

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

**Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Τεχνολογίας Υπολογιστών
Τομέας Τηλεπικοινωνιών & Τεχνολογίας της Πληροφορίας
Εργαστήριο Ενσύρματης Τηλεπικοινωνίας**

ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΑ ΚΕΝΤΡΑ

(Κεφάλαιο 5)

ΛΥΜΠΕΡΟΠΟΥΛΟΣ ΔΗΜΗΤΡΗΣ
Καθηγητής

Πάτρα 2012

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΨΗΦΙΑΚΑ ΤΗΛΕΦΩΝΙΚΑ ΚΕΝΤΡΑ	1
5.1 ΓΕΝΙΚΑ	1
5.2 ΑΝΑΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΔΡΟΜΗΤΙΚΕΣ ΓΡΑΜΜΕΣ (POTS)	4
5.2.1 Δομοστοιχεία τερματισμού αναλογικής συνδρομητικής γραμμής	4
5.2.2 Μονάδα απόληξης ομάδας αναλογικών συνδρομητικών γραμμών	7
5.3 ΑΝΑΛΟΓΙΚΕΣ ΖΕΥΚΤΙΚΕΣ ΓΡΑΜΜΕΣ	7
5.3.1 Σηματοδοσία μέσω αγωγών E&M	9
5.3.2 Ζεύξεις με ενδοκαναλική σηματοδοσία	9
5.4 ΑΡΤΗΡΙΕΣ PCM	10
5.4.1 Διεπαφή αρτηρίας PCM με αναλογικές ζεύξεις	10
5.4.2 Μονάδα τερματισμού αρτηρίας PCM στο TK	13
5.5 ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΓΡΑΜΜΕΣ BRA-ISDN	16
5.5.1 Απόληξη γραμμής BRA-ISDN στο χώρο του συνδρομητή (LT)	17
5.5.2 Μορφότυπο πλαισίου στις διεπαφές S και T του BRA-ISDN	19
5.5.3 Απόληξη γραμμών BRA-ISDN στο χώρο του TK (ET)	21
5.5.4 Τρόποι συνδέσεων σε δίκτυα BRA-ISDN	23
5.6 ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΓΡΑΜΜΕΣ PRA-ISDN	23
5.7 ΑΡΤΗΡΙΕΣ ΣΗΜΑΤΟΔΟΣΙΑΣ ΚΟΙΝΟΥ ΚΑΝΑΛΙΟΥ (CCS)	24
5.8 ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΣΥΝΔΡΟΜΗΤΙΚΕΣ ΓΡΑΜΜΕΣ (DSL)	26
5.9 ΑΣΥΜΕΤΡΕΣ ΣΥΝΔΡΟΜΗΤΙΚΕΣ ΓΡΑΜΜΕΣ (ADSL)	27
5.9.1 Διαμόρφωση πλάτους και φάσης χωρίς φέρουσα (CAP)	28
5.9.2 Διαμόρφωση διακριτών πολλαπλών τόνων (DMT)	29
5.9.3 Απόληξη γραμμής ADSL στο χώρο του συνδρομητή (LT)	31
5.9.4 Απόληξη γραμμής ADSL στο χώρο του δικτύου (ET)	32
5.9.4.1 Αρχιτεκτονική δομή του DSLAM	32
5.9.4.2 Λειτουργία του DSLAM	34
5.10 ΟΠΤΙΚΑ ΖΕΥΚΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ - ΜΕΤΑΔΟΣΗ SDH	35
5.10.1 Δομή πλαισίου STM-1 στα 155.520 Kbps	35

5.10.2 Τρόποι διασύνδεσης ΤΚ στον οπτικό δακτύλιο

36

ΨΗΦΙΑΚΑ ΤΗΛΕΦΩΝΙΚΑ ΚΕΝΤΡΑ

5.1 ΓΕΝΙΚΑ

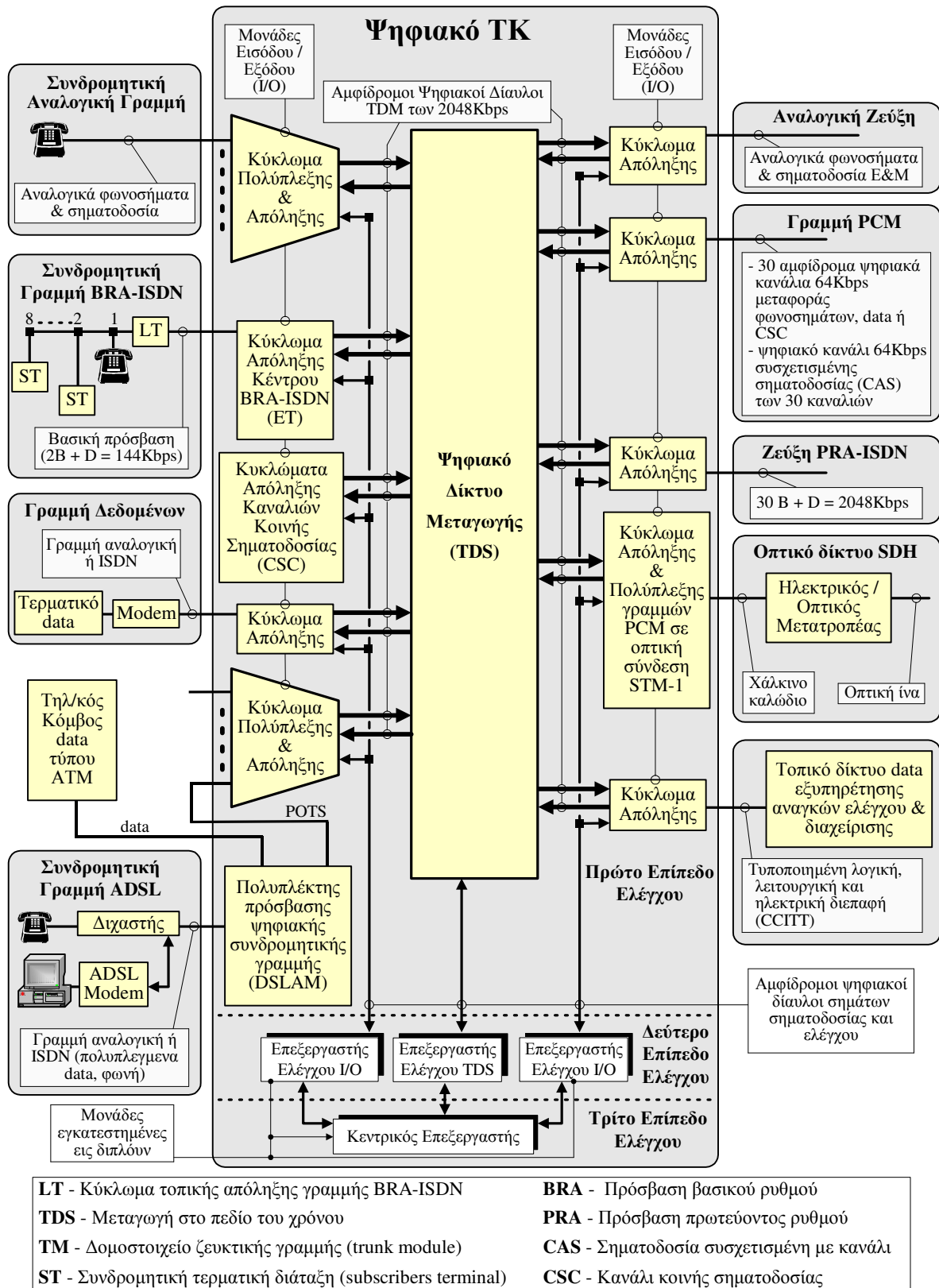
Στο Σχήμα 5.1 δίνεται το σχηματικό διάγραμμα ενός σύγχρονου ψηφιακού ΤΚ. Όπως φαίνεται από το σχήμα, τα ψηφιακά ΤΚ ακολουθούν την ίδια βασική αρχιτεκτονική με αυτή των ψηφιακών SPC-TK που αναλύθηκαν στο Κεφάλαιο 4. Όμως, η κύρια διαφορά έγκειται στο ότι ο Κοινός Έλεγχος αποτελεί μια ισχυρή πολυεπίπεδη μονάδα επεξεργασίας πληροφορίας. Επίσης, η Διάταξη Μεταγωγής είναι πλήρως ψηφιακή ενώ οι Μονάδες Εισόδου / Εξόδου παρέχουν δυνατότητες συνδρομητικής και ζευκτικής σύνδεσης μέσω διαφόρων τύπων και ταχυτήτων δικτύων.

Η μεγάλη όμως καινοτομία που εισήγαγαν τα ψηφιακά ΤΚ είναι οι υπηρεσίες οι οποίες προσφέρουν στους τηλεπικοινωνιακούς οργανισμούς και στους συνδρομητές πλήθος από:

- τηλεπικοινωνιακές διευκολύνσεις, όπως αναλυτική χρέωση, ενημέρωση, δυναμικό έλεγχο και δρομολόγηση κλήσεων, κοινή επίβλεψη των ΤΚ και δικτύων, κοινή διαχείριση βλαβών, κλπ.
- υπηρεσιών ευφυούς δικτύου, όπως ενιαίος αριθμός κλήσης, οργάνωση ομάδων χρηστών, κλπ.
- εφαρμογές προστιθέμενης αξίας, όπως τηλεδιάσκεψη, τηλεσυνεργασία, τηλεκπαίδευση, κλπ. Οι εφαρμογές αυτές απαιτούν πολυμεσική επικοινωνία, δηλαδή ταυτόχρονη μετάδοση φωνής, data, εικόνων, video, γραφημάτων, κλπ, και υψηλός συγχρονισμός των ενεργειών των χρηστών.

Η Διάταξη Μεταγωγής, που αναφέρεται ως ψηφιακό Δίκτυο Μεταγωγής, έχει τη δυνατότητα πολυβάθμιας χωρικής και χρονικής μεταγωγής ψηφιακών αρτηριών με πολυπλεγμένες χρονοθυρίδες. Η μεταγωγή στα ψηφιακά ΤΚ γίνεται με τη μέθοδο της μεταγωγής στο πεδίο του χρόνου (Time Division Switching –TDS) σε αντίθεση με τα ψηφιακά SPC-TK που γίνεται με SDS. Η αρχιτεκτονική του ψηφιακού Δικτύου Μεταγωγής θα αναλυθεί εκτενώς στο Κεφάλαιο 6.

Ο Κοινός Έλεγχος αποτελείται από τρία επίπεδα με το πρώτο επίπεδο ελέγχου να είναι ενσωματωμένο μέσα στις Μονάδες Εισόδου / Εξόδου. Το δεύτερο επίπεδο ελέγχου περιλαμβάνει πολλούς επεξεργαστές ελέγχου του ψηφιακού Δικτύου Μεταγωγής και της σηματοδοσίας ενώ το τρίτο επίπεδο αποτελείται από τον Κεντρικό Επεξεργαστή. Οι επεξεργαστές του δεύτερου και τρίτου επιπέδου είναι εις διπλούν ενώ ο αριθμός τους μπορεί να αυξάνεται (ταυτόχρονα με τις βαθμίδες του Δικτύου Μεταγωγής) επιτρέποντας την συνεχή επέκταση του ΤΚ. Θεωρητικά, η επέκταση αυτή δεν έχει περιορισμούς αλλά πρακτικά κάθε φορά περιορίζεται από τις δυνατότητες της τεχνολογίας.



Σχήμα 5.1. Γενική κατάσταση (layout) των γραμμών διασύνδεσης και των μονάδων ψηφιακού ΤΚ

Οι Μονάδες Εισόδου / Εξόδου περιλαμβάνουν διατάξεις τερματισμού διαφόρων τύπων συνδρομητικών και ζευκτικών δικτύων. Οι διατάξεις αυτές αναφέρονται ως *Τερματικά Κέντρα ή Κυκλώματα Απόληξης*.

Τα συνδρομητικά δίκτυα των ψηφιακών ΤΚ εξασφαλίζουν ένα πλήθος από δυνατότητες επικοινωνίας τόσο σε επίπεδο ταχύτητας επικοινωνίας όσο και σε ποιότητα εξυπηρέτησης (Quality of Service – QoS). Τα συνδρομητικά δίκτυα διακρίνονται στις παρακάτω κατηγορίες.

Η πρώτη και βασικότερη κατηγορία συνδρομητικών δικτύων είναι το κλασσικό αναλογικό δίκτυο που αποτελείται από δισύρματους βρόχους οι οποίοι μεταφέρουν αναλογικά σήματα φωνής και σηματοδοσίας. Οι βρόχοι αυτοί μετατρέπονται σε ψηφιακούς στις Μονάδες Εισόδου / Εξόδου του ΤΚ. Η υπηρεσία τηλεφωνοδότησης πάνω από τις γραμμές αυτές αναφέρεται (όπως και στα αναλογικά ΤΚ) ως *απλή παλαιά τηλεφωνική υπηρεσία (Plain Old Telephone Service – POTS)*.

Η δεύτερη κατηγορία συνδρομητικών δικτύων είναι τα ψηφιακά δίκτυα ολοκληρωμένων υπηρεσιών (Integrated Service Digital Networks) ISDN. Μια συνδρομητική γραμμή ISDN αναφέρεται ως *γραμμή ISDN πρόσβασης βασικού ρυθμού (Base Rate Access) BRA-ISDN* και έχει τη δυνατότητα μεταφοράς δύο καναλιών φωνής (64Kbps, που αναφέρονται ως B) και ενός καναλιού σηματοδοσίας (16kbps, που αναφέρεται ως D). Τα τρία κανάλια διεμπλέκονται στο πεδίο του χρόνου στον ίδιο δισύρματο βρόχο μορφοποιώντας δικατευθυντήρια σειρά ψηφίων (bit stream) ταχύτητας 144Kbps ανά κατεύθυνση. Όταν προστεθούν επιπλέον σήματα σηματοδοσίας το κανάλι D γίνεται και αυτό 64Kbps οπότε η γραμμή BRA-ISDN φτάνει στα 192Kbps.

Ειδική κατηγορία συνδρομητικών δικτύων είναι οι *αρτηρίες ISDN πρόσβασης πρωτεύοντος ρυθμού (Primary Rate Access) PRA-ISDN*. Η αρτηρία PRA-ISDN υλοποιείται μέσα από δύο τυποποιήσεις, την Ευρωπαϊκή (2,048Mbps γραμμή) που πολυπλέκει 30 κανάλια B και ένα κανάλι D και της Βορείου Αμερικής (1,544Mbps) που πολυπλέκει 23 κανάλια B και ένα κανάλι D.

Η τελευταία και πλέον πρόσφατη κατηγορία συνδρομητικών δικτύων είναι οι *ψηφιακές συνδρομητικές γραμμές (Digital Subscriber Lines – DSL)*. Ειδική κατηγορία DSL αποτελούν οι γραμμές ADSL (ασύμμετρο DSL) οι οποίες χρησιμοποιούνται για την ταυτόχρονη μετάδοση φωνής και δεδομένων. Το δίκτυο ADSL δημιουργείται από το αναλογικό συνδρομητικό δίκτυο κάνοντας χρήση ειδικών διατάξεων πολύπλεξης και συμπίεσης που αξιοποιούν το μέγιστο δυνατό εύρος συχνοτήτων των χάλκινων δισύρματων βρόχων (περίπου 1MHz).

Σημειώνεται ότι οι γραμμές BRA-ISDN, PRA-ISDN και DSL βασίζονται στις αναλογικές συνδρομητικές γραμμές σαν βασικό μέσο μετάδοσης αναλογικών σημάτων. Τα σήματα αυτά ψηφιοποιούνται στα δύο άκρα της γραμμής (από διαφορετικά κυκλώματα ανά περίπτωση) έτσι ώστε συνολικά η γραμμή να συμπεριφέρεται ως ψηφιακή.

Τα ζευκτικά δίκτυα των ψηφιακών ΤΚ διακρίνονται σε τρεις κύριες κατηγορίες. Η πρώτη κατηγορία ζευκτικών δικτύων είναι οι κλασσικές αναλογικές ζεύξεις που μεταφέρουν σηματοδοσία είτε ενδοκαναλικά είτε μέσω αγωγών E&M.

Η δεύτερη κατηγορία ζευκτικών δικτύων είναι οι *αρτηρίες PCM* που μεταφέρουν πολυπλεγμένα ψηφιακά σήματα φωνής και σηματοδοσίας πάνω από τετρασύρματες γραμμές (δύο αγωγοί ανά κατεύθυνση μετάδοσης). Οι αρτηρίες PCM χρησιμοποιούν παλμοκωδική διαμόρφωση (Pulse Code Modulation - PCM) και πολύπλεξη στο πεδίο του χρόνου (Time Division Multiplexing – TDM). Οι αρτηρίες PCM υλοποιούνται μέσα από δύο τυποποιήσεις της CCITT.

Η πρώτη είναι η Ευρωπαϊκή που περιλαμβάνει, ανά κατεύθυνση μετάδοσης, 30+2 κανάλια των 64Kbps και λειτουργεί στα 2,048Mbps. Σε κάθε κατεύθυνση, ένα κανάλι χρησιμοποιείται για το συγχρονισμό (κανάλι 0), ένα κανάλι για τη μεταφορά της σηματοδοσίας (κανάλι 16) και τα υπόλοιπα 30 για τη μεταφορά φωνοσημάτων σε ρυθμό 8.000 bytes/sec. Όταν χρησιμοποιείται σηματοδοσία κοινού καναλιού τότε το κανάλι 16 δίνεται και αυτό για τη μεταφορά φωνοσημάτων, ανεβάζοντας στα 31 τα μεταφερόμενα κανάλια φωνής. Το Ευρωπαϊκό πρότυπο εφαρμόζεται επίσης στις χώρες της Νότιας Αμερικής, Αφρικής, Ασίας και Ειρηνικού.

Η δεύτερη τυποποίηση είναι της Βορείου Αμερικής που πολυπλέκει στην αρτηρία PCM 24 δικατευθυντήρια κανάλια, όπου κάθε κανάλι μπορεί να λειτουργεί είτε στα 64Kbps είτε στα 56Kbps, και λειτουργεί στα 1,544Mbps.

Η τρίτη κατηγορία ζευκτικών δικτύων είναι οι οπτικοί δακτύλιοι SDH. Οι οπτικές ίνες λόγω του μεγάλου εύρους ζώνης που έχουν (π.χ. 155 ή 625Mbps) χρησιμοποιούνται σαν φορείς (carriers) για την ταυτόχρονη μεταφορά (πολύπλεξη) όλων των ζεύξεων που διασυνδέουν ένα TK με όλα τα υπόλοιπα TK της περιοχής. Για το σκοπό αυτό δημιουργούνται δακτύλιοι με οπτικές ίνες οι οποίοι κυκλικά διασυνδέουν πολλά TK μέσα από ειδικούς πολυπλέκτες προσθαφαίρεσης (Add - Drop Multiplexers –ADM) αρτηριών PCM. Οι οπτικοί δακτύλιοι χρησιμοποιούν τη δομή πλαισίων της Σύγχρονης Ψηφιακής Ιεραρχίας (Synchronous Digital Hierarchy –SDH).

Τα συνδρομητικά και ζευκτικά δίκτυα τερματίζουν σε ειδικά Κυκλώματα Απόληξης που απαρτίζουν τις Μονάδες Εισόδου / Εξόδου του ψηφιακού TK. Κάθε Κύκλωμα Απόληξης διαθέτει τρεις βασικές διεπαφές:

- Η πρώτη διεπαφή έχει τα χαρακτηριστικά του συνδρομητικού ή ζευκτικού δικτύου που τερματίζει στο Κύκλωμα Απόληξης. Κατά την εισερχόμενη διεύθυνση, βασική λειτουργία της διεπαφής αυτής είναι η συλλογή και ο διαχωρισμός των σημάτων φωνής και σηματοδοσίας, ενώ κατά την εξερχόμενη διεύθυνση είναι η ηλεκτρική προσαρμογή και η πολύπλεξη των σημάτων αυτών σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά του δικτύου.
- Η δεύτερη διεπαφή δημιουργεί δύο ψηφιακές αρτηρίες φωνοσημάτων, μία ανά κατεύθυνση, που διασυνδέουν το Κύκλωμα Απόληξης με το ψηφιακό Δίκτυο Μεταγωγής. Οι αρτηρίες αυτές είναι εσωτερικές αρτηρίες του TK και μεταφέρουν φωνοσήματα που είναι πολυπλεγμένα με επιμερισμό χρόνου (TDM). Κάθε ψηφιακό TK χρησιμοποιεί ένα ιδιογενές μη τυποποιημένο μορφότυπο (proprietary non standard format) για τη δόμηση των αγωγών αυτών. Συνήθως χρησιμοποιείται ρυθμός μετάδοσης 2Mbps, η δε δομή τους είναι ενιαία και ανεξάρτητη από το είδος του Κυκλώματος Απόληξης.
- Η τρίτη διεπαφή δημιουργεί δύο ψηφιακές αρτηρίες ελέγχου, μία ανά κατεύθυνση, που μεταφέρουν σήματα σηματοδοσίας μεταξύ του Κυκλώματος Απόληξης και των δύο ανώτερων επιπέδων του Κοινού Ελέγχου. Για κάθε ψηφιακό TK, οι αρτηρίες αυτές ακολουθούν ιδιογενή τυποποίηση (μορφότυπο και ρυθμός μετάδοσης), η δε δομή τους είναι ενιαία και ανεξάρτητη από το είδος του Κυκλώματος Απόληξης.

5.2 ΑΝΑΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΔΡΟΜΗΤΙΚΕΣ ΓΡΑΜΜΕΣ (POTS)

Με βάση τα σύγχρονα δεδομένα, οι πλέον σημαντικές γραμμές, από πλευράς πλήθους, είναι οι συνδρομητικές γραμμές που χρησιμοποιούν αναλογικό βρόχο και είναι κατάλληλες για τη διασύνδεση κλασικών αναλογικών τηλεφωνικών τερματικών (POTS), όπως για παράδειγμα τηλεφωνικές συσκευές, συσκευές τηλεομοιοτυπίας, κλπ. Η διάστρωση (layout) του Κυκλώματος Απόληξης εξυπηρετεί μία ομάδα συνδρομητικών γραμμών έτσι ώστε να συγκεντρώνει τον απαραίτητο αριθμό σημάτων φωνής και σηματοδοσίας για τη δημιουργία μίας εσωτερικής αρτηρίας φωνοσημάτων.

5.2.1 Δομοστοιχεία τερματισμού αναλογικής συνδρομητικής γραμμής

Η διεπαφή ενός αναλογικού συνδρομητικού βρόχου με το TK γίνεται έτσι ώστε να υποστηρίζονται οι βασικές λειτουργίες BORSHT, οι οποίες είναι:

1. *ηλεκτρική τροφοδοσία – μπαταρία (Battery feed)* της τηλεφωνικής συσκευής που συνδέεται στο άλλο άκρο του βρόχου, παρέχοντας το dc-ρεύμα βρόχου το οποίο διαμορφώνεται από τα αναλογικά σήματα φωνής.

2. προστασία από υπερτάσεις (*Overvoltage protection*) των εσωτερικών κυκλωμάτων του ΤΚ που προκαλούνται από μετεωρολογικά, περιβαλλοντολογικά ή βιομηχανικά φαινόμενα.
3. διακοπή και επανάθεση ρεύματος κωδωνισμού (*Ringing current*) στην απομακρυσμένη τηλεφωνική συσκευή.
4. επίβλεψη (*Supervision*) του βρόχου μέσα από τη ροή πληροφορίας σηματοδοσίας μεταξύ του Κοινού Ελέγχου του ΤΚ και της απομακρυσμένης τηλεφωνικής συσκευής.
5. οι μετατροπή (*Conversion*) τύπου D/A και A/D των σημάτων ομιλίας (φωνοσημάτων).
6. δημιουργία ενός υβριδίου (*Hybrid*) τηλεφωνικής διάταξης που είναι αναγκαίο για τη μετατροπή των δισύρματων σημάτων σε τετρασύρματα σήματα ώστε να είναι δυνατή η μεταγωγή τους από ψηφιακούς μεταγωγείς. Το υβρίδιο αυτό είναι στην ουσία ένας μετασχηματιστής που εργάζεται ως διανεμητής ισχύος σε τέσσερα ζεύγη γραμμών (ένα ζεύγος αντιστοιχεί στο δισύρματο δικατευθυντήριο αναλογικό βρόχο, από ένα ζεύγος ανά μονοκατευθυντήρια αναλογική μετάδοση και λήψη αντίστοιχα και ένα ζεύγος για ένα κύκλωμα ισοστάθμισης).
7. εκτεταμένο έλεγχο (*Test*) του βρόχου έτσι ώστε να ανιχνεύονται προβλήματα, όπως για παράδειγμα διαρροή ρεύματος, εξωτερικά δυναμικά, κλπ.

