέπει να σταλούν δεδομένα μόνο όταν υπάρχει ενεργή επικοινωνία. Όταν ένας συνομιλητής δεν μιλά, τότε δεν μεταδίδονται δεδομένα. Αυτή η προσέγγιση σχετίζεται όμως με δυο ουσιώδη προβλήματα. Το ένα προκύπτει από το γεγονός ότι όταν δεν σταλούν δεδομένα λόγω της παύσεως / silence suppression τότε ο άλλος συνομιλητής δεν θα αντιλαμβάνεται τον θόρυβο του περιβάλλοντος (background noise). Κατά συνέπεια, θα πρέπει να φροντίσουμε να αναπαράγουμε τεχνικά αυτόν τον θόρυβο ο οποίος θα γεμίζει τις στιγμές παύσεως. Ένα άλλο πρόβλημα με το silence suppression είναι η δυσκολία υλοποίησης του συγχρονισμού (clock synchronization) όταν δεν στέλνονται δεδομένα. Μια επιπλέον μέθοδος για την επίτευξη μιας αποτελεσματικής χρήσης του εύρους ζώνης είναι η συμπίεση φωνής όπως το Adaptive Differential Pulse Code Modulation (ADPCM). Αυτός ο μηχανισμός μας επιτρέπει να συμπίεσουμε κανάλια των 64K σε ροές μικρότερου μεγέθους. Σε αντίθεση με το silence suppression το οποίο δημιουργεί μια ροή μεταβλητού ρυθμού, το ADPCM δημιουργεί μια ροή σταθερού ρυθμού. Επισημαίνεται όμως ότι η συμπίεση κάτω των 32K, δημιουργεί μια πτώση στην ποιότητα της φωνής κατά τη διάρκεια της μετάδοσης. Επιπρόσθετα προκύπτει σοβαρή πτώση της ποιότητας, εάν ενδεχομένως χαθούν συμπιεσμένα δεδομένα.

Ο πίνακας που ακολουθεί είναι χαρακτηριστικός των διαφόρων τύπων συμπίεσης:

Κωδικοποιητής (CODEC)	Ρυθμός Συμπιεσμένης Φωνής (Kbps)	Πολυπλοκότητα <sup>1</sup>	Ποιότητα	Καθυστέρηση Ψηφιοποίησης
G.711 PCM	64	-	Πολύ Καλή	Αμελητέα
G.726 ADPCM	40/32/24	Χαμηλή (8MIPS)	Καλή (40K) έως Κακή (24K)	Πολύ Μικρή
G.729 CS-ACELP	8	Μεγάλη (30MIPS)	Καλή	Μικρή
G.729A CS-ACELP	8	Μέτρια	Ικανοποιητική	Μικρή
G.723 MP-MLQ	6.4/5.3	Μέτρια-Μεγάλη (20MIPS)	Καλή/ Ικανοποιητική	Μεγάλη
G.723.1 MP-MLQ	6.4/5.3	Μέτρια-Μεγάλη (20MIPS)	Καλή/ Ικανοποιητική	Μεγάλη
G.728 LD-CELP	16	Πολύ Μεγάλη (40MIPS)	Καλή	Μικρή

LD CELP  
CS ACELP

Low Delay Code Excited Linear Prediction  
Conjugate Structure Algebraic Code Excited Linear Predictive

MP-MLQ

Multi Pulse maximum Likelihood Quantization

<sup>1</sup> Η πολυπλοκότητα καθορίζεται από την ισχύ επεξεργασίας που καταναλώνεται στον DSP, η οποία μετρείται σε MIPS (Millions of Instructions Per Second).

Υπάρχει και ένας επιπρόσθετος μηχανισμός, το idle channel removal, το οποίο έχει ως κύριο στόχο να αφαιρέσει τα ανενεργά κανάλια σε οποιαδήποτε στιγμή. Τα ανενεργά κανάλια μπορούν να εμφανιστούν όταν οι τηλεφωνικές συσκευές βρίσκονται "on-hook".

Αυτές οι τεχνολογίες στο σύνολο τους, θα μπορούσαν θεωρητικά να εξοικονομήσουν μέχρι και 75% του εύρους ζώνης το οποίο απαιτείται για την επικοινωνία μέσω ενός δικτύου.

Το μεταβλητό μέγεθος των AAL2 πακέτων μας δίνει τη δυνατότητα να ελέγξουμε την καθυστέρηση και σε συνδυασμό με την πολυπλεξία μπορούμε να βελτιώσουμε ακόμα πιο πολύ την αποτελεσματική χρήση του εύρους ζώνης.

