



ΤΕΙ ΗΠΕΙΡΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΤΗΛΕΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ & ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΨΗΦΙΑΚΗ ΙΕΡΑΡΧΙΑ

✎ ΚΟΖΟΜΠΟΛΗΣ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ (Α.Μ. 363)

✎ ΜΠΑΖΙΝΑΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ (Α.Μ. 894)

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:

Δάμπρου Αθανάσιος

ΑΡΤΑ 2004



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	3
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 «ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΩΝ PCM».....	4
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	4
1.2 ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ.....	5
1.3 ΚΒΑΝΤΙΣΗ.....	6
1.4 ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ.....	7
1.5 ΣΥΓΧΡΟΝΙΣΜΟΣ.....	7
1.6 ΠΟΛΥΠΛΕΞΙΑ ΜΕ ΔΙΑΙΡΕΣΗ ΧΡΟΝΟΥ.....	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 «ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΥΨΗΛΩΝ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ».....	9
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	9
2.2 ΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ Τ1 ΚΑΙ Ε1.....	10
2.2.1 ΑΜΕΡΙΚΑΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ Τ1.....	10
2.2.2 ΤΟ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ Ε1.....	11
2.3 ΚΩΔΙΚΕΣ ΓΡΑΜΜΗΣ.....	13
2.4 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΥΓΧΡΟΝΗΣ ΠΟΛΥΠΛΕΞΙΑΣ – ΠΛΗΣΙΟΧΡΟΝΗ ΙΕΡΑΡΧΙΑ (ΡDΗ).....	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 «ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ».....	17
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	17
3.2 ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΝΕΣ.....	17
3.3 ΓΡΑΜΜΗ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΟΠΤΙΚΗΣ ΙΝΑΣ.....	21
3.4 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ.....	23
3.5 ΤΥΠΟΙ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ.....	25
3.6 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ.....	25
3.7 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ – ΕΞΑΣΘΕΝΙΣΗΣ.....	26
3.8 ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΝΕΣ ΚΑΙ ΑΛΛΑ ΜΕΣΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ.....	27
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 «ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΨΗΦΙΑΚΗ ΙΕΡΑΡΧΙΑ».....	29
4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	29
4.2 ΑΝΑΓΚΕΣ ΤΩΝ ΣΗΜΕΡΙΝΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ.....	30
4.3 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ.....	31
4.4 ΜΕ ΤΗΝ ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΤΟΥ SDH.....	32
4.4.1 ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΣΗΜΑΤΩΝ ΣΤΟ SDH.....	33
4.4.2 ΕΝΙΑΙΑ ΥΠΟΔΟΜΗ ΔΙΚΤΥΟΥ.....	34
4.5 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΟΥ SDH ΣΗΜΑΤΟΣ.....	35
4.6 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	38
4.7 ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΕΤΑΔΟΣΗ.....	40



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 «ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ SDH ΣΗΜΑΤΟΣ».....42

5.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ (ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΠΟΛΥΠΛΕΞΗ).....	42
5.2	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ΡDΗ.....	42
5.2.1	ΑΠΟ ΡDΗ ΣΕ SDΗ.....	43
5.2.2	ΑΝΑΓΚΕΣ ΓΙΑ ΕΝΑ ΝΕΟ ΣΥΣΤΗΜΑ.....	44
5.3	ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΣΥΓΧΡΟΝΟΥ ΣΗΜΑΤΟΣ.....	44
5.4	ΣΥΓΧΡΟΝΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ.....	45
5.5	ΑΡΧΗ ΤΗΣ ΔΙΚΤΥΩΣΗΣ SDΗ.....	46
5.5.1	Η ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΠΛΑΙΣΙΟΥ STM-1.....	47
5.6	LAYERING ΚΑΙ OVERHEAD.....	48
5.6.1	ΣΥΝΔΕΣΗ ΤΟΥ OVERHEAD ΚΑΙ ΤΟΥ VC-4.....	50
5.7	MULTIPLEXER SECTION OVERHEAD.....	53
5.8	REGENERATOR SECTION OVERHEAD.....	55
5.9	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΤΟΥ PATH OVERHEAD ΣΤΟ VC-4.....	58
5.9.1	ΣΗΜΑΤΑ ΣΥΝΑΓΕΡΜΩΝ – ALARM SIGNALS.....	58
5.9.2	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ BYTES ΤΟΥ PATH OVERHEAD ΥΨΗΛΗΣ ΤΑΞΗΣ.....	59
5.10	ΔΟΜΗ ΠΛΑΙΣΙΟΥ STM-4.....	60
5.11	ΙΕΡΑΡΧΙΑ SDΗ ΣΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΤΑΧΥΤΗΤΕΣ ΓΡΑΜΜΩΝ.....	61
5.11.1	INTERFACES ΤΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΤΟΥ SDΗ.....	63

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 «ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ SDΗ».....63

6.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	64
6.1.1	ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΟΥ VC-4.....	64
6.1.2	ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΠΟΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΟΥ VC-4.....	65
6.2	TRUNIT.....	67
6.2.1	ΔΙΑΦΟΡΑ ΜΕΓΕΘΗ ΤΩΝ ΠΛΑΙΣΙΩΝ TRIBUTARY UNITS.....	68
6.3	ΔΟΜΗ ΠΛΑΙΣΙΟΥ ΤΟΥ TRIBUTARY UNIT.....	69
6.4	ΤΡΟΠΟΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ TU.....	71
6.5	ΕΝΣΩΜΑΤΩΜΕΝΕΣ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ OVERHEAD.....	72
6.5.1	ΤΟ OVERHEAD ΣΤΟ STM-1 ΠΛΑΙΣΙΟ.....	74
6.5.2	ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ PATH OVERHEAD.....	75

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 «ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ».....76

7.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	76
7.2	ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ (CONFIGURATION).....	76
7.2.1	UNIDIRECTIONAL CROSS-CONNECTIONS.....	79
7.2.2	BIDIRECTIONAL CROSS-CONNECTIONS.....	80
7.2.3	LOOP-BACK CONNECTIONS.....	80
7.2.4	CONCATENATED CROSS – CONNECTIONS.....	81
7.3	ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΓΡΑΜΜΗΣ.....	82
7.3.1	ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ.....	82
7.3.2	ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΣΤΗΝ ΜΟΝΑΔΑ ΔΙΑΚΟΠΤΗ (SWITCH UNIT).....	83
7.3.3	ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΔΡΟΜΟΥ (PATH PROTECTION).....	85
7.4	ΣΥΓΧΡΟΝΙΣΜΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ.....	90
7.4.1	ΕΣΩΤΕΡΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ.....	90

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ.....92

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....93



«ΠΡΟΛΟΓΟΣ»

Τα τελευταία χρόνια η μεγάλη ανάπτυξη που έχουν σημειώσει τα συστήματα ψηφιακής ιεραρχίας έχουν επιφέρει, σε πολλές χώρες, θαυματικά αποτελέσματα στον χώρο των τηλεπικοινωνιών.

Στην πτυχιακή αυτή εργασία θα προσπαθήσουμε να περιγράψουμε και να αναλύσουμε το σύστημα της σύγχρονης ψηφιακής ιεραρχίας SDH καθώς και τους τομείς όπου χρησιμοποιείται. Παρουσιάζονται και αναλύονται επίσης οι μηχανισμοί υποστήριξης δικτύων, έτσι ώστε να γίνει κατανοητό το πώς το σύστημα SDH βρίσκει εφαρμογή στις τηλεπικοινωνίες και στα δίκτυα υπολογιστών.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

«ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΩΝ PCM»

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο πιο συνηθισμένος τρόπος για την μετατροπή ενός σήματος από αναλογική σε ψηφιακή μορφή, είναι η παλμοκωδική διαμόρφωση PCM.

Η χρήση της διαμόρφωσης αυτής έχει σαν στόχο τον χειρισμό του σήματος από ψηφιακά συστήματα μετάδοσης και πολυπλεξίας.

Η διαμόρφωση PCM δημιουργήθηκε από τον A. H. Reeves το 1937. Τα πρώτα συστήματα PCM εφαρμόστηκαν στην πράξη με την ανάπτυξη των ημιαγωγών και χρησιμοποιήθηκαν από την ATT στις Ηνωμένες Πολιτείες, το 1962.

Τα τελευταία χρόνια, επανάσταση στον χώρο των τηλεπικοινωνιών έφερε η ραγδαία ανάπτυξη των υπολογιστών. Το πρώτο βήμα έγινε με την δημιουργία τηλεφωνικών κέντρων, τα οποία ελέγχονται από υπολογιστές με αναλογικά συστήματα μεταγωγής. Το επόμενο βήμα έγινε με την δημιουργία κέντρων όπου οι μεταγωγές γίνονται ψηφιακά. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία πιο οικονομικών τηλεφωνικών κέντρων και με περισσότερες και πιο βελτιωμένες δυνατότητες από αυτές των αναλογικών. Ένας από τους πρώτους τομείς όπου χρησιμοποιήθηκαν σε μεγάλο βαθμό τα συστήματα PCM, είναι τα συστήματα μετάδοσης μεταξύ κέντρων τα οποία βρίσκονται είτε στην ίδια περιοχή, είτε σε εθνικό ή διεθνές επίπεδο.

Με την χρήση των PCM αναπτύχθηκε και ένας νέος τρόπος πολύπλεξης, ο οποίος αντικατέστησε τον αναλογικό FDM. Αυτός ο νέος τρόπος είναι τα TDM συστήματα στα οποία το κάθε ψηφιακό σήμα καταλαμβάνει συγκεκριμένες χρονικές στιγμές και μοιράζεται το ίδιο μέσο μετάδοσης με άλλα σήματα, τα οποία επίσης καταλαμβάνουν κάποιο χρονικό διάστημα. Με τον τρόπο αυτό γίνεται αποδοτικότερη αξιοποίηση των φορέων.

Παρακάτω φαίνονται τα πλεονεκτήματα από τις αλλαγές που δημιουργούνται στον τομέα των τηλεπικοινωνιών με την χρήση των συστημάτων PCM και TDM.



- Καλύτερη ποιότητα με την χρήση αναμεταδοτών – αναγεννητών, ανεξάρτητα της συνολικής απόστασης. Αυτό γίνεται διότι σε κάθε αναμεταδότη PCM, ενισχύεται μόνο το ωφέλιμο σήμα αφού πρώτα απομονωθεί από το θόρυβο. Με αυτό τον τρόπο κάθε παραμόρφωση εξαλείφεται μετά από κάθε αναγεννητικό σταθμό.
- Υπάρχει η δυνατότητα χρήσης μεθόδων ψηφιακής επεξεργασίας σήματος, όπως η χρησιμοποίηση κωδικών αναγνώρισης και διόρθωσης σφαλμάτων.
- Δυνατότητα εύκολου χειρισμού ποικιλίας ψηφιακών σημάτων από οποιοδήποτε σύστημα και αν προέρχονται.
- Υπάρχει μικρός θερμικός θόρυβος, μικρή ευαισθησία σε εξωτερικές επιδράσεις και η ποιότητα της πληροφορίας είναι ανεξάρτητη από την στάθμη λήψης.
- Υπάρχει απλή κυκλωματική δομή, με όμοιες μονάδες για όλα τα κανάλια.
- Χρήση της συνεχώς αναπτυσσόμενης τεχνολογίας VLSI, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται οικονομικότερα συστήματα, μικρότερα σε διαστάσεις, πιο σταθερά και αξιόπιστα.
- Η συντήρηση γίνεται εύκολα, χωρίς πολλές ρυθμίσεις.

1.2 ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ

Για να πραγματοποιηθεί η ψηφιοποίηση ενός αναλογικού σήματος θα πρέπει να γίνει επιλογή συγκεκριμένων χρονικών στιγμιότυπων του σήματος. Στη συνέχεια, το κάθε ένα από αυτά θα πρέπει να αντιστοιχηθεί σε μια σειρά από δυαδικά ψηφία τα οποία σχηματίζουν μια κωδική λέξη συγκεκριμένου μήκους.

Το θεώρημα του Shannon λέει ότι αν πάρουμε δείγματα πλάτους σε κανονικά χρονικά διαστήματα με ρυθμό μεγαλύτερο από $2f_{max}$, τα δείγματα θα περιέχουν όλη την πληροφορία του αρχικού σήματος. Με κατάλληλη επεξεργασία μπορούμε να μεταδίδουμε τα δείγματα που προέκυψαν από την διαδικασία της δειγματοληψίας και όχι ολόκληρο το σήμα.

Για την ψηφιοποίηση ενός αναλογικού σήματος ακολουθείται μια διαδικασία, η οποία αποτελείται από τρία βασικά τμήματα: Δειγματοληψία, Κβάντιση και κωδικοποίηση. Οι δυο τελευταίες ενέργειες ονομάζονται αναλογο - ψηφιακή μετατροπή (Analog/Digital – A/D



Conversion). Στην αρχή το αναλογικό σήμα δειγματοληπτείται, δηλαδή παίρνονται από αυτό στιγμιαία δείγματα σε συγκεκριμένες χρονικές στιγμές. Η στάθμη του κάθε δείγματος είναι η ίδια με την αντίστοιχη στιγμιαία στάθμη του αναλογικού σήματος και η διάρκεια του είναι χρονικά πολύ μικρή, ώστε θεωρείται στιγμιαίο και ότι έχει μια και μόνο τιμή. Αυτό γίνεται για το λόγο ότι για να κωδικοποιηθεί ένα σήμα δεν πρέπει να είναι συνεχούς, αλλά διακριτού χρόνου ώστε κάθε χρονική στιγμή να αντιστοιχεί σε μια κωδική λέξη.

Έτσι το αρχικό σήμα μετατρέπεται σε μια σειρά από παλμούς για τους οποίους ισχύουν τα εξής:

- Απέχουν μεταξύ τους συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.
- Το πλάτος τους έχει την τιμή του αναλογικού σήματος από το οποίο προήλθαν.
- Κάθε παλμός έχει σταθερό πλάτος σε όλη τη διάρκεια του.
- Περιέχουν όλη την απαραίτητη πληροφορία για την αναπαραγωγή του αρχικού αναλογικού σήματος.

Η διαδικασία αυτή ονομάζεται Διαμόρφωση Παλμών κατά Πλάτος (PAM).

1.3 ΚΒΑΝΤΙΣΗ

Οι παλμοί που προέκυψαν από το προηγούμενο στάδιο, έχουν τη στιγμιαία τιμή του αναλογικού σήματος. Έτσι οι δυνατές τιμές είναι άπειρες. Στο επόμενο στάδιο γίνεται η μετατροπή του πλάτους των παλμών, έτσι ώστε οι δυνατές τιμές να είναι περιορισμένες.

Ανάλογα με τον τρόπο που έχει σχεδιαστεί το σύστημα, προκύπτει ένας συγκεκριμένος αριθμός τιμών οι οποίες είναι αποδεκτές. Η διαδικασία της κβάντισης μετατρέπει τον κάθε παλμό, μετά την σύγκριση του με τις επιτρεπτές τιμές, σε παλμούς τυπικού πλάτους. Όσο περισσότερες είναι οι επιτρεπτές τιμές τόσο πιο κοντά είναι τα επιτρεπόμενα πλάτοι μεταξύ τους και τόσο μικρότερη είναι η διόρθωση στο πλάτος του παλμού.