Οι λειτουργίες 1,2,3,4 και 7 παρουσιάζονται και στα αναλογικά ΤΚ ενώ οι λειτουργίες 5 και 6 είναι επιπρόσθετες και αφορούν μόνο στα ψηφιακά ΤΚ.

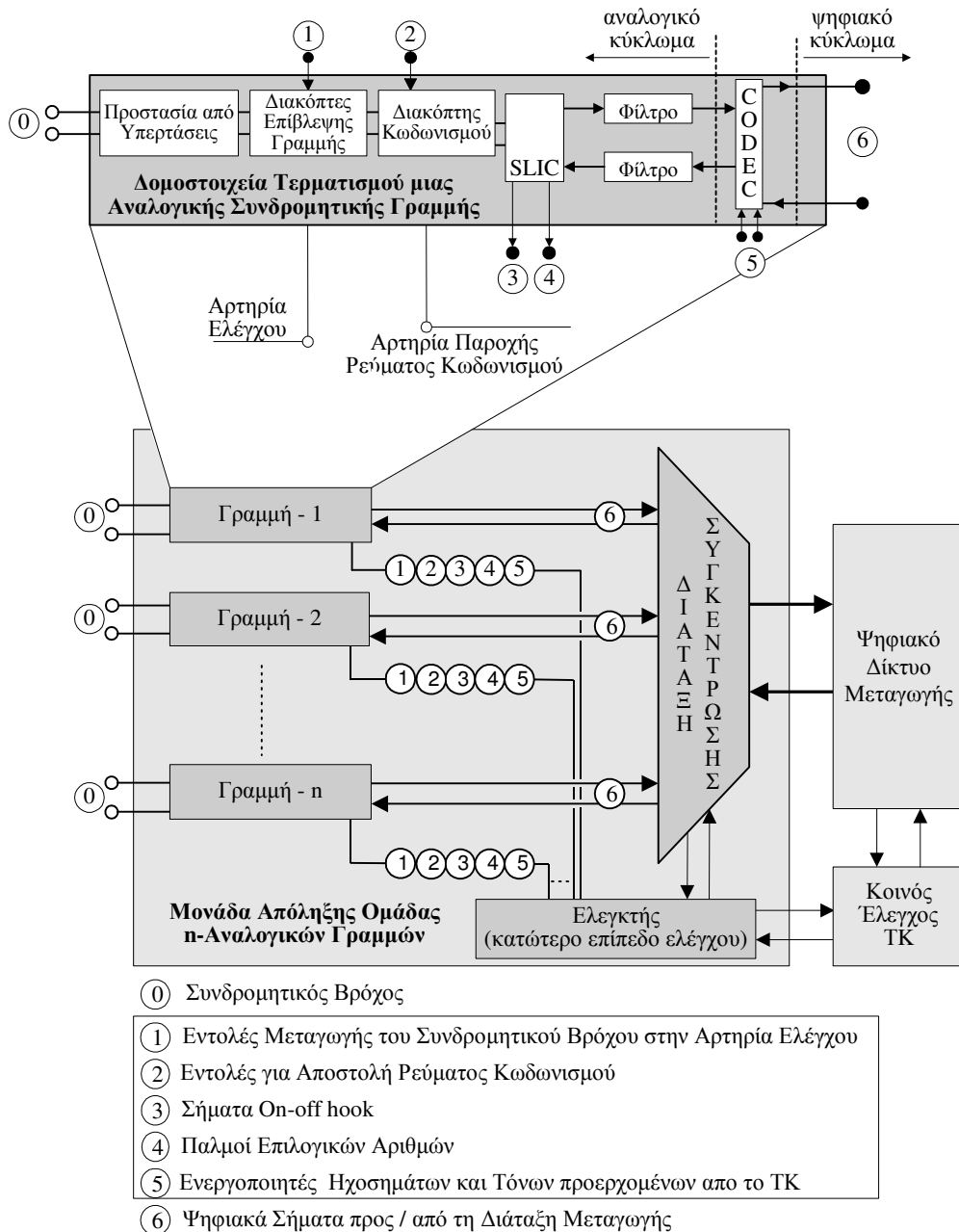
Στο επάνω μέρος του Σχήματος 5.2 δείχνονται τα δομοστοιχεία (modules) που απαρτίζουν το ατομικό Κύκλωμα Απόληξης μιας αναλογικής συνδρομητικής γραμμής. Η δομή αυτή ακολουθείται από όλους του κατασκευαστές με μικρές αποκλίσεις.

Εκκινώντας από το συνδρομητικό βρόχο, το πρώτο δομοστοιχείο που συναντάται είναι η μονάδα προστασίας από υπερτάσεις. Μέσω του δεύτερου δομοστοιχείου, ο Ελεγκτής (πρώτο – κατώτερο επίπεδο του Κοινού Ελέγχου) έχει τη δυνατότητα να αποκαθιστά στους αγωγούς tip και ring του βρόχου διάφορα δυαδικά σήματα ελέγχου και επίβλεψης χρησιμοποιώντας ένα σύνολο από διακόπτες. Υπενθυμίζεται ότι οι όροι “tip” και “ring” αναφέρονται στους δύο χάλκινους αγωγούς του βρόχου. Σε κανονική λειτουργία στον αγωγό “tip” εφαρμόζεται αρνητικό δυναμικό (-48volts) και στον αγωγό “ring” εφαρμόζεται γείωση. Το τρίτο στη σειρά δομοστοιχείο περιλαμβάνει ειδικούς διακόπτες οι οποίοι μετάγουν αμφοτέρους τους αγωγούς tip και ring του ισοσταθμισμένου βρόχου σε μια γεννήτρια κλητήριου σήματος. Το ρεύμα κωδωνισμού εφαρμόζεται στην τηλεφωνική συσκευή δια μέσου των αγωγών αυτών.

Το επόμενο δομοστοιχείο είναι ο πυρήνας του ατομικού Κυκλώματος Απόληξης και αναφέρεται ως *Κύκλωμα Διεπαφής Συνδρομητικής Γραμμής (Subscriber Line Interface Circuit – SLIC)*. Το SLIC περιέχει τα κυκλώματα ηλεκτρικής τροφοδότησης και σηματοδοσίας της γραμμής καθώς και τα κυκλώματα μετατροπής της δισύρματης γραμμής σε τετρασύρματη ώστε να διαχωρίζονται οι δύο κατευθύνσεις. Μετά το SLIC ένα φίλτρο λήψης και ένα φίλτρο μετάδοσης χρησιμοποιούνται για τον περιορισμό του εύρους ζώνης των σημάτων φωνής που αποστέλλονται και λαμβάνονται από τον CODEC που είναι το τελευταίο δομοστοιχείο τερματισμού της γραμμής. Ο CODEC μέσω ενός ζεύγους μετατροπέων A/D και D/A δημιουργεί μια ψηφιακή διεπαφή επικοινωνίας με το Δίκτυο Μεταγωγής και τις γεννήτριες ηχοσημάτων. Ο CODEC περιλαμβάνει επίσης και κυκλώματα χρονισμού ώστε να δύναται ταυτόχρονα να ενθυλακώνει και να συλλέγει σήματα φωνής από οποιοδήποτε χρονοθυρίδα του ζεύγους αρτηριών που οδηγούν στο Δίκτυο Μεταγωγής μέσω μιας ενδιάμεσης διάταξης συγκέντρωσης.

Σήματα σηματοδοσίας που δημιουργούνται από την τηλεφωνική συσκευή και αφορούν στην ενεργοποίηση / απενεργοποίηση της συνδρομητικής γραμμής, αναγνωρίζονται από το SLIC το οποίο αναλαμβάνει να τα μετατρέψει σε δυαδικά σήματα και να τα αποστείλει στον Ελεγκτή. Στην αντίθετη κατεύθυνση, τα δυαδικά σήματα που δημιουργούνται από τον Ελεγκτή και αναπαριστούν ηχοσήματα,

όπως σήμα κατειλημμένο, σήμα ελευθέρου, κλπ, προωθούνται στο συνδρομητικό βρόχο δια μέσου του CODEC.



Σχήμα 5.2. Μονάδα Απόληξης n-Αναλογικών Συνδρομητικών Γραμμών

Ο Ελεγκτής έχει την ευθύνη της σωστής κωδικοποίησης των δυαδικών σημάτων που αποστέλλονται από το SLIC. Αυτό σημαίνει ότι ο Ελεγκτής πρέπει να ωθεί τα δυαδικά σήματα στη διεπαφή με ένα τρόπο συμβατό με το πρωτόκολλο που καθορίζει τη ροή της πληροφορίας για την συγκεκριμένη διεπαφή. Για παράδειγμα, στην περίπτωση όπου ο καλών συνδρομητής διαθέτει πολυτονική τηλεφωνική συσκευή, τότε κατά την διάρκεια της διαδικασίας κλίσης (επιλογής) ο συνδρομητικός βρόχος συνδέεται σε έναν καταχωρητή ενδοζωνικής (in-band) σηματοδότησης. Το περιεχόμενο του καταχωρητή αυτού χρησιμοποιείται από τον Ελεγκτή, που έχει τη δυνατότητα να

αναγνωρίζει (αμέσως με το πάτημα του πλήκτρου) το ζεύγος συχνοτήτων και να συλλέγει ψηφίο – ψηφίο τον επιλεγόμενο αριθμό.

Ο τεμαχισμός του ατομικού Κυκλώματος Απόληξης σε πολλά δομοστοιχεία επιτρέπει την επιλεκτική σύνδεση των γραμμών του συνδρομητικού βρόχου και του σημείου πρόσβασης / τερματισμού του ΤΚ με βοηθητικές συσκευές. Οι συσκευές αυτές καθοδηγούνται από τα ανώτερα δύο επίπεδα του Κοινού Ελέγχου του ΤΚ και χρησιμοποιούνται για την εκτέλεση των αναγκαίων λειτουργιών ελέγχου και συντήρησης. Με τον τρόπο αυτό, ο Κοινός Έλεγχος του ΤΚ έχει τη δυνατότητα να εκτελεί πλήθος ελέγχων καλής λειτουργίας και συντήρησης ολόκληρου του Κυκλώματος Απόληξης της αναλογικής συνδρομητικής γραμμής.

5.2.2 Μονάδα απόληξης ομάδας αναλογικών συνδρομητικών γραμμών

Τα ατομικά Κυκλώματα Απόληξης μιας ομάδας n-αναλογικών συνδρομητικών γραμμών που ανήκουν στο ίδιο ΤΚ ομαδοποιούνται και αποτελούν μια ανεξάρτητη Μονάδα Απόληξης αναλογικών συνδρομητικών γραμμών, όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.2 (κάτω μέρος). Η ομαδοποίηση αυτή έχει σαν βασικό στόχο τη συγκέντρωση του αναγκαίου αριθμού καναλιών ομιλίας για τη συνεχή κατάληψη των καναλιών φωνής μίας εσωτερικής δικατευθυντήριας αρτηρίας φωνοσημάτων που οδηγεί από τη Μονάδα Απόληξης στο ψηφιακό Δίκτυο Μεταγωγής του ΤΚ.

Είναι δεδομένο ότι κατά την ώρα μέγιστης αιχμής της τηλεφωνικής κίνησης, ένα μόνο ποσοστό των συνδρομητών είναι ταυτόχρονα ενεργοί. Συγκεκριμένα, ένα ποσοστό περίπου 10% ευρίσκεται σε φάση επιλογής και ένα άλλο ποσοστό, επίσης περίπου 10%, είναι οι καλούμενοι συνδρομητές. Κατά συνέπεια, για να είναι δυνατή η συνεχής χρήση και η πλήρης εκμετάλλευση όλων των καναλιών ομιλίας της εσωτερικής αρτηρίας θα πρέπει στη Μονάδα Απόληξης να τερματίζει ένας πολύ μεγάλος αριθμός συνδρομητών. Με βάση τα συνήθη στατιστικά κίνησης ο αριθμός αυτός είναι πενταπλάσιος από τον αριθμό των καναλιών της εσωτερικής αρτηρίας.

Οι έξοδοι των CODEC της ομάδας των αναλογικών γραμμών που εξυπηρετείται από τη συγκεκριμένη Μονάδα Απόληξης, συνδέονται σε μια Διάταξη Συγκέντρωσης. Η διάταξη αυτή είναι τμήμα της Μονάδας Απόληξης και χρησιμοποιείται για τη μεταγωγή των ενεργών συνδρομητικών βρόχων στα ελεύθερα κανάλια της εσωτερικής αρτηρίας. Η λογική πρόσβαση και η κατάληψη ενός καναλιού της εσωτερικής αρτηρίας από έναν ενεργό συνδρομητικό βρόχο γίνεται με τη διαμεσολάβηση του Ελεγκτή. Η ύπαρξη τοπικής Διάταξης Συγκέντρωσης απαιτεί από τον Ελεγκτή τη δημιουργία και διαχείριση επιπρόσθετων σημάτων σηματοδοσίας έτσι ώστε για παράδειγμα οι ενεργοί συνδρομητές που δεν τυχάνει να βρουν ελεύθερο κανάλι να λαμβάνουν σήμα κατειλημμένου.

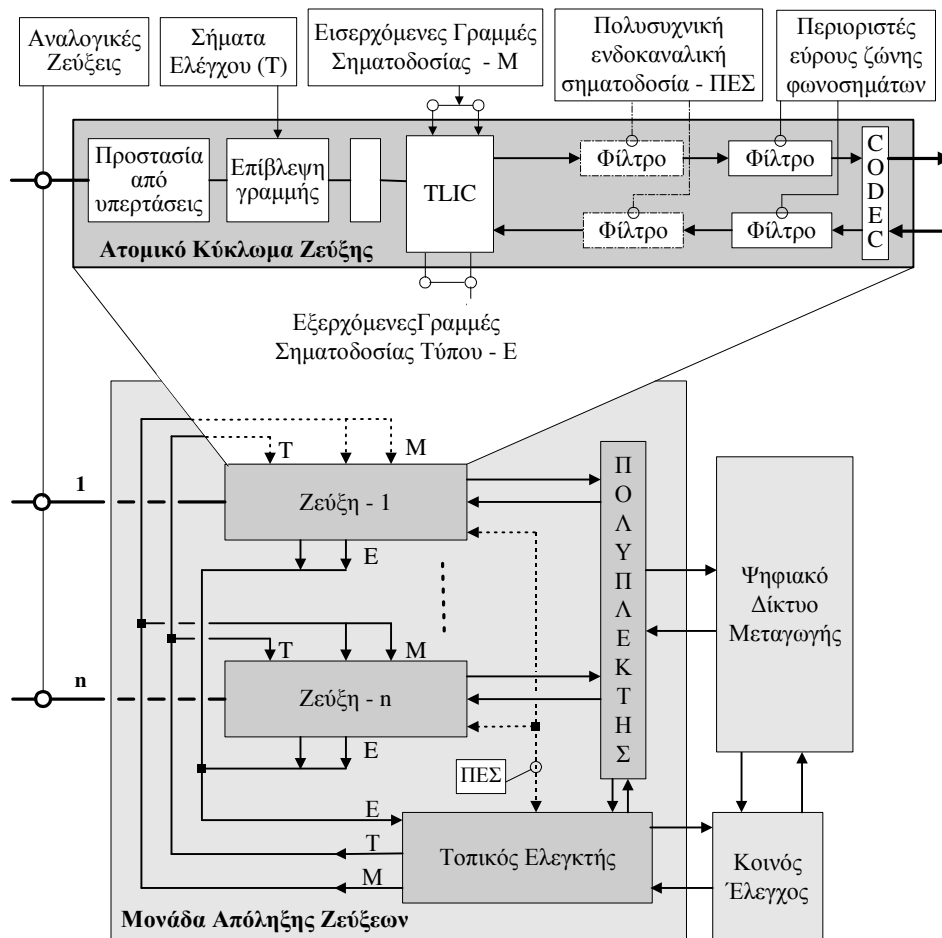
Ο Ελεγκτής λειτουργεί ως περιφερειακό του Κοινού Ελέγχου και διεφάπτεται με τα ανώτερα δύο επίπεδα του Κοινού Ελέγχου του ΤΚ μέσω ανταλλαγής μηνυμάτων. Ο Ελεγκτής διαθέτει εσωτερικές δυνατότητες επεξεργασίας που σχετίζονται με την πολυπλοκότητα των μηνυμάτων αυτών και διαφέρουν από σύστημα σε σύστημα. Σε ένα κατώτερο επίπεδο λειτουργίας, ο Ελεγκτής σαρώνει τα εισερχόμενα δυαδικά σήματα από κάθε ατομικό Κύκλωμα Απόληξης και ανιχνεύει κάθε αλλαγή στάθμης βρόχου. Κάθε τέτοια αλλαγή μεταβιβάζεται στα ανώτερα επίπεδα του Κοινού Ελέγχου μαζί με τη διεύθυνση της συνδρομητικής γραμμής και ακόμα μαζί με τη χρονική διάρκεια από την προηγούμενη αλλαγή. Στην αντίθετη κατεύθυνση, ο Ελεγκτής δέχεται από τον Κοινό Έλεγχο και εκτελεί αιτήσεις για τη μεταγωγή οποιασδήποτε γραμμής σηματοδοσίας σε οποιαδήποτε συνδρομητική γραμμή της Μονάδας Απόληξης.

5.3 ΑΝΑΛΟΓΙΚΕΣ ΖΕΥΚΤΙΚΕΣ ΓΡΑΜΜΕΣ

Οι αναλογικές ζεύξεις χρησιμοποιούνται όταν το ψηφιακό ΤΚ συνδέεται με ένα αναλογικό ΤΚ. Στο παρόν κεφάλαιο εξετάζεται η περίπτωση οι γραμμές να παραμένουν αναλογικές μέχρι την είσοδο του ψηφιακού ΤΚ όπου γίνεται η ψηφιοποίηση των σημάτων που μεταφέρουν. Κάθε μία αναλογική ζεύξη

είναι ένα σύνολο από φυσικά καλώδια που μεταφέρουν φωνοσήματα και σήματα σηματοδοσίας που αντιστοιχούν σε μία σύνδεση (δες Κεφάλαιο 2.6.1.6). Ειδική περίπτωση αποτελούν οι ζεύξεις που εξυπηρετούνται με σηματοδοσία κοινού καναλιού και μεταφέρουν μόνο φωνοσήματα.

Όπως το ατομικό Κύκλωμα Απόληξης μιας αναλογικής συνδρομητικής γραμμής, έτσι και το ατομικό Κύκλωμα Απόληξης μιας αναλογικής ζεύξης στο ψηφιακό ΤΚ περιλαμβάνει ένα σύνολο από δομοστοιχεία. Τα πρώτα σχετίζονται με την προστασία από υπερτάσεις και τον έλεγχο της γραμμής. Το κεντρικό δομοστοιχείο, το οποίο αναφέρεται ως *διεπαφή ζευκτικής γραμμής (Trunk Line Interface Circuit – TLIC)*, απομονώνει τα φωνοσήματα από τη σηματοδοσία, οδηγώντας τα πρώτα στο Δίκτυο Μεταγωγής και τη δεύτερη στον Τοπικό Ελεγκτή (Σχήμα 5.3). Σημειώνεται ότι και στο παρόν Κύκλωμα Απόληξης, ο Τοπικός Ελεγκτής υλοποιεί ένα μέρος των λειτουργιών του πρώτου επιπέδου του Κοινού Ελέγχου.



Σχήμα 5.3. Κύκλωμα Απόληξης Αναλογικών Ζευκτικών Γραμμών σε Ψηφιακό ΤΚ

Μετά το TLIC και πριν από το κύκλωμα ψηφιοποίησης των φωνοσημάτων (CODEC) υπάρχει ένα φίλτρο λήψης και ένα φίλτρο μετάδοσης για τον περιορισμό του εύρους ζώνης των σημάτων φωνής. Ο CODEC μέσω ενός ζεύγους μετατροπέων A/D και D/A δημιουργεί μια ψηφιακή διεπαφή επικοινωνίας με το Δίκτυο Μεταγωγής μέσα από μία συγκεκριμένη χρονοθυρίδα.

Πολλά ατομικά ζευκτικά Κυκλώματα Απόληξης οργανώνονται από κοινού υπό τη μορφή μιας ολοκληρωμένης μονάδας, που συνήθως αναφέρεται ως Μονάδα Απόληξης Ζεύξης. Η μονάδα αυτή έχει ουσιαστικά τα ίδια χαρακτηριστικά με τις αντίστοιχες Μονάδες Απόληξης ομάδας αναλογικών συνδρομητικών γραμμών. Η μόνη διαφορά είναι ότι δεν χρησιμοποιείται μονάδα συγκέντρωσης αλλά

απλά μια μονάδα σταθερής πολύπλεξης της κάθε ζεύξης σε μια συγκεκριμένη χρονοθυρίδα της εσωτερικής αρτηρίας που οδηγεί στο ψηφιακό Δίκτυο Μεταγωγής.

Από την πλευρά της σηματοδοσίας, διακρίνονται δύο τύποι ζεύξεων, αυτές που χρησιμοποιούν επιπρόσθετους αγωγούς (E&M) για τη μεταφορά της σηματοδοσίας και αυτές που χρησιμοποιούν πολυσυχνική ενδοκαναλική σηματοδοσία (ΠΕΣ).

5.3.1 Σηματοδοσία μέσω αγωγών E&M

Όπως έχει αναφερθεί στο Κεφάλαιο 2, κάθε ζεύξη μεταφέρει μαζί με τα φωνοσήματα και τα σήματα σηματοδοσίας. Στις κλασσικές αναλογικές ζεύξεις, τα σήματα σηματοδοσίας των τηλεφωνικών κλήσεων δημιουργούνται και μεταφέρονται πάνω από δύο ξεχωριστούς αγωγούς, τους E και M. Οι αγωγοί σηματοδοσίας E&M μεταφέρουν συνεχείς τετραγωνικές κυματομορφές ακολουθώντας μια τηλεφωνική κωδικοποίηση με δυαδικές μεταβλητές.

Στην περίπτωση όπου τα σήματα φωνής και σηματοδοσίας δεν πολυπλέκονται πάνω στην ίδια δυσύρματη γραμμή, οι αγωγοί E&M τερματίζουν (παράλληλα με τους αγωγούς φωνής) στο Κύκλωμα Απόληξης. Εκεί μέσα από μία διαδικασία σάρωσης, ο Τοπικός Ελεγκτής σαρώνει διαδοχικά όλους τους αγωγούς-E και συλλέγει την εισερχόμενη σηματοδοσία. Ταυτόχρονα ο Τοπικός Ελεγκτής μέσα από μία παράλληλη λειτουργία μεταβάλλει διαδοχικά τη στάθμη των αγωγών-M και δημιουργεί την εξερχόμενη σηματοδοσία όλων των ζεύξεων.

Η επικοινωνία του Τοπικού Ελεγκτή με τις ζεύξεις γίνεται κατά έναν πρότυπο (τυποποιημένο) τρόπο. Ειδικότερα μέσα στο κύκλωμα Απόληξης χρησιμοποιούνται κοινές γραμμές E&M οι οποίες συνδέονται σταθερά στον Τοπικό Ελεγκτή και διαδοχικά (μέσω διακοπών) με τους αντίστοιχους αγωγούς E&M των ζεύξεων. Οι διακόπτες αυτοί αποτελούν τμήμα του TLIC. Ο πραγματικός αριθμός των αγωγών E&M εξαρτάται από τη γλώσσα σηματοδοσίας της ζεύξης.

5.3.2 Ζεύξεις με ενδοκαναλική σηματοδοσία

Στην περίπτωση αυτή δεν χρησιμοποιούνται οι αγωγοί E&M και η μετάδοση φωνοσημάτων και σημάτων σηματοδοσίας γίνεται από μία κοινή δυσύρματη γραμμή. Η κάθε ζεύξη χρησιμοποιεί μία συγκεκριμένη περιοχή συχνοτήτων για τη μετάδοση των φωνοσημάτων και μία πολυσυχνική περιοχή για την μεταφορά των σημάτων σηματοδοσίας. Σε αυτή την περίπτωση οι αλλαγές στάθμης των αγωγών E και M μεταφέρονται έτσι ώστε σε κάθε στάθμη να αντιστοιχεί σε μία συχνότητα. Η σηματοδοσία αυτού του τύπου αναφέρεται ως ενδοκαναλική πολυσυχνική σηματοδοσία (ΠΕΣ). Η ΠΕΣ χρησιμοποιείται αποκλειστικά στις διαβιβαστικές ζεύξεις, δηλαδή σε αυτές που διέρχονται από ένα TK και τερματίζουν σε κάποιο άλλο επόμενο TK.