## ΣΥΓΚΡΙΣΗ VTOA ΜΕ ΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ TDM

### **TDM – Υπέρ**

- ✓ Δοκιμασμένη τεχνολογία που έχει αναπτυχθεί από όλους τους κατασκευαστές
- ✓ Φτηνή στην υλοποίησή της

### **TDM – Κατά**

- ✓ Δεν είναι αποδοτική όσον αφορά το εύρος ζώνης που καταλαμβάνει
- ✓ Δεν εφαρμόζονται τεχνικές συμπίεσης
- ✓ Δεν εφαρμόζονται τεχνικές silence suppression/silence detection

### **VTOA-AAL1 – Υπέρ**

- ✓ Ολοκλήρωση της φωνής με τις υπηρεσίες data-video μέσα από κοινό εξοπλισμό
- ✓ Χρήση της τεχνολογίας ATM
- ✓ Δοκιμασμένη τεχνολογία που εφαρμόζεται από την πλειονότητα των κατασκευαστών
- ✓ Εξοικονόμηση εύρους ζώνης στον δομημένο τρόπο σε σχέση με τον αδόμητο
- ✓ Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο υπάρχων εξοπλισμός π.χ. Τηλεφωνικά Κέντρα με συνήθη interfaces

### **VTOA-AAL1 – Κατά**

- ✓ Όχι αποδοτική τεχνολογία όσον αφορά την εξοικονόμηση εύρους ζώνης (ακόμα και στο δομημένο τρόπο)
- ✓ Δεν εφαρμόζονται τεχνικές συμπίεσης
- ✓ Δεν εφαρμόζονται τεχνικές silence suppression/silence detection

### **VTOA-AAL2 – Υπέρ**

- ✓ Πολύ αποτελεσματική εξοικονόμηση εύρους ζώνης
- ✓ Εφαρμογή τεχνικών συμπίεσης
- ✓ Εφαρμογή τεχνικών silence suppression/silence detection

### **VTOA-AAL2 – Κατά**

- ✓ Η εφαρμογή της είναι ακόμα περιορισμένη
- ✓ Απαιτεί την αγορά εξοπλισμού προσανατολισμένου σε αυτήν την υπηρεσία

## ΣΥΝΟΨΗ

Στο συγκεκριμένο κείμενο παρουσιάστηκε μία συγκριτική παρουσίαση των τεχνικών που χρησιμοποιούνται σήμερα για μετάδοση της φωνής. Η σύσταση AAL1 δεν έχει τη δυνατότητα να παρέχει αποτελεσματική χρήση του εύρους ζώνης για εφαρμογές φωνής αλλά παρουσιάζει σήμερα ευρεία εφαρμογή κυρίως λόγω της απλότητάς της.

Το AAL2 αναπτύχθηκε από την ITU-T προκειμένου να αντιμετωπίσει τα παραπάνω μειονεκτήματα του AAL1 ενώ αποτελεί επιπλέον και μία μέθοδο κατά την οποία η φωνή μπορεί να προσαρμοστεί σε ATM cell, με τέτοιο βαθμό αποτελεσματικότητας, όπου δεν ήταν δυνατόν να υλοποιηθεί στο παρελθόν.

Η τεχνολογία TDM που αποτελεί άλλωστε και τον κλασσικό τρόπο μεταφοράς της φωνής παρουσιάζει εμφανή μειονεκτήματα τα οποία θα την καταστήσουν ανενεργή με την πάροδο του χρόνου.

Παρόλα αυτά και μέχρις ότου το AAL2 αναπτυχθεί αρκετά, η μετάδοση της φωνής θα συνεχίσει να εξυπηρετείται τόσο από το TDM όσο και από το AAL1.

Το AAL1 έχει ήδη αρχίσει να χρησιμοποιείται εκτενώς στις περιπτώσεις εκείνες που ο διαχειριστής του δικτύου θέλει να περιορίσει σημαντικά τα λειτουργικά κόστη αφού δεν χρειάζεται πια δύο διαφορετικά φυσικά δίκτυα προκειμένου να υλοποιηθεί τη μεταφορά δεδομένων και φωνής αλλά μόνο ένα.