1.4 ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ

Κάθε παλμός τυπικού πλάτους αντιστοιχεί σε μια προκαθορισμένη δυαδική ακολουθία συγκεκριμένου μήκους λέξης. Η ακολουθία δυαδικών αριθμών, η οποία έχει πλέον δημιουργήσει το ψηφιακό σήμα, αντικαθιστά τον κάθε παλμό. Ο αριθμός που προκύπτει δεν έχει τόση σημασία, όσο το ότι κάθε τιμή πλάτους αντιστοιχεί σε μια μοναδική δυαδική ακολουθία.

Ο αριθμός των δυαδικών ψηφίων (0 ή 1 bit) που απαιτούνται, καθορίζεται από τον αριθμό των επιτρεπόμενων σταθμών κατά την Κβάντιση, για παράδειγμα 8 (2^3) στάθμες απαιτούν τρία ψηφία, ενώ 64 (2^6) στάθμες απαιτούν έξι ψηφία. Το αναλογικό σήμα έχει τελικά μετατραπεί σε μια ακολουθία αριθμών. Επόμενο βήμα είναι η μετατροπή της ακολουθίας σε σειρά ηλεκτρικών παλμών (μια ακολουθία από δυο διαφορετικές τάσεις, που κάθε μια αντιστοιχεί σε έναν αριθμό πχ '1' ~ 5 Volt και '0' ~ 0 Volt) η οποία τελικά μεταδίδεται μέσω του φορέα.

Στη λήψη ακολουθείται η αντίστροφη διαδικασία. Οι τάσεις μετατρέπονται σε ψηφιακή ακολουθία, κάθε ομάδα ψηφίων αναπαράγει τον παλμό τυπικού πλάτους από τον οποίο προήλθε και από τους παλμούς αναπαράγεται το αναλογικό σήμα.

1.5 ΣΥΓΧΡΟΝΙΣΜΟΣ

Για να δημιουργηθεί μια σωστή ζεύξη μεταξύ δυο τερματικών ενός PCM συστήματος, θα πρέπει να είναι σωστά συγχρονισμένα μεταξύ τους, έτσι ώστε ο χρονισμός που χρησιμοποιούν να έχει τον ίδιο μέσο ρυθμό.

Το τερματικό το οποίο εκπέμπει το σήμα, διαθέτει ένα ρολόι το οποίο δημιουργεί τους παλμούς οι οποίοι χρειάζονται για να επιτευχθεί ο συγχρονισμός. Το ψηφιακό σήμα που εκπέμπεται έχει ρυθμό ο οποίος εξαρτάται από αυτό το ρολόι και μπορεί να κυμαίνεται εντός κάποιον ορίων (± 50 ppm – μέρη στο εκατομμύριο σε σχέση με την τυπική συχνότητα λειτουργίας). Αν το τερματικό λήψης χρησιμοποιεί δικό του εσωτερικό ρολόι τότε υπάρχει περίπτωση οι σχετικές αποκλίσεις μεταξύ των δυο ρολογιών να είναι μεγαλύτερη από το όριο.



Σε μια τέτοια περίπτωση δεν θα υπάρχει σταθερή διαφορά φάσης μεταξύ των δυο χρονισμών, με αποτέλεσμα στην πορεία να εμφανιστούν λάθη.

Για να αποφευχθεί η περίπτωση αυτή, το ρολόι που βρίσκεται στο τερματικό λήψης δεν δημιουργεί δικό του χρονισμό, αλλά οδηγείται από τον χρονισμό που περιέχεται στο λαμβανόμενο σήμα εξασφαλίζοντας έτσι τον ίδιο μέσο ρυθμό μεταξύ των δυο τερματικών. Ο συγχρονισμός αυτός είναι τύπου master – slave.

Σε ένα σύστημα διπλής κατευθύνσεως και οι δυο κατευθύνσεις είναι συγχρονισμένες ακολουθώντας το ρυθμό ενός ρολογιού (του master) με μόνη διαφορά, μια σταθερή διαφορά φάσης που οφείλεται στο χρόνο μετάδοσης του σήματος στον φορέα.

1.6 ΠΟΛΥΠΛΕΞΙΑ ΜΕ ΔΙΑΙΡΕΣΗ ΧΡΟΝΟΥ

Η αρχή της πολυπλεξίας με διαίρεση χρόνου (**TDM**) έγκειται στο ότι η ψηφιακή ακολουθία που παράγεται δεν είναι ανάγκη να καταλάβει όλο το χρόνο που κατείχε το αναλογικό σήμα. Ο χρόνος μπορεί να διαιρεθεί χωρίς να αλλάξει η ακολουθία. Με τη μείωση του χρόνου, στο ίδιο κανάλι μένει διαθέσιμος χρόνος για τη μετάδοση και άλλων σημάτων που έχουν συμπιεστεί χρονικά.

Τα σήματα PCM που προκύπτουν με πολυπλεξία και χρησιμοποιούνται στην Ευρώπη και ο τρόπος δημιουργίας τους είναι:

ΤΑΞΗ	ΡΥΘΜΟΣ	ΚΑΝΑΛΙΑ ΦΩΝΗΣ	ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ
1 ^η	2.048 bit/sec	30	30 x 64 Kbit
2 ^η	8.448 bit/sec	120	4 x 1η τάξη
3 ^η	34.368 bit/sec	480	4 x 2η τάξη
4 ^η	139.264 Kbit/sec	1920	4 x 3η τάξη



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

«ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΥΨΗΛΩΝ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ»

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται περιγραφή της δομής των συστημάτων μετάδοσης σημάτων σε υψηλές ταχύτητες (≥ 64 Kbps) που χρησιμοποιούνται κυρίως από τους τηλεπικοινωνιακούς οργανισμούς για την πολύπλεξη πολλών καναλιών φωνής και δεδομένων. Θα εξεταστούν τα διαφορετικά standards που χρησιμοποιούνται σε Ευρώπη και Αμερική, καθώς επίσης και η συμβατική πλησιόχρονη ψηφιακή ιεραρχία μετάδοσης γνωστή και σαν PDH.

Η ψηφιακή μετάδοση σημάτων σε υψηλή ταχύτητα αναπτύχθηκε την δεκαετία του 60, για να μπορέσει να επιτευχθεί η ψηφιακή πολύπλεξη πολλών σημάτων φωνής μέσα από μια γραμμή. Έτσι έγινε ευκολότερη αλλά και πιο οικονομική η σύνδεση μεταξύ αστικών τηλεφωνικών κέντρων, η οποία απαιτούσε πολλές τηλεφωνικές γραμμές. Την δεκαετία του 70 υπήρχε η δυνατότητα διασύνδεσης συνδρομητικών κέντρων με αστικά κομβικά κέντρα. Την δεκαετία του 80 η ανάπτυξη της τεχνολογίας οδήγησε στην δημιουργία της γραμμής T1 για την Αμερική και E1 για την Ευρώπη. Η πολύπλεξη δεν σταματά αλλά συνεχίζεται και σε υψηλότερες τάξεις. Έτσι πολλές πολυπλεγμένες γραμμές T1 δημιουργούν γραμμές T2 και T3 για την Αμερική όπως επίσης και E2, E3 για την Ευρώπη.

Από τις πιο βασικές παραμέτρους που οδήγησαν στην ανάπτυξη του Αμερικάνικου και Ευρωπαϊκού συστήματος ήταν η ψηφιοποίηση της φωνής με την τεχνική PCM, με ρυθμό δειγματοληψίας 8KHz και την χρήση 8 bit ανά δείγμα. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα η ψηφιακή ταχύτητα που χρειάζεται για την μετάδοση φωνής για κάθε κανάλι, να είναι 64 Kbps ($8\text{KHz} * 8 \text{ bit/δείγμα}$). Επειδή ο ρυθμός δειγματοληψίας είναι 8K δείγματα/sec, τα πλαίσια τα οποία μεταφέρουν τα δείγματα, μεταδίδονται με τον ίδιο ρυθμό και κατά συνέπεια έχουν διάρκεια 125μsec ($1/8 \text{ KHz}$). Η διάρκεια πλαισίου των 125μsec είναι κοινό χαρακτηριστικό και στα δυο συστήματα, το Ευρωπαϊκό και το Αμερικάνικο. Κάποια άλλα χαρακτηριστικά όπως ο κώδικας



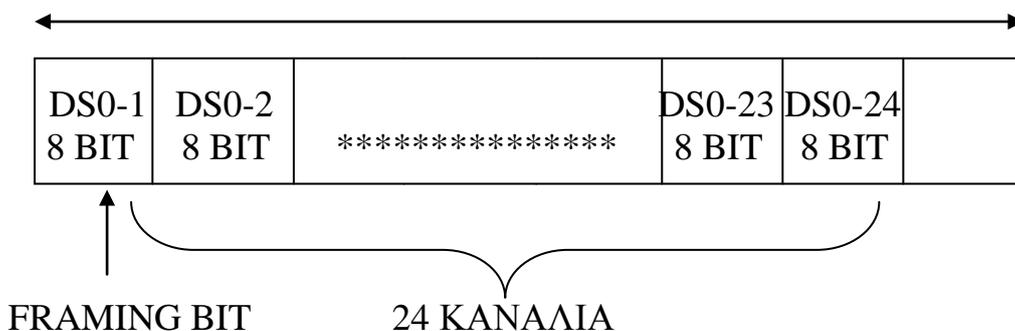
μετάδοσης, ο κώδικας συμπίεσης φωνής (A-law, μ -law) και η πολύπλεξη ανώτερων τάξεων αναπτύχθηκαν διαφορετικά σε Ευρώπη και Αμερική. Ένας από τους κυριότερους λόγους ήταν και η γεωγραφική τους θέση η οποία δεν ευνοούσε την σύνδεση μεταξύ των δικτύων τους. Έτσι δημιουργήθηκαν οι δυο βασικοί τύποι μετάδοσης, T1 για Αμερική και Ιαπωνία και E1 η CEPT για την Ευρώπη.

2.2 ΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ T1 ΚΑΙ E1

2.2.1 ΑΜΕΡΙΚΑΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ T1

Το Αμερικάνικο σύστημα πολύπλεξης T1 συγκεντρώνει 24 κανάλια φωνής σε ένα ψηφιακό σήμα (DSI – Digital Signal I) ταχύτητας 1544Kbit/sec. Η ψηφιακή μετάδοση γίνεται με την μορφή πλαισίων στα οποία περιέχονται δείγματα φωνής από τα 24 κανάλια. Κάθε πλαίσιο έχει διάρκεια 125 μ sec και αποτελείται από 24 byte των 8 bit, τα οποία θα αποκαλούμε οκτάδες (octets). Κάθε οκτάδα αντιστοιχεί σε ένα κανάλι φωνής και πιο συγκεκριμένα αποτελεί την ψηφιακή τιμή του δείγματος φωνής. Η δειγματοληψία γίνεται με ρυθμό 8K δείγματα/sec. Έτσι κάθε οκτάδα αντιστοιχεί σε ένα σήμα 64 Kbps που είναι το βασικό ψηφιακό σήμα που απαιτείται για να μεταδοθεί ένα κανάλι φωνής και είναι γνωστό σαν DS0 (Digital Signal 0). Στην αρχή ενός T1 πλαισίου τοποθετείται ένα bit που ονομάζεται framing bit και χρησιμοποιείται για να γίνεται συγχρονισμός μεταξύ πομπού και δεκτή.

1 ΠΛΑΙΣΙΟ T1 = 193 bits - 125 μ sec



Σχήμα 2.1 Το πλαίσιο του T1



Ο ρυθμός με τον οποίο μεταδίδονται τα πλαίσια είναι 8K πλαίσια/sec και ταυτίζεται με το ρυθμό με τον οποίο γίνεται η δειγματοληψία των σημάτων φωνής των 24 καναλιών. Έτσι συνολικά το κάθε πλαίσιο T1 περιέχει $24 \text{ ch} * 8 \text{ bit} + 1 \text{ framing bit} = 193 \text{ bit}$. Η τελική ταχύτητα του σήματος εξόδου είναι $8\text{K} \text{ πλαίσια/sec} * 193 \text{ bit} = 1544 \text{ Kbps}$ που είναι ο βασικός ρυθμός μετάδοσης ενός T1 σήματος. Από τα 1544 Kbps τα 1536 είναι διαθέσιμα για την καθαρή πληροφορία των 24 καναλιών ($24 * 64 \text{ Kbps}$) και τα υπόλοιπα 8 Kbps χρησιμοποιούνται για τον συγχρονισμό των πλαισίων από το framing bit, που υπάρχει στην αρχή κάθε πλαισίου.

Στα τηλεφωνικά δίκτυα εκτός από το σήμα φωνής, μεταφέρονται και διάφοροι παλμοί σηματοδότησης. Βασικό πρόβλημα στην ψηφιακή μετάδοση εκτός από τον συγχρονισμό των πλαισίων που λύθηκε με το framing bit, είναι και η μεταφορά της τηλεφωνικής σηματοδότησης. Στην αρχή χρησιμοποιήθηκε η τεχνική CAS (Channel Associated Signaling). Κατά αυτήν την τεχνολογία, σε κάθε ένα από τα 24 κανάλια κλέβεται ένα bit, το least significant bit, ανά 6 πλαίσια. Έτσι προκύπτει επιπλέον ένα σήμα σήμανσης με ταχύτητα $8\text{Kbps}/6 = 1.33 \text{ Kbps}$ το οποίο συνοδεύει το κάθε κανάλι. Υπάρχει βέβαια και μια μικρή υποβάθμιση της ποιότητας του σήματος φωνής, που όμως δεν επηρεάζει την απλή τηλεφωνία. Στην συνέχεια χρησιμοποιήθηκαν πιο εξελιγμένες τεχνικές μεταφοράς σήμανσης όπως το CCS (Common Channel Signaling).

Η μετάδοση T1 σημάτων μπορεί να γίνει ακόμη και μέσα από συνεστραμένα ζεύγη χάλκινων αγωγών οι οποίοι χρησιμοποιούνται στην κοινή τηλεφωνία. Σε αυτή την περίπτωση υπάρχει περιορισμός στην απόσταση μετάδοσης μεταξύ πομπού και δεκτή που είναι της τάξης των 2Km και εξαρτάται από τα φυσικά χαρακτηριστικά των καλωδίων αυτών.

Σε περιπτώσεις μεγαλύτερων αποστάσεων χρησιμοποιούνται διαδοχικοί αναμεταδότες (repeaters).

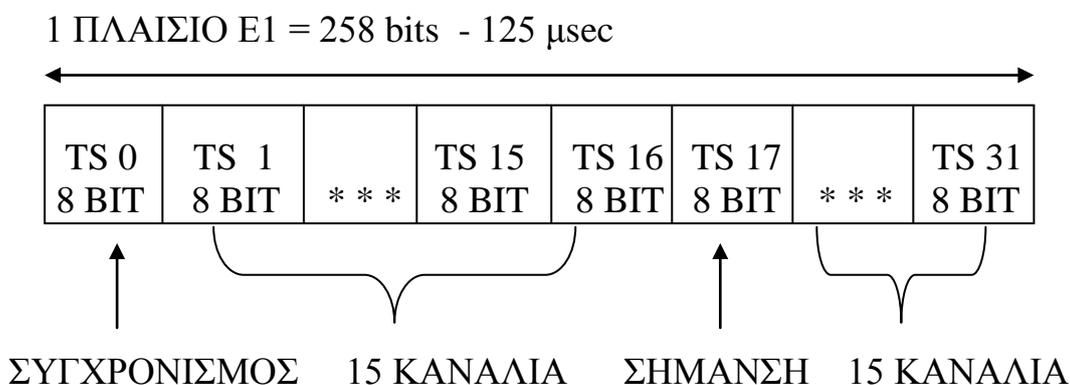
2.2.2 ΤΟ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ E1

Στην Ευρώπη αναπτύχθηκε ένα παρόμοιο πρότυπο του T1 το οποίο είναι γνωστό σαν E1 ή CEPT. Το πλαίσιο E1 εξυπηρετεί 32 κανάλια αντί των 24 του T1, από τα οποία τα 30 χρησιμοποιούνται για την μετάδοση της πληροφορίας, ενώ τα άλλα 2 χρησιμοποιούνται για



τον συγχρονισμό και την μετάδοση σήμανσης. Η ταχύτητα μετάδοσης σε αυτό το σύστημα είναι 2048 Kbps σε αντίθεση με τα 1544 Kbps του T1 συστήματος.