Πίνακας 5.1: Πολυσυχνική Σηματοδοσία

900	1				
1100	2	3			
1300	4	5	6		
1500	7	8	9	0	
1700	ST3	ST2	KP	ST1	ST0
	700	900	1100	1300	1500

Μορφότυπο (format) Μηνύματος Σηματοδοσίας: ‘‘KP N N X X X X X ST#’’

Η ΠΕΣ δίνει τη δυνατότητα να μεταφέρονται επιπρόσθετα σήματα πέραν αυτών που αντιστοιχούν στις στάθμες των αγωγών E & M. Ο Πίνακα 5.1 δείχνει τους τόνους και το μορφότυπο

μηνυμάτων σηματοδοσίας (signaling format). Κάθε χαρακτήρας μεταφέρεται ως ένα σύνολο από δύο τόνους από τους συνολικά έξι τόνους που διατίθενται: 700, 900, 1100, 1300, 1500 και 1700Hz. Συνολικά προκύπτουν 15 συνδυασμοί: 10 για τα ψηφία επιλογής, ένας χαρακτήρας εκκίνησης (KP) και τέσσερις χαρακτήρες τερματισμού (ST0 – ST4). Το μορφότυπο του μηνύματος σηματοδοσίας είναι ένα πλαίσιο που δομείται από ένα χαρακτήρα εκκίνησης (KP), τον καλούμενο αριθμό (NNX-XXXX) περιλαμβανομένου του κωδικού περιοχής, τον αριθμό κλήσης του καλούντα (προαιρετικά), μερικές κατηγορίες υπηρεσιών (προαιρετικά) και τέλος έναν έως τέσσερις χαρακτήρες τερματισμού.

Το ατομικό Κύκλωμα Ζεύξης των πολυσυχνικών ζεύξεων περιλαμβάνει, μετά το TLIC, δύο επιπρόσθετες ομάδες φίλτρων (ΠΕΣ) στις συχνότητες 700, 900, 1100, 1300, 1500 και 1700Hz. Μέσω των φίλτρων αυτών ο Τοπικός Ελεγκτής στέλνει ή λαμβάνει τόνους σηματοδοσίας. Για το σκοπό αυτό, ο Τοπικός Ελεγκτής διαθέτει ειδικούς καταχωρητές, που μεταφράζουν τα ενδοκαναλικά μορφότυπα σηματοδοσίας και διαβιβάζουν μηνύματα με τα μεταφρασμένα δεδομένα προς/από τον Κοινό Έλεγχο. Η διαδικασία αυτή αναφέρεται ως *δια-καταχωρητική σηματοδοσία (interregister signaling)*.

5.4 ΑΡΤΗΡΙΕΣ PCM

Οι αρτηρίες PCM αποτελούν την κύρια τεχνολογία υλοποίησης ψηφιακών ζεύξεων μεταξύ δύο TK, ανεξάρτητα εάν αυτά είναι αναλογικά ή ψηφιακά. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να υπάρχουν δύο διαφορετικά Κυκλώματα Απόληξης, ένα για τα αναλογικά και ένα για τα ψηφιακά TK. Στην περίπτωση όπου ένα ψηφιακό TK συνδέεται με ένα αναλογικό TK μπορεί να χρησιμοποιηθούν δύο εναλλακτικές διαρθρώσεις (configurations) ζευκτικών δικτύων.

Σε μία πρώτη διάρθρωση οι αναλογικές ζευκτικές γραμμές που εκκινούν από το αναλογικό TK παραμένουν αναλογικές και μετατρέπονται σε ψηφιακές μέσα στο Κύκλωμα Απόληξης τους στο Ψηφιακό TK. Η περίπτωση αυτή αναλύθηκε εκτενώς στο Κεφάλαιο 5.3. Σε μία δεύτερη διάρθρωση πολλές αναλογικές ζευκτικές γραμμές πολυπλέκονται και μετατρέπονται σε αρτηρίες PCM δίπλα στον Κεντρικό Κατανεμητή του αναλογικού TK. Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιείται μία ειδική Διεπαφή PCM / Αναλογικών Ζεύξεων η οποία αναλύεται στη συνέχεια. Στην πλευρά του ψηφιακού TK χρησιμοποιείται μίας άλλης μορφής Κύκλωμα Απόληξης το οποίο αναλύεται αμέσως μετά.

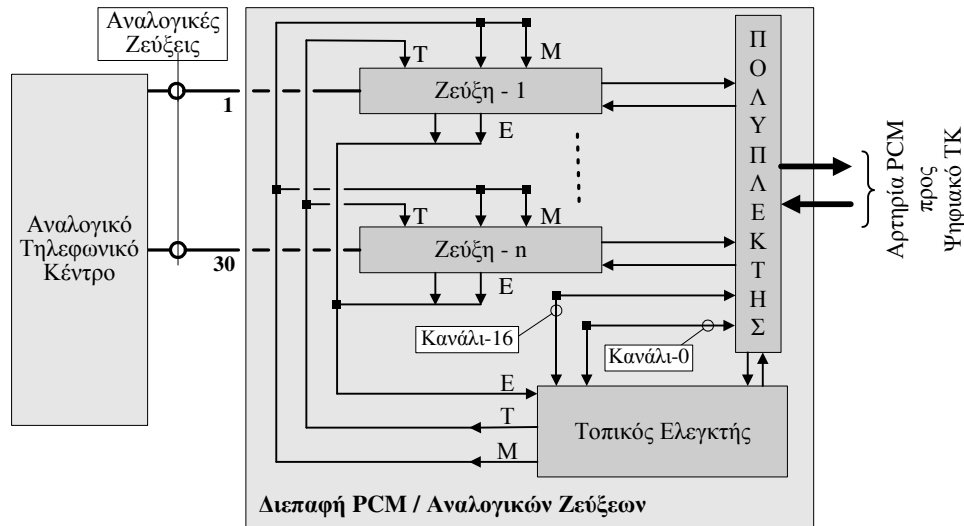
5.4.1 Διεπαφή αρτηρίας PCM με αναλογικές ζεύξεις

Οι αναλογικές ζεύξεις μετά την έξοδό τους από το αναλογικό TK μεταφέρουν τη σηματοδοσία τους πάνω από αγωγούς E&M. Όταν οι ζεύξεις αυτές πολυπλέκονται πάνω από μια αρτηρία PCM, τότε στο φωνόσημα της κάθε ζεύξης παραχωρείται ένα ψηφιακό κανάλι ταχύτητας 64Kbps (μετάδοση ενός δείγματος φωνής ανά 125μsec). Σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό πρότυπο, μια αρτηρία PCM εξυπηρετεί ταυτόχρονα 30 κανάλια ομιλίας. (Σχήμα 5.4).

Αντίθετα, τα σήματα σηματοδοσίας της κάθε ζεύξης δημιουργούνται με δειγματοληψία των αγωγών E και M. Για την εξυπηρέτηση της μετάδοσης των σημάτων σηματοδοσίας των 30 ζεύξεων που πολυπλέκονται στην αρτηρία PCM διατίθεται ένα ξεχωριστό κανάλι ταχύτητας 64Kbps, το οποίο αναφέρεται ως *κανάλι συσχετισμένης σηματοδοσίας (associated signaling channel - ASC)*. Η μέθοδος πολύπλεξης των σημάτων σηματοδοσίας μέσα στο ASC αναφέρεται ως *σηματοδοσία συσχετισμένη με κανάλι (channel associated signaling - CAS)*.

Για να είναι δυνατόν να εξυπηρετηθεί η σηματοδοσία και των 30 καναλιών φωνής μέσα από το κανάλι 16, έχει εισαχθεί η έννοια του *υπερπλαισίου (superframe)*. Το υπερπλαίσιο ορίζεται ως μια σειρά από 16 συνεχόμενα πλαίσια αριθμημένα από το 0 έως το 15 τα οποία επαναλαμβάνονται χωρίς διακοπή με ένα ρυθμό 2msec (2msec = 125μsec x 16). Τα πλαίσια μέσα στο υπερπλαίσιο διαφέρουν μεταξύ τους μόνο ως προς τη χρονοθυρίδα (time slot) 16. Σε κάθε υπερπλαίσιο, η χρονοθυρίδα 16 του

πρώτου πλαισίου περιλαμβάνει πάντοτε μια συγκεκριμένη σχηματομορφή (pattern), η ανάγνωση της οποίας διευκολύνει τον συντονισμό πομπού και δέκτη.



Σχήμα 5.4. Διεπαφή μεταξύ Αναλογικών Ζευκτικών Γραμμών και αρτηρίας PCM

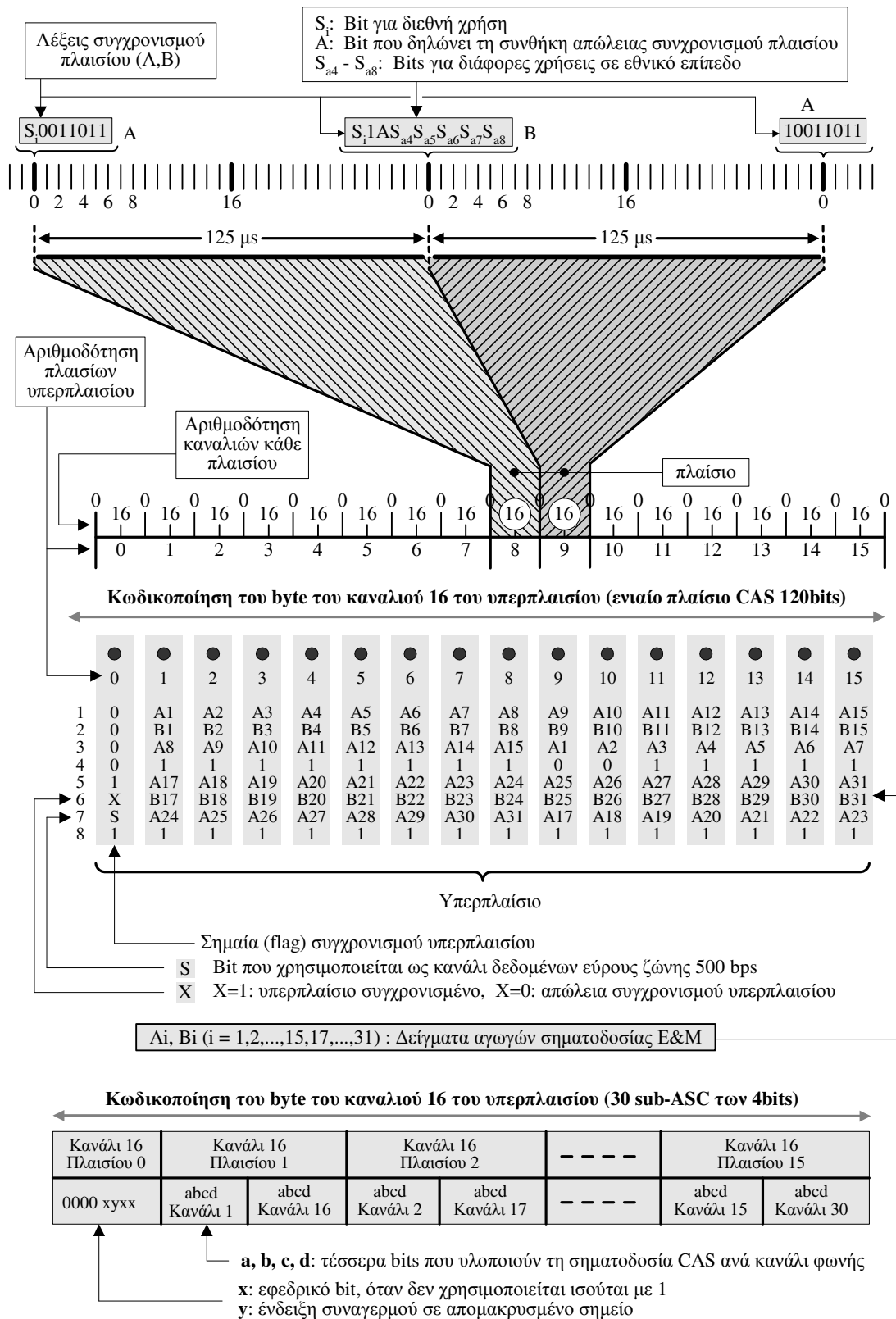
Η περίοδος υπερπλαισίου των 2msec είναι επαρκής για τη σωστή δειγματοληψία των αγωγών E&M της κάθε ζεύξης. Σε κάθε υπερπλαίσιο και για κάθε ζεύξη διατίθενται συνολικά 4bit. Από πλευράς τυποποίησης, διακρίνονται δύο τρόποι οργάνωσης της σηματοδοσίας των 30 καναλιών μέσα στα κανάλια ASC, είτε θεωρώντας ένα ενιαίο πλαίσιο CAS ($30 \times 4 = 120$ bits), είτε διακρίνοντας 30 υπο-κανάλια σηματοδοσίας (sub-ASC) των 4bits το καθένα (Σχήμα 5.5).

Οργάνωση ενός ενιαίου πλαισίου CAS 120bits: Σε κάθε υπερπλαίσιο PCM, η χρονοθυρίδα 16 του πρώτου πλαισίου περιλαμβάνει πάντοτε τη σχηματομορφή (pattern) “00001XS1”, όπου το **X = 1** όταν ο αποστολέας του πλαισίου επιθυμεί να οπισθο-σηματοδοτήσει ότι αδυνατεί στιγμιαία να δεχθεί υπερπλαίσια PCM. Το “S” χρησιμοποιείται ως ένα bit δεδομένων στην αρχή κάθε υπερπλαισίου δημιουργώντας ένα κανάλι δεδομένων με εύρος ζώνης 500bps. Η σχηματομορφή “00001XS1” χρησιμοποιείται στο δέκτη για τον επιτυχή συγχρονισμό των υπερπλαισίων και για να γνωρίζει ο δέκτης κάθε στιγμή πιο πλαίσιο του υπερπλαισίου λαμβάνεται.

Το Σχήμα 5.5 δείχνει την κωδικοποίηση του καναλιού 16 σε κάθε πλαίσιο T_i . Τα A_i και B_i αντιπροσωπεύουν τα δείγματα που λαμβάνονται από τους αγωγούς σηματοδοσίας E&M, αντίστοιχα, του καναλιού φωνής “i”, όπου $i = 1, 2, \dots, 15, 17, 18, \dots, 31$. Κάθε δείγμα A_i λαμβάνεται δύο φορές ανά υπερπλαίσιο (δηλαδή κάθε 1 sec), ενώ κάθε δείγμα B_i λαμβάνεται μια φορά ανά υπερπλαίσιο (δηλαδή κάθε 2 sec).

Οργάνωση 30 sub-ASC των 4bits: Σε κάθε υπερπλαίσιο PCM, η χρονοθυρίδα 16 του πρώτου πλαισίου περιλαμβάνει πάντοτε τη σχηματομορφή (pattern) “0000xyxx”. Τα “x” είναι εφεδρικά bits τα οποία όταν δεν χρησιμοποιούνται τίθενται σε λογικό-1. Το “y” χρησιμοποιείται ως ένδειξη συναγερμού (alarm indication) στον αποδέκτη, το $y=0$ σε κανονική λειτουργία και $y=1$ σε συνθήκες συναγερμού.

Στο καθένα από τα 30 sub-ASC, τα bits “a, b, c, και d” δημιουργούν τέσσερα κανάλια σηματοδοσίας των 500bps το καθένα όπου μεταφέρουν τις καταστάσεις του καναλιού φωνής, όπως ακριβώς τα σήματα E&M. Ανάλογα με τον τρόπο χρήσης των bits αυτών για την κωδικοποίηση της σηματοδοσίας, διακρίνονται διάφορες παραλλαγές CAS, όπως π.χ. CAS 4 bit, CAS 2 bit.



Σχήμα 5.5. Δομή πλαισίων και υπερπλασιού αρτηρίας PCM

Με βάση τα παραπάνω είναι προφανές ότι η Διεπαφή της αρτηρίας-PCM με τις αναλογικές ζεύξεις είναι μια πολύ σύνθετη διάταξη. Στην εισερχόμενη κατεύθυνση, η Διεπαφή αναγνωρίζει τους αγωγούς-Ε της σηματοδοσίας των 30 καναλιών φωνής. Αντίστοιχα, στην εξερχόμενη κατεύθυνση δειγματοληπτεί τους αντίστοιχους αγωγούς-Μ της σηματοδοσίας των ίδιων καναλιών φωνής και τοποθετεί τα δείγματα στο κανάλι 16 των σχετικών πλαισίων.

Η διαδικασία χειρισμού των αγωγών Ε&Μ από τον Τοπικό Ελεγκτή της Διεπαφής (Σχήμα 5.4) γίνεται όπως ακριβώς και στην περίπτωση της Μονάδας Απόληξης αναλογικών ζεύξεων σε ψηφιακό ΤΚ (Σχήμα 5.3). Ο Τοπικός Ελεγκτής της Διεπαφής καλείται να:

- εργάζεται ως πομποδέκτης (transceiver) που διεφάπτει το κανάλι σηματοδοσία της αρτηρίας PCM με τη συσχετισμένη σηματοδοσία των αγωγών Ε&Μ των ζεύξεων.
- αναγνωρίζει τις αλλαγές κατάστασης των αγωγών σηματοδοσίας των ζεύξεων. Κάθε αλλαγή καθορίζει μια νέα τιμή (κατάσταση) του αγωγού σηματοδοσίας, τη χρονική διάρκεια όπου ο αγωγός βρισκόταν στην προηγούμενη τιμή καθώς και την ταυτότητα του αγωγού (π.χ. Ε ή Μ).
- πιστοποιεί πλήρη τηλεφωνικά κριτήρια για κάθε ατομική σύνδεση
- στην αντίθετη κατεύθυνση, ο Έλεγχος δέχεται μηνύματα από το κανάλι-16 της αρτηρίας PCM και τα μετατρέπει σε στάθμες πάνω στις γραμμές Ε&Μ.
- εκτελεί εσωτερικές ενέργειες διαχείρισης και επίβλεψης

5.4.2 Μονάδα τερματισμού αρτηρίας PCM στο ΤΚ

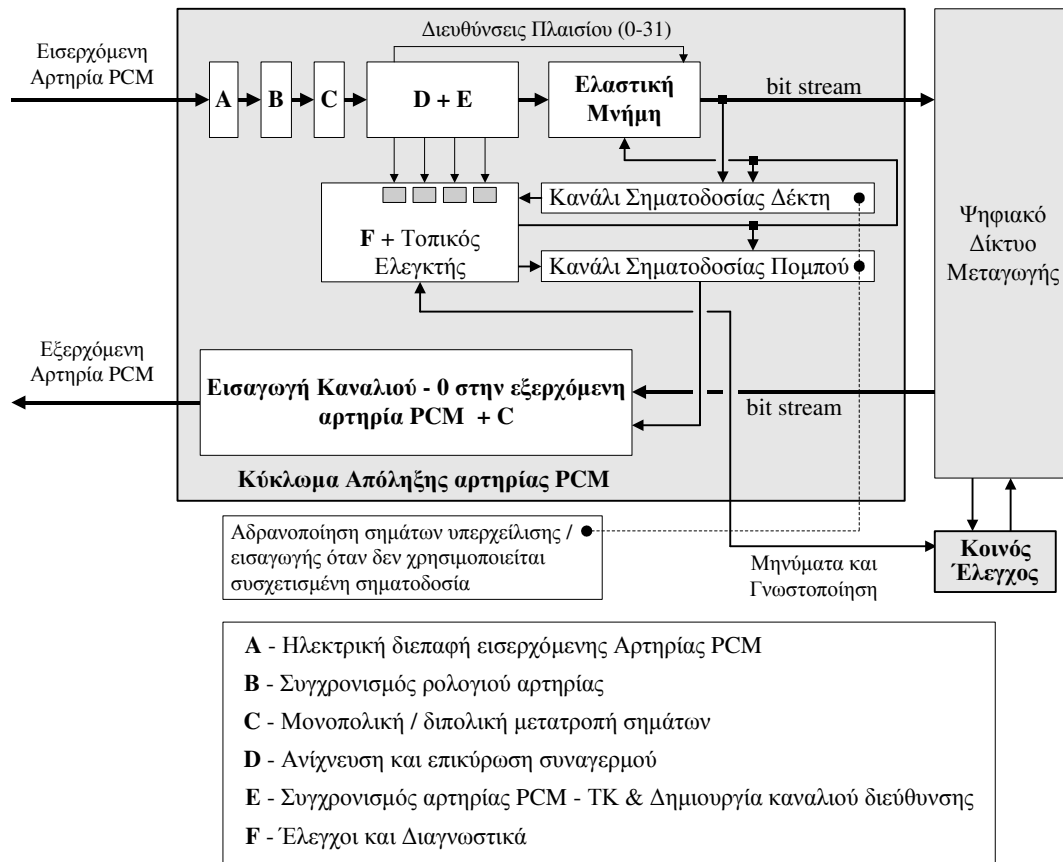
Το Κύκλωμα Απόληξης μιας αρτηρίας PCM διεφάπτει μια προς μια όλες τις πολυπλεγμένες χρονοθυρίδες της αρτηρίας PCM με αυτές με αντίστοιχες χρονοθυρίδες της εσωτερικής αρτηρίας που οδηγεί στο Δίκτυο Μεταγωγής. Οι λειτουργίες που εκτελούνται από το Κύκλωμα Απόληξης είναι αρκετά πολύπλοκες. Στο Σχήμα 5.6 φαίνεται ένα απλοποιημένο Κύκλωμα Απόληξης αρτηρίας PCM ταχύτητας μετάδοσης 2,048Mbps (Ευρωπαϊκό σύστημα).

Σημειώνεται ότι η ίδια δομή του Σχήματος 5.3 ισχύει (με μικρές διαφορές σε δευτερεύουσες λειτουργίες) για αρτηρίες μεγαλύτερης ταχύτητας, π.χ. 8,192Mbps (Ευρωπαϊκό σύστημα), καθώς και αντίστοιχων αρτηριών που ακολουθούν το Αμερικανικό σύστημα. Στη συνέχεια αναλύονται τα επιμέρους διαδοχικά δομοστοιχεία (modules) που απαρτίζεται το Κύκλωμα Απόληξης.

Δομοστοιχείο – Α: Ηλεκτρική διεπαφή εισερχόμενης αρτηρίας PCM. Το Α αποτελεί τη φυσική διεπαφή της αρτηρίας με το ΤΚ. Σκοπός του είναι η αποκατάσταση της στάθμης και των χαρακτηριστικών των σημάτων μετά από την αλλοίωση που αυτά υφίστανται από το δίκτυο μετάδοσης.

Δομοστοιχείο – Β: Συγχρονισμός ρολογιού αρτηρίας. Το Β αναλαμβάνει να συγχρονίσει την εισερχόμενη σειρά δυαδικών ψηφίων (bit stream) με το ρολόι του ΤΚ ώστε αυτή να μπορεί να διαβαστεί.

Δομοστοιχείο – C: Ανίχνευση κατωφλίου, ερμηνεία σήματος και Μονοπολική / διπολική μετατροπή σημάτων. Το σήμα που εισέρχεται στο C είναι συνήθως ένα παραμορφωμένο, θορυβώδες αναλογικό σήμα, που πρέπει πρώτα να ερμηνευτεί και στη συνέχεια, με τη χρήση ενός κατωφλίου, να παραχθεί μία σειρά λογικών-0 και λογικών-1 που θα οδηγηθεί στο Δίκτυο Μεταγωγής. Το αποκατεστημένο (restored) σήμα πρέπει να μετατραπεί από διπολικό κώδικα γραμμής (bipolar line code), όπως π.χ. AMI ή HDB3, σε μονοπολικό κώδικα γραμμής (unipolar line code) που είναι κατάλληλος για την επεξεργασία του σήματος στο ΤΚ. Η μετατροπή του κώδικα γίνεται αυτόματα από κυκλώματα VLSI του C. Σημειώνεται ότι οι κώδικες AMI και HDB3 χρησιμοποιούνται σε ηλεκτρικά σήματα που πρέπει να μεταφερθούν πάνω από δίκτυα. Οι κώδικες χρησιμοποιούνται επειδή το κανονικό επίπεδο (στάθμη) μιας σειράς από “0” και “1” (που χρησιμοποιείται στα ηλεκτρονικά στοιχεία εντός του ΤΚ) δεν είναι επαρκές για την πραγματική μετάδοση σε φυσικές γραμμές.