**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- [1] A Management Briefing On **Adapting Voice for ATM Networks An AAL2 Tutorial** ([http://www.gdc.com/products/prod\\_atm\\_vsm.html](http://www.gdc.com/products/prod_atm_vsm.html))  
GENERAL DATACOMM
- [2] A Management Briefing On **Adapting Voice for ATM Networks A Comparison of AAL1 Versus AAL2** ([http://www.gdc.com/products/prod\\_atm\\_vsm.html](http://www.gdc.com/products/prod_atm_vsm.html))  
GENERAL DATACOMM
- [3] *Looking forward* The IEEE Computer Society’s Student Newsletter – ATM Adaptation Layer 2  
Juan Noguera-Rodriguez Ericsson Nippon, Japan Spring 1998 Volume 6 No.1  
<http://www.computer.org/student/looking/spring1998/noguera/aal2.html>
- [4] ATM FORUM Voice over ATM (CES) af-vtoa-0078.000
- [5] The Telecommunications technology Journal, [http://193.78.100.33/Review/er1\\_98/art6/boxc.html](http://193.78.100.33/Review/er1_98/art6/boxc.html)
- [6] CISCO Connection Online CCO <http://www.cisco.com>
- [7] ATM Circuit Emulation Jason Leif Ekedahl, Seang-il Kim & Jennifer Thompson April 14, 1997  
<http://www.seas.upenn.edu>
- [8] ATM : Solutions for Enterprize Internetworking ISBN : 0-2018-7701-5
- [9] Voice Over ATM : A bad Connection Kieran Taylor – Άρθρο από το Data Communications  
February 1996
- [10] MainStreetXpres ATM Network Signalling – Siemens Newbridge
- [11] Voice Over ATM: An evaluation of Network Architecture Alternatives David J. Wright IEEE  
September / October 1996
- [12] FORE Systems Web Site <http://www.fore.com>

**ΑΓΓΛΙΚΟΙ ΟΡΟΙ ΚΑΙ ΜΕΤΑΦΡΑΣΗ ΤΟΥΣ**

ATM Traffic	Ροή/κυκλοφορία ATM
CBR Traffic	Ροή σταθερού ρυθμού μετάδοσης
VBR Traffic	Ροή μεταβλητού ρυθμού μετάδοσης
ABR Traffic	Ροή διαθέσιμου ρυθμού μετάδοσης
UBR Traffic	Ροή ακαθόριστου ρυθμού μετάδοσης
Traffic Management	Διαχείριση πληροφορίας
Jitter	Χρονική ολίσθηση
Circuit Emulation	Προσομοίωση Κυκλώματος
Structured Circuit Emulation	Δομημένη Προσομοίωση Κυκλώματος
Unstructured Circuit Emulation	Αδόμητη Προσομοίωση Κυκλώματος
Common Channel Signalling	Σηματοδοσία Κοινού Καναλιού
Echo Cancelation	Ακύρωση Ηχούς
Silence Detection	Ανίχνευση σιωπής
Silence Supression	Καταστολή σιωπής
Idle channel removal	Αφαίρεση ανενεργών καναλιών
Segmentation & Reassembly	Τμηματοποίηση & Επανασυγκόλληση

**ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΝΤΜΗΣΕΩΝ**

AAL1	ATM Adaptation Layer 1 ITU-T I.363.1
AAL2	ATM Adaptation Layer 2 ITU-T I.363.2
AAL5	ATM Adaptation Layer 5 ITU-T I.363.5
ADPCM	Adaptive Differential Pulse Code Modification.
ATM	Asynchronous Transfer Mode.
CAS	Channel Associated Signaling
CBR	Constant-Bit-Rate
CES	Circuit Emulation Service
CPS	Common Part Sublayer
CS	Convergence Sublayer
CS ACELP	Conjugate Structure Algebraic Code Excited Linear Predictive
CPCS	Common Part Convergence Sublayer
Kbps	Kilobits per second
ITU-T	International Telecommunications Union Telecommunications
LI	Length Indicator
LD CELP	Low Delay Code Excited Linear Prediction
MP-MLQ	Multi Pulse maximum Likelihood Quantization
ms	Milliseconds
PBX	Private Branch eXchange
PCM	Pulse Code Modulation
PVC	Permanent Virtual Circuit
SPVC	Soft Permanent Virtual Circuit
SVC	Switched Virtual Circuit
SSCS	Service Specific Convergence Sub-Layer
SRTS	Synchronous Residual Time Stamp clocking
TDM	Time Division Multiplexing
VBR	Variable-Bit-Rate
VCC	Virtual Channel Connection
VTOA	Voice Telephony Over ATM