Στο σχήμα 2.2 φαίνεται ένα πλαίσιο μετάδοσης E1 το οποίο αποτελείται από 32 εγκοπές χρόνου ή αλλιώς timeslots (TS0 – TS31) των 8 bit. Η πρώτη οκτάδα (TS0) χρησιμοποιείται για συγχρονισμό πομπού και δεκτή και δείχνει την έναρξη του πλαισίου. Η δέκατη έκτη οκτάδα (TS16) χρησιμοποιείται κυρίως για μετάδοση της σήμανσης 30 τηλεφωνικών καναλιών. Οι οκτάδες TS1 – TS16 και TS18 – TS31 έχουν από ένα δείγμα φωνής για το αντίστοιχο κανάλι όπως ακριβώς και στο T1 σύστημα.



Σχήμα 2.2 Το πλαίσιο E1

Η τυποποίηση E1 εκτός από την Ευρώπη χρησιμοποιείται και σε άλλες χώρες οι οποίες συνδέονται ιστορικά με αυτή όπως η Ινδία, Λατινική Αμερική, Μεξικό και Αφρική. Επίσης το E1 χρησιμοποιείται σαν βάση μετάδοσης στα υποβρύχια καλώδια οπτικών ινών του Ατλαντικού και του Ειρηνικού ωκεανού, ενώ αντίθετα στα δορυφορικά κυκλώματα χρησιμοποιείται σαν βάση το T1.

Σαν μέσα μετάδοσης μπορεί να χρησιμοποιηθούν τηλεφωνικά καλώδια συνεστραμμένων αγωγών (ένα ζεύγος για εκπομπή ένα για λήψη) σε απόσταση έως 1,5 Km. Και εδώ επίσης χρησιμοποιούνται επαναλήπτες σε μεγάλες αποστάσεις.



2.3 ΚΩΔΙΚΕΣ ΓΡΑΜΜΗΣ

Για να γίνει η μετάδοση οποιουδήποτε ψηφιακού σήματος απαραίτητη προϋπόθεση είναι η χρήση ενός κώδικα γραμμής.

Ο κώδικας γραμμής απαιτείται:

- Για την εξαγωγή σήματος χρονισμού κατά τον συγχρονισμό πομπού και δέκτη.
- Για την ανίχνευση σφαλμάτων που εισάγει η γραμμή.
- Για την εξασφάλιση συμμετρίας με έλλειψη DC συνιστώσας, ώστε να διευκολύνεται η ανίχνευση των παλμών από τον δέκτη.

Τα συστήματα E1 και T1 χρησιμοποιούν διαφορετικούς κώδικες γραμμής. Ο E1 χρησιμοποιεί τον κώδικα HDB3 (High Density Bipolar 3 zeros) ενώ ο T1 χρησιμοποιεί τον κώδικα B8ZS (Bipolar 8 zero Substitution).

Και οι δυο αυτοί κώδικες είναι διπολικοί, δηλαδή μετατρέπουν το μονοπολικό ψηφιακό σήμα σε διπολικό συμμετρικό (bipolar) ώστε να αποφεύγεται η ανάπτυξη ηλεκτρικών φορτίων και DC συνιστώσας πάνω στη γραμμή μεταφοράς. Η βασική αρχή των κωδικών αυτών που στηρίζονται στη διαμόρφωση AMI, είναι να μη μεταδίδονται εναλλασσόμενοι θετικοί και αρνητικοί παλμοί.

Ο κώδικας HDB3 ο οποίος χρησιμοποιείται στα Ευρωπαϊκά συστήματα E1 φροντίζει ώστε να μην φθάνουν ποτέ στον δέκτη πολλαπλά μηδενικά τα οποία θα μπορούσαν να τον αποσυγχρονίσουν. Το σήμα που προκύπτει από την εφαρμογή αυτού του κώδικα έχει 3 το πολύ συνεχόμενα bit με τιμή 0.

Στον κώδικα B8ZS, ο οποίος χρησιμοποιείται από τα Αμερικανικά συστήματα T1, ο πομπός δεν επιτρέπει ποτέ την μετάδοση περισσότερων από 7 διαδοχικά bit με τιμή 0.

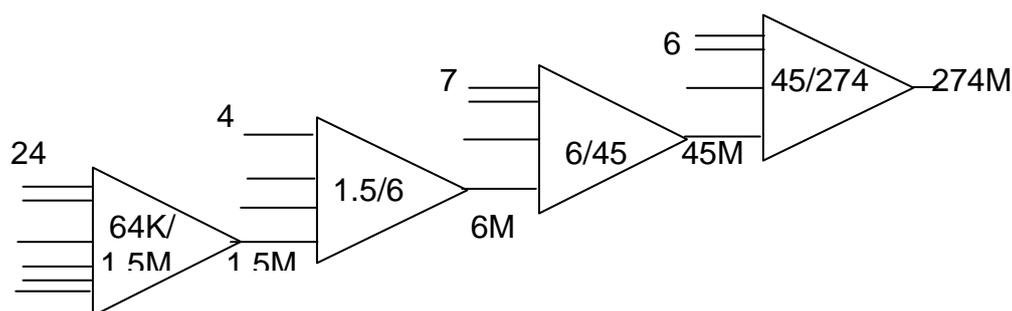


2.4 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΥΓΧΡΟΝΗΣ ΠΟΛΥΠΛΕΞΙΑΣ – ΠΛΗΣΙΟΧΡΟΝΗ ΙΕΡΑΡΧΙΑ (PDH)

Χρησιμοποιώντας σαν βάση τα σήματα E1 (2.048 Mbps) και T1 (1.544 Mbps) και με κατάλληλη πολυπλεξη, δημιουργούνται σήματα υψηλότερης ταχύτητας, τα οποία χρησιμοποιούνται για ταυτόχρονη μετάδοση πολλών καναλιών 64 Kbps. Και εδώ η ιεραρχία που περιγράφει τα επίπεδα πολύπλεξης διαφέρει μεταξύ Ευρώπης και Αμερικής.

Σε κάθε επίπεδο της Ευρωπαϊκής ιεραρχίας, οι 4 ψηφιακές είσοδοι μετά από κατάλληλη πολύπλεξη μετατρέπονται σε μια ψηφιακή έξοδο. Εάν οι 4 ψηφιακές είσοδοι προέρχονται από πηγές με κοινό σήμα χρονισμού (ρολόι), τότε η πολυπλεξη των τεσσάρων σημάτων είναι τεχνικά εύκολη. Στην πράξη όμως τα σήματα αυτά παρόλο που έχουν τον ίδιο ρυθμό μετάδοσης, προέρχονται από πηγές με διαφορετικό ρολόι. Τέτοιου είδους σήματα όπως αυτά που φαίνονται παρακάτω ονομάζονται πλησιόχρονα.

- Το Αμερικάνικο σύστημα πλησιόχρονης -ψηφιακής ιεραρχίας του οποίου οι τάξεις είναι T1, T2, T3, T4 όπως αναλυτικότερα φαίνονται στο σχήμα 2.3 και στον πίνακα 2.1.



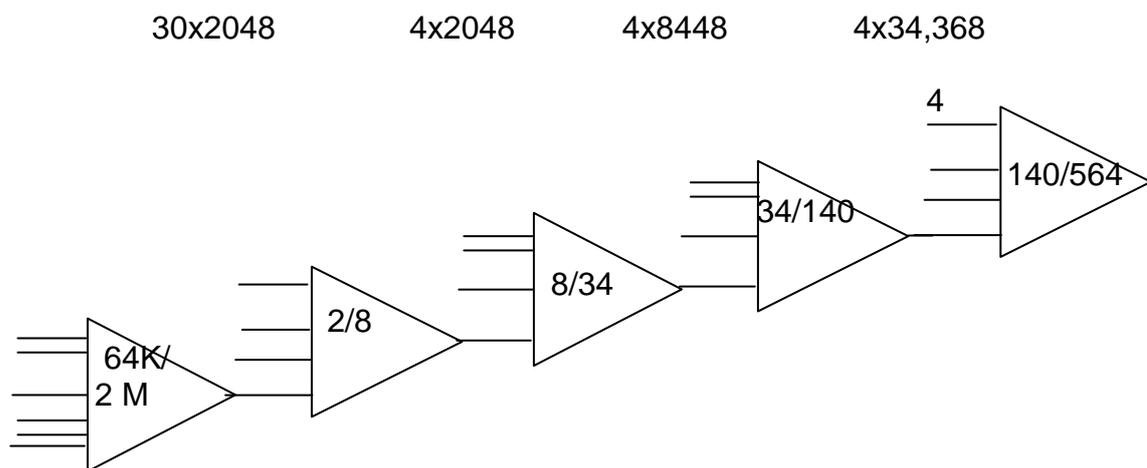
Σχήμα 2.3 Πλησιόχρονη αμερικάνικη ιεραρχία T1



ΣΗΜΑ	ΕΙΣΟΔΟΣ/ΚΩΔΙΚΑΣ	ΕΞΟΔΟΣ/ΚΩΔΙΚΑΣ	ΚΑΝΑΛΙΑ
T1/DS1	24CHPCM,DS0/Αναλογ.	1,544Mbps/ B8ZS	24
T1C/DS1	2 X 1,544 Mbps / B8ZS	3,152 Mbps/ B8ZS	48
T2/DS2	4 X 1,544Mbps/ B8ZS	6,312 Mbps/ B6ZS	96
T3/DS3	7 X 6,312 Mbps/ B6ZS	44,736 Mbps/ B3ZS	672
T4/DS4	6 X 44,736 Mbps/ B3ZS	274,176 Mbps/ NRZ	4,032

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1 ΤΑΞΕΙΣ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΑΜΕΡΙΚΑΝΙΚΗΣ ΙΕΡΑΡΧΙΑΣ.

- Το Ευρωπαϊκό σύστημα πλησιόχρονης ψηφιακής ιεραρχίας με τάξεις E1, E2, E3, E4, E5, όπως αναλυτικότερα φαίνονται στο σχήμα 2.4 και στον πίνακα 2.2.



Σχήμα 2.4 Πλησιόχρονη Ευρωπαϊκή ιεραρχία.



ΤΑΞΗ	ΕΙΣΟΔΟΣ/ΚΩΔΙΚΑΣ	ΕΞΟΔΟΣ/ΚΩΔΙΚΑΣ	ΚΑΝΑΛΙΑ
E1	30 CH PCM / Αναλογ.	2,048 Mbps / HDB3	30
E2	4 X 2,048 Mbps / HDB3	8,448 Mbps / HDB3	120
E3	4 X 8,448 Mbps / HDB3	34,368 Mbps / HDB3	480
E4	4 X 34,368Mbps / HDB3	139,264 Mbps / CMI	1920
E5	4 X 139, 264Mbps / CMI	564,992 Mbps/ ---	7680

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.2 ΤΑΞΕΙΣ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗΣ ΙΕΡΑΡΧΙΑΣ.

Στην περίπτωση αυτή, πριν από την πολύπλεξη γίνεται μια διαδικασία η οποία ονομάζεται "τακτοποίηση" των σημάτων (justification), η οποία λειτουργεί με την τεχνική bit stuffing, ώστε να συγχρονιστούν τα τέσσερα σήματα που πιθανόν να έχουν μικρές αποκλίσεις στον ρυθμό μετάδοσης. Στη συνέχεια πολυπλέκονται σε επίπεδο byte (byte interleaving) και δημιουργείται το σήμα ανώτερης τάξης. Λόγω της πολύπλεξης πλησιόχρονων σημάτων, η ιεραρχία αυτή ονομάζεται πλησιόχρονη (PDH).

Υπάρχουν, όμως κάποια αρνητικά στοιχεία στο PDH όπως η έλλειψη συμβατότητας – τυποποίησης μεταξύ των ιεραρχών του Ευρωπαϊκού και Αμερικανικού συστήματος, με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατή η συνεργασία συστημάτων διαφορετικών κατασκευαστών. Έτσι δημιουργείται η ανάγκη για interfaces προκειμένου να συνεργαστούν οι διατάξεις των σημάτων. Επίσης η δομή των πλαισίων στα διάφορα επίπεδα ιεραρχίας του PDH δεν διαθέτει επαρκείς, για τις σημερινές ανάγκες πληροφορίες (overhead) διαχείρισης σφαλμάτων και απόδοσης.

Άλλα μειονεκτήματα του PDH είναι:

- Η τυποποίηση ψηφιακών ρυθμών, το πολύ έως 140 Mbit/sec.
- Ανάγκη διαδοχικής πολυπλεξίας έως τον τελικό ρυθμό μετάδοσης και ύπαρξη αντίστοιχου εξοπλισμού.
- Κάθε αναδρομολόγηση απαιτεί νέα καλωδίωση.
- Αδυναμία κατασκευής ευέλικτων δικτύων.
- Περιορισμένες δυνατότητες υπηρεσιακών καναλιών.
- Αδυναμία κεντρικής διαχείρισης.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

«ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ»

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα μέσα μετάδοσης αποτελούν το φυσικό δρόμο μεταξύ του πομπού και του δέκτη σε οποιοδήποτε σύστημα επικοινωνίας. Τα πιο γνωστά φυσικά μέσα μετάδοσης είναι τα χάλκινα καλώδια, τα ομοαξονικά καλώδια, οι οπτικές ίνες και οι ασύρματες ζεύξεις. Τα μέσα μετάδοσης διακρίνονται σε ενσύρματα, ασύρματα και οπτικές ίνες. Στα ενσύρματα περιλαμβάνονται τα χάλκινα και τα ομοαξονικά καλώδια, ενώ στα ασύρματα οι ραδιοεπικοινωνίες και οι μικροκυματικές επίγειες και δορυφορικές ζεύξεις.

Οι ασύρματες ζεύξεις είναι μη κατευθυντικές και διαχέουν το σήμα προς διάφορες κατευθύνσεις. Κατευθυντικά είναι εκείνα τα μέσα που κατευθύνουν συνεχώς το σήμα και σε αυτά ανήκουν τα συνεστραμένα καλώδια (coaxial cable), τα ομοαξονικά και οι οπτικές ίνες.