Σχήμα 5.6. Κύκλωμα Απόληξης αρτηρίας PCM

Δομοστοιχείο – D: *Ανίχνευση και επικύρωση συναγεμμού.* Μετά τη μετατροπή του σήματος, πρέπει να ανιχνευτεί η εμφάνιση πιθανών ανωμαλιών που παρουσιάζονται κατά τη μετάδοση. Αυτό επιτυγχάνεται μέσα από την πραγματική ανάγνωση της εισερχόμενης σειράς ψηφίων. Οι κύριες ανώμαλες καταστάσεις που σηματοδοτούνται με τη βοήθεια σημάτων συναγεμμού είναι οι παρακάτω:

- Απόλεια συγχρονισμού πλαισίου που έχει σαν αποτέλεσμα το κύκλωμα απόληξης να αδυνατεί να ανιχνεύσει σωστά τη σειρά των ψηφίων που αφορούν κάθε ατομικό κανάλι που είναι πολυπλεγμένο στην αρτηρία.
- Απόλεια παλμών στην κατεύθυνση λήψης λόγω απώλειας ενός bit.
- Παρουσίαση ρυθμού σφαλμάτων πάνω από ένα καθορισμένο κατώφλι, π.χ. ρυθμός μεγαλύτερος του 0.001 προκαλεί απώλεια συγχρονισμού πλαισίου.
- Συναγεμμός λόγω κακής απόληξης της αρτηρίας στο TK. Ο συναγεμμός αυτός ενεργοποιείται κάθε χρονική στιγμή που ανιχνεύεται μια αστοχία.

Το Κύκλωμα Απόληξης προεπεξεργάζεται και φιλτράρει τα παραπάνω σήματα συναγεμμού έτσι ώστε στον Κοινό Έλεγχο να αποστέλλονται μόνο οι σταθερές συνθήκες συναγεμμού. Σκοπός είναι να αποφεύγονται οι τυχαίες καταστάσεις συναγεμμού που οφείλονται για παράδειγμα σε θόρυβο στην αρτηρία. Χαρακτηριστικά, η επεξεργασία των στοιχειωδών συναγεμμών παράγει δύο είδη πληροφορίας που αποστέλλονται στον Κοινό Έλεγχο, ένα που αφορά στην αστοχία της γραμμής και ένα που σχετίζεται με προβλήματα τερματισμού της γραμμής. Γενικά, η αξιολόγηση των καταστάσεων αυτών ανατίθεται σε πρώτο στάδιο στους μικροεπεξεργαστές που ελέγχουν τοπικά το κύκλωμα απόληξης.

Δομοστοιχείο – Ε: *Συγχρονισμός αρτηρίας PCM - TK & Δημιουργία καναλιού διεύθυνσης.* Για τη σωστή μεταγωγή των φωνοσημάτων, το TK πρέπει να συγχρονίζει τις αρτηρίες PCM ώστε να μπορεί να διακρίνει τη χρονοθυρίδα (time slot) που αντιστοιχεί σε κάθε πολυπλεγμένο κανάλι φωνής. Για το λόγο αυτό, το πλαίσιο PCM των 32 χρονοθυρίδων διαθέτει το κανάλι ‘0’ για τη μετάδοση τυποποιημένου διεθνώς σήματος/σημαίας (flag) σηματοδότησης το οποίο μπορεί να είναι μορφής A ή B (A, B - pattern), όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.5. Το Κύκλωμα Απόληξης αναγνωρίζει αυτόματα τη μορφή της σημαίας, προβαίνει στο συγχρονισμό του πλαισίου και στην ανίχνευση όλων των καναλιών φωνής. Στη συνέχεια, το δομοστοιχείο - Ε στέλνει για κάθε χρονοθυρίδα τη διεύθυνσή της (κανάλι φωνής) και το περιεχόμενο δείγμα φωνής σε μια Ελαστική Μνήμη, μια φορά κάθε 125μsec για κάθε κανάλι. Η μνήμη αυτή χρησιμοποιείται για το συγχρονισμό των δειγμάτων φωνής με το εσωτερικό ρολόι του TK και περιλαμβάνει δύο δείκτες, ο πρώτος για να γράφεται η ταχύτητα της εισερχόμενης αρτηρίας και ο δεύτερος για να διαβάζεται ο ρυθμός του εσωτερικού ρολογιού του TK. Η εμφάνιση πιθανής επικάλυψης των δύο αυτών δεικτών προκαλεί είτε την απώλεια είτε την επανάληψη ενός αφικνούμενου πλαισίου, γεγονότα που σηματοδοτούνται από το δομοστοιχείο – F.

Δομοστοιχείο: *Εισαγωγή Καναλιού - 0 στην εξερχόμενη αρτηρία PCM και Μονοπολική / Διπολική μετατροπή σημάτων.* Πριν την μετάδοση η σειρά μονοπολικών δυαδικών ψηφίων που έρχεται από το Δίκτυο Μεταγωγής πρέπει να οργανωθεί σε συνεχή πλαίσια PCM. Για το λόγο αυτό, ένα ειδικό κύκλωμα εισάγει, στο κανάλι-0 σημαίες σηματοδότησης A και B (εναλλάξ). Ένα άλλο κύκλωμα μετατρέπει την τελική σειρά μονοπολικών δυαδικών ψηφίων σε διπολική AMI ή HDB3 ανάλογα με τον τύπο της γραμμής μετάδοσης. Τέλος γίνεται η φυσική σύνδεση της αρτηρίας PCM με το ζευκτικό κύκλωμα μετάδοσης.

Δομοστοιχείο – F: *Έλεγχοι και Διαγνωστικά.* Για λόγους αξιοπιστίας τα Κυκλώματα Απόληξης αρτηριών PCM είναι εις διπλούν, δύο τμήματα (duplicated sections), ξεκινώντας από την Ελαστική Μνήμη. Μία αστοχία στο ένα τμήμα προκαλεί απλά την απομόνωσή του και οδηγεί το άλλο τμήμα να λειτουργεί ως κύριο (master). Την ίδια χρονική στιγμή γίνεται διάγνωση για να διαπιστωθεί το κατά πόσο και πότε το ελαττωματικό τμήμα μπορεί να επισκευαστεί. Όταν τύχει και τα δύο τμήματα να αστοχήσουν τότε ολόκληρο το Κύκλωμα Απόληξης τίθεται εκτός λειτουργίας. Λόγω της πολυπλοκότητας του Κυκλώματος Απόληξης, απαιτείται ο συνεχής έλεγχος ώστε να επιβεβαιώνεται η σωστή λειτουργία. Ο έλεγχος αυτός γίνεται με τη χρήση βρόχων ανακύκλωσης (loopbacks) που αφ' ενός μεν απομονώνουν τη γραμμή από το TK, αφετέρου δε επιτρέπουν διαδικασίες ελέγχου να ενεργοποιούνται από τον Κοινό Έλεγχο. Σημειώνεται ότι όταν ένα τμήμα δεν λειτουργεί ως κύριο τμήμα, τότε δέχεται περιοδικούς ελέγχους από το TK ώστε να επιβεβαιώνεται η σωστή λειτουργία του.

Δομοστοιχείο: *Κανάλι σηματοδότησης εισόδου / εξόδου.* Το δομοστοιχείο που θα αναλυθεί στη συνέχεια αφορά μόνο στο Ευρωπαϊκό σύστημα PCM, ενώ το αντίστοιχο Αμερικανικό σύστημα είναι εντελώς διαφορετικό.

Ο έλεγχος του Κυκλώματος Απόληξης της αρτηρίας PCM στο ψηφιακό TK γίνεται από έναν Τοπικό Ελεγκτή ο οποίος πραγματοποιεί το πρώτο επίπεδο ελέγχου του TK. Ο Τοπικός Ελεγκτής είναι μια πολύ σύνθετη διάταξη, η οποία καλείται να εργάζεται ως πομποδέκτης (transceiver) που διεφάπτει τον Κοινό Έλεγχο του TK με τη συσχετισμένη σηματοδότηση των ζευκτικών καναλιών.

Στο κατώτερο επίπεδο λειτουργίας του, ο Τοπικός Ελεγκτής επικοινωνεί με τον Κοινό Έλεγχο για τη μεταφορά σε αυτόν, των σημάτων σηματοδότησης των καναλιών. Στην αντίθετη κατεύθυνση, δέχεται μηνύματα από τον Κοινό Έλεγχο και φροντίζει να τα οργανώνει πάνω στο κανάλι-16.

Στο υψηλότερο επίπεδο λειτουργίας του, ο Τοπικός Ελεγκτής εκτελεί σύνθετες εντολές που προέρχονται από τα ανώτερα δύο επίπεδα του Κοινού Ελέγχου, όπως για παράδειγμα η:

- η ενεργοποίηση σύνθετης σηματοδότησης στις εξερχόμενες κλήσεις
- η εκτέλεση δικών του εσωτερικών ενεργειών διαχείρισης
- η επεξεργασία των εισερχόμενων σημάτων σηματοδότησης και

- η πιστοποίηση των πλήρη τηλεφωνικών κριτηρίων της κάθε ατομικής σύνδεσης.

Πέραν δε των προηγούμενων, μεταξύ του Τοπικού Ελεγκτή και του Κοινού Ελέγχου του ΤΚ υπάρχει μια συνεχής ροή μηνυμάτων, τα οποία χρειάζονται για την πραγματοποίηση λειτουργιών επίβλεψης και συντήρησης ολόκληρου του Κυκλώματος Απόληξης. Όπως γίνεται με όλα τα Κυκλώματα Απόληξης, έτσι και στην περίπτωση των αρτηριών PCM οι δυνατότητες επεξεργασίας μηνυμάτων ποικίλει και εξαρτάται από την ιδιογενή (proprietary) αρχιτεκτονική του ΤΚ.

Σημείωση: Στην περίπτωση όπου η σηματοδότηση των ζεύξεων της αρτηρίας PCM εξυπηρετείται από σηματοδότηση κοινού καναλιού (CCS), το κανάλι 16 δεν χρησιμοποιείται για τη μεταφορά σημάτων σηματοδότησης αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μεταφορά ενός επιπλέον καναλιού φωνής. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα στην αρτηρία PCM να πολυπλέκονται 31 και όχι 30 κανάλια φωνής.

5.5 ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΓΡΑΜΜΕΣ BRA-ISDN

Σύμφωνα με την Προδιαγραφή I.110 της ITU-T (CCITT), το ISDN είναι « ένα δίκτυο το οποίο παρέχει ψηφιακή διατεματική συνδετικότητα (end-to-end connectivity) για την υποστήριξη μιας ευρείας κλίμακας φωνητικών και μη-φωνητικών υπηρεσιών, στις οποίες οι χρήστες έχουν προσπέλαση μέσω ενός περιορισμένου συνόλου τυποποιημένων, αλλά ταυτόχρονα πολλαπλού σκοπού, διεπαφών χρήστη-δικτύου ».

Στην απλούστερη μορφή του, το ISDN μπορεί να θεωρηθεί σαν μια βελτίωση του τοπικού τηλεφωνικού βρόχου που επιτρέπει την ταυτόχρονη μετάδοση φωνής και data πάνω από το ίδιο συνεστραμμένο ζεύγος αγωγών. Υπό μια ευρύτερη έννοια, το ISDN είναι το δίκτυο που παρέχει, πέραν των υπηρεσιών φωνής και δεδομένων, μια πλειάδα υπηρεσιών χαμηλής ταχύτητας (τηλεμετρία, παρακολούθηση ασφάλειας) και υπηρεσιών υψηλής ταχύτητας, όπως βίντεο κατ' απαίτηση (video on demand), τηλε-εικονογραφία (videotext), μεταφορά αρχείων σε υψηλές ταχύτητες, ηλεκτρονικό ταχυδρομείο εικόνας και ήχου και τηλεδιάσκεψη.

Το ISDN είναι πλήρως ψηφιακό και επιτρέπει στους χρήστες του να συνυπάρχουν με μη – ISDN χρήστες και να μοιράζονται τους ίδιους επικοινωνιακούς πόρους. Όλες οι διατάξεις / συσκευές και εφαρμογές παρουσιάζονται σε ψηφιακή μορφή ενώ η πληροφορία που διαχειρίζονται μεταδίδεται και μετάγεται από τον ίδιο δικτυακό εξοπλισμό.

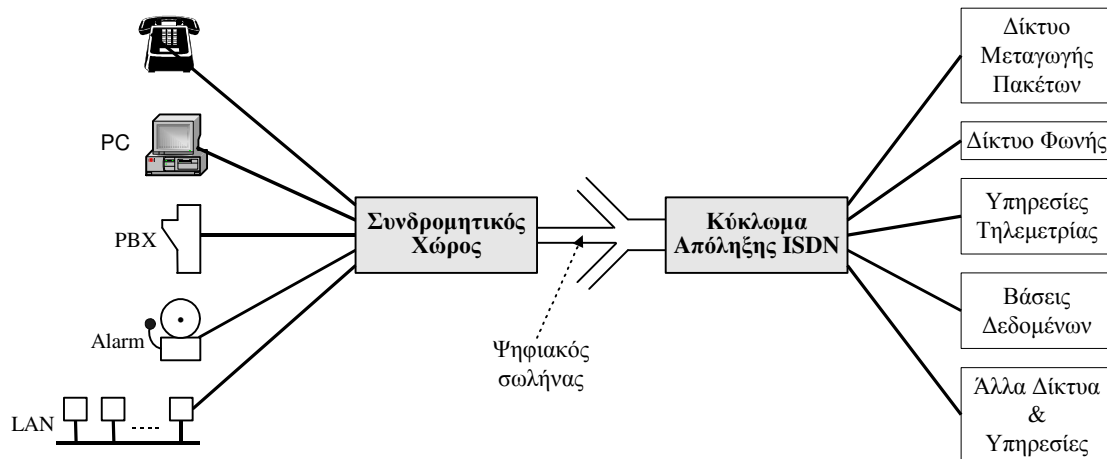
Το ISDN προσφέρει στο χρήστη, πέρα από τις υπηρεσίες και μία ενιαία διεπαφή που επιτρέπει την προσπέλαση σε δίκτυα που παραδοσιακά απαιτούσαν τη δική τους μέθοδο προσπέλασης (ειδικές τερματικές διατάξεις), ζεύγη αγωγών σύνδεσης ειδικού τύπου και πρωτόκολλα πρόσβασης. Σαν τέτοια δίκτυα αναφέρονται τα δημόσια τηλεφωνικά δίκτυα, τα δίκτυα μεταγωγής πακέτων και τα δίκτυα τηλετυπίας (Telex).

Η γραμμή ISDN είναι ένα μονοπάτι πρόσβασης του συνδρομητικού χώρου που έχει τη μορφή “ψηφιακού σωλήνα (digital pipe)” (Σχήμα 5.7). Σημειώνεται ότι οι προσβάσεις BRA-ISDN (144 ή 192Kbps) και PRA-ISDN (2Mbps) αναφέρονται ως στενοζωνικό ISDN (Narrowband ISDN, N-ISDN). Από το 1990 έχει αρχίσει να προωθείται η ευρυζωνική πρόσβαση ISDN (Broadband ISDN, B-ISDN) που καλύπτει ταχύτητες μεταγωγής και μετάδοσης από 25Mbps έως 2.4Gbps.

Η πρόσβαση BRA-ISDN χρησιμοποιείται για να παρέχει προσπέλαση ISDN είτε μεταξύ ενός οικιακού ή επιχειρησιακού συνδρομητή και του ΤΚ, είτε μεταξύ του εξοπλισμού του χρήστη και ενός συνδρομητικού κέντρου (PBX) συμβατού με ISDN σε επιχειρηματικό περιβάλλον. Ανάλογα με την προσφερόμενη από το ΤΚ δυνατότητα χρέωσης, το BRA-ISDN μπορεί να παραγγελθεί από το συνδρομητή με διάφορες διαρθρώσεις (configurations) πέραν αυτής της 2B+D, όπως:

- **2B+S**, όταν χρησιμοποιείται μόνο για τηλεφωνία και δεν πρόκειται να αποσταλούν data από το κανάλι D (το κανάλι D είναι μόνο για σηματοδότηση – S)

- **1B+D** ή **1B+S**, όταν χρησιμοποιείται μόνο ένα κανάλι B. Στο 1B+D μεταφέρονται data και σηματοδосία από το κανάλι D ενώ στο 1B+S μεταφέρεται μόνο σηματοδосία από το κανάλι D
- **0B+D**, όταν χρησιμοποιείται για τη μεταφορά πακέτα δεδομένων (packet data) σε χαμηλή ταχύτητα (9.6Kbps)



Σχήμα 5.7. Μονοπάτι πρόσβασης ISDN σε συνδρομητικό χώρο

Οι διαρθρώσεις αυτές επιτρέπουν στην πρόσβαση BRA-ISDN να εξατομικεύεται (be customized) στις εφαρμογές των συνδρομητών και να τιμολογείται ανάλογα με τον αριθμό των ενεργών καναλιών. Όμως σε κάθε περίπτωση, η διεπαφή BRA-ISDN που χρησιμοποιείται έχει τα ίδια φυσικά χαρακτηριστικά.

Για να είναι δυνατή η εξυπηρέτηση των παραπάνω απαιτήσεων έχει τυποποιηθεί μία ειδικού τύπου συνδρομητική σύνδεση αποτελούμενη από δύο είδη κυκλωμάτων απόληξης τα οποία διασυνδέονται με δισύρματα συνεστραμμένα καλώδια. Το πρώτο κύκλωμα ευρίσκεται μέσα στο συνδρομητικό χώρο και αναφέρεται ως *κύκλωμα τοπικής απόληξης BRA-ISDN (local termination – LT)* και το άλλο ευρίσκεται στο χώρο του ΤΚ και αναφέρεται ως *κύκλωμα απόληξης κέντρου BRA-ISDN (exchange termination – ET)*.

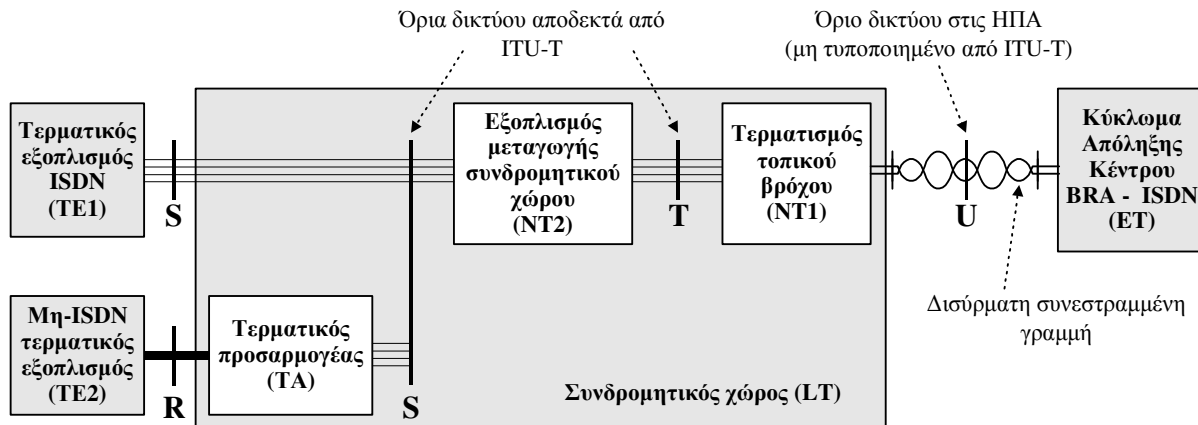
5.5.1 Απόληξη γραμμής BRA-ISDN στο χώρο του συνδρομητή (LT)

Το κύκλωμα τοπικής απόληξης BRA-ISDN (LT) χειρίζεται όλες τις λειτουργίες που σχετίζονται με τον τερματισμό του τοπικού βρόχου και με τη διασύνδεση και μεταγωγή τερματικών συσκευών (συμβατών ή μη με το ISDN). Στο Σχήμα 5.8 δείχνονται οι λειτουργικές μονάδες και τα σημεία αναφοράς του LT. Οι λειτουργικές μονάδες αναφέρονται από την ITU ως *εξοπλισμός πελάτη (Customer Premise Equipment – CPE)*.

Η μονάδα *Τερματισμός Δικτύου τύπου-1 (Network Termination type 1 – NT1)* διασφαλίζει τον σωστό τερματισμό της φυσικής σύνδεσης (δισύρματης συνεστραμμένη γραμμής) στο LT. Στο NT1 έχει ανατεθεί η παρακολούθηση των επιδόσεων της γραμμής, των χρονισμών, της μετατροπής των πρωτοκόλλων σηματοδосίας σε φυσικό επίπεδο, της μετατροπής των ηλεκτρικών σημάτων και της μεταφορά ισχύος (τηλε-τροφοδότηση).

Η μονάδα *Τερματισμός Δικτύου τύπου-2 (Network Termination type 1 – NT2)* διασφαλίζει στο χώρο του συνδρομητή λειτουργίες μεταγωγής, πολύπλεξης και / ή συγκέντρωσης. Η NT2 πραγματοποιείται με τη χρήση συνδρομητικών κέντρων (PBXs), πολυπλεκτών, ξένιων υπολογιστών

(host computers), ελεγκτήρων τερματικών (terminal controllers) καθώς και οποιασδήποτε άλλης συσκευής που εκτελεί μεταγωγή φωνής και δεδομένων. Το NT2 σε πολλές περιπτώσεις δεν χρησιμοποιείται, όπως για παράδειγμα στους οικιακούς χρήστες και στους χρήστες Centrex – ISDN.



Σχήμα 5.8. Λειτουργικές μονάδες και σημεία αναφοράς στο συνδρομητικό χώρο (LT)

Το NT2 λειτουργεί ως διανεμητής υπηρεσιών ISDN σε διασυνδεδεμένες με αυτό διατάξεις. Σε αυτήν την περίπτωση το NT2 εκτελεί λειτουργίες μετατροπής πρωτοκόλλων και λειτουργίες διανομής. Μία από τις κύριες λειτουργίες διανομής είναι η ενημέρωση του δικτύου, μέσω σηματοδότησης, σχετικά με το ποια τερματικά είναι προσαρτημένα στο NT2.

Το NT2 είναι υπεύθυνο για την σηματοδότηση ολόκληρου του συνδρομητικού χώρου. Για παράδειγμα, μία αναλογική γραμμή ενός PBX επιτρέπεται να έχει προσπέλαση σε μια γραμμή BRA-ISDN και να αποκαθιστά συνδέσεις με άλλους συνδρομητές του δικτύου. Σε αυτήν την περίπτωση το PBX πραγματοποιεί:

- την μετατροπή του πρωτοκόλλου μετάδοσης από αναλογική φωνή σε ψηφιακή ISDN φωνή
- την συλλογή των επιλογικών ψηφίων από το αναλογικό τηλέφωνο
- την δημιουργία των μηνυμάτων σηματοδότησης που ανταλλάσσει με το ΤΚ.

Η μονάδα Τερματικός Εξοπλισμός (*Terminal Equipment – TE*) αναφέρεται στις συσκευές του χρήστη, όπως π.χ. αναλογικό ή ψηφιακό τηλέφωνο, τερματικά data που επικοινωνούν με βάση το πρωτόκολλο X.25, σταθμοί εργασίας, ολοκληρωμένοι σταθμοί φωνής/δεδομένων (Integrated Voice / Data Terminal - IVDT). Ο TE διακρίνεται σε δύο τύπους, στον τύπο-1 (TE1) όπου περιλαμβάνονται όσοι TE χρησιμοποιούν πρωτόκολλα ISDN και υποστηρίζουν υπηρεσίες ISDN, και στον τύπο-2 (TE2) όπου περιλαμβάνονται όσοι TE είναι μη συμβατοί με το ISDN.

Η μονάδα Τερματικός Προσαρμογέας (*Terminal Adaptor – TA*) είναι μία διεπαφή που επιτρέπει σε ένα TE2 να επικοινωνεί με το ISDN. Ο TA έχει μεγάλη σημασία στην παρούσα φάση ανάπτυξης ενός ψηφιακού ΤΚ, αφού το σύνολο σχεδόν των TE είναι TE2.

Πρέπει να επισημανθεί ότι μια συσκευή μπορεί να ενσωματώνει δύο ή περισσότερες από τις παραπάνω λειτουργικές μονάδες. Για παράδειγμα, ένα PBX μπορεί να είναι NT1 και NT2, ένας συνδυασμός που συνήθως αναφέρεται ως NT12. Ομοίως ένα τηλέφωνο ISDN μπορεί να είναι ταυτόχρονα TA και NT1.