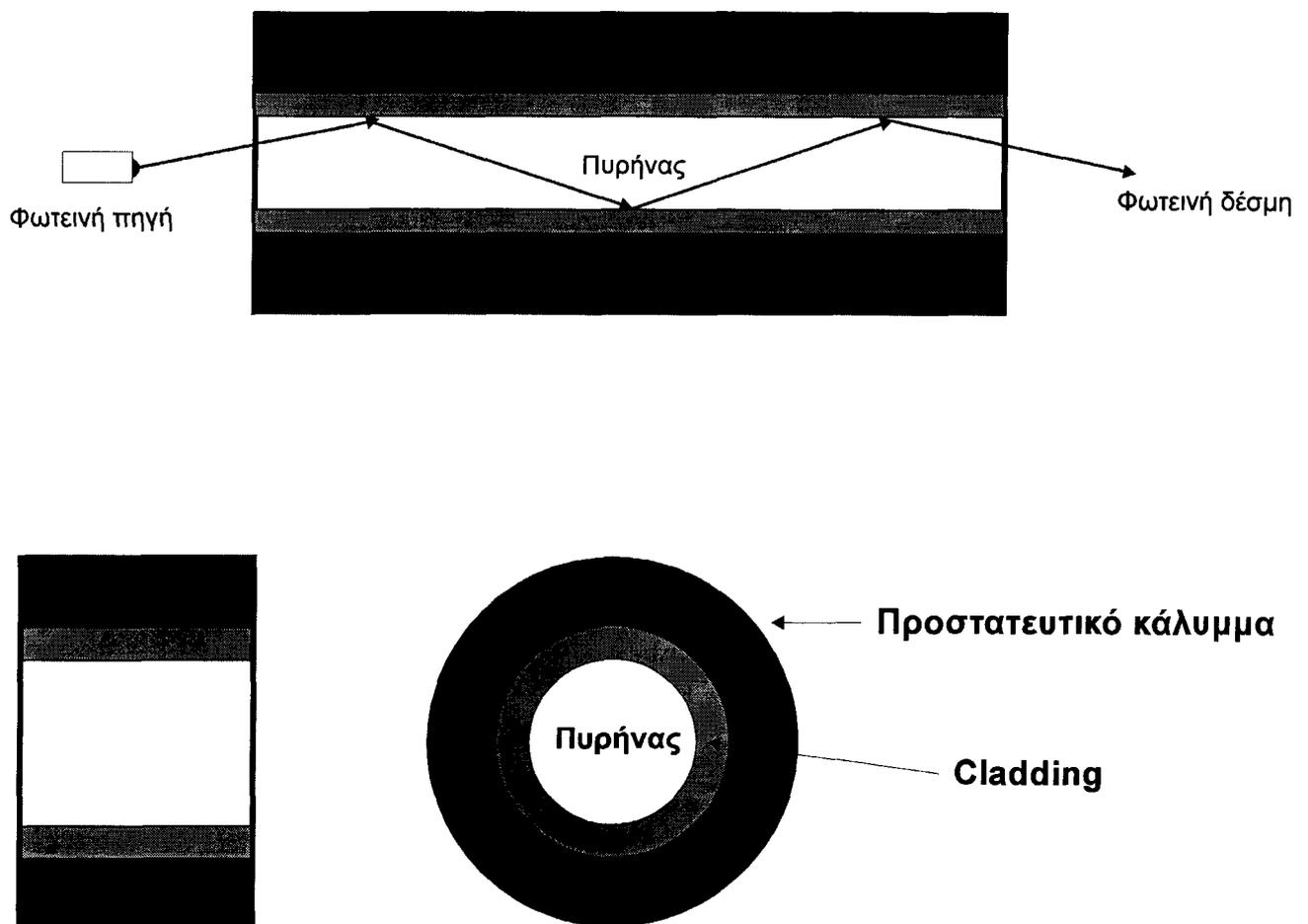
Τα τοπικά δίκτυα χρησιμοποιούν ως μέσα μετάδοσης των δεδομένων τα κοινά μέσα μετάδοσης των τηλεπικοινωνιακών σημάτων όπως συνεστραμενα καλώδια, οπτικές ίνες και ελάχιστα τις ασύρματες επικοινωνίες. Θα προσπαθήσουμε να περιγράψουμε τα είδη των μέσων μετάδοσης, εστιάζοντας την προσοχή μας σε εκείνα που ενδιαφέρουν τα τοπικά δίκτυα.

3.2 ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΝΕΣ

Η καλύτερη εναλλακτική λύση σήμερα στα μέσα μετάδοσης είναι η οπτική ίνα. Η βασική ιδέα είναι η χρήση της οπτικής ίνας ως μέσω, και του φωτός ως φορέα της πληροφορίας, αντί για το ρεύμα ή την τάση που χρησιμοποιούμε στα ενσύρματα μέσα. Ο τρόπος που αποστέλλεται η πληροφορία είναι με διαμόρφωση του εκπεμπόμενου φωτός από την πηγή, σε μορφή on/off.



Το μέσον που χρησιμοποιείται είναι ίνες γυαλιού ή πλαστικού που έχουν την ιδιότητα να εγκλωβίζουν τις ακτίνες και να τις οδηγούν στο τέρμα. Οι ίνες αποτελούνται συνήθως από τρεις ομόκεντρες κυλινδρικές οντότητες διηλεκτρικού υλικού, που είναι η κεντρική ίνα (core), η επίστρωση (cladding) και το κάλυμμα.



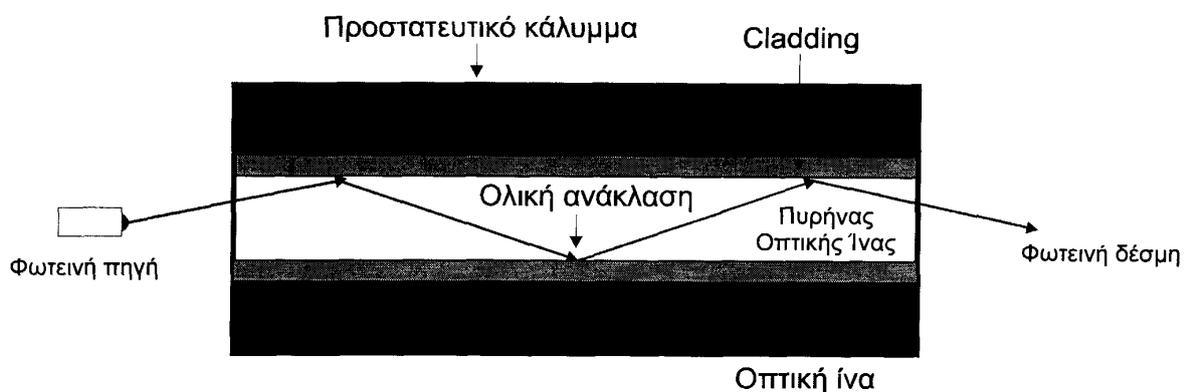
Σχ. 3.1 Καλώδιο οπτική ίνας.

Η φωτεινή δέσμη που μεταφέρει την πληροφορία, μεταδίδεται μέσω της κεντρικής ίνας που είναι από γυαλί ή πλαστικό. Η φωτεινή δέσμη οδεύει με διαδοχικές ανακλάσεις στα τοιχώματα της ίνας προς το άλλο άκρο. Η επιτυχία της μετάδοσης αυτής οφείλεται στο



γεγονός ότι το σήμα υφίσταται ολικές ανακλάσεις με αποτέλεσμα η ενέργεια της φωτεινής δέσμης να παραμένει εγκλωβισμένη στην οπτική ίνα.

Όπως γνωρίζουμε από την φυσική, βασική προϋπόθεση για να συμβεί η ολική ανάκλαση είναι, αφ' ενός ο δείκτης διάθλασης του εξωτερικού υλικού να είναι μικρότερος του εσωτερικού και αφ' ετέρου η γωνία πρόσπτωσης της ακτίνας να είναι μεγαλύτερη από κάποια τιμή που ονομάζεται οριακή γωνία. Στο σχήμα 3.2 φαίνεται η βασική λειτουργία της μεθόδου των οπτικών ινών.



Σχ. 3.2 Λειτουργία οπτικής ίνας.

Στην περίπτωση των οπτικών ινών η επίστρωση της κεντρικής ίνας (cladding), γίνεται με υλικό που έχει μικρότερο δείκτη διάθλασης από αυτόν της κεντρικής ίνας. Ο άλλος στόχος, που είναι η πρόσπτωση των ακτινών με μεγαλύτερη γωνία της οριακής, επιτυγχάνεται με την χρήση ινών πιο μικρού διαμετρήματος. Στο τέρμα της οπτικής ίνας βρίσκεται ένας φωτοδέκτης που ανιχνεύει την έλευση του φωτός.

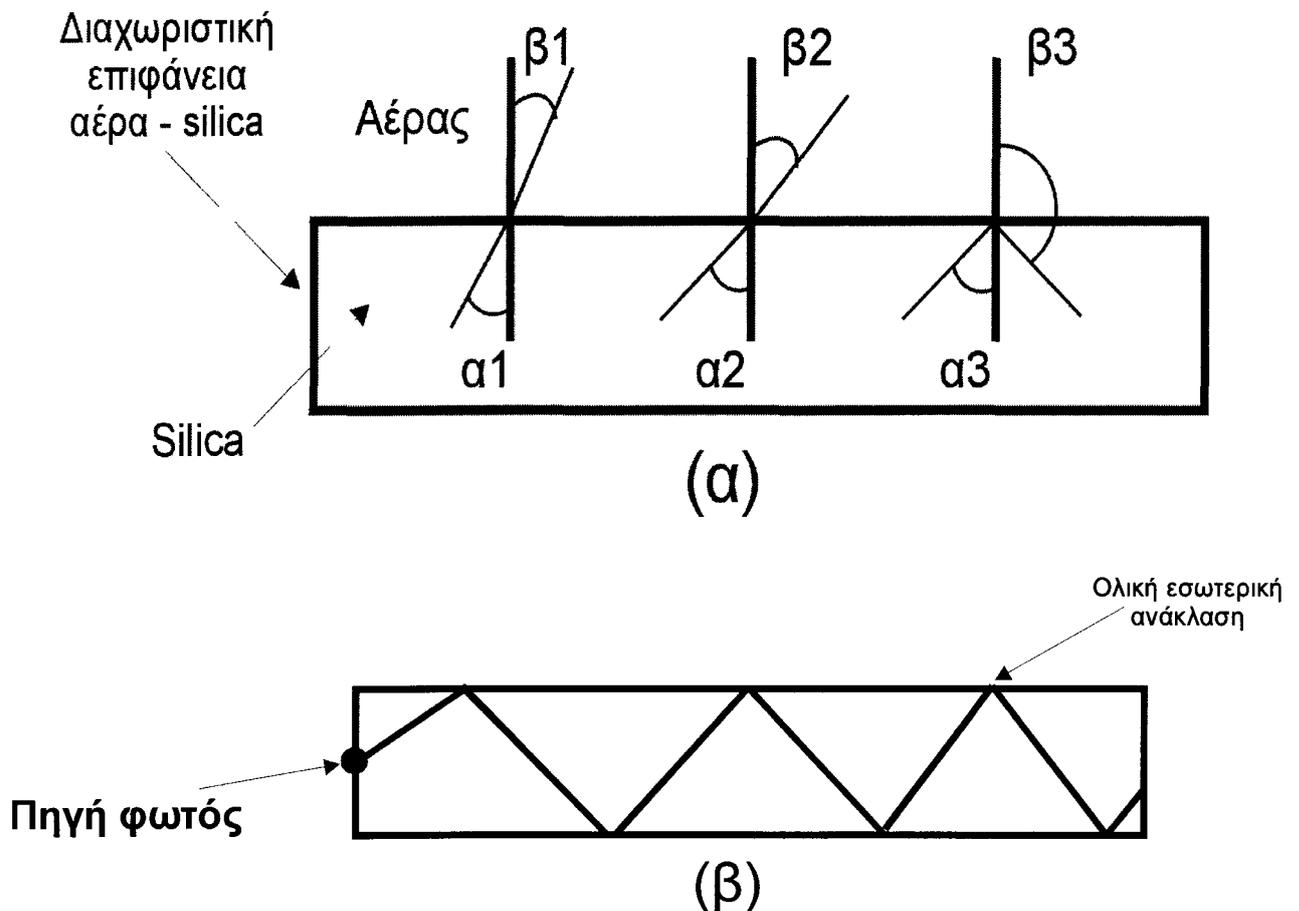
Ένας παλμός φωτός μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να παραστήσει το δυαδικό ψηφίο 1, ενώ η απουσία του παλμού παριστά το δυαδικό ψηφίο 0. Το ορατό φως έχει μια συχνότητα περίπου 10^{14} MHz, έτσι το εύρος ζώνης ενός συστήματος οπτικής μετάδοσης μπορεί να είναι τεράστιο.

Ένα σύστημα οπτικής μετάδοσης, έχει τρεις συνιστώσες: το μέσο μετάδοσης, την πηγή φωτός και τον ανιχνευτή. Το μέσο μετάδοσης είναι μια πολύ λεπτή ίνα από γυαλί ή τηγμένη silica (διοξείδιο του πυριτίου). Η πηγή φωτός είναι είτε μια δίοδος φωτοεκπομπής LED (Light



Emitting Diode) είτε ένα λέιζερ. Και τα δυο εκπέμπουν παλμούς φωτός, όταν εφαρμόζεται ηλεκτρικό ρεύμα. Ο ανιχνευτής είναι μια φωτοδίοδος η οποία παράγει ηλεκτρικό παλμό όταν πέσει φως πάνω της. Συνδέοντας μια LED η ένα λέιζερ στο ένα άκρο μιας οπτικής ίνας και μια φωτοδίοδο στο άλλο, έχουμε ένα μονόδρομο σύστημα μετάδοσης δεδομένων που δέχεται ένα ηλεκτρικό σήμα, το μετατρέπει και το μεταδίδει σε παλμούς φωτός και μετά επαναμετατρέπει την έξοδο σε ένα ηλεκτρικό σήμα στο άκρο της λήψης.

Σε αυτό το σύστημα μετάδοσης, το φως θα διέφευγε και έτσι το σύστημα θα ήταν άχρηστο στην πράξη εάν δεν υπήρχε μια ενδιαφέρουσα αρχή της φυσικής. Όταν μια ακτίνα φωτός περάσει από ένα μέσο σε ένα άλλο, για παράδειγμα από γυαλί στον αέρα, η ακτίνα διάθλασης στην διαχωριστική επιφάνεια γυαλιού – αέρα, η ακτίνα διαθλάται στην διαχωριστική επιφάνεια γυαλιού – αέρα όπως φαίνεται στο σχήμα 3.3. Εδώ βλέπουμε μια ακτίνα φωτός να προσπίπτει στην διαχωριστική επιφάνεια με γωνία α_1 και να εξέρχεται με γωνία β_1 .



Σχ. 3- 3 (α) Τρία παραδείγματα μιας ακτίνας φωτός από το εσωτερικό μιας ίνας silica που προσκρούει στη διαχωριστική επιφάνεια γυαλιού - αέρα υπό διαφορετικές γωνίες (β) Το φως παγιδεύεται με ολική εσωτερική ανάκλαση .



Η γωνία διάθλασης εξαρτάται από τις ιδιότητες των δυο μέσων (συγκεκριμένα από τους δείκτες διάθλασης τους). Για γωνίες πρόσπτωσης πάνω από μια συγκεκριμένη οριακή τιμή, το φως διαθλάται πίσω στο γυαλί και τίποτα από αυτό δεν διαφεύγει στον αέρα. Έτσι μια ακτίνα φωτός η οποία προσπίπτει με μια γωνία ίση ή μεγαλύτερη από την οριακή γωνία παγιδεύεται μέσα στην ίνα, όπως φαίνεται στο σχήμα 3.3(β) και μπορεί να μεταδοθεί για πολλά χιλιόμετρα χωρίς ουσιαστική απώλεια.

Το σχήμα 3.3(β) δείχνει μόνο μια παγιδευμένη ακτίνα, όμως εφ'όσον κάθε ακτίνα Φώτος που προσπίπτει στην διαχωριστική επιφάνεια με γωνία μεγαλύτερη από την οριακή γωνία ανακλάται εσωτερικά, πολλές διαφορετικές ακτίνες θα ανακλούνται με διαφορετικές γωνίες. Αυτή η κατάσταση χαρακτηρίζει την πολύτροπη οπτική ίνα (multi mode fiber).

Ωστόσο, εάν η διάμετρος της ίνας μειωθεί στο μήκος κύματος του φωτός, η ίνα ενεργεί ως ένας κυματοδηγός και το φως θα μεταδοθεί σε μια ευθεία γραμμή, χωρίς ανακλάσεις δημιουργώντας μια μονότροπη οπτική ίνα (single mode fiber). Οι μονότροπες οπτικές ίνες χρειάζονται ακριβές διόδους λέιζερ για να τις οδηγούν αντί για τις φθηνές LED, αλλά είναι περισσότερο αποτελεσματικές και μπορούν να μεταδώσουν δεδομένα σε μεγαλύτερες αποστάσεις. Τα σημερινά συστήματα οπτικών ινών μπορούν να μεταδώσουν δεδομένα με ταχύτητα περίπου 1000 Mbps για 1 Km. Υψηλότεροι ρυθμοί μετάδοσης δεδομένων έχουν επιτευχθεί στο εργαστήριο για μικρότερες αποστάσεις. Πειράματα έχουν δείξει ότι ισχυρά λέιζερ μπορούν να οδηγήσουν μια ίνα για 100 Km χωρίς επαναλήπτες με πολύ μικρότερες όμως ταχύτητες.

Οπτικές ίνες εγκαθίστανται σε πολλές χώρες για να χρησιμοποιηθούν σε τηλεφωνικές γραμμές μεγάλης απόστασης. Αυτή η τάση θα συνεχιστεί τις επόμενες δεκαετίες με τα ομοαξονικά καλώδια να αντικαθίστανται από οπτικές ίνες σε όλο και περισσότερες διαδρομές.

3.3 ΓΡΑΜΜΗ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΟΠΤΙΚΗΣ ΙΝΑΣ

Το σχήμα 3.4 δείχνει την δομή μιας γραμμής μεταφοράς μιας οπτικής ίνας. Αποτελείται από ένα κεντρικό τμήμα που ονομάζεται πυρήνας με δείκτη διάθλασης n_1 , που παρεμβάλλεται από ένα υλικό που ονομάζεται ντύμα, με μικρότερο δείκτη διάθλασης n_2 . Συνεπώς τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα μπορούν να περιορίζονται στην περιοχή του πυρήνα και να

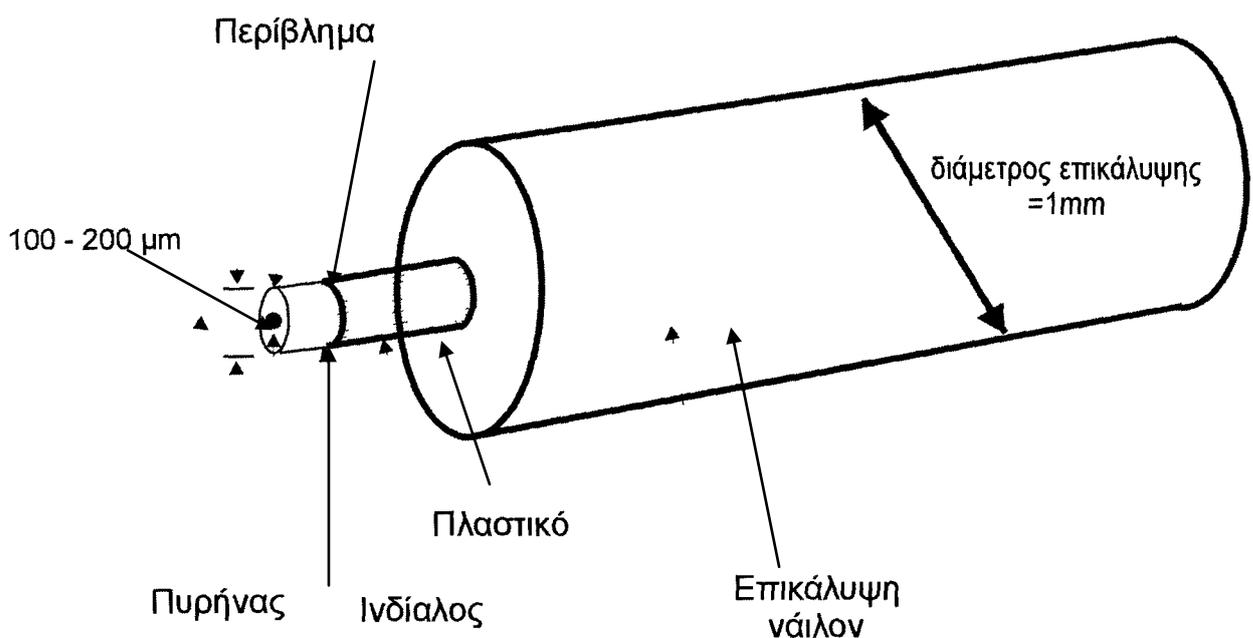


διαδίδονται από εσωτερικές ανακλάσεις στα όρια του πυρήνα – περίβλημα. Μια τέτοια οπτική ίνα είναι μια μορφή διηλεκτρικού κυματοδηγού, στον οποίο συνήθως χρησιμοποιούν γυαλί τύπου διοξειδίου του πυριτίου και γυαλιά πολλών στοιχείων σαν διηλεκτρικά υλικά.

Η διάμετρος του πυρήνα της οπτικής ίνας συνήθως κυμαίνεται από μερικά μm και η εξωτερική διάμετρος του ντύματος από 100 έως 200 μm . Όμως η γυμνή ίνα είναι πολύ ασθενής μηχανικά και υπόκειται σε μηχανικές διαβρώσεις. Έτσι οι οπτικές ίνες έχουν πλαστική επικάλυψη και στη συνέχεια επικάλυψη από νάιλον. Ένα καλώδιο οπτικής ίνας μπορεί να έχει πολλές οπτικές ίνες στο εσωτερικό του.

Το γυαλί του διοξειδίου του πυριτίου έχει τις λιγότερες απώλειες διάδοσης. Με προσεκτική αφαίρεση των προσμίξεων έχει επιτευχθεί 0.2 db/Km (περίπου 5% απώλειες ανά Km) σε μήκος κύματος 1.55 μm . Ο οπτικός κυματοδηγός με ίνες, με το μεγάλο εύρος διέλευσης και τις μικρές απώλειες διάδοσης είναι η πιο ελπιδοφόρα γραμμή μεταφοράς.

Σε μήκος κύματος 0.85 μm οι απώλειες διάδοσης είναι μικρές και έτσι δίνει, όπως λέμε «ίνες οπτικών παραθύρων». Συμπτωματικά, αυτό είναι και το μήκος κύματος στο οποίο λειτουργεί ο ημιαγωγός λέιζερ Αλουμινο-Αρσενικούχο Γάλλιο (Ga Al As) και επιπλέον ο φωτοφωρατής πυριτίου (Si) έχει μεγάλη ευαισθησία. Εξάλλου οι απώλειες των ινών είναι μικρότερες στην περιοχή μήκους κύματος από 1 – 1.6 μm .



Σχ. 3.4 Οπτική ίνα με τις επικαλύψεις της



3.4 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ

Οι οπτικές ίνες χρησιμοποιούν καλύτερα τα πλεονεκτήματα της διάδοσης του φωτός απ'όλα τα άλλα συστήματα οπτικών κυματοδηγών, όπως διάδοση στον ελεύθερο χώρο, οδήγηση με φακούς, με καθρέπτες, με φακούς αερίου, λεπτού φιλμ και κυματοδηγούς και έχουν τις παρακάτω ιδιότητες:

- Μικρές απώλειες για μεγάλη περιοχή μήκους κύματος (μικρότερες από 1db/Km που αντιστοιχεί σε απώλειες 25% Km).
- Μεγάλο εύρος διέλευσης (1 και 100 GHz, αντίστοιχα, για πολύτροπο και μονότροπο πάνω από 1 Km).
- Ευκαμψία.
- Μικρό μέγεθος (μια ντυμένη οπτική ίνα γυαλιού έχει διάμετρο 100 μm και ολική διάμετρο περιλαμβανόμενης και της πλαστικής επένδυσης 1–2mm).
- Μικρό βάρος.
- Δεν υπάρχει ηλεκτρομαγνητική παρεμβολή.
- Υψηλή ασφάλεια.
- Φυσική αφθονία υλικών γυαλιού, ειδικά αυτών που περιέχουν υψηλή συγκέντρωση πυριτίου.
- Υψηλή αντίσταση σε χημική επίδραση και μεταβολές θερμοκρασίας.

Τα εμπορικά τηλεφωνικά συστήματα της πρώτης γενιάς λειτούργησαν σε μήκος κύματος 820 nm και χρησιμοποιούσαν διόδους λέιζερ (injection) που συζεύτηκαν με πολύτροπες ίνες



(multimode). Ο υποβιβασμός της ίνας ήταν στην περιοχή των 3-8 db/Km και έδιναν 90 Mb/s από 8-12 Km. Τα συστήματα της δεύτερης γενιάς λειτούργησαν σε μήκος κύματος 1300 nm. Έδιναν 565 Mb/s με διάδοση μέχρι 45 Km χωρίς επαναλήπτες με μονότροπες ίνες (single mode) με απώλειες 0.5 db/Km. Τα συστήματα της τρίτης γενιάς λειτούργησαν στα 1500 nm με ίνες μονότροπες με απώλειες 0.3 db/Km και έδωσαν μεταφορά 1.3 Gb/s σε απόσταση πάνω από 45 Km. Στα εργαστήρια έχει επίσης αναπτυχθεί η τέταρτη γενιά που βασίζεται σε λέιζερ μιας συχνότητας στα 1550 nm. Πρόσφατα ήταν επιτυχής η διάδοση 2 Gb/s πάνω από σύνδεση 130Km.

3.5 ΤΥΠΟΙ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ

Με την ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας των οπτικών ινών και την μεγάλη εμπορική τους εφαρμογή, οι κατασκευαστικές εταιρίες δημιούργησαν κάποιες στάνταρ τυποποιήσεις. Οι πιο γνωστές μορφές είναι αυτές που ανήκουν στο PDS της AT&T, στο FDDI της ANSI, στο SONET της BELL CORE και ECSA και στο CABLING SYSTEM type 5 της IBM. Ας δούμε αναλυτικότερα τα χαρακτηριστικά του καθενός.

- **AT&T PDS:** PDS σημαίνει Premises Distribution System και είναι το πλήρες καλωδιακό σύστημα της AT&T. Το καλώδιο που χρησιμοποιείται στο PDS είναι πολύτροπο με διάμετρο κεντρικής ίνας και cladding 125 μm. Για τεχνική εκπομπής χρησιμοποιείται το LED και έχει την δυνατότητα να διανύει 2.2 Km χωρίς επαναλήπτες.
- Το **FDDI** που σημαίνει Fiber Distributed Data Interface καθορίζει πολύτροπες οπτικές ίνες με τρεις τύπους διαμέτρων: την 50/125, 62,5/125 και 85/125. Χρησιμοποιεί LED για πηγή και διανύει μέχρι 2 km χωρίς επαναλήπτες. Ο ρυθμός μετάδοσης στο FDDI εκτός από το φυσικό επίπεδο, προσδιορίζει λειτουργίες ανώτερων επιπέδων όπως πρωτόκολλα επικοινωνίας.
- Το **SONET** (Synchronous optical Network) είναι ένα πρότυπο εκμετάλλευσης οπτικών ινών στις τηλεπικοινωνίες καθώς θέτει τις βάσεις για ένα ολοκληρωμένο δίκτυο απαρτιζόμενο μόνο από οπτική ίνα. Οι ίνες που χρησιμοποιεί είναι μονότροπες για πηγή λέιζερ. Φθάνει μέχρι και 30 Km απόσταση χωρίς επαναλήπτη.



- **IBM Cabling System Type 5.** Το καλωδιακό σύστημα της IBM διαθέτει το καλώδιο τύπου 5 που είναι η οπτική ίνα step index multimode διαμέτρων 100/140 και πηγής LED. Φθάνει και αυτό τα 2 Km χωρίς επαναλήπτες.

3.6 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ

Η τεχνολογία των οπτικών ινών είναι τόσο ανεπτυγμένη, με αποτέλεσμα να χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο στα διάφορα συστήματα καλωδιώσεων. Οι οπτικές ίνες συνήθως χρησιμοποιούνται :

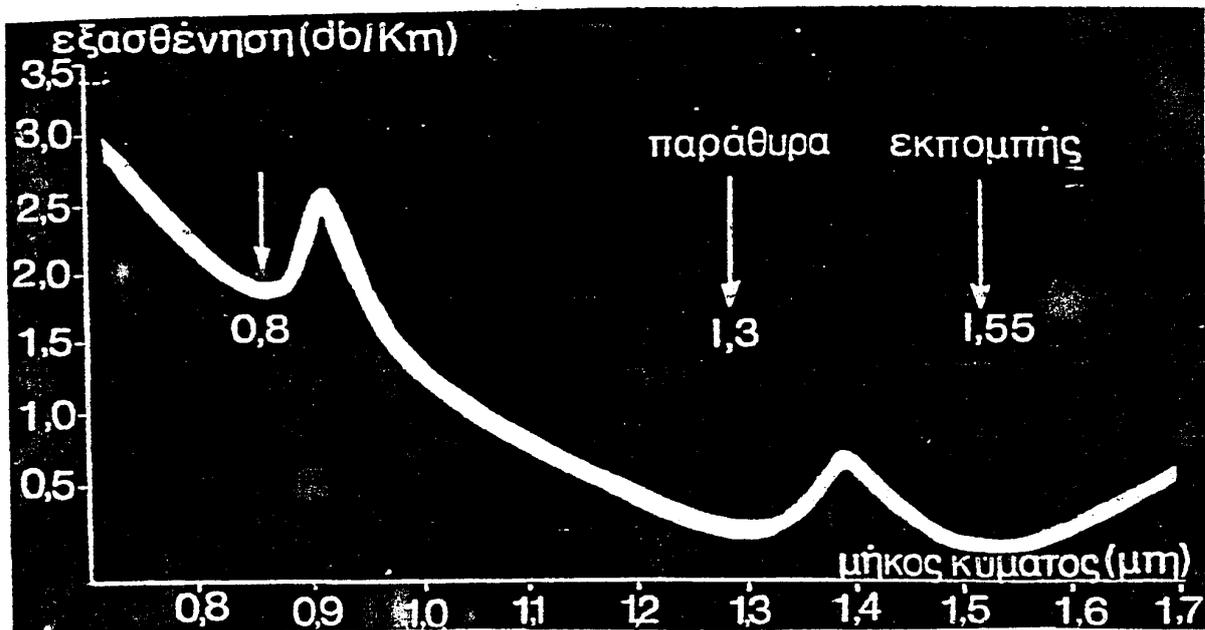
- Στην δημιουργία επίγειων και υποθαλάσσιων τηλεπικοινωνιακών συνδέσεων σε μακρινές αποστάσεις, υποκαθιστώντας έτσι τα ομοαξονικά καλώδια, τις μικροκυματικές ζεύξεις και τους δορυφόρους. Τα τελευταία χρόνια έχουν εγκατασταθεί πολλά καλώδια οπτικών ινών που συνδέουν ηπείρους μεταξύ τους, με χωρητικότητα που ξεπερνά τα 3000 κυκλώματα φωνής, όπως για παράδειγμα η ζεύξη Μασσαλίας – Σιγκαπούρης και το Υπερσιβηρικό καλώδιο.
- Για συνδέσεις σε βιομηχανικές περιοχές όπου ο ηλεκτρομαγνητικός θόρυβος βρίσκεται σε υψηλό επίπεδο.
- Σε τοπικά δίκτυα για μεταφορά δεδομένων με μεγάλες ταχύτητες.
- Στα νέα αστικά δίκτυα (Metropolitan Area Network) που αναπτύσσονται τα τελευταία χρόνια.
- Για μεταδόσεις δεδομένων και πληροφοριών με υψηλές απαιτήσεις ασφάλειας που απαιτούν οι κρατικές υπηρεσίες πληροφοριών, οι στρατιωτικές εφαρμογές κτλ.
- Για διασύνδεση οργάνων μέτρησης και παρακολούθησης σε εγκαταστάσεις και εργαστήρια.
- Για επικοινωνία μεταξύ πανεπιστημιούπολεων.