Η διασύνδεση των παραπάνω μονάδων του LT καθορίζεται από συγκεκριμένου τύπου διεπαφές (σημεία αναφοράς). Η σπουδαιότητα των σημείων αναφοράς έγκειται στο γεγονός ότι επιτρέπεται η χρήση διαφορετικών πρωτοκόλλων σε κάθε σημείο αναφοράς. Για το BRA-ISDN έχουν τυποποιηθεί τέσσερα σημεία αναφοράς, τα R, S, T και U.

Το σημείο αναφοράς – R είναι μεταξύ ενός TE2 και ενός TA. Το TA επιτρέπει στο TE2 να εμφανίζεται στο BRA-ISDN σαν μια συσκευή ISDN, ακριβώς όπως ένα modem επιτρέπει σε ένα PC ή ένα τερματικό να επικοινωνεί πάνω από το σημερινό τηλεφωνικό δίκτυο. Γενικά δεν υπάρχουν ειδίες (ειδικές) τυποποιήσεις για το R. Συνήθως οι κατασκευαστές του TA καθορίζουν πως επικοινωνούν μεταξύ τους τα TE2 και TA. Σαν παραδείγματα αναφέρονται οι τυποποιήσεις EIA-232-E, V.35 και ο δίαυλος ISA (Industry Standard Architecture bus).

Το σημείο αναφοράς – S είναι μεταξύ ενός τερματικού ISDN (π.χ. TE1 ή TA) και ενός τερματικού εξοπλισμού (NT1 ή NT2). Η διεπαφή-S δίνει τη δυνατότητα σε οκτώ TE να συνδέονται με το NT2 έχοντας ο κάθε TE τη δική του διεύθυνση (εσωτερική αριθμοδότηση).

Το σημείο αναφοράς – T είναι μεταξύ του εξοπλισμού μεταγωγής (NT2) και του κυκλώματος τερματισμού της γραμμής ISDN (NT1).

Οι προδιαγραφές της ITU-T έχουν καθορίσει πρωτόκολλα για τα σημεία αναφοράς S και T. Όταν δεν χρησιμοποιείται το NT2, το σημείο αναφοράς της διεπαφής χρήστη-δικτύου αναφέρεται ως S/T (είναι μια διεπαφή S όταν βλέπεται από την πλευρά του TE και μια διεπαφή T όταν βλέπεται από την πλευρά του NT1).

Παρότι οι διεπαφές T και S ομοιάζουν, εν τούτοις έχουν μια βασική διαφορά. Η διεπαφή T υποστηρίζει μόνο δισημειακή επικοινωνία, ενώ η διεπαφή S υποστηρίζει σημείο - πολυσημειακή πολυτερματική επικοινωνία, όπου ένα NT2 υποστηρίζει μέχρι οκτώ TE.

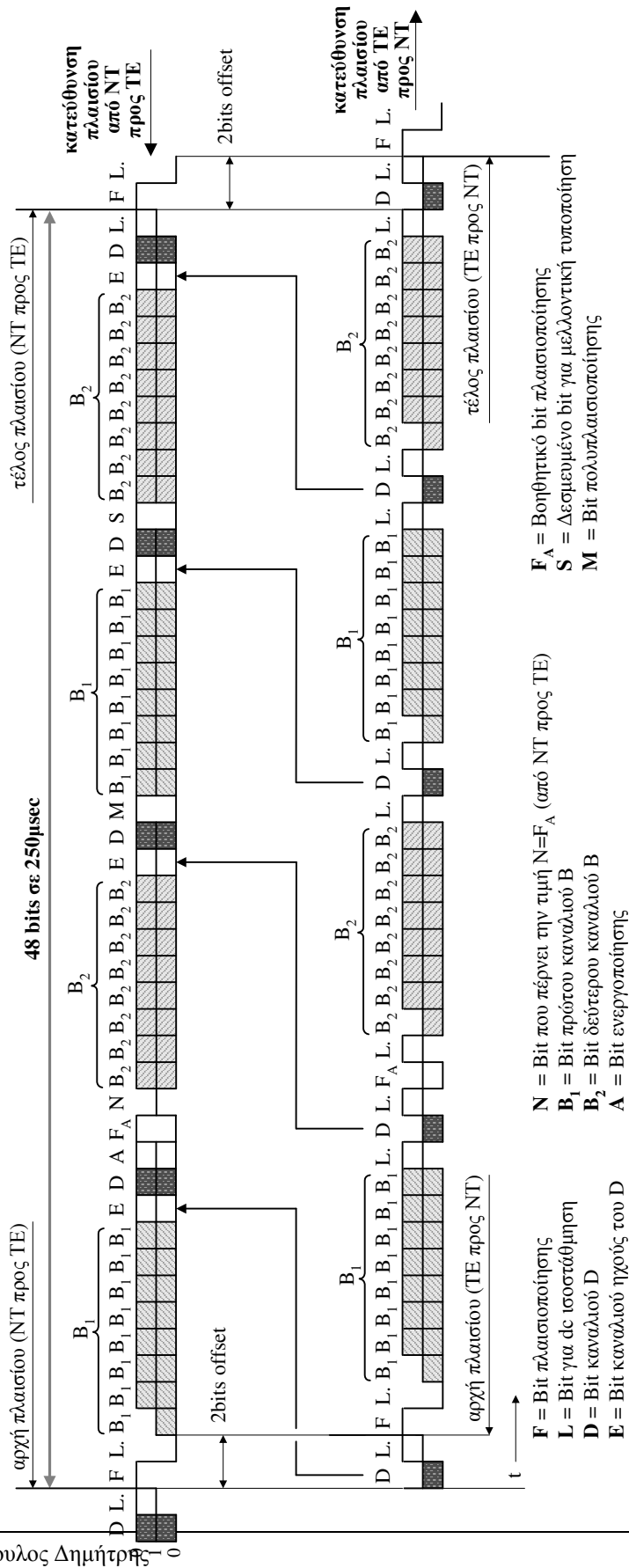
Η διεπαφή μεταξύ του NT1 και του TK, που αναφέρεται ως U, δεν έχει τυποποιηθεί από την ITU-T διότι θεωρείται ότι η διεπαφή με τον χρήστη είναι η S ή η T ενώ η U αποτελεί μέρος του τοπικού βρόχου που είναι τμήμα του TK και κατά συνέπεια μπορεί να καθορίζεται από τον κατασκευαστή του TK. Κατά συνέπεια το NT1 είναι εξοπλισμός κέντρου και διατίθεται στον συνδρομητή αποκλειστικά από τον παροχέα ISDN (π.χ. τον ΟΤΕ) και όχι από το ελεύθερο εμπόριο όπως γίνεται για παράδειγμα με την τηλεφωνική συσκευή (αναλογική ή ψηφιακή). Ο όρος U δεν είναι επίσημος όρος της ITU αλλά έχει εισαχθεί από την Ομοσπονδιακή Επιτροπή Τηλεπικοινωνιών των ΗΠΑ (FCC) η οποία θεωρεί ότι το NT1 δεν αποτελεί τμήμα του TK.

5.5.2 Μορφότυπο πλαισίου στις διεπαφές S και T του BRA-ISDN

Η διεπαφή S λειτουργεί πάνω από μια τετρασύρματη γραμμή, όπου οι δύο γραμμές μεταφέρουν 2B+D κανάλια (144Kbps) από το NT2 σε μέχρι οκτώ TE και αντίστροφα οι άλλες δύο γραμμές μεταφέρουν δύο άλλα 2B+D κανάλια (144Kbps) από τα οκτώ TE στο NT2.

Η διεπαφή S χρησιμοποιεί *μετάδοση ζώνης βάσης (baseband transmission)* που σημαίνει τη χρήση μιας μόνο συχνότητας μετάδοσης, οπότε πάνω στην κάθε δισύρματη γραμμή τα 2B+D κανάλια πρέπει να πολυπλέκονται στο χρόνο. Για να είναι δυνατή η πολύπλεξη στο χρόνο πρέπει να χρησιμοποιούνται επιπλέον σήματα, που στη συνέχεια θα αναφέρονται ως *σημεία-bits (mark-bit)*, όπως σήματα συγχρονισμού πλαισίου τα οποία πρέπει να ανιχνεύονται από τους λαμβανόμενους συρμούς bits των λαμβανόμενων πλαισίων. Άλλα σημεία-bits χρειάζονται για την εξυπηρέτηση λειτουργιών διαχείρισης, όπως αριθμοδότηση μεταξύ του NT2 και των οκτώ TE. Η προσθήκη των σημείων-bits αυξάνει τον απαιτούμενο ρυθμό μετάδοσης από τα 144Kbps στα 196Kbps.

Το πλαίσιο BRA-ISDN που μεταφέρεται πάνω από τη διεπαφή αποτελείται από 48bits. Το κάθε πλαίσιο έχει χρονική διάρκεια 250μsec. Ο κώδικας γραμμής (line code) που έχει προδιαγραφεί από την τυποποίηση I.430 της ITU είναι η *εναλλασσόμενη αντιστροφή σημείου (Alternate Mark Inversion – AMI)* που χρησιμοποιεί την *ψευδο-τριαδική κωδικοποίηση (pseudo-ternary coding)*. Με βάση τον κώδικα αυτό το λογικό-0 αναπαρίσταται πάνω στη γραμμή από έναν θετικό (+ve) ή έναν αρνητικό (-ve) παλμό πλάτους 750mV, ενώ το λογικό-1 από το μηδενικό επίπεδο της γραμμής. Για να εξασφαλίζεται καλή μετάδοση και για να διατηρείται ισοσταθμισμένο dc πάνω στη γραμμή, οι παλμοί +ve και -ve εναλλάσσονται κατά τη μετάδοση συνεχόμενων λογικών-0.



Σημείωση: Οι τελείες οριοθετούν εκείνα τα σημεία του πλαισίου που είναι ανεξάρτητα από την ισοστάθμιση DC

Σημείωση: Η ονομαστική μετατόπιση των 2-bits είναι αυτή που φέρεται στο TE. Η αντίστοιχη μετατόπιση στο NT μπορεί να είναι μεγαλύτερη λόγω των καθυστερήσεων που εισάγει το καλώδιο μртάδοσης.

Σημείωση: Το bit F_A στην κατεύθυνση TE προς NT χρησιμοποιείται κάθε πέντε πλαίσια σαν ένα Q-bit στην περίπτωση που έχει ενεργοποιηθεί το κανάλι Q.

Σχήμα 5.9: Δομή πλαισίου στις διεπαφές S και T του BRA-ISDN

Με τον τρόπο αυτό όταν μεταδίδεται πάνω από τη γραμμή ένας συρμός από δυαδικά bit το συνολικό επίπεδο dc της γραμμής είναι μηδέν.

Το σημείο-bit πλαισιοποίησης (F) όπως και το σημείο-bit ισοστάθμισης-dc (L) τίθενται σε λογικό-0 και μεταδίδονται ως +ve ή ως -ve (ανάλογα με την ακολουθούμενη συμφωνία). Στην κατεύθυνση από NT προς TE, το πρώτο λογικό-0 των καναλιών B, D και E τίθενται σε -ve, ενώ το σημείο-bit A τίθεται σε λογικό-1. Το πλαίσιο έχει πολλά L-bits για την παρεμπόδιση τη δημιουργία συνεχούς ρεύματος στη γραμμή.

Τα πλαίσια τεμαχίζονται σε ισοσταθμισμένες ομάδες από bits (σημεία που παρουσιάζονται τελείες στο Σχήμα 5.9). Στην κατεύθυνση από TE προς NT, όπου το κάθε κανάλι μπορεί να προέρχεται από ένα διαφορετικό τερματικό, η έξοδος κάθε τερματικού συνοδεύεται από ένα L-bit για τη δημιουργία μία ισοσταθμισμένης ομάδας από bits.

Εξετάζοντας τη δομή του πλαισίου στην κατεύθυνση από NT προς TE, τα πρώτα σημεία-bits είναι τα F και L που χρησιμοποιούνται για το συγχρονισμό του πλαισίου. Η αρχή του πλαισίου σηματοδοτείται από το ζεύγος F/L που παραβιάζει τον κώδικα AMI. Μετά την αναγνώριση της αρχής του πλαισίου, πρέπει να επανέρχεται η σωστή πολικότητα της γραμμής με μια δεύτερη παραβίαση του κώδικα γραμμής πριν την αρχή του επόμενου πλαισίου. Αυτό γίνεται στο επόμενο σημείο-bit που ακολουθεί το ζεύγος F/L, που είναι το F_A . Το F_A εξασφαλίζει τη δεύτερη παραβίαση αφού δεν υπάρχουν άλλα σημεία-bits ενδιάμεσα των bits B₁, B₂, D, E και A.

Το **κανάλι E** είναι ένα κανάλι ηχούς στο οποίο τα bits του καναλιού-D που φθάνουν στο NT1 επαναλαμβάνονται (σαν ηχώ) πίσω στα TE. Υπάρχει μια μετατόπιση 10 bits μεταξύ του καναλιού-D που φεύγει από το TE, μεταφέρεται στο NT1 και επαναλαμβάνεται (σαν ηχώ) πίσω στο TE σαν κανάλι ηχούς.

Το **bit-A** χρησιμοποιείται κατά τη διαδικασία ενεργοποίησης για να υποδηλώσει στα τερματικά (TEs) ότι το σύστημα είναι σε διαδικασία συγχρονισμού. Η ενεργοποίηση της διεπαφής-S μπορεί να γίνεται είτε από ένα TE είτε από το NT. Η απενεργοποίηση γίνεται μόνο από το NT λόγω της πολυτερματικής δυνατότητας λειτουργίας της διεπαφής.

Το **bit-M** χρησιμοποιείται όταν οργανώνονται πολυπλαίσια (όπως στο PCM), μια δυνατότητα που δεν εφαρμόζεται στην Ευρώπη.

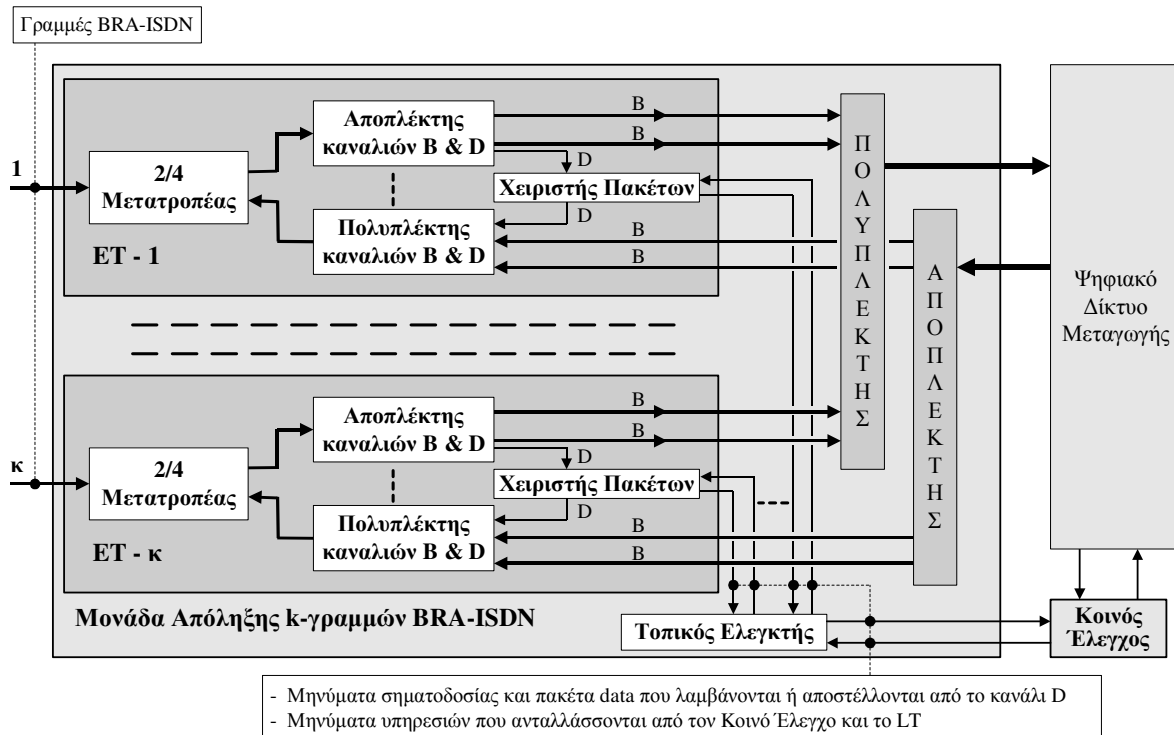
Στην περίπτωση όπου δύο ή περισσότερα TE επιχειρούν ταυτόχρονα να έχουν πρόσβαση στο κανάλι-D προκύπτει μια κατάσταση λειτουργίας η οποία αναφέρεται ως *διαμάχη για τη χρήση του καναλιού-D (D-channel contention procedure)*. Στην περίπτωση αυτή ενεργοποιείται μια διαδικασία που αναλαμβάνει την επιτυχή κατάληψη του καναλιού-D και τη μεταφορά της πληροφορίας από ένα μόνο TE. Η διαδικασία αυτή βασίζεται στο γεγονός ότι η πληροφορία μεταφέρεται πάνω από το κανάλι-D υπό τη μορφή πλαισίων δεδομένων. Τα πλαίσια δεδομένων είναι Επιπέδου-2 του OSI και ακολουθούν μια ειδική διαδικασία που αναφέρεται ως *έλεγχος ζεύξης δεδομένων υψηλής στάθμης (high-level data link control, LAP-D)*. Η διαδικασία LAP-D χρησιμοποιείται επίσης στα δίκτυα δεδομένων που ακολουθούν την τυποποίηση X-25 της ITU.

Κάθε πλαίσιο LAP-D οριοθετείται από τη δυαδική σχηματομορφή (pattern) “01111110”. Μεταξύ των πλαισίων LAP-D μεταφέρονται συνεχόμενα λογικά-1. Για να προσπελάσει ένα TE το κανάλι-D ψάχνει να εντοπίσει το διάστημα μεταξύ διαδοχικών πλαισίων αθροίζοντας τα συνεχή λογικά-1. Όταν αυτά ξεπεράσουν τον αριθμό που περιέχει η δυαδική σχηματομορφή “01111110” του πλαισίου τότε το TE καταλαμβάνει το κανάλι-D και αρχίζει την αποστολή των δικών του πλαισίων.

5.5.3 Απόληξη γραμμών BRA-ISDN στο χώρο του TK (ET)

Στο χώρο του TK, πολλές γραμμές BRA-ISDN τερματίζουν, μέσα από *ατομικά Κυκλώματα Απόληξης (ET)*, σε μια κοινή Μονάδα Απόληξης. Στο Σχήμα 5.10 δείχνεται η δομή μιας Μονάδας Απόληξης k-γραμμών BRA-ISDN. Η Μονάδα Απόληξης περιλαμβάνει, πέρα από τα ατομικά ET, έναν *Τοπικό Ελεγκτή*, ένα *δομοστοιχείο Πολύπλεξης / Συγκέντρωσης καναλιών-B* και ένα *δομοστοιχείο Απόπλεξης /*

Αποσυγκέντρωση καναλιών-B τα οποία επιτρέπουν τη συγκέντρωση 2k καναλιών B σε μία εσωτερική αρτηρία PCM που οδηγεί στο ψηφιακό Δίκτυο Μεταγωγής. Τα δύο αυτά δομοστοιχεία επιτρέπουν στον Τηλεπικοινωνιακό Οργανισμό να εφαρμόζει διάφορες πολιτικές συγκέντρωσης της τηλεφωνικής κίνησης.



Σχήμα 5.10. Μονάδα Απόληξης k-γραμμών BRA-ISDN στο χώρο του TK

Το ET της κάθε γραμμής BRA-ISDN περιλαμβάνει τέσσερα δομοστοιχεία, ένα 2/4-μετατροπέας, ένα κύκλωμα πολύπλεξης, ένα κύκλωμα αποπολύπλεξης και ένα χειριστή μηνυμάτων.

Ο 2/4-μετατροπέας αναλαμβάνει το διαχωρισμό των δύο κατευθύνσεων μετάδοσης μετατρέποντας την εισερχόμενη προς το TK γραμμή από δυσύρματη σε τατρασύρματη.

Το κύκλωμα απόπλεξης δέχεται σαν είσοδο την εξερχόμενη από τον 2/4-μετατροπέα δυσύρματη γραμμή και σαν έξοδο δημιουργεί τρεις νέες δυσύρματες γραμμές, δύο για τα κανάλια B και μια για το κανάλι D. Τα δύο κανάλια B οδηγούνται στο δομοστοιχείο Συγκέντρωσης / Πολύπλεξη της Μονάδας Απόληξης, ενώ το κανάλι D σε ένα χειριστή μηνυμάτων.

Στην αντίθετη κατεύθυνση, δύο κανάλια B που εξέρχονται του δομοστοιχείου Αποσυγκέντρωσης / Απόπλεξης καναλιών-B της Μονάδας Απόληξης και το εξερχόμενο κανάλι D του χειριστή πακέτων πολυπλέκονται, περνώντας μέσα από το κύκλωμα πολύπλεξης, στη δυσύρματη γραμμή που εισέρχεται στον 2/4-μετατροπέα.

Ο χειριστής μηνυμάτων (packet handler - PH) είναι προσανατολισμένες στην υποστήριξη των υπηρεσιών που έχουν να κάνουν με τη σηματοδοσία και με την συγχώνευση των πακέτων δεδομένων μέσα στη λίστα των υπηρεσιών ISDN. Ειδικότερα:

- στην εισερχόμενη στο TK κατεύθυνση συλλέγει τα πλαίσια που αποστέλλονται από το τερματικό, αναγνωρίζει τα λανθασμένα πλαίσια και ζητά την επαναποστολή τους.
- στην εισερχόμενη στο TK κατεύθυνση πραγματοποιεί τα πρωτόκολλα της γραμμής.

- στην εξερχόμενη από το ΤΚ κατεύθυνση εκτελεί ενέργειες αντίστοιχες με εκείνες που εκτελεί η τερματική διάταξη στις προηγούμενες δύο περιπτώσεις.
- αποκωδικοποιεί και επεξεργάζεται τοπικά τα πακέτα σηματοδοσίας που μεταφέρει το κανάλι D με έναν τρόπο παρόμοιο με αυτό που εφαρμόζεται στη σηματοδοσία κοινού καναλιού που είναι σύμφωνος με το Σύστημα Σηματοδοσίας Νο. 7 (SS7).
- διαχωρίζει τα data που μεταφέρονται από το κανάλι D.
- δρομολογεί τα data στις σωστές διευθύνσεις.

Τα ΕΤ επικοινωνούν με τον Κοινό Έλεγχο μέσω μιας κοινής διεπαφής την οποία υλοποιεί ο Τοπικός Ελεγκτής. Ο Τοπικός Ελεγκτής υλοποιεί το πρώτο (κατώτερο) επίπεδο ελέγχου του ΤΚ.

Ο Τοπικός Ελεγκτής συλλέγει από τα k-ET τα εισερχόμενα μηνύματα και πακέτα και στην αντίθετη κατεύθυνση διανέμει τα μηνύματα και πακέτα που δημιουργούνται από τον Κοινό Έλεγχο στα σωστά κανάλια D. Επιπλέον εκτελεί λειτουργίες ελέγχου και διαχείρισης που αφορούν ολόκληρη τη Μονάδα Απόληξης (πρώτο επίπεδο ελέγχου του ΤΚ), πάντοτε κάτω από τον έλεγχο και την καθοδήγηση του κοινού Ελέγχου.

5.5.4 Τρόποι συνδέσεων σε δίκτυα BRA-ISDN

Κάθε ΤΕ μπορεί να ζητήσει από το ΤΚ να πραγματοποιήσει μία σύνδεση data που να βασίζεται σε έναν από τους παρακάτω δύο τρόπους λειτουργίας:

- λειτουργία κυκλωματικού τρόπου (*circuit-mode operation*) όπου το ΤΚ δημιουργεί, μεταξύ καλούντα και καλούμενου ΤΕ, μια διαδρομή δύο κατευθύνσεων (path) με σταθερό ρυθμό μετάδοσης 1 byte ανά 125μsec.
- λειτουργία τρόπου πακέτου (*packet-mode operation*) όπου κατά έναν ασύγχρονο τρόπο ο καλών και ο καλούμενος ΤΕ αποστέλλουν στο ΤΚ πακέτα data, τα οποία πακέτα το ΤΚ τα αποστέλλει στους παραλήπτες τους μέσω λειτουργίας αποθήκευσης και προώθησης. Σε αντίθεση με τον κυκλωματικό τρόπο (όπου η σύνδεση είναι ένα διαφανές κανάλι διαθέσιμο για συνεχή χρήση από αμφότερα τα ΤΕ), η σύνδεση στον τρόπο πακέτου είναι ισοδύναμη με τη διαθεσιμότητα ενός ταχυδρόμου να λαμβάνει πακέτα από καθένα (από τα δύο) ΤΕ και να τα μοιράζει στο άλλο. Ο ταχυδρόμος μαζεύει ένα-ένα τα πακέτα, τα βάζει στη σειρά (ουρά αναμονής) και τα μοιράζει το ένα μετά από το άλλο.

Η επικοινωνία ομιλίας και τηλεομοιοτυπίας (facsimile) απαιτούν μεταγωγή κυκλωματικού τρόπου. Αντίθετα, η επικοινωνία data μπορεί να γίνει και με τους δύο τρόπους.

Στην αρχή της κάθε σύνδεσης, το κανάλι D αναλαμβάνει να μεταφέρει στο ΝΤ1 τη σηματοδοσία που αφορά κάθε ΤΕ που είναι συνδεδεμένο σε αυτό. Στη συνέχεια το ίδιο κανάλι D μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν ένα κοινό κανάλι για επικοινωνία με τρόπο πακέτου του κάθε ΤΕ με το ΝΤ1 στο οποίο ανήκει. Αντίστοιχα, το κάθε κανάλι Β μπορεί να μεταφέρει επικοινωνία η οποία να μεταγεται είτε με τρόπο κυκλώματος είτε με τρόπο πακέτου.

Σαν γενικός κανόνας αναφέρεται ότι τα ΤΕ που συνδέονται σε ένα ΝΤ1 χρησιμοποιούν το κοινό τους κανάλι D για τη διαδικασία σηματοδοσίας και για την επικοινωνία με τρόπο πακέτου. Κάθε κανάλι Β είναι ένας δικτυακός πόρος που ένα ΤΕ που συνδέεται σε ένα ΝΤ1 καταλαμβάνει και χρησιμοποιεί αποκλειστικά για όλη τη διάρκεια της κλήσης.

5.6 ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΓΡΑΜΜΕΣ PRA-ISDN

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, για να συνδεθεί ένας συνδρομητής με περισσότερα από δύο Β-κανάλια χρησιμοποιείται μία γραμμή PRA-ISDN που περιλαμβάνει 30B+D κανάλια (Ευρωπαϊκό σύστημα) ή 23B+D κανάλια (Αμερικανικό σύστημα). Η Ευρωπαϊκή γραμμή PRA-ISDN πραγματοποιείται από

μία κοινή αρτηρία PCM όπου τα 30 κανάλια φωνής (1 έως 15 και 17 έως 31) είναι τα 30B κανάλια και το κανάλι 16 είναι το κανάλι D που προσφέρει 64kbps για τη μεταφορά μηνυμάτων σηματοδοσία των 30B καναλιών και μηνυμάτων data.

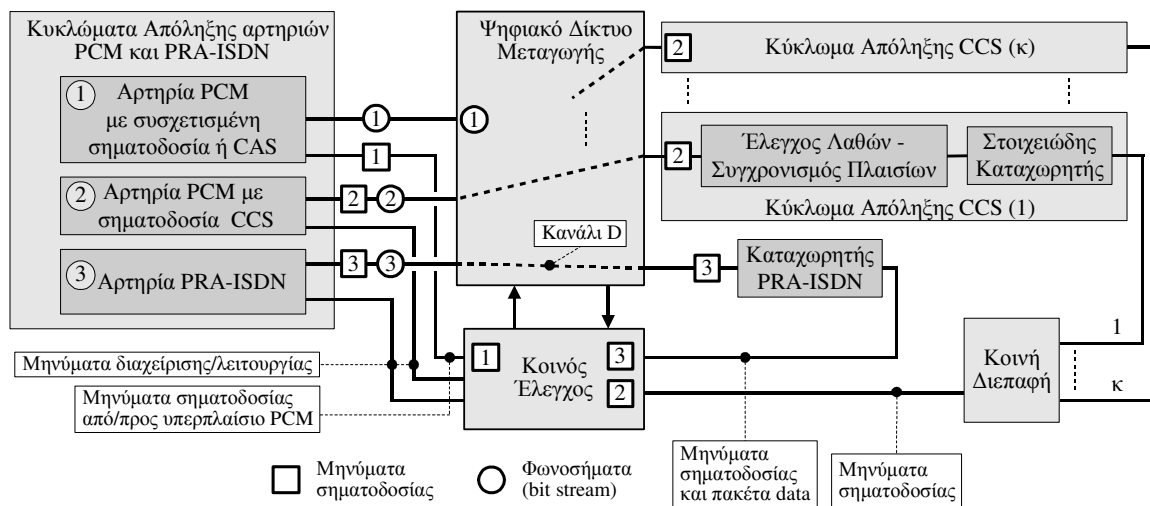
Σε πολλές εφαρμογές απαιτείται ένα εύρος καναλιού μεγαλύτερο από αυτό που παρέχει ένα κανάλι B (64Kbps). Στην περίπτωση αυτή η PRA-ISDN μπορεί να μορφοποιηθεί έτσι ώστε να παρέχει στην εφαρμογή προσπέλαση με nxB συναθροισμένα κανάλια. Για να διευκολύνεται η περίπτωση αυτή, η ITU έχει τυποποιήσει, πέραν των καναλιών B και D, και μία τρίτη κατηγορία καναλιών που αναφέρεται ως H. Η κατώτερη τάξη των καναλιών της σειράς H είναι η H0 που παρέχει προσπέλαση σε 384Kbps και αντιστοιχεί σε έξι κανάλια B ($6xB=384Kbps$). Το κανάλι H0 είναι πολύ χρήσιμο στην περίπτωση της εικονο-τηλεφωνίας (videoconference) υψηλής απόδοσης. Στην πράξη το H0 πραγματοποιείται με την ταυτόχρονη χρήση τριών ανεξάρτητων BRA-ISDN όπου τα $2x3=6B$ κανάλια συναθροίζονται σε ένα ενιαίο κανάλι 384Kbps περνώντας μέσα από ειδικούς αθροιστές.

Η απόληξη της γραμμής PRA-ISDN στο TK γίνεται μέσα από ένα ειδικό Κύκλωμα Απόληξης το οποίο είναι παρόμοιο με αυτό της αρτηρίας PCM. Το Κύκλωμα Απόληξης της γραμμής PRA-ISDN δεν ασχολείται με το κανάλι D το οποίο οδηγείται στο ψηφιακό Δίκτυο Μεταγωγής και στη συνέχεια σε έναν καταχωρητή, όπως ακριβώς στη σηματοδοσία κοινού καναλιού του Σχήματος 5.11.

Τα δομοστοιχεία που απαρτίζουν το Κύκλωμα Απόληξης μιας αρτηρίας PCM, εκτός αυτών που αφορούν το κανάλι 16, χρησιμοποιούνται με τον ίδιο ακριβώς τρόπο και στην περίπτωση της γραμμής PRA-ISDN.

5.7 ΑΡΤΗΡΙΕΣ ΣΗΜΑΤΟΔΟΣΙΑΣ ΚΟΙΝΟΥ ΚΑΝΑΛΙΟΥ (CCS)

Στα ψηφιακά TK η CCS πραγματοποιείται με βάση την προδιαγραφή No.7 της CCITT. Η CCS εξυπηρετείται από αμφίδρομο (full duplex) ψηφιακά κανάλια ταχύτητας 64Kbps, τα οποία αναφέρονται ως κανάλια κοινής σηματοδοσίας (common signaling channel - CSC). Στην πράξη, τα κανάλια CSC δημιουργούνται χρησιμοποιώντας μία οποιαδήποτε κανονική χρονοθυρίδα (κανάλι φωνής) μιας αρτηρίας PCM εκτός από αυτή με αριθμό 16 (Σχήμα 5.11).



Σχήμα 5.11. Δρομολόγηση σημάτων σηματοδοσίας CAS, BRA-ISDN και CCS σε ψηφιακό TK

Τα εισερχόμενα κανάλια CSC στο TK μετά από τα κυκλώματα απόληξης των αρτηριών PCM και PRA-ISDN δομοολογούνται μέσα από το ψηφιακό Δίκτυο Μεταγωγής στα Κυκλώματα Απόληξης CCS. Τα εξερχόμενα κανάλια CSC ακολουθούν τον αντίστροφο δρόμο. Σημειώνεται ότι το κανάλι D της αρτηρίας PRA-ISDN ακολουθεί μία ανάλογη πορεία μέσα από το Δίκτυο Μεταγωγής.

Το Κύκλωμα Απόληξης CCS βλέπει στο εισερχόμενο κανάλι ένα αδιάλειπτο ρεύμα από bits (bit stream) που μεταδίδεται με ομοιόμορφο δυαδικό ρυθμό (bit rate). Ομοίως, στην έξοδο, δημιουργείται ένα αντίστοιχο ρεύμα. Τα δύο αυτά ρεύματα από bits οργανώνονται σε πλαίσια (*frames*). Κατά την εισερχόμενη διεύθυνση, το Κύκλωμα Απόληξης εκτελεί το συγχρονισμό των εισερχόμενων ρευμάτων από bits σε στάθμη bit (*bit level synchronization*). Όταν αυτό δεν είναι εφικτό, το κύκλωμα απόληξης CCS ενημερώνει τον Κοινό Έλεγχο.

Μετά το συγχρονισμό σε στάθμη bit, το Κύκλωμα Απόληξης CCS αποκτά το *συγχρονισμό του πλαισίου*, διαβάζοντας τα αρχικά bits του πλαισίου, έτσι ώστε να αντιλαμβάνεται σωστά την αρχή, το περιεχόμενο και το τέλος κάθε πλαισίου. Η διαδικασία συγχρονισμού του πλαισίου γίνεται σύμφωνα με τη διαδικασία που ορίζει η προδιαγραφή No.7 της CCITT και βασίζεται στην ταυτοποίηση συγκεκριμένων επαναλαμβανόμενων προτύπων μέσα στα εισερχόμενα ρεύματα από bits. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται σε κάθε εισερχόμενο πλαίσιο.

Κάθε πλαίσιο έχει δική του *αριθμοδότηση* και διαθέτει *εσωτερικό πλεονασμό*. Η αριθμοδότηση χρησιμοποιείται στην αναμετάδοση των πλαισίων που δεν έφτασαν σωστά στον προορισμό τους. Ο εσωτερικός πλεονασμός κάθε πλαισίου βοηθάει το Κύκλωμα Απόληξης CCS στον έλεγχο του πλαισίου και στην πιστοποίηση της ορθότητας του πλαισίου (γίνεται συνήθως με την εισαγωγή κάποιων bits μέσα στο πλαίσιο). Τα πλαίσια που δεν είναι απαλλαγμένα σφάλματος (*error free*), απορρίπτονται.

Κατά συνέπεια, το Κύκλωμα Απόληξης CCS πραγματοποιεί τοπικά τις λειτουργίες συγχρονισμού σε στάθμη bit και πλαίσιο, μετασχηματίζει το κανάλι CCS και δημιουργεί μηνύματα με καθαρή / χρήσιμη πληροφορία. Για τη δημιουργία των μηνυμάτων χρησιμοποιείται ένας στοιχειώδης καταχωρητής (*elementary register*).

Τα μηνύματα που προέρχονται από τα διαφορετικά Κυκλώματα Απόληξης CCS του TK οδηγούνται στον Κοινό Έλεγχο μέσω μιας κοινής διεπαφής. Τα μηνύματα αυτά διακρίνονται σε δύο κατηγορίες, σε αυτά που προωθούνται μέσα από το TK και αφορούν διαβιβαστική κίνηση και σε αυτά που ανταλλάσσει ο Κοινός Έλεγχος με τα Κυκλώματα Απόληξης CCS για την πραγματοποίηση λειτουργιών επίβλεψης, ελέγχου και διάγνωσης.

Κατά τη διάρκεια της ενεργοποίησης των επικοινωνιακών πρωτοκόλλων, τα δύο Κυκλώματα Απόληξης, που διαχειρίζονται ένα κανάλι CCS, ελέγχουν το ένα το άλλο για να εξασφαλίσουν ότι και τα δύο εργάζονται σωστά. Με αυτόν τον τρόπο, κάθε Κύκλωμα Απόληξης καθορίζει με τον δικό του Τοπικό Ελεγκτή το εάν, τότε και με ποια λογική οτιδήποτε στο κανάλι CCS δεν εργάζεται σωστά. Στον ίδιο χρόνο, από την δική του πλευρά ο Κοινός Έλεγχος λαμβάνει τις αποκρίσεις των δύο Κυκλωμάτων Απόληξης (που υπάγονται σε αυτόν) και ξεκινά τις σχετικές λειτουργίες ελέγχου και διάγνωσης.

Ο Τοπικός Ελεγκτής του Κυκλώματος Απόληξης CCS εκτελεί λειτουργίες ελέγχου οι οποίες εντάσσονται στο κατώτερο (πρώτο) επίπεδο ελέγχου του TK. Λόγω της πολυπλοκότητας και της φύσης των λειτουργιών αυτών, το κατώτερο επίπεδο ελέγχου έχει αποσπαστεί από τον Κοινό Έλεγχο και έχει μεταφερθεί στο κύκλωμα απόληξης. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, ο Τοπικός Ελεγκτής να αποκτήσει μια σημαντική ικανότητα επεξεργασίας και να είναι χτισμένο γύρω από έναν ή περισσότερους μικροεπεξεργαστές.

Επίσης, μερικές από τις λειτουργίες του, όπως για παράδειγμα αυτές που σχετίζονται με τον έλεγχο λαθών μέσα στα πλαίσια ή με τον συγχρονισμό των πλαισίων, πραγματοποιούνται με την βοήθεια ειδικών εξαρτημάτων VLSI (*very large scale integration*) που είναι χτισμένα με βάση τις προδιαγραφές της CCITT.

5.8 ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΣΥΝΔΡΟΜΗΤΙΚΕΣ ΓΡΑΜΜΕΣ (DSL)

Η τεχνολογία πρόσβασης που αναφέρεται ως *ψηφιακές συνδρομητικές γραμμές (Digital Subscriber Line – DSL)* έχει σαν στόχο την πλήρη αξιοποίηση του φάσματος των χάλκινων συνεστραμμένων δισύρματων αγωγών που χρησιμοποιούνται στο συνδρομητικό δίκτυο. Πριν από την τεχνολογία DSL η χωρητικότητα των εγκατεστημένων χάλκινων αγωγών παρέμενε ουσιαστικά αχρησιμοποίητη, καθώς η απλή παλιά τηλεφωνική υπηρεσία (POTS) χρησιμοποιεί το φάσμα συχνοτήτων από 0 έως 4KHz, το οποίο αντιστοιχεί σε λιγότερο από το 1% του διαθέσιμου φάσματος της γραμμής. Αντίστοιχα, στην περίπτωση του ISDN ο χάλκινος βρόχος χρησιμοποιείται από 80 έως 120KHz, δηλαδή κατά 10% και το υπόλοιπο φάσμα που είναι περίπου 1MHz παραμένει ανεκμετάλλευτο.

Η τεχνολογία πρόσβασης DSL εξελίχτηκε σε διάφορες παραλλαγές, οι κυριότερες των οποίων περιγράφονται σύντομα στη συνέχεια.

Ολοκληρωμένη DSL (Integrated DSL – IDSL). Η IDSL είναι μια σχετικά απλή τεχνολογία που χρησιμοποιεί την κωδικοποίηση 2B1Q του ISDN, αλλά χωρίς να διαιρεί το εύρος ζώνης σε 2B+D κανάλια. Έτσι ολόκληρο το εύρος των 144 Kbps διατίθεται για τη συμμετρική μεταφορά δεδομένων σε απόσταση μέχρι 8.5Km.

Συμμετρική DSL (Symmetric DSL – SDSL). Η SDSL είναι ουσιαστικά μια ταξινόμηση που εφαρμόζεται σε έναν αριθμό από ιδιογενείς (proprietary) τεχνολογίες και επιτρέπει συμμετρική συνδετικότητα πάνω από ένα χάλκινο δισύρματο καλώδιο. Η τεχνολογία SDSL χρησιμοποιεί (στις περισσότερες υλοποιήσεις) την κωδικοποίηση 2B1Q υποστηρίζοντας ρυθμούς μετάδοσης 128, 192, 384, 512, 768 και 1152Kbps σε απόσταση μέχρι 8.5Km.

Ασύμμετρη DSL (Asymmetric DSL – ADSL). Η τεχνολογία ADSL είναι η πλέον περίπλοκη τεχνολογία DSL και δίνει τη δυνατότητα μεταφοράς Mbits από data μαζί με κλασσικά κανάλια POTS και ISDN να μεταδίδονται μέσα από μια δισύρματη χάλκινη γραμμή σε απόσταση 5-7Km. Ο ρυθμός μετάδοσης των data από το δίκτυο προς το συνδρομητή μπορεί να φθάσει τα 8Mbps και αναφέρεται ως συρρευματικός (downstream). Στην αντίθετη κατεύθυνση, ο ρυθμός μετάδοσης των data από τον συνδρομητή προς το δίκτυο μπορεί να φθάσει τα 0.8Mbps και αναφέρεται ως αντιρρευματικός (upstream). Η διάθεση δεκαπλάσιου ρυθμού μετάδοσης στη συρρευματική κατεύθυνση έναντι της αντιρρευματικής είναι που χαρακτηρίζει της γραμμή ADSL ως ασύμμετρη.

Υψηλής ταχύτητας DSL (High-Speed DSL – HDSL). Η HDSL είναι κατάλληλο να μεταφέρει πάνω από τη δισύρματη γραμμή κίνηση από συμμετρικά σήματα τύπου T1 (1.5Mbps) και E1 (2Mbps). Η HDSL έχει χρησιμοποιηθεί για τη διανομή εμπορικών υπηρεσιών πάνω από μισθωμένες γραμμές (leased lines) με ρυθμούς T1 και E1, ή σαν το μέσο για την μεταφορά πολλαπλών καναλιών φωνής (24 ή 30) από το TK προς τους συνδρομητές (ένας τύπος συγκεντρωτή γραμμών).

Υπέρ-Υψηλής ταχύτητας DSL (Very High-Speed DSL – VDSL). Η VDSL είναι σχεδιασμένο να υποστηρίζει στο χρήστη ευρυζωνικές εφαρμογές μέσα από ένα συρρευματικό ρυθμό μετάδοσης 52Mbps και ένα αντιρρευματικό ρυθμό μετάδοσης 34Mbps. Η VDSL μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε περιπτώσεις όπου το συνδρομητικό δίκτυο αποτελείται στο μεγαλύτερο μέρος του από οπτικό δίκτυο και ένα μικρό μέρος του, αυτό που είναι κοντά στο συνδρομητή, είναι χάλκινο. Αυτό το οπτικό δίκτυο αναφέρεται ως *πλήρες υπηρεσιών δίκτυο πρόσβασης (Full Service Access Network – FSAN)*. Το FSAN τερματίζει συνήθως σε ένα τερματικό σημείο που εγκαθίσταται, για παράδειγμα, σε ένα συγκρότημα κτηρίων, σε μία καμπίνα δρόμου (street cabinet) ή σε έναν ακραίο διακλαδωτή (curb).

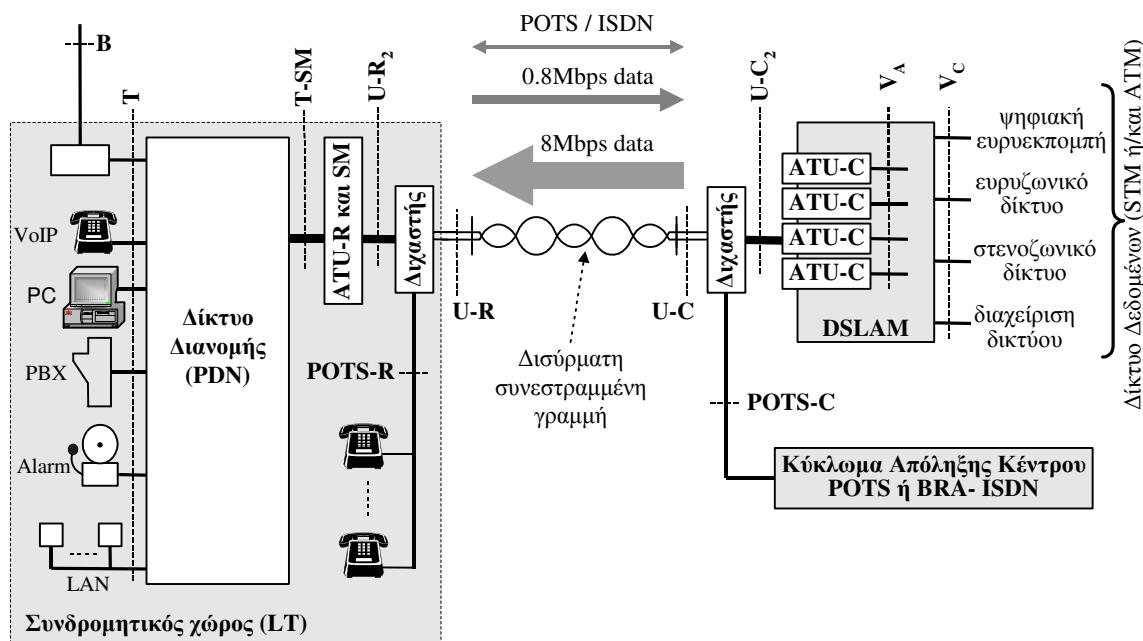
Η τεχνολογία ADSL είναι αυτή που έχει επιλεγεί σαν η καταλληλότερη για το δημόσιο Ελληνικό Δίκτυο και για το λόγο αυτό θα αναλυθεί εκτενώς στη συνέχεια.

5.9 ΑΣΥΜΕΤΡΕΣ ΣΥΝΔΡΟΜΗΤΙΚΕΣ ΓΡΑΜΜΕΣ (ADSL)

Στο Σχήμα 5.12 δείχνονται οι λειτουργικές μονάδες, τα δομοστοιχεία και τα σημεία αναφοράς που περιλαμβάνονται από άκρο σε άκρο ενός συνδρομητικού κυκλώματος ADSL. Η δομή και τα χαρακτηριστικά των δομοστοιχείων και σημείων αναφοράς έχουν καθοριστεί από το DSL Forum (www.dslforum.org).

Η τεχνολογία ADSL επιτρέπει την πολύπλεξη πάνω από τη δισύρματη συνεστραμμένη συνδρομητική γραμμή τριών πλήρως διακριτών συρμών δεδομένων:

- Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει σήματα φωνής που δομούνται σύμφωνα με την τεχνολογία POTS ή ISDN και ανταλλάσσονται μεταξύ του συνδρομητή και του ΤΚ μέσα από τις μονάδες απόληξης που περιγράφηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια.
- Η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει τα αντιρρευματικά data που συλλέγονται από τον ψηφιακό Τερματικό Εξοπλισμό (TE), που ευρίσκεται στο συνδρομητικό χώρο, πολυπλέκονται και αποστέλλονται σε ένα Δίκτυο Δεδομένων με ένα μέγιστο ρυθμό 0.8Mbps.
- Η τρίτη κατηγορία περιλαμβάνει τα συρρευματικά data που αποστέλλονται από το Δίκτυο Δεδομένων προς τον TE με ένα μέγιστο ρυθμό 8Mbps.



Σχήμα 5.12. Λειτουργικές μονάδες και σημεία αναφοράς συνδρομητικό κυκλώματος ADSL (Μοντέλο αναφοράς του ADSL Forum)

Η πολύπλεξη των παραπάνω τριών κατηγοριών πληροφορίας επιτυγχάνεται με τη χρήση ειδικών τεχνικών διαμόρφωσης πάνω από την δισύρματη γραμμή. Οι σημαντικότερες τεχνικές διαμόρφωσης που χρησιμοποιούνται είναι:

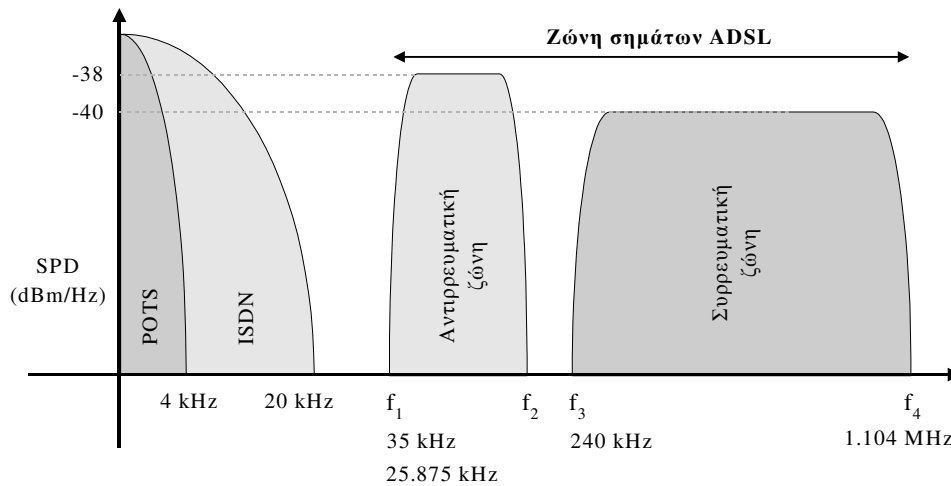
- η διαμόρφωση πλάτους και φάσης χωρίς φέρονσα (*Carrierless Amplitude / Phase modulation – CAP*) και
- η διαμόρφωση διακριτών πολλαπλών τόνων (*Discrete Multitone modulation – DMT*).