3.7 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ – ΕΞΑΣΘΕΝΙΣΗΣ

Η οπτική ίνα, ως το πιο διαδεδομένο μέσο μετάδοσης, χαρακτηρίζεται κυρίως από δυο παραμέτρους, τον συντελεστή διασποράς και τον συντελεστή εξασθένισης.

Η εξασθένιση (attenuation) του οπτικού σήματος, καθώς αυτό διαδίδεται μέσα από την οπτική ίνα, οφείλεται στις διάφορες προσμίξεις του υλικού από το οποίο η ίνα είναι κατασκευασμένη. Τέτοιες προσμίξεις είναι για παράδειγμα μεταλλικά ιόντα, ρίζες OH, οξυγόνο κ.α. Υπάρχουν όμως συγκεκριμένες τιμές μήκους κύματος στις οποίες η εξασθένιση είναι ελάχιστη. Οι τιμές αυτές ονομάζονται παράθυρα ελάχιστης εξασθένισης και εμφανίζονται στα 850, 1310 και 1550 nm. Σήμερα η πλειοψηφία των εγκατεστημένων ζεύξεων χρησιμοποιεί το παράθυρο των 1310 nm ενώ έχει ήδη αρχίσει και επεκτείνεται στη χρήση του παραθύρου των 1550 nm κυρίως για τον λόγο ότι σε αυτό το μήκος κύματος λειτουργούν οι οπτικοί ενισχυτές.



Για να μειωθεί η εξασθένιση, το υλικό των οπτικών ινών κατά τη διεργασία κατασκευής της ίνας, περνάει από ειδική επεξεργασία. Στις σημερινές τηλεπικοινωνιακές ίνες ο συντελεστής εξασθένισης έχει μειωθεί στο ελάχιστο και έχει φτάσει στα 0.2 db/Km (το κοινό γυαλί έχει συντελεστή εξασθένισης τα 10.000 db/Km).



Η διασπορά (**dispersion**) είναι το φαινόμενο κατά το οποίο το σήμα διαπλατύνεται χρονικά, καθώς μεταδίδεται μέσα από την ίνα, κάτι που έχει ως αποτέλεσμα το σήμα εξόδου να παρουσιάζει αυξημένη χρονική διάρκεια σε σχέση με το σήμα εισόδου. Υπάρχουν δυο είδη διασποράς: η διαρρυθμική και η ενδορρυθμική.

Η διαρρυθμική (**intermodal**) διασπορά εμφανίζεται μόνο στις πολυρρυθμικές οπτικές ίνες, όπου το σήμα εξόδου προέρχεται από την σύνθεση όλων των ρυθμών της ίνας. Οι ρυθμοί αυτοί έχουν διαφορετικές ταχύτητες φάσης οπότε ακόμα και αν εισέλθουν ταυτόχρονα στην ίνα εξέρχονται από αυτή σε διαφορετικές χρονικές στιγμές με αποτέλεσμα το σήμα εξόδου να παρουσιάζει μεγαλύτερη χρονική διάρκεια.

Η ενδορρυθμική (intermodal) διασπορά εμφανίζεται τόσο στις πολυρρυθμικές όσο και στις μονορρυθμικές ίνες. Η διασπορά αυτή οφείλεται κυρίως στην εξάρτηση του δείκτη διάθλασης της ίνας από το μήκος κύματος του οπτικού σήματος το οποίο δεν είναι απόλυτα καθορισμένο, αλλά καταλαμβάνει μια στενή περιοχή τιμών γύρω από το κεντρικό μήκος κύματος.

3.8 ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΝΕΣ ΚΑΙ ΑΛΛΑ ΜΕΣΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ

Οι οπτικές ίνες αν συγκριθούν με άλλα μέσα μετάδοσης υπερτερούν σε κάποια βασικά σημεία τα οποία έχουν μεγάλη σημασία για την άριστη λειτουργία ενός τηλεπικοινωνιακού συστήματος. Παρακάτω φαίνονται τα πιο βασικά:

- **Εύρος ζώνης:** οι οπτικές ίνες έχουν πολύ μεγάλο εύρος ζώνης συχνοτήτων με βασικό αποτέλεσμα την μετάδοση σε πολύ υψηλές ταχύτητες. Υπάρχουν σήμερα εγκατεστημένες οπτικές ίνες με ρυθμούς μετάδοσης 1.7 Gbps, ενώ σε εργαστηριακές εφαρμογές επιτυγχάνονται ρυθμοί έως και τα 6 Gbps. Τα χαρακτηριστικά των οπτικών ινών βελτιώνονται συνεχώς με αποτέλεσμα να αυξάνεται συνεχώς το πλήθος των καναλιών που υπάρχουν σε μια ίνα.
- **Θόρυβος:** οι οπτικές ίνες είναι ανεπηρέαστες από ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία και για τον λόγο αυτό χρησιμοποιούνται ευρέως σε βιομηχανικούς χώρους με υψηλό θόρυβο.
- **Σφάλματα:** ο ρυθμός εμφάνισης σφαλμάτων είναι σε χαμηλά επίπεδα
- **Υλικό:** το βάρος και ο όγκος των οπτικών ινών είναι σημαντικά μικρότερος από άλλους αντίστοιχους αγωγούς. Για παράδειγμα ένα χάλκινο καλώδιο 1000 ζευγών σε μήκος 500



μέτρων ζυγίζει περίπου 4000 κιλά, ενώ το καλώδιο οπτικής ίνας για την ίδια απόσταση ζυγίζει 4 κιλά και ταυτόχρονα περιέχει τον ίδιο αριθμό καναλιών.

- **Ασφάλεια:** είναι αρκετά ασφαλές μέσον μεταφοράς καθώς είναι πολύ δύσκολο να παρέμβει κάποιος και να υποκλέψει η να παρεμβάλει δεδομένα.

Υπάρχουν, βέβαια και κάποια σημεία στα οποία οι οπτικές ίνες υστερούν και εμφανίζουν προβλήματα.

- Είναι δύσκολοι οι τρόποι σύνδεσης και βυσμάτωσης των οπτικών ινών σε πομπό και δεκτή. Οι δυσκολίες εμφανίζονται στην προσαρμογή και ευθυγράμμιση της ίνας με την φωτεινή πηγή του πομπού. Έστω και μια μικρή απόκλιση των βυσμάτων σύνδεσης μπορεί να οδηγήσει σε διασπορά και απώλεια του εκπεμπόμενου σήματος.
- Είναι δύσκολη η σύνδεση πολλών χρηστών πάνω σε ένα καλώδιο. Μέχρι στιγμής οι οπτικές ίνες ικανοποιούν κυρίως point to point συνδέσεις.
- Όπως κάθε προϊόν νέας τεχνολογίας η χρήση της είναι περιορισμένη και η υπάρχουσα υποδομή ανεπαρκής.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

«ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΨΗΦΙΑΚΗ ΙΕΡΑΡΧΙΑ»

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο τέλος αυτής της εργασίας, ο αναγνώστης θα είναι σε θέση να καταλάβει γιατί ο κόσμος των τηλεπικοινωνιών ενδιαφέρεται τόσο πολύ για το SDH και ποια είναι η δομή του SDH σήματος.

Σκοπός αυτής της πτυχιακής είναι να παρέχει πληροφορίες για το SDH και να βοηθήσει τον αναγνώστη να εξοικειωθεί με την νέα ορολογία στο πεδίο των τηλεπικοινωνιών, η οποία συναντάται στο SDH. Το SDH είναι ένα διεθνές πρότυπο για σύγχρονα τηλεπικοινωνιακά συστήματα οπτικών ινών υψηλών ταχυτήτων. Η εργασία που αφορά το SDH ξεκίνησε από την ομάδα μελετών XVIII της CCITT τον Ιούνιο του 1986. Ο αντικειμενικός σκοπός της ομάδας αυτής ήταν να δημιουργηθεί ένα παγκόσμιο πρότυπο για σύγχρονα συστήματα μετάδοσης που θα εξασφαλίσει στους χρήστες ευέλικτα και οικονομικά τηλεπικοινωνιακά δίκτυα.

Τον Νοέμβριο του 1988, εγκρίθηκαν οι πρώτες συστάσεις της CCITT, G.707, G.708 και G.709. Οι συστάσεις αυτές ορίζουν ταχύτητες μετάδοσης, τη δομή του σήματος, τις δομές πολυπλεξίας και την απεικόνιση των σημάτων εισόδου (της πολυπλεξίας) για το Network Node Interface (NNI) το οποίο είναι το διεθνές πρότυπο Interface για την Σύγχρονη Ψηφιακή Ιεραρχία. Το γεγονός ότι οι απόψεις και η θεωρητική έρευνα γύρω από τους μηχανισμούς και τα συστήματα του SDH γίνονται πρότυπα, επιφέρει την ευελιξία που απαιτείται από τους χρήστες των τηλεπικοινωνιακών δικτύων για δραστικό, από πλευράς κόστους, έλεγχο της αύξησης της χωρητικότητας και πρόβλεψη για καινούργιες υπηρεσίες συνδρομητών στην επόμενη δεκαετία.

Η ιδέα της Σύγχρονου Συστήματος Μεταφοράς, ξεφεύγει από τις βασικές ανάγκες της, από σημείο σε σημείο, μετάδοσης και ικανοποιεί απαιτήσεις για τηλεπικοινωνιακή δικτύωση, μεταγωγή (switching) και έλεγχο δικτύων. Έτσι οι δυνατότητες αυτές κάνουν το SDH



κατάλληλο για να χρησιμοποιηθεί και στα τρία επίπεδα εφαρμογών τηλεπικοινωνιακών δικτύων:

- Τοπικό δίκτυο **LAN**
- Αστικό δίκτυο **MAN**
- Υπεραστικό δίκτυο **WAN**

4.2 ΑΝΑΓΚΕΣ ΤΩΝ ΣΗΜΕΡΙΝΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ

Οι ανάγκες και οι περιορισμοί των σημερινών δικτύων υψηλής χωρητικότητας είναι τα βασικά σημεία στα οποία πρέπει να δοθεί μεγάλη προσοχή έτσι ώστε να βελτιωθούν και να δημιουργηθούν ακόμη πιο σύγχρονα δίκτυα. Η κύρια απαίτηση των εταιριών που ελέγχουν τα δίκτυα σήμερα είναι να βρίσκονται σε θέση να ικανοποιήσουν γρήγορα και αποτελεσματικά τις απαιτήσεις των πελατών για νέα κυκλώματα και υπηρεσίες.

Η κύρια ανάγκη των δικτύων σήμερα, είναι η τηλεπικοινωνιακή δικτύωση η οποία θα υποστηρίζεται από μια πιο προηγμένη διαχείριση και συντήρηση η οποία θα βασίζεται κυρίως σε συστήματα ηλεκτρονικών υπολογιστών. Τα σημερινά δίκτυα υψηλής χωρητικότητας διακρίνονται από τους εξής περιορισμούς:

- Έλλειψη ευελιξίας και μεγάλη οικονομική ακρίβεια για σκοπούς τηλεπικοινωνιακής δικτύωσης.

Η ευελιξία των τηλεπικοινωνιακών δικτύων προσδιορίζεται από την δυνατότητα πρόσβασης σε ένα συγκεκριμένο σήμα εισόδου, που υπάρχει σε μια γραμμή μεταφοράς προκειμένου αυτό να μπορεί να αναδρομολογηθεί. Σήμερα, στις γραμμές μεταφοράς υψηλής χωρητικότητας δεν υπάρχει η δυνατότητα πρόσβασης σε ένα σήμα εισόδου χωρίς αυτό πρώτα να πολυπλεχθεί βήμα προς βήμα μέχρι το κατάλληλο επίπεδο. Για τον λόγο αυτό η πλησιόχρονη μετάδοση είναι μια ακριβή λύση για τις τηλεπικοινωνιακές δικτυώσεις.

- Οι δυνατότητες διαχείρισης και συντήρησης των δικτύων είναι εξαιρετικά περιορισμένες.

Στην δομή των πλαισίων των πολυπλεγμένων σημάτων δεν υπάρχει αρκετή χωρητικότητα για λειτουργίες διαχείρισης και συντήρησης, γεγονός που περιορίζει σε μεγάλο βαθμό τις



βελτιώσεις που μπορούν να γίνουν στον τομέα αυτό έτσι ώστε να υποστηριχθεί το μελλοντικό δίκτυο.

- Υπάρχουν πολλές ασυμβατότητες μεταξύ των συστημάτων που υποστηρίζουν γραμμές μεταφοράς υψηλών ταχυτήτων.

Κάθε κατασκευαστής συστημάτων και συσκευών δικτύου έχει τον δικό του τρόπο σχεδιασμού με αποτέλεσμα να μην υπάρχουν κοινά πρότυπα στα σημερινά συστήματα. Κατά συνέπεια και τα δυο άκρα μιας γραμμής μεταφοράς θα πρέπει να αγοραστούν από τον ίδιο κατασκευαστή.

4.3 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ

Με την αλματώδη ανάπτυξη της τεχνολογίας δημιουργούνται συνεχώς νέες απαιτήσεις στα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα, οι οποίες διακρίνονται παρακάτω:

- Δυνατότητα μεταφοράς των υπάρχοντων αλλά και των μελλοντικών σημάτων.
- Δυνατότητα χρήσης νέων τεχνολογιών και παροχή μεγάλων ταχυτήτων μετάδοσης.
- Δυνατότητα υλοποίησης ευέλικτων δικτύων.
- Δυνατότητα κεντρικής διαχείρισης του δικτύου μέσω υπολογιστών.
- Πλήρης παγκόσμια τυποποίηση πριν την δημιουργία των καινούργιων συστημάτων.

Ο παρακάτω πίνακας μας δίνει μια ιδέα για το τι επικρατεί σήμερα και τι θα πρέπει να δημιουργηθεί στο μέλλον έτσι ώστε να είναι δυνατή η ανταλλαγή δεδομένων, οι μεγάλες χωρητικότητες, ο έλεγχος και άλλες λειτουργίες οι οποίες είναι πλέον απαραίτητες.



Changing Network Requirements

TODAY

POINT-TO-POINT
TRANSMISSION

Supported by

MANUAL
APPROACH
NETWORK
MANAGEMENT AND
MAINTENANCE

CUSTOMER
NEEDS



TOMORROW

TELECOMMUNICATION
NETWORKING

Supported by

FASTER
PROVISIONING OF
CIRCUITS AND SERVICES

COMPUTER-BASED
INTEGRATED
NETWORK
MANAGEMENT AND
MAINTENANCE

4.4 ΜΕ ΤΗΝ ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΤΟΥ SDH

Με την εισαγωγή του SDH στα σύγχρονα τηλεπικοινωνιακά συστήματα εξασφαλίστηκε μεγαλύτερη ευελιξία στη διαχείριση της χωρητικότητας του δικτύου. Η ευελιξία αυτή μπορεί να αξιοποιηθεί σωστά μόνο όταν υπάρχει αντίστοιχη ευελιξία από πλευράς διαχείρισης και συντήρησης του δικτύου. Ο έλεγχος είναι πολύ σημαντική διαδικασία για το λόγο ότι, σε περίπτωση που η ποιότητα μιας υπηρεσίας αρχίσει να μειώνεται, η σχετική πληροφορία ελέγχου (overhead) επιστρέφει στον υπολογιστή διαχείρισης του δικτύου δια μέσω καναλιών επικοινωνίας δεδομένων που είναι εγκατεστημένα στο SDH και στη συνέχεια ξεκινάει η διαδικασία διόρθωσης του σφάλματος.



4.4.1 ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΣΗΜΑΤΩΝ ΣΤΟ SDH

SDH Transport Capabilities

<u>EXISTING SIGNALS</u>	<u>FUTURE SIGNALS</u>
2 Mb/s	FDDI - FIBRE DISTRIBUTED DATA INTERFACE [Standard for high-speed Local Area Network]
34 Mb/s	
140 Mb/s	
DS1	DQDB - DISTRIBUTED QUEUE DUAL BUS [Standard for Metropolitan Area Network]
DS2	
DS3	
	ATM - ASYNCHRONOUS TRANSFER MODE [Standard for Broadband-ISDN]

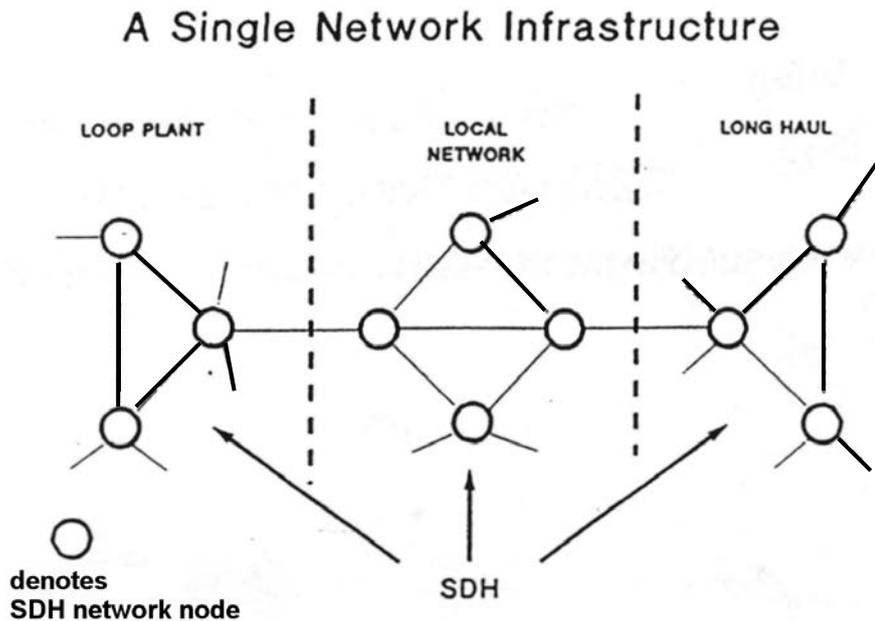
Σήμερα το SDH είναι συμβατό με τα μέχρι τώρα υπάρχοντα δίκτυα, γεγονός που κάνει δυνατή την μεταφορά σημάτων εισόδου, που εμφανίζονται στα σημερινά πλησιόχρονα δίκτυα, μέσα από το SDH. Συνεπώς το SDH μπορεί να αναπτυχθεί σαν ένα δίκτυο ανώτερου επιπέδου μιας και υποστηρίζει τα υπάρχοντα δίκτυα με μεγάλη ευελιξία. Επιπλέον η δυνατότητες μεταφοράς σημάτων στο SDH επιτρέπουν και σε μελλοντικά σήματα να έχουν πρόσβαση στα δίκτυα του.

Μερικά από αυτά τα μελλοντικά δίκτυα είναι τα παρακάτω:

- **Asynchronous Transfer Mode (ATM):** αναφέρεται σε ISDN ευρείας ζώνης (BB-ISDN).
- **Fiber Distributed Data Interface (FDDI):** αναφέρεται σε τοπικά δίκτυα H/Y υψηλής ταχύτητας.
- **Distributed Queue Dual Bus (DQDB):** αναφέρεται σε μητροπολιτικά δίκτυα.



4.4.2 ΕΝΙΑΙΑ ΥΠΟΔΟΜΗ ΔΙΚΤΥΟΥ



Σχ.4.1 Υποδομή Δικτύου.

Η δομή του SDH σήματος έχει βελτιωθεί ως προς την κατεύθυνση μετάδοσης του δικτύου με σκοπό την εξασφάλιση της επιθυμητής ευελιξίας. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να παρέχει απλή, οικονομική και ευέλικτη διαχείριση των σημάτων και στις τρεις παραδοσιακές περιοχές εφαρμογών των δικτύων: Τοπικό δίκτυο (Local Area Network), Αστικό δίκτυο (Inter-exchange Network), Υπεραστικό δίκτυο (Long Haul Network). Το SDH εξασφαλίζει ένα ενιαίο Interface δικτύου που αναφέρεται σαν Network Node Interface (NNI), γεγονός που επιτρέπει την άμεση διασύνδεση συσκευών μετάδοσης από διαφορετικούς κατασκευαστές.

Όλες οι ιεραρχίες που αναφέραμε ονομάζονται πλησιόχρονες ψηφιακές ιεραρχίες (PDH) και βασίζονται στην TDM πολύπλεξη με διαδοχικές τάξεις και βήματα πολύπλεξης. Το βασικό μειονέκτημα εδώ είναι ότι για να προστεθεί ή να αφαιρεθεί μια ψηφιακή παροχή χαμηλότερης ταχύτητας (πχ 2 Mb/sec) σε/ από ένα ψηφιακό σήμα υψηλότερης τάξης (πχ 140 Mb/sec) θα



πρέπει πρώτα να γίνει απόπλεξη σε όλα τα διαδοχικά επίπεδα από την ανώτερη έως την κατώτερη στάθμη. Η διαδικασία αυτή είναι εξαιρετικά πολύπλοκη, χρονοβόρα και έχει αρκετά υψηλό κόστος. Την λύση σε όλα αυτά τα προβλήματα ήρθε να δώσει η σύγχρονη ψηφιακή ιεραρχία SONET (Synchronous Optical Networking) και SDH (Synchronous Digital Hierarchy) που είναι η τελειότερη γενιά συστημάτων μετάδοσης υψηλής τάξης. Η βασική ιδέα των SONET και SDH είναι η δυνατότητα μεταγωγής καναλιών (switching και cross connection) οποιασδήποτε τάξης μέσα στο δίκτυο, χωρίς να υπάρχει η ανάγκη πολύπλεξης ή αποπολύπλεξης όλου του σήματος. Το SDH γεννήθηκε από το SONET των ΗΠΑ και θεσμοδετήθηκε από την ITU-T.

Η ITU-T πήρε τις συστάσεις της SONET από την BELL CORE και δημιούργησε ένα ελαφρά τροποποιημένο στάνταρτ, το SDH. Αν και ίδιες στις αρχές τους οι δυο τυποποιήσεις διαφέρουν στις χαμηλές ταχύτητες. Από το 1988 με το SDH έγιναν στην ουσία τα πρώτα βήματα προσπέρασης των δυσκολιών που είχαν προκύψει από τις διαφορές των συστημάτων υψηλών ταχυτήτων μεταξύ ΗΠΑ και Ευρώπης. Στην ουσία η ITU-T και ο ETSI έδωσαν ένα στάνταρτ ώστε οι ρυθμοί 1,5,2,6,34,45 και 140 Mb/sec να μπορούν να πολυπλεχθούν σε ένα νέο ρυθμό των 155.52 Mb/sec. Τα 155.52 Mb/sec είναι γνωστά σαν σήμα STM-1. Υψηλότεροι ρυθμοί καλύπτονται από τα STM-4 και STM-16.

Οι τυποποιήσεις ITU-T για το SDH είναι:

- G707 → ρυθμοί μετάδοσης SDH
- G708 → Interface κόμβων δικτύων για το SDH
- G709 → δομή σύγχρονης πολυπλεξίας

4.5 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΟΥ SDH ΣΗΜΑΤΟΣ

Αρχικά, σε κάποιον που τώρα γνωρίζει την σύγχρονη ψηφιακή ιεραρχία θα μπορούσε να δημιουργηθεί η εντύπωση ότι αυτή δεν είναι κάτι περισσότερο από μια ακόμη προδιαγραφή από διαχωρίστηκα σημεία (Interfaces, πλαίσια, frames) όπως γνωρίζουμε από τις συστάσεις της CCITT. Η ιεραρχία SDH όμως διαφέρει από τις υπάρχουσες προδιαγραφές για όλα αυτά τα πλεονεκτήματα – χαρακτηριστικά που στη συνέχεια αναφέρουμε:



- *Σχεδιάστηκε για συμφέρουσα, από πλευράς κόστους και ευέλικτη τηλεπικοινωνιακή δικτύωση.*

Τα πρότυπα του SDH βασίζονται στις αρχές της άμεσης σύγχρονης πολυπλεξίας που είναι το κλειδί για οικονομική και ευέλικτη τηλεπικοινωνιακή δικτύωση. Ουσιαστικά αυτό σημαίνει ότι συγκεκριμένα σήματα εισόδου μπορεί να πολυπλεχθούν κατευθείαν σε ένα SDH σήμα χωρίς ενδιάμεσα στάδια πολυπλεξίας. Στην συνέχεια τα στοιχεία του SDH δικτύου (Network Elements) μπορούν να διασυνδεθούν κατευθείαν στο υπάρχον δίκτυο, με προφανή οφέλη από πλευράς κόστους και οικονομίας συσκευών.

- *Εξασφαλίζει ενσωματωμένη χωρητικότητα σήματος για προηγμένη διαχείριση και συντήρηση δικτύων.*

Ικανότητες για προηγμένη διαχείριση και συντήρηση δικτύου απαιτούνται σε ένα ευέλικτο δίκτυο για να είναι δυνατή η χρήση αυτής της ευελιξίας. Περίπου 5% της δομής του SDH σήματος χρησιμοποιείται για υποστήριξη διαδικασιών προηγμένης διαχείρισης και συντήρησης του δικτύου.

- *Παγκόσμια στάνταρτ*

Οι σύγχρονες ψηφιακές παροχές μεταβιβάζονται υπό μορφή ψηφιακών σημάτων χωρίς να αλλάζουν τα στάνταρτ στα διαχωριστικά σημεία διέλευσης. Τα οδεύοντα σήματα μέσω μιας μεθόδου αντιστοίχισης (Mapping) μετατρέπονται σε σύγχρονα σήματα τα οποία μπορούν να χρησιμοποιήσουν ενιαία συστήματα. Τα σήματα πολυπλεξίας ανώτερης τάξης είναι ακέραια πολλαπλάσια της βασικής ψηφιακής παροχής 155.52 Mbit/sec. Έτσι το SDH συμπληρώνει τις δυο πλησιόχρονες Ιεραρχίες.

- *Εξασφαλίζει ικανότητες ευέλικτης μεταφοράς σήματος*

Το SDH σήμα έχει την ικανότητα να μεταφέρει όλα τα συνηθισμένα σήματα εισόδου που υπάρχουν στα σημερινά τηλεπικοινωνιακά δίκτυα. Αυτό σημαίνει ότι το SDH μπορεί να αναπτυχθεί σαν ένα πλαίσιο κάλυψης στο υπάρχον δίκτυο και όπου χρειαστεί, εξασφαλίζει



βελτιωμένη ευελιξία δικτύου μεταφέροντας διάφορους τύπους υπάρχοντων σημάτων. Επιπρόσθετα, το SDH έχει την δυνατότητα να ενσωματώνει νέους τύπους σημάτων.

➤ ***Τυποποιημένα διαχωριστικά σημεία (Interfaces) – Ενιαία δομή τηλεπικοινωνιακού δικτύου.***

Το διεθνές καθορισμένο διαχωριστικό σημείο για το SDH δίνει ένα τέλος στην ανομοιομορφία των διαχωριστικών σημείων των ψηφιακών συστημάτων μετάδοσης. Επίσης το SDH μπορεί να χρησιμοποιηθεί και στα τρία παραδοσιακά πεδία τηλεπικοινωνιακών δικτύων. Συνεπώς το SDH καθιστά δυνατή την ύπαρξη ενοποιημένης δομής δικτύου τηλεπικοινωνιών, πράγμα που σημαίνει ότι συσκευές από διαφορετικούς κατασκευαστές μπορούν να διασυνδεθούν κατευθείαν.

➤ ***Κατανεμημένα δίκτυα ευρείας ζώνης***

Είναι δυνατή, μελλοντικά, η μετάδοση σημάτων ευρείας ζώνης. Τα συγκεκριμένα δίκτυα μπορούν να μεταβιβάζουν σήματα τηλεόρασης υψηλής πιστότητας (HDTV) και επιτρέπουν την σύνδεση σε αυτά δικτύων LAN και MAN. Οι πολυπλέκτες παρέχουν τη δυνατότητα επαναεισαγωγής για οποιαδήποτε πλησιόχρονα σήματα όπως επίσης και την δυνατότητα εισαγωγής μελλοντικών σημάτων ATM στο φορέα μετάδοσης των σημάτων SDH.

➤ ***Μοντέρνες αρχές επίβλεψης***

Μια πρόσθετη χωρητικότητα στο επονομαζόμενο Overhead παρέχει τις εξής δυνατότητες:

➤ ***Βελτιωμένο τρόπο εντοπισμού των σημείων εμφάνισης των ανωμαλιών.***

➤ ***Ολοκληρωμένη επίβλεψη της ποιότητας μετάδοσης. Η πληροφορία επίβλεψης μεταβιβάζεται μέσα από bytes στο πλαίσιο SDH.***

➤ ***Υπηρεσιακό τηλέφωνο για παράλληλη επικοινωνία ή επικοινωνία με επιλογή.***



- *Μεγάλη πρόσθετη χωρητικότητα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από υπηρεσιακά κανάλια και κανάλια δεδομένων για λειτουργικές χρήσεις σε μέρος του πλαισίου που λέγεται Section Overhead.*

4.6 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Η διάταξη μετάδοσης ενός SDH σήματος αποτελείται από μια σειρά επιμέρους στοιχεία. Οι οπτικές ίνες είναι τα στοιχεία του κορμού ενός δικτύου SDH. Χρησιμοποιείται ένα με βαθμωτό δείκτη διάθλασης η οποία αποτελείται από τον πυρήνα ο οποίος περιβάλλεται από στρώμα γυαλιού. Η συνολική διάμετρος τους ανέρχεται σε 125 μm. Οι οπτικές ίνες παρέχουν σήμερα ρυθμό μετάδοσης πάνω από 2.5 Gbit/sec και προορίζονται για μεγαλύτερους ρυθμούς (13.22 Gbit/sec). Η φωτοδότηση μέσα στις οπτικές ίνες βασίζεται στην αρχή της ολικής ανάκλασης του φωτός που γίνεται στην επιφάνεια διαχωρισμού μεταξύ πυρήνα και μανδύα. Η τροχιά του φωτός που διατρέχει την ίνα έχει μορφή κύματος. Έτσι περιορίζεται η διασπορά και επιτυγχάνεται μεγαλύτερη απόσταση μεταξύ των αναγεννητών σε μια ζεύξη (το πάχος και ο βαθμός απόσβεσης της οπτικής ίνας προσδιορίζουν την απόσταση που μπορεί να διανύσει ένα σήμα χωρίς να ενισχυθεί). Για την κατασκευή της ίνας χρησιμοποιείται κρυστάλλινο γυαλί υψηλής καθαρότητας. Οι ενδιάμεσοι αναγεννητές (ZWE) αναγεννούν, ως προς το πλάτος και το χρόνο, τα εισερχόμενα σε αυτούς ψηφιακά σήματα τα οποία έχουν υποστεί εξασθένηση και παραμόρφωση λόγω διασποράς.