Η τεχνική DMT είναι αυτή που έχει επικρατήσει και χρησιμοποιείται ευρέως αλλά κρίνεται αναγκαία η ανάλυση και της τεχνικής CAP λόγω των πολλών πλεονεκτημάτων που παρουσιάζει σε πολλές περιπτώσεις.

5.9.1 Διαμόρφωση πλάτους και φάσης χωρίς φέροσα (CAP)

Η διαμόρφωση πλάτους και φάσης χωρίς φέροσα (CAP) βασίζεται σε δύο διακριτές φέρουσες ζώνες, μία συρρευματική (downstream) και μία αντιρρευματική (upstream) που χρησιμοποιούν το μεγαλύτερο μέρος του εύρους ζώνης της γραμμής.

Το Σχήμα 5.13 δείχνει την κατανομή του φάσματος της γραμμής που περιλαμβάνει την κίνηση από POTS ή ISDN στη ζώνη βάσης (baseband). Η συρρευματική φέροσα ζώνη ADSL οριοθετείται από τις συχνότητες f_1 και f_2 ενώ η αντιρρευματική ζώνη από τις συχνότητες f_3 και f_4 . Στο Σχήμα 5.12 δείχνεται επίσης η φασματική πυκνότητα ισχύος (spectral power density –SPD) των δύο αυτών φέρουσων ζωνών.



Σχήμα 5.13. Κατανομή φάσματος γραμμής στο ADSL κατά CAP

Πίνακας 5.2: Φάσματα συχνοτήτων σημάτων ADSL στην CAP

Συρρευματική ζώνη				Αντιρρευματική ζώνη			
Baud Rate (Kbaud)	Bit Rate (Kbps)	Συχνότητα Αρχής (f3 (KHz))	Συχνότητα Τέλους (f4 (KHz))	Baud Rate (Kbaud)	Bit Rate (Kbps)	Συχνότητα Αρχής (f1 (KHz))	Συχνότητα Τέλους (f2 (KHz))
136	1088	240	396.4	85	680	35	132.75
340	2720	240	631.0	136	1088	35	191.4
680	5440	240	1022.0				
952	7616	240	1334.8				
1088	8704	240	1491.2				

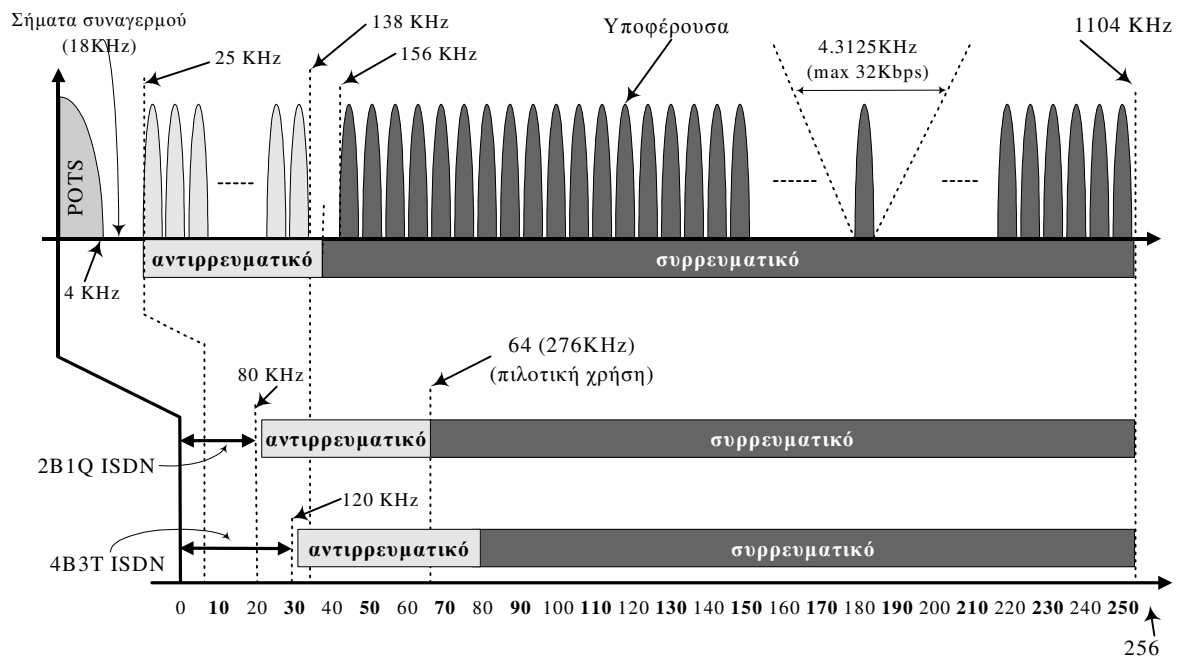
Η τεχνολογία CAP καθορίζει έναν συγκεκριμένο αριθμό ρυθμών συρρευματικής και αντιρρευματικής μετάδοσης, όπως φαίνεται στον Πίνακα 5.2.

Τα ADSL modems που βασίζονται στην CAP, εκτός από τα POTS ή το ISDN, είναι ικανά να χειρίζονται data (σήματα ADSL) που:

- δεν είναι ευαίσθητα στην καθυστέρηση (latency) και μεταφέρονται είτε μέσα σε πακέτα ή κελιά ATM (κλάση A),
- είναι ευαίσθητα στην καθυστέρηση και μεταφέρονται από ένα σύγχρονο κανάλι, όπως για παράδειγμα ένα δεύτερο κανάλι ISDN που μεταδίδεται μέσα στη ζώνη του ADSL (Κλάση B). Το κανάλι αυτό σπάνια συναντάται στις μέχρι τώρα υλοποιήσεις.
- Απαιτούνται για την παρακολούθηση (monitoring) και την αντιμετώπιση βλαβών (troubleshooting) του modem. Το κανάλι αυτό αναφέρεται ως *Ενσωματωμένο Κανάλι Λειτουργιών (Embedded Operations Channel – EOC)*.

5.9.2 Διαμόρφωση διακριτών πολλαπλών τόνων (DMT)

Η διαμόρφωση διακριτών πολλαπλών τόνων (DMT) κωδικοποιεί τα data (σήματα ADSL) μέσα σε έναν αριθμό από στενοζωνικές υποφέρουσες (narrow subcarriers) που μεταφέρονται σε μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα απ' ό,τι στο CAP. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.14, το συνολικό εύρος φάσματος της γραμμής (1104KHz) αποτελείται από 256 στενοζωνικές υποφέρουσες με εύρος συχνοτήτων 4.3125KHz η κάθε μία.



Σχήμα 5.14. Κατανομή φάσματος γραμμής στο ADSL κατά DMT

Μέσα στο DMT η 0^η υποφέρουσα (0KHz - DC) δεν χρησιμοποιούνται ποτέ, η υποφέρουσα 64 (276KHz) χρησιμοποιείται για πιλοτικές δοκιμές ενώ η 256^η υποφέρουσα δεν χρησιμοποιείται για τη μεταφορά data. Το κατώτερο όριο για τη μεταφορά των data στην αντιρρευματική κατεύθυνση καθορίζεται από τα φίλτρα των POTS/ISDN. Το όριο αυτό καθορίζει επίσης και τα σημεία διαχωρισμού του άξονα των συχνοτήτων σε υποφέρουσες και στις δύο κατευθύνσεις (αντιρρευματική και συρρευματική). Ειδικότερα το εύρος ζώνης της γραμμής διαχωρίζεται κατά διαφορετικό τρόπο ανάλογα με το αν μεταφέρεται POTS ή ISDN ως ακολούθως (Πίνακας 5.3).

Πίνακας 5.2: Φάσματα συχνοτήτων στην DMT

256η υπο-φέρουσες με εύρος συχνότητας 4.3125KHz η κάθε μία		
Υπο-φέρουσες	Συχνότητα	Σημασία
0	0 Hz	DC- δεν χρησιμοποιείται για data
5	25 KHz	Κατώτερο όριο για αντιρρευματικά data σε POTS
18	80 KHz	Προσεγγιστικό ανώτερο όριο για 2B1Q ISDN
28	120 KHz	Προσεγγιστικό ανώτερο όριο για 4B3T ISDN
32	138 KHz	Ανώτερο όριο για αντιρρευματικά data σε POTS
64	276 KHz	Πιλότος – δεν χρησιμοποιείται για data
128	1104 KHz	Nyquist - δεν χρησιμοποιείται για data

Μεταφορά POTS. Η ζώνη συχνοτήτων 0-4KHz (υποφέρουσα-1) χρησιμοποιείται για τη μεταφορά του POTS. Οι υποφέρουσες 2-5 χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά ειδικών σημάτων συναγερμού (π.χ. από εταιρείες security). Η αντιρρευματική ζώνη του ADSL μεταφέρεται στις υποφέρουσες από 5 (25KHz) έως και 31 (138KHz). Η συρρευματική ζώνη του ADSL μεταφέρεται στις υποφέρουσες από 36 (156KHz) έως και 255 (1104KHz). Η υποφέρουσα-32 παραμένει αχρησιμοποίητη. Ο διαχωρισμός του POTS από την αντιρρευματική ζώνη του ADSL έχει καθοριστεί στα 20KHz.

Μεταφορά 2B1Q-ISDN. Η ζώνη συχνοτήτων 0-80KHz (υποφέρουσες 1-17) χρησιμοποιείται για τη μεταφορά κωδικοποιημένου ISDN κατά τον τύπο 2B1Q. Η αντιρρευματική ζώνη του ADSL μεταφέρεται στις υποφέρουσες από 18 (80KHz) έως 63 (272KHz). Η συρρευματική ζώνη του ADSL μεταφέρεται στις υποφέρουσες από 65 (280KHz) έως και 255 (1104KHz).

Μεταφορά 4B3T –ISDN (χρησιμοποιείται κυρίως στη Γερμανία). Η ζώνη συχνοτήτων 0-120KHz (υποφέρουσες 1-27) χρησιμοποιείται για τη μεταφορά κωδικοποιημένου ISDN κατά τον τύπο 4B3T. Η ζώνη του ADSL μεταφέρεται στις υποφέρουσες από 28 (120KHz) έως και 255 (1104KHz).

Για τη διαμόρφωση των data, μέσα σε κάθε υποφέρουσα χρησιμοποιείται ένας αντίστροφος διακριτός μετασχηματισμός Fourier (Inverse Discrete Fourier Transform –IDFT). Το DMT-modem μπορεί να διαμορφώσει την κάθε υποφέρουσα σε μία διαφορετική πυκνότητα από bits. Ανάλογα με το λόγο σήμα / θόρυβο της γραμμής κάθε υποφέρουσα μπορεί να φθάσει μέχρι ένα μέγιστο 15 bits/sec/Hz που αντιστοιχεί σε ρυθμό μετάδοσης 60 Kbps.

Στις χαμηλές συχνότητες όπου υπάρχει λιγότερη παρεμβολή (interference), η γραμμή μπορεί να υποστηρίξει κατά μέσον όρο 10 bits/sec/Hz, δηλαδή ρυθμός μετάδοσης περίπου 40 Kbps ανά υποφέρουσα (στην πράξη χρησιμοποιείται ρυθμός 32Kbps). Σε μεγαλύτερες συχνότητες αυτό μπορεί να πέσει στα 4 bits/sec/Hz με αντίστοιχη μείωση του εύρους ζώνης της κάθε υποφέρουσας στα 18 Kbps (στην πράξη χρησιμοποιείται ρυθμός 16Kbps). Σε εξαιρετικές περιπτώσεις, μερικές υποφέρουσες “σιγούν” λόγω της παρεμβολής.

Ο παραπάνω τρόπος χρήσης των υποφερουσών είναι ένας από τους λόγους που το DMT είναι πιο σύνθετο από το CAP σε ότι αφορά τις απαιτήσεις επεξεργασίας σήματος. Όμως το πρόβλημα αυτό έχει ήδη ξεπεραστεί από τις σύγχρονες τεχνικές ψηφιακής επεξεργασίας σήματος (DSP).

Κατά την φάση της αρχικής εγκατάστασης των δομοστοιχείων ADSL στο συνδρομητικό χώρο απαιτείται να γίνονται μετρήσεις για τον έλεγχο της απόδοσης της συνδρομητικής γραμμής έτσι ώστε να παγιώνεται ο ρυθμός μετάδοσης της κάθε υποφέρουσας. Μετά από τις ρυθμίσεις είναι δυνατή η χρήση της κάθε υποφέρουσας χωριστά ή σε ομάδες έτσι ώστε να δημιουργούνται μονόδρομα ή αμφίδρομα κανάλια υψηλής ταχύτητας (π.χ. $n \times 32\text{Kbps}$), για την υποστήριξη σύνθετων εφαρμογών

πολυμέσων. Για το σκοπό αυτό το DMT επιτρέπει τόσο σύγχρονο (Synchronous Transfer Mode – STM) όσο και ασύγχρονο (Asynchronous Transfer Mode – ATM) τρόπο μετάδοσης δεδομένων.

Πέρα δε από τα κανάλια αυτά, το DMT δημιουργεί ένα αμφίδρομο Ενσωματωμένο Κανάλι Λειτουργιών (EOC) που χρησιμοποιείται για λειτουργίες συντήρησης εντός ή εκτός υπηρεσίας και για τη λήψη από τη μονάδα «ATU-C» σημάτων κατάστασης (status) που προέρχονται από τη μονάδα «ATU-R» (Σχήμα 5.12).

5.9.3 Απόληξη γραμμής ADSL στο χώρο του συνδρομητή (LT)

Ο χώρος του συνδρομητή (οικιακός ή επαγγελματικός) μπορεί να περιλαμβάνει διαφόρους τύπους τερματικών συσκευών, όπως για παράδειγμα PC, PBX, IP τηλέφωνα, τηλεόραση, LAN, Συστήματα Συναγερμού (Σχήμα 5.12). Ειδικού τύπου συσκευές είναι αυτές που ολοκληρώνουν PC με δυνατότητες διαφυλιστή (browser) σε χαμηλού κόστους συσκευασίες, που αναφέρονται ως κουτιά κορυφής (set top box), και απευθύνονται στους χρήστες του Internet που επιθυμούν να χρησιμοποιούν την τηλεόραση σαν monitor (WebTV).

Στο Σχήμα 5.12 δείχνονται οι λειτουργικές μονάδες και τα σημεία αναφοράς του κυκλώματος απόληξης του ADSL στο χώρο του συνδρομητή (LT). Όπως στο ISDN, έτσι και στο ADSL οι λειτουργικές μονάδες του ADSL-LT αναφέρονται από την ITU ως *εξοπλισμός πελάτη (Customer Premise Equipment – CPE)*.

Η μονάδα *Δίκτυο Διανομής (Premises Distribution Network – PDN)* χειρίζεται όλες τις διεπαφές που απαιτούν οι διάφοροι τύποι CPE ώστε να συνδεθούν με το Κύκλωμα Απόληξης ADSL. Σαν παράδειγμα αναφέρονται οι διεπαφές Ethernet (περιλαμβανομένου του Fast Ethernet), ATM, USB. Στο άμεσο μέλλον πρόκειται να εφαρμοστεί η σειριακή διεπαφή IEEE-1394 (επίσης γνωστή ως Firewire) που είναι κατάλληλη για ατομικούς οικιακούς χρήστες (single room) και η διεπαφή HomePNA (home phonenumber networking alliance) που υλοποιεί ένα δίκτυο κορμού (backbone) στο χώρο του συνδρομητή με χρήση ειδικού τύπου δομημένης καλωδίωσης.

Το PDN (όπως το NT2 στο ISDN) διασφαλίζει στο χώρο του συνδρομητή λειτουργίες μεταγωγής, πολύπλεξης και / ή συγκέντρωσης. Επίσης, το PDN ενεργεί ως διανεμητής υπηρεσιών στις διατάξεις CPE που είναι διασυνδεδεμένες με αυτό εκτελώντας λειτουργίες μετατροπής πρωτοκόλλων και λειτουργίες διανομής. Μία από τις κύριες λειτουργίες διανομής αφορά στη σηματοδότηση των CPE στο δίκτυο. Το PDN είναι υπεύθυνο για την σηματοδότηση ολόκληρου του συνδρομητικού χώρου..

Η *Απομακρυσμένη Τερματική Μονάδα ADSL (ADSL Terminating Unit - Remote: ATU-R)* αποτελεί τον πυρήνα του κυκλώματος απόληξης ADSL-LT. Το ATU-R δύναται να έχει πολλές διαρθώσεις (configurations) ανάλογα με τον τύπο του χρήστη, τις προσφερόμενες υπηρεσίες, την χρησιμοποιούμενη τεχνολογία καθώς και το κανονιστικό και επιχειρηματικό πλαίσιο στο οποίο κινείται ο χρήστης. Γενικά διακρίνονται οι παρακάτω δύο τύποι ATU-R:

- Οι *παθητικού τύπου ATU-R* που προσφέρουν άμεση συνδετικότητα σε τερματικές συσκευές (CPE) χωρίς τη μεσολάβηση του PDN και παρουσιάζουν τη μικρότερη δυνατή πολυπλοκότητα. Στην πιο απλή περίπτωση οι λειτουργίες ATU-R ολοκληρώνονται μέσα στην motherboard του PC ή σε μία εξωτερική γέφυρα (bridge) ή σε ένα κουτί κορυφής (set top box). Σε πολλές περιπτώσεις ο συνδρομητικός βρόχος χρησιμοποιείται για τη μεταφορά μόνο της ζώνης των σημάτων ADSL και όχι σήματα POTS ή ISDN. Στην περίπτωση αυτή δεν χρησιμοποιείται ο Διχαστής και η γραμμή τερματίζει απευθείας στο ATU-R.
- Οι *ενεργού τύπου ATU-R* που προσφέρουν πλήρεις δυνατότητες δρομολόγησης δεδομένων σε ένα πλήθος από ετερογενείς CPE.

Το *Δομοστοιχείο Υπηρεσίας (Service Module - SM)* αναλαμβάνει να προσαρμόσει τα τυποποιημένα σήματα που εξέρχονται από το ATU-R σε σήματα κατάλληλα να αναγνωριστούν από ένα συγκεκριμένου τύπου PDN. Το SM συνήθως είναι ενσωματωμένο στο ATU-R.

Ο *Διχαστής σημάτων POTS/ISDN (Splitter)* είναι η μονάδα που διασυνδέει το συνδρομητικό χώρο με το συνδρομητικό βρόχο. Η βασική λειτουργία του είναι να διαχωρίσει τη βασική ζώνη συχνοτήτων του POTS ή του ISDN από την αντίστοιχη ζώνη του ADSL χρησιμοποιώντας ένα κατωδιαβατό φίλτρο (LPF). Στην περίπτωση του POTS το φίλτρο έχει σαν άνω όριο τα 20KHz. Η έξοδος POTS συνδέεται με ένα ή περισσότερα τηλέφωνα ενώ στην περίπτωση του ISDN η έξοδος του Διχαστή οδηγείται σε μία μονάδα NT1.

Η διασύνδεση των παραπάνω μονάδων του συνδρομητικού χώρου (LT) καθορίζεται από συγκεκριμένου τύπου διεπαφές (σημεία αναφοράς), που είναι τα U-R, U-R₂, T-SM, T και B. Όπως στο ISDN, έτσι και στο ADSL η σπουδαιότητα των σημείων αναφοράς έγκειται στο γεγονός ότι επιτρέπεται η χρήση διαφορετικών πρωτοκόλλων σε κάθε σημείο αναφοράς.

5.9.4 Απόληξη γραμμής ADSL στο χώρο του δικτύου (ET)

Στο χώρο του TK, όλες οι δέσμες γραμμών ADSL τερματίζουν σε έναν Κεντρικό Κατανεμητή (Main Distribution Frame – MDF). Ο Κεντρικός Κατανεμητής ενεργεί ως ένας διασταυρωτής / μεικτονομητής (cross-connect) μεταξύ των συνδρομητικών βρόχων και της ενδοκτιριακής καλωδιακής υποδομής του TK επιτρέποντας λειτουργίες επισκευής και αντιμετώπισης βλαβών (troubleshooting) καθώς επίσης και τον έλεγχο της σύνδεσης των χρηστών (διακοπή, επανασύνδεση, κλπ). Μέσα στον Κεντρικό Κατανεμητή υπάρχουν διάφορες εναλλακτικές επιλογές μεικτονόμησης των γραμμών ADSL.

Η πρώτη και η καλύτερη επιλογή περιλαμβάνει την άμεση μεικτονόμηση των γραμμών ADSL σε Διχαστές που είναι τοποθετημένοι πάνω στον Κεντρικό Κατανεμητή όπου τα σήματα POTS/ISDN (σήματα φωνής) διαχωρίζονται από τα ADSL data. Κάθε συνδρομητική γραμμή εξυπηρετείται από έναν ατομικό Διχαστή. Τα σήματα φωνής μεταφέρονται στα αντίστοιχα Κυκλώματα Απόληξης του TK ενώ τα ADSL data οδηγούνται σε ένα ικρίωμα (rack) όπου είναι τοποθετημένα τα ADSL modems.

Τα ADSL modems στην πλευρά του TK αναφέρονται ως *Κεντρικές Τερματικές Μονάδες ADSL (ADSL Terminating Units - Central: ATU-C)* (Σχήμα 5.12). Το ικρίωμα με τα ATU-R αναφέρεται ως *Πολυπλέκτης Πρόσβασης DSL (DSL Access Multiplexer – DSLAM)*.

Εάν ο Κεντρικός Κατανεμητής δεν διαθέτει χώρο για την εγκατάσταση των Διχαστών, αυτοί τοποθετούνται στον DSLAM μαζί με τα ATU-C. Στην περίπτωση αυτή οι γραμμές POTS/ISDN επιστρέφουν (με ξεχωριστά ζεύγη γραμμών) στον Κεντρικό Κατανεμητή όπου μεικτονομούνται και στη συνέχεια οδηγούνται στο TK. Σημειώνεται ότι η επιλογή αυτή εισάγει μεγάλη πολυπλοκότητα σε θέματα καλωδίωσης.

5.9.4.1 Αρχιτεκτονική δομή του DSLAM

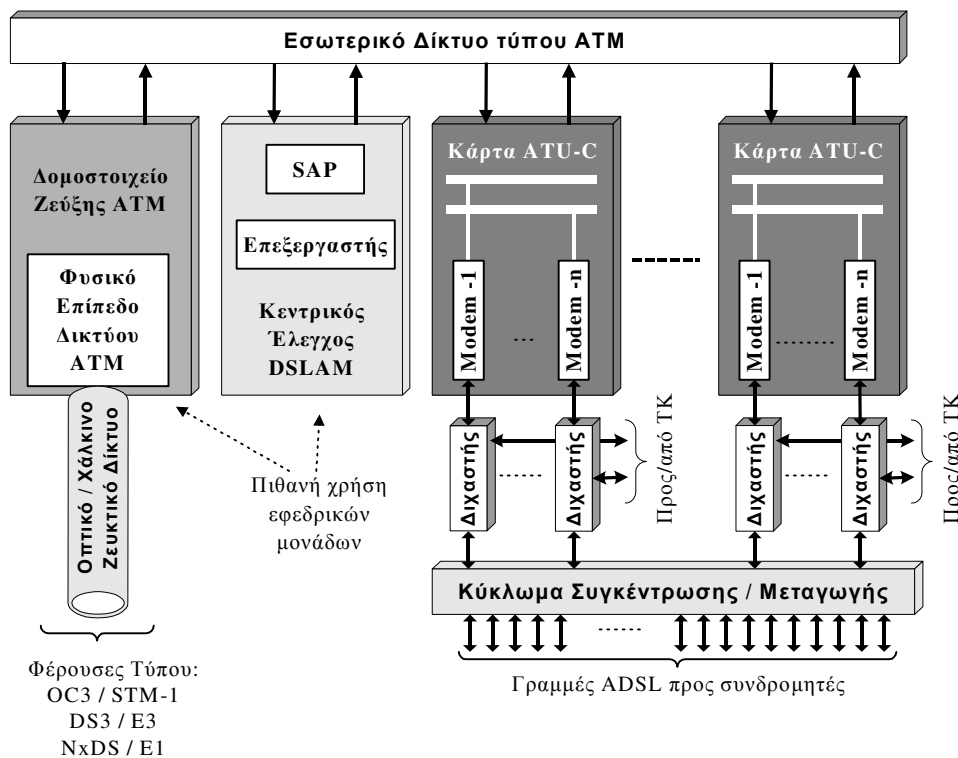
Οι DSLAM θεωρούνται ως οι σημαντικότερες μονάδες των κυκλωμάτων ADSL και στην υλοποίησή τους έχουν ακολουθηθεί αρκετές διαφορετικές αρχιτεκτονικές δομές. Μία βασική αρχιτεκτονική του DSLAM δείχνεται στο Σχήμα 5.15.

Στις περισσότερες υλοποιήσεις στην είσοδο του DSLAM υπάρχει ένα *Κύκλωμα Συγκέντρωσης* έτσι ώστε ένας μεγαλύτερος αριθμός συνδρομητών να μπορεί να εξυπηρετηθεί από έναν μικρότερο αριθμό από ATU-C. Οι συνδρομητικοί βρόχοι τερματίζουν στο Κύκλωμα Συγκέντρωσης το οποίο στη συνέχεια τους συνδέει στο *Κύκλωμα Μεταγωγής*. Όταν ο χρήστης ενεργοποιεί τον Τερματικό του Εξοπλισμό (CPE), τότε αυτόματα το Κύκλωμα Μεταγωγής συνδέει το βρόχο σε ένα διαθέσιμο *ATU-C* δημιουργώντας ένα μονοπάτι από άκρο-σε-άκρο.

Κάθε έξοδος του Κυκλώματος Μεταγωγής οδηγεί σε έναν Διχαστή. Επισημαίνεται ότι η χρήση του Κυκλώματος Συγκέντρωσης διευκολύνει στην περίπτωση όπου στον DSLAM έχουν ενσωματωθεί οι Διχαστές POTS/ISDN. Στη συνέχεια η έξοδος του κάθε Διχαστή οδηγείται σε ένα ATU-C. Συνήθως το ικρίωμα του DSLAM έχει τη δυνατότητα να δεχτεί πάνω στο πλαίσιο του (chassis) μέχρι 64 ATU-C.

Με τη χρήση του Κυκλώματος Συγκέντρωσης, ένας DSLAM μπορεί να διαθέτει 32 ATU-C για να εξυπηρετεί 64 συνδρομητές, γεγονός που επιτρέπει 2:1 υπέρβαση στην εγγραφή συνδρομητών (oversubscription). Αυτό επιτρέπει διαμοίραση των ATU-C παρότι το ADSL παρέχεται στους συνδρομητές ως μια “συνεχώς-ανοικτή” υπηρεσία. Αυτό γίνεται με δεδομένο ότι συνδρομητικές γραμμές δεν χρησιμοποιούνται με τον ίδιο τρόπο από τους χρήστες και σε πολύ μικρό ποσοστό δημιουργούν συνεχόμενη κίνηση.

Σε πολλές περιπτώσεις για την πλήρη ικανοποίηση των συνδρομητών, ο φορέας που παρέχει την υπηρεσία ADSL (Service Provider) εφαρμόζει στην πράξη διάφορα σενάρια με αντίστοιχη χρέωση, από την ανάθεση ενός ATU-C ανά συνδρομητή μέχρι την 5:1 υπέρβαση στην εγγραφή συνδρομητών. Υπενθυμίζεται ότι στα συνήθη επιλεγόμενα δίκτυα (μέσω αναλογικών ή ψηφιακών TK) η υπέρβαση για τους χρήστες του Internet ανέρχεται σε 10:1.



Σχήμα 5.15. Τυπική αρχιτεκτονική δομή ενός DSLAM με συγκέντρωση γραμμών ADSL

Εσωτερικά στον DSLAM υπάρχει ένα Εσωτερικό Δίκτυο. Το δίκτυο αυτό δημιουργεί ένα τοπικό δικτυακό επίπεδο (backplane) τύπου ATM το οποίο συνδέει τις κάρτες με τα ADSL CAP ή DMT Modems (ATU-C), με έναν κεντρικό επεξεργαστή και με ένα Δομοστοιχείο Ζεύξης ATM το οποίο περιλαμβάνει το κύκλωμα / διεπαφή προσαρμογής του εσωτερικού δικτύου ATM με τις εξωτερικές ζευκτικές γραμμές (μία ή περισσότερες εισερχόμενες και εξερχόμενες ζεύξεις).

Το Δομοστοιχείο Ζεύξης ATM δίνει τη δυνατότητα στον DSLAM να συνδέεται με ζευκτικά κυκλώματα διάφορων τύπων και ταχυτήτων. Για παράδειγμα σε μεγάλες περιοχές ή όπου υπάρχουν χρήστες που απαιτούν υψηλές ταχύτητες χρησιμοποιούνται ζεύξεις τύπου OC3, STM-1, DS3 και E3 ενώ σε μικρές περιοχές ζεύξεις τύπου NxDS και E1. Τα ζευκτικά κυκλώματα μεταφέρουν τα πολυπλεγμένα data σε (ή από) κεντρικούς κόμβους μεταγωγής πακέτων υψηλής απόδοσης (π.χ. ATM κόμβοι).

Σε πολλές υλοποιήσεις πολλοί DSLAM εγκαθίστανται στο ίδιο ή σε διπλανά ικρίωματα και η σύνδεσή τους με τον υπερκείμενο κόμβο μεταγωγής πακέτων data γίνεται δια μέσου μιας ειδικής μονάδας που αναφέρεται ως Αθροιστής (Aggregator). Ο Αθροιστής πραγματοποιεί δύο ζωτικές λειτουργίες:

- την προστασία των δεδομένων, κάνοντας χρήση για παράδειγμα ανασχετιστών (firewalls)
- τη βελτιστοποίηση της χρήσης του εύρους ζώνης του συνολικού καναλιού μετάδοσης, που είναι ένα κανάλι υψηλού κόστους λειτουργίας. Ειδικότερα, περιλαμβάνονται λειτουργίες μεταγωγής, δημιουργίας ιδεατών δικτύων (VPN), διαχείρισης εύρους ζώνης, κλπ.

5.9.4.2 Λειτουργία του DSLAM

Τα εισέρχονται στον DSLAM ADSL-data, συλλέγονται από τους Διχαστές POTS/ISDN, μέσω ειδικών διεπαφών, και στη συνέχεια δρομολογούνται σε αντίστοιχες κάρτες ATU-C. Στις κάρτες ATU-C απομονώνονται τα αντιρρευματικά data του κάθε συνδρομητή και δια μέσου του Εσωτερικού Δικτύου ATM οδηγούνται στο Δομοστοιχείο Ζεύξης ATM. Στο Δομοστοιχείο Ζεύξης ATM τα αντιρρευματικά data που προέρχονται από διαφορετικούς συνδρομητές πολυπλέκονται και στη συνέχεια οδηγούνται στο εξερχόμενο ζευκτικό δίκτυο. Ο συνολικός αριθμός data, ο τρόπος πολύπλεξής τους και η δομή των πλαισίων είναι άμεση συνάρτηση του τύπου της χρησιμοποιούμενης ζευκτικής γραμμής (π.χ. OC3, STM-1, DS3, E3, NxDS ή E1).

Στην αντίθετη κατεύθυνση, η εισερχόμενη στον DSLAM κίνηση (πολυπλεγμένα συρρευματικά data) οδηγείται στο Δομοστοιχείο Ζεύξης ATM όπου αποπολυπλέκεται. Στη συνέχεια τα αποπολυπλεγμένα data οδηγείται σε ελεύθερα ATU-C μέσω του Εσωτερικού Δικτύου ATM. Ανάλογα με τον αριθμό κλήσης του συνδρομητή στον οποίο απευθύνεται η επιμέρους κίνηση και με τη βοήθεια του Κυκλώματος Μεταγωγής επιλέγεται το κατάλληλο ATU-C.

Σημαντικό ρόλο στη διακίνηση της συρρευματικής και της αντιρρευματικής κίνησης παίζουν κάποιοι ειδικοί ταμιευτές (buffers) που ευρίσκονται στο Δομοστοιχείο Ζεύξης ATM και στις κάρτες με τα ATU-C. Οι ταμιευτές αυτοί πρέπει να υπάρχουν έτσι ώστε να εξομαλύνεται η κίνηση από και προς τους συνδρομητές ιδίως στην περίπτωση όπου διακινούνται data κατά ριπές (burst data) ή η κίνηση είναι πραγματικού χρόνου. Στους σύγχρονους DSLAM υπάρχει η δυνατότητα υποστήριξης κίνησης με πολλαπλά επίπεδα εξυπηρέτησης (QoS) δυνατότητα εξαιρετικά χρήσιμη σε εφαρμογές πολυμέσων και όπου για παράδειγμα απαιτείται η διασύνδεση με Web Servers, Video Servers, VoIP Gateways, Puch Servers, κλπ.

Ένα βασικό χαρακτηριστικό στην εφαρμογή της τεχνολογίας μεταγωγής / συγκέντρωσης στο ADSL αφορά στο χρόνο επανεκπαίδευσης του ATU-C. Κανονικά, όταν ο χρήστης συνδέεται για πρώτη φορά σε ένα ATU-C απαιτούνται περίπου 30sec για να μπορέσει το modem να ενεργοποιηθεί αφού απαιτείται η ανταλλαγή συντελεστών και η διαπραγμάτευση του ρυθμού μετάδοσης μεταξύ των τερματικών σημείων. Το πρόβλημα αυτό ξεπερνιέται με την μόνιμη αποθήκευση των απαραίτητων παραμέτρων στον έλεγχο των Κυκλωμάτων Συγκέντρωσης και Μεταγωγής και την άμεση μεταφορά τους στο ATU-C έτσι ώστε κάθε φορά αυτό να ενεργοποιείται σε ελάχιστα sec.

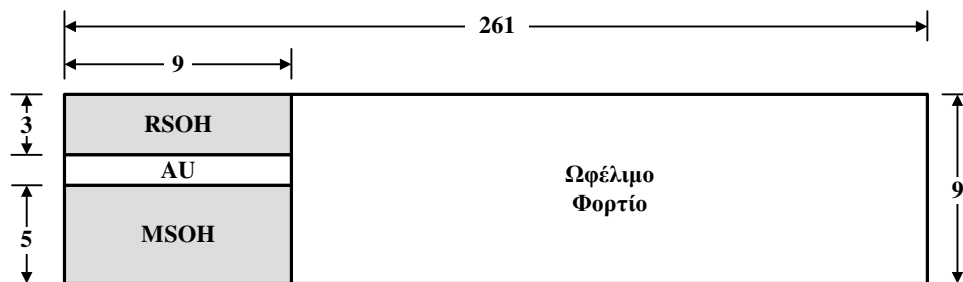
5.10 ΟΠΤΙΚΑ ΖΕΥΚΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ - ΜΕΤΑΔΟΣΗ SDH

Η πλέον σύγχρονη κατηγορία ζευκτικών δικτύων είναι οι οπτικοί δακτύλιοι που χρησιμοποιούν τη δομή της Σύγχρονης Ψηφιακής Ιεραρχίας (Synchronous Digital Hierarchy –SDH). Η τεχνολογία της ψηφιακής μετάδοσης SDH, αποτελεί το Ευρωπαϊκό πρότυπο (ETSI) για ψηφιακή μετάδοση μέσω οπτικών ινών. Επιτρέπει την δημιουργία ταχύτερων και αξιόπιστων δικτύων μεταφοράς (transport networks), τα οποία αναλαμβάνουν την φυσική διασύνδεση των TK του δικτύου.

Το δίκτυο μεταφοράς αποτελείται από ένα δακτύλιο SDH, κατασκευασμένο από καλώδια οπτικής ίνας. Σύμφωνα με την ψηφιακή ιεραρχία SDH, τα δίκτυα αυτά λειτουργούν με ταχύτητες μετάδοσης της μορφής $n \times 155.520$ Kbps, όπου $n = 1, 4, 16$ ή 64 . Για παράδειγμα, όταν $n=1$ προκύπτουν αρτηρίες τύπου STM-1 (Synchronous Transfer Mode – 1) και όταν $n=2$ προκύπτουν αρτηρίες τύπου STM-2 (622 Mbps). Στη συνέχεια παρουσιάζεται η δομή του πλαισίου STM-1.

5.10.1 Δομή πλαισίου STM-1 στα 155.520 Kbps

Το πλαίσιο STM-1 αποτελείται από $270 \times 9 = 2.430$ bytes που είναι διατεταγμένα με τον τρόπο που φαίνεται στο Σχήμα 5.16. Η διάρκεια του πλαισίου STM-1 είναι 125 μ sec (συχνότητα επανάληψης 8.000 Hz). Τα 2.349 (261×9) bytes χρησιμοποιούνται για την μεταφορά του *ωφέλιμου φορτίου* (payload), ενώ τα υπόλοιπα (81) bytes μεταφέρουν πληροφορίες ελέγχου (ευθυγράμμιση πλαισίου, έλεγχος CRC, ενδείξεις συναγερμών, κλπ) μεταξύ των TK και στοιχείων του δικτύου.



Σχήμα 5.16: Πλαίσιο STM-1 (απλουστευμένο).

Τα 81 bytes του μεταφέρουν πληροφορίες ελέγχου, χαρακτηρίζονται ως *επίβαρο* (overhead) και κατανέμονται ως εξής:

- 27 bytes αποτελούν το *Επίβαρο Τμήματος Αναγεννήσεως* (Repeater Section Overhead – **RSOH**), το οποίο περιέχει πληροφορίες ελέγχου που επιτρέπουν την ακριβή αναγέννηση του σήματος από τους αναγεννητές που λειτουργούν κατά μήκος της SDH ζεύξης.
- 45 bytes αποτελούν το *Επίβαρο Τμήματος Πολύπλεξης* (Multiplexing Section Overhead – **MSOH**), το οποίο περιέχει πληροφορίες ελέγχου που αφορούν την πολύπλεξη των συνδρομητικών πληροφοριών μέσα στο τμήμα ωφέλιμου φορτίου.
- 9 bytes αποτελούν την *Διοικητική Μονάδα* (Administrative Unit - **AU**) και περιλαμβάνουν πληροφορίες που προσδιορίζουν τις θέσεις των συνδρομητικών πληροφοριών μέσα στο τμήμα ωφέλιμου φορτίου.

Κάθε σήμα E1 που περιέχεται στο ωφέλιμο φορτίο του πλαισίου STM-1, πολυπλέκεται μέσα σε ένα ιδεατό περιέκτη (Virtual Container – VC). Αυτή η πολύπλεξη απαιτεί επιπλέον επίβαρο το οποίο ονομάζεται *Επίβαρο Διαδρομής* (Path Overhead – **POH**) και περιέχει πληροφορίες για τα VCs.

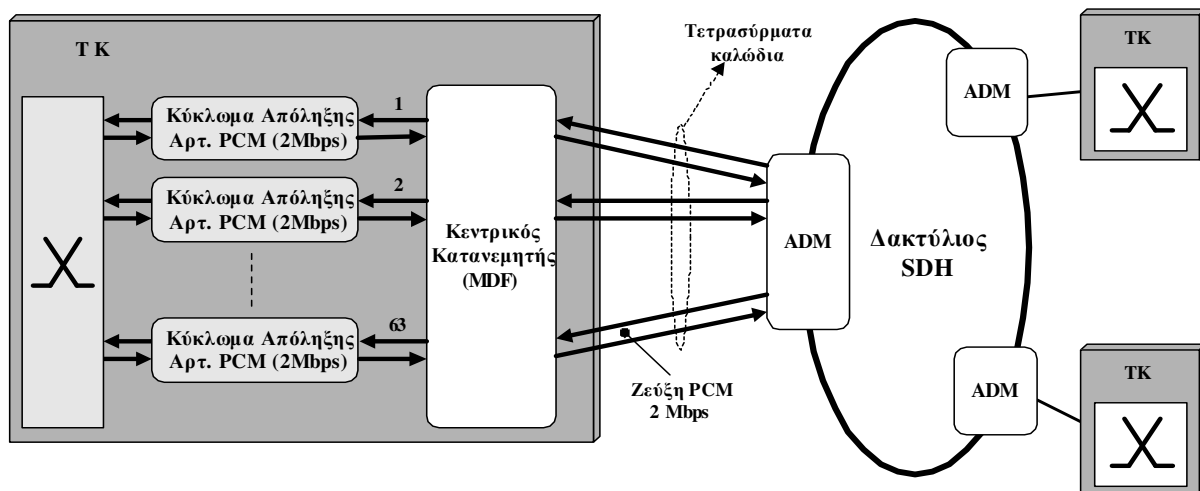
Εξ' αιτίας του επίβαρου POH, ο μέγιστος αριθμός σημάτων E1 που μπορούν να μεταφερθούν πάνω από μία SDH ζεύξη των 155 Mbps είναι 63.

5.10.2 Τρόποι διασύνδεσης ΤΚ στον οπτικό δακτύλιο

Στο Σχήμα 5.17 δείχνεται μία βασική τοπολογία οπτικού δικτύου μεταφοράς SDH, όπου τρία ψηφιακά ΤΚ (π.χ. τύπου AXE-10) διασυνδέονται στο δακτύλιο SDH μέσω συμβατικών PCM ζεύξεων E1. Οι ερχόμενες και εισερχόμενες αρτηρίες PCM από τα αντίστοιχα Κυκλώματα Απόληξης του κάθε ΤΚ, προ τη μεριά του δικτύου, τερματίζουν πρώτα στον Κεντρικό Καταναμητή (MDF) του ΤΚ με τετρασύρματα καλώδια. Στη συνέχεια χρησιμοποιώντας επίσης τετρασύρματα καλώδια, οι αρτηρίες PCM καταλήγουν στο δακτύλιο SDH μέσω ενός ειδικού Πολυπλέκτη Προσθαφάιρησης (*Add-Drop Multiplexer – ADM*). Στην περίπτωση του AXE-10, ο κάθε ADM δύναται να εξυπηρετεί ταυτόχρονα μέχρι 63 εισερχόμενες και 63 εξερχόμενες αρτηρίες PCM.

Ο ADM αναλαμβάνει να κάνει την πολύπλεξη των αρτηριών PCN και τη δημιουργία π.χ. πλαισίων STM-1. Τα πλαίσια PCM πολυπλέκονται σαν ενιαίες οντότητες και δεν διαχωρίζονται τα επιμέρους κανάλια. Με τον τρόπο αυτό ο δακτύλιος SDH παρουσιάζεται ως ένας αθροιστής ανεξάρτητων ζευκτικών γραμμών που δίνει τη δυνατότητα σε κάθε ADM να προσθαφαιρεί αρτηρίες PCM, ο αριθμός των οποίων είναι ανάλογος της ζευκτικής κίνησης του ΤΚ στο οποίο ανήκει ο ADM. Μετά τη διαδικασία οργάνωσης του πλαισίου STM, ο ADM εκτελεί τη μετατροπή των σημάτων από ηλεκτρικά σε οπτικά.

Στην αντίθετη κατεύθυνση, ο ADM αναλαμβάνει να κάνει πρώτα τη μετατροπή των σημάτων από οπτικά σε ηλεκτρικά, και στη συνέχεια την αποπολύπλεξη των διαφορετικών αρτηρίες PCM που μεταφέρονται πάνω από το πλαίσιο STM.



Σχήμα 5.17: Σύνδεση τριών ΤΚ σε οπτικό δακτύλιο SDH μέσω PCM γραμμών E1

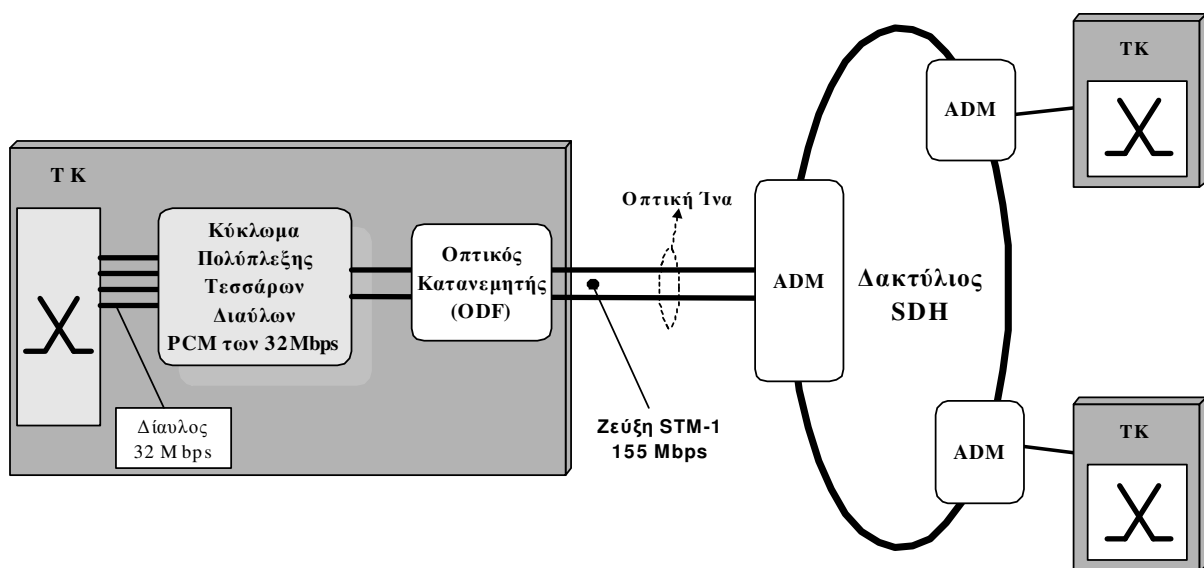
Στο Σχήμα 5.18 δείχνεται μία πιο απλουστευμένη διασύνδεση των τριών ψηφιακών ΤΚ πάνω στο δακτύλιο SDH. Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιείται ένα ειδικού τύπου Κύκλωμα Απόληξης το οποίο διασυνδέεται με το ΤΚ μέσω τεσσάρων εισερχόμενων και τεσσάρων εξερχόμενων αρτηριών PCM τρίτης τάξης (τέσσερις δίαυλοι των 32Mbps η κάθε μία). Το Κύκλωμα Απόληξης εκτελεί τις παρακάτω βασικές λειτουργίες:

- μεταφορά των ψηφιακών φωνοσημάτων από το Δίκτυο Μεταγωγής του ΤΚ (μέσω των εσωτερικών διαύλων των 32 Mbps) προς μία εξωτερική γραμμή STM-1 και αντίστροφα.
- δέσμευση και αποδέσμευση των διαθέσιμων καναλιών της γραμμής, για την εξυπηρέτηση συνδιαλέξεων.

- κωδικοποίηση της γραμμής STM-1.
- επίβλεψη (supervision) των ζεύξεων STM-1 και αναφορά προβλημάτων με κατάλληλους συναγερμούς.

Μετά το Κύκλωμα Απόληξης οι ζεύξεις STM-1 οδηγούνται σε έναν *Οπτικό Κεντρικό Κατανομητή (Optical Distribution Frame – ODF)* όπου γίνονται η μετατροπή των σημάτων της αρτηρίας STM-1 από ηλεκτρικό σε οπτικό και αντίστροφα. Η οπτική έξοδος τερματίζει στη συνέχεια στο ADM.

Σημειώνεται ότι όταν ένα TK τερματίζει στον οπτικό δακτύλιο SDH με γραμμές STM-1 (155Mbps) ο δακτύλιος μπορεί να έχει και αυτός εύρος ζώνης 155Mbps και να μην δημιουργείται πρόβλημα συμφόρησης. Αυτό συμβαίνει διότι σε κάθε ADM γίνεται αφαίρεση και πρόσθεση αρτηριών PCM έτσι ώστε συνολικά το εύρος ζώνης να είναι σταθερό.



Σχήμα 5.18: Σύνδεση τριών TK σε οπτικό δακτύλιο SDH μέσω ζεύξης STM-1 (155 Mbps)