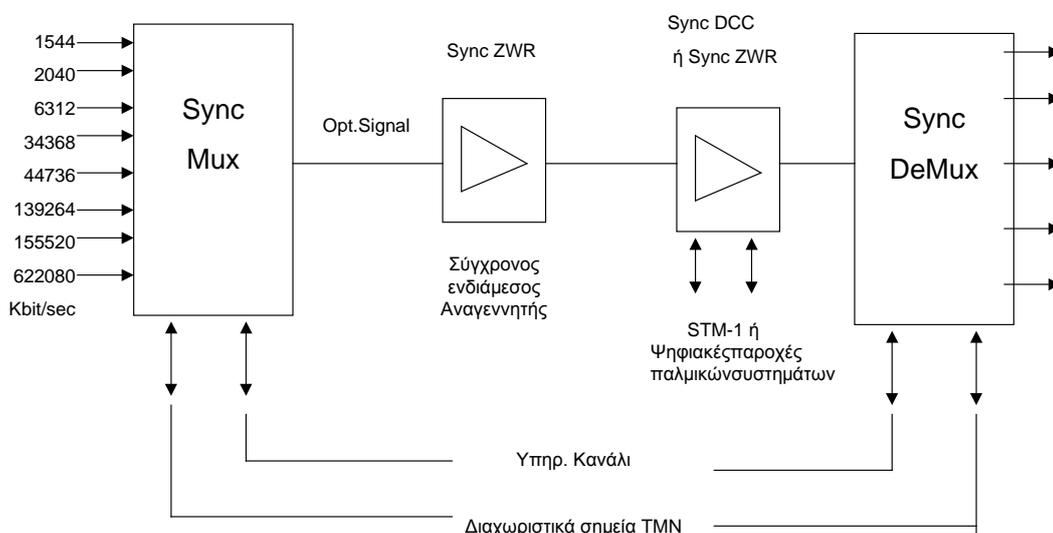
Αυτοί οι αναγεννητές σε αντίθεση με αυτούς της πλησιόχρονης ιεραρχίας αναμένουν ένα σήμα πλαισίου με το οποίο συγχρονίζονται. Στην πλευρά λήψης του σήματος εξάγονται διάφορα κανάλια 64 Kbit/sec (υπηρεσιακά κανάλια) καθώς και byte για έλεγχο και επίβλεψη σφαλμάτων. Όταν υπάρχουν λάθη από μόνους τους οι αναγεννητές παράγουν ένα κανονικό STM-1 πλαίσιο το οποίο διατηρεί το σύστημα σε λειτουργία. Δεν γίνεται όμως επεξεργασία διάφορων byte στο πλαίσιο, που καθορίζουν θέσεις εναποθήκευσης και άλλες λειτουργίες. Οι σύγχρονοι πολυπλέκτες με την τεχνική Mapping μετατρέπουν τα σήματα της πλησιόχρονης ψηφιακής ιεραρχίας σε σήματα λογικού εγκυβισμού (VC – Virtual Container) ενιαίου μεγέθους. Η προς μετάδοση τελική ψηφιακή παροχή σημάτων STM-1, STM-4 και STM-16 σχηματίζεται με διάφορους τρόπους και η διάρθρωση της πολυπλεξίας είναι σύμφωνη με το CCITT και το ETSI.



Η φιλοσοφία είναι ότι τα δεδομένα για κάθε έναν από τους ρυθμούς μετάδοσης μπορούν να ‘πακεταριστούν’ σε ένα πλαίσιο σταθερού μεγέθους που ονομάζεται container και να τοποθετηθούν σε μια εύκολα προσδιορίσιμη θέση μέσα σε ένα πολυπλεγμένο πλαίσιο ανώτερης ταχύτητας ή τάξης. Όλοι οι ρυθμοί της PDH ιεραρχίας μπορούν να περιληφθούν σε containers. Με τον τρόπο αυτό, η δομή του SDH μπορεί να μεταδώσει τα ευρωπαϊκά 2, 8, 34, 140 Mb/sec και τα αμερικανικά 1, 5, 6, και 45 Mb/sec. Με την χρήση πολυπλεκτών επαναεισαγωγής ADM (Add – Drop Multiplexer) μπορούν από το κύριο ψηφιακό σήμα να απομαστεύονται διάφορα επιμέρους σήματα (tributaries) και ανάλογα με τις ανάγκες σε ψηφιακές παροχές να δίνεται μια ευέλικτη λύση.

CONTAINERS	ΡΥΘΜΟΙ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ	PDH
C11	1,5Mb/s	T1
C12	2Mb/s	E1
C21	6Mb/s	T2
C22	8Mb/s	E2
C31	34Mb/s	E3
C32	45Mb/s	T3
C4	140Mb/s	E4

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. CONTAINERS ΚΑΙ PDH



Στοιχεία της Σύγχρονης Ψηφιακής Ιεραρχίας

4.7 ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΕΤΑΔΟΣΗ

Καθώς η μετάδοση οπτικών εικόνων από σημείο σε σημείο εξελισσόταν σε οπτική επικοινωνία από ένα συγκεκριμένο σημείο σε πολλά σημεία, η έννοια της ψηφιακής μετάδοσης ήταν πλέον κατάλληλη για τη δημιουργία τέτοιων δικτύων. Η θεμελιώδης αυτή έννοια της σύγχρονης ψηφιακής μετάδοσης εμφανίστηκε για πρώτη φορά στα τέλη της δεκαετίας του 1980 και αναλύθηκε μαζί με τις έννοιες της σύγχρονης ψηφιακής ιεραρχίας και των SONET Interfaces. Πάνω στην ιδέα της σύγχρονης ψηφιακής μετάδοσης στηρίχθηκε αργότερα το σύστημα SDH και αποκτήθηκε συμβατότητα μεταξύ αυτού και του Network Node Interface (NNI) και του User Network Interface (UNI) του BISDN. Το SDH μπορούμε να πούμε ότι αποτελείται από μια ψηφιακή δομή μετάδοσης η οποία λειτουργεί διαχωρίζοντας κατάλληλα το τηλεπικοινωνιακό φορτίο, μεταδίδοντας το μέσω σύγχρονων δικτύων μετάδοσης. Πριν την εμφάνιση του SDH η πιο συνηθισμένη ιεραρχία ήταν η πλησιόχρονη PDH η οποία παραμένει ακόμα ευρέως διαδεδομένη στην Ευρώπη και την Β. Αμερική χρησιμοποιώντας τα σήματα DS-1, DS-2, DS-3 και DS-4.



Αυτά τα PDH σήματα πολυπλέκονται σε Synchronous Transport Module (STM) σήματα στο SDH, από τα οποία συγχωνεύονται σε ένα STM-n σήμα. Συγκρινόμενο με το PDH το STM εμφανίζεται εξαιρετικά απλό στη λειτουργία του. Όμως η διαδικασία της σύγχρονης πολυπλεξίας η οποία αντιστοιχίζει PDH tributaries μέσα σε STM-n σήματα, δεν είναι μια ασήμαντη υπόθεση.

Η φράση Synchronous στο SDH προέρχεται από το γεγονός ότι η λειτουργία της πολύπλεξης πλησιόχρονων tributaries μέσα στο STM-n εφαρμόζει μια σύγχρονη δομή πολύπλεξης.

Μερικά από τα πλεονεκτήματα χρησιμοποίησης της σύγχρονης δομής πολύπλεξης είναι:

- **Απλοποιημένες τεχνικές πολύπλεξης - απόπλεξης.**
- **Απευθείας προσπέλαση σε low – rate tributaries χωρίς την ανάγκη πολύπλεξης – απόπλεξης όλων των ενδιάμεσων σημάτων.**
- **Αυξημένες λειτουργικές δυνατότητες.**
- **Εύκολη μετάβαση σε ακόμα υψηλότερα bit rates στο μέλλον με την εξέλιξη της τηλεπικοινωνιακής τεχνολογίας.**

Ο τύπος της επικοινωνίας ο οποίος μεταδίδει πλησιόχρονα ψηφιακά tributaries διαμέσου του base band, καλείται ψηφιακή μετάδοση και κατά τον ίδιο τρόπο η νέα μέθοδος της επικοινωνίας η οποία μεταδίδει σύγχρονα ψηφιακά tributaries ονομάζεται σύγχρονη ψηφιακή μετάδοση. Έτσι ανάλογα την διαδικασία η οποία πολυπλέκει τα ήδη υπάρχοντα DS-4 tributaries μέσα σε ένα STM-n σήμα βοήθειας της σύγχρονης πολύπλεξης, αναπλάθει τα σήματα διαμέσου Add – Drop και Cross – Connect συσκευών και τελικά τα μεταδίδει και τα αναπαράγει μέσα στα σύγχρονα ψηφιακά δίκτυα. Αυτή η διαδικασία στο σύνολο της ονομάζεται Σύγχρονη Ψηφιακή Μετάδοση.

Το αντικείμενο του επόμενου κεφαλαίου είναι να μας δώσει μια εις βάθος περιγραφή της σύγχρονης ψηφιακής μετάδοσης. Αρχικά θα γίνει μια λεπτομερή περιγραφή της λειτουργίας της σύγχρονης πολύπλεξης και θα παρουσιαστεί η κατανομή των ασύγχρονων tributaries σε ειδικούς υποδοχείς.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

«ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ SDH ΣΗΜΑΤΟΣ»

5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ (ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΠΟΛΥΠΛΕΞΗ)

Παρακάτω, πρόκειται να μελετηθεί η σύγχρονη μετάδοση και οι υπόλοιποι τομείς, που απορρέουν από αυτή. Ακόμη συγκρίνουμε το **SDH** με το ήδη υπάρχων **PDH**. Συζητείται η σύγχρονη δομή πολύπλεξης του **STM-n** πλαισίου και οι τεχνικές των δεικτών. Οι τεχνικές αυτές είναι καινούργιες και επιτρέπουν την εύκολη αντιστοίχιση των υψηλότερων ρυθμών μετάδοσης. Στη συνέχεια, θα παρουσιαστούν οι δυνατότητες της σύγχρονης ψηφιακής μετάδοσης, μέσα από τις τυποποιήσεις που θέτουν οι **CCITT** και η **T Committee (T1 Επιτροπή)**.

5.2 ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΟΥ PDH

Σαν πρώτο μειονέκτημα του **PDH**, αναφέρουμε την έλλειψη κάποιων προτύπων. Συγκεκριμένα, δεν υπάρχει κάποιο διεθνές πρότυπο, το οποίο να ασχολείται με τη μετάδοση για ρυθμούς μεγαλύτερους των 140Mbps.

Ένα ακόμη μειονέκτημα της ιεραρχίας **PDH**, είναι το εξής γεγονός: Καθώς τα πλαίσια, δε καταλαμβάνουν χρονικά την ίδια θέση, γίνεται έτσι φανερό, ότι είναι σχεδόν αδύνατο, να πάρουμε ένα **Tributary σήμα** των 2Mbps, από τη σειρά της διάταξης πολύπλεξιας του σήματος. Για το λόγο αυτό, χρειαζόμαστε ένα «σοβαρό» εξοπλισμό για τη διάταξη πολύπλεξης / απόπλεξης του σήματος.

Σημαντικό ακόμη μειονέκτημα αναφορικά με το **PDH**, είναι οι λίγες διαχειριστικές ευκολίες και δυνατότητες, που αυτό προσφέρει.



5.2.1 ΑΠΟ PDH ΣΕ SDH

Η ήδη υπάρχουσα ψηφιακή ιεραρχία, προσδιορίστηκε από την CCITT Bell System, της Β. Αμερικής. Τα DS σήματα που χρησιμοποιούνται στη Β. Αμερική ξαναεπικυρώθηκαν, από τη T1 Committee, που δημιουργήθηκε μετά τη διάλυση του Bell System. Η ήδη υπάρχουσα ψηφιακή ιεραρχία, ονομάστηκε PDH, ενώ τη συγκρίνουμε και τη διακρίνουμε από την πρόσφατα δημιουργούμενη SDH ιεραρχία.

Η PDH ψηφιακή ιεραρχία, είναι τυποποιημένη και τη συναντούμε στη Β. Αμερική αλλά και στην Ευρώπη. Όσον αφορά τη Β. Αμερικάνικη PDH, αυτή αποτελείται από τα εξής DS σήματα: DS-1 (1,544Mbps), DS-1c (3,512Mbps), DS-2 (6,312Mbps) και DS-4E (139,264Mbps).

Η Ευρωπαϊκή PDH, περιλαμβάνει τα εξής σήματα: DS-1E (2,048 Mbps), DS-2E (8,448 Mbps), DS-3E (34.388 Mbps), DS-4E (139,264 Mbps) και DS-5E (564,992 Mbps).

Τα βήματα πολύπλεξης, είναι όλα πλησιόχρονα και ο συγχρονισμός, επιτυγχάνεται με τη χρησιμοποίηση του bit stuffing και του θετικού justification.

Το SDH, αποτελείται από STM-n σήματα. Όπου n, είναι ένας σταθερός αριθμός, κυρίως 1,416 και με τα αντίστοιχα bit rates 155.520, 622.080, 2.488.320 Mbps, αντίστοιχα. Το STM-1 σήμα, σχηματίζεται από τη σύγχρονη πολύπλεξη των σημάτων DS-1, DS-2, DS-3, DS-4E, DS-3E, DS-2E και DS-1E tributaries. Τα DS-1C και DS-5C, εξαιρούνται από τη σύγχρονη πολύπλεξη. Το STM-1 σήμα, προέρχεται μέσα από μια byte-interleave-multiplexing (BIM) ή STM-1 σημάτων. Μετά τη διαδικασία αυτή η σύνθεση του overhead κάθε STM-1 σήματος, αναδιοργανώνεται. Το SDH έχει πιο απλή δομή συγκριτικά με αυτή του PDH. Ακόμη στο PDH, το DS-m, είναι ένα υψηλότερο tributary, από το DS-(M-1) σήμα. Στο SDH, όλα τα DS σήματα, είναι ισοδύναμα στη τάξη.

Στο σημείο αυτό, θα πρέπει ακόμη να προσθέσουμε, ότι η σημερινή ευρεία χρήση του PDH, κάνει τη μετανάστευση στην ιεραρχία SDH, η οποία είναι σαφώς πιο εξελιγμένη, ένα πέρασμα με αργούς ρυθμούς. Η Telecoms όμως, ήδη υλοποιεί συστήματα SDH, τα οποία θα ξεπεράσουν τους περιορισμούς που θέτει το PDH.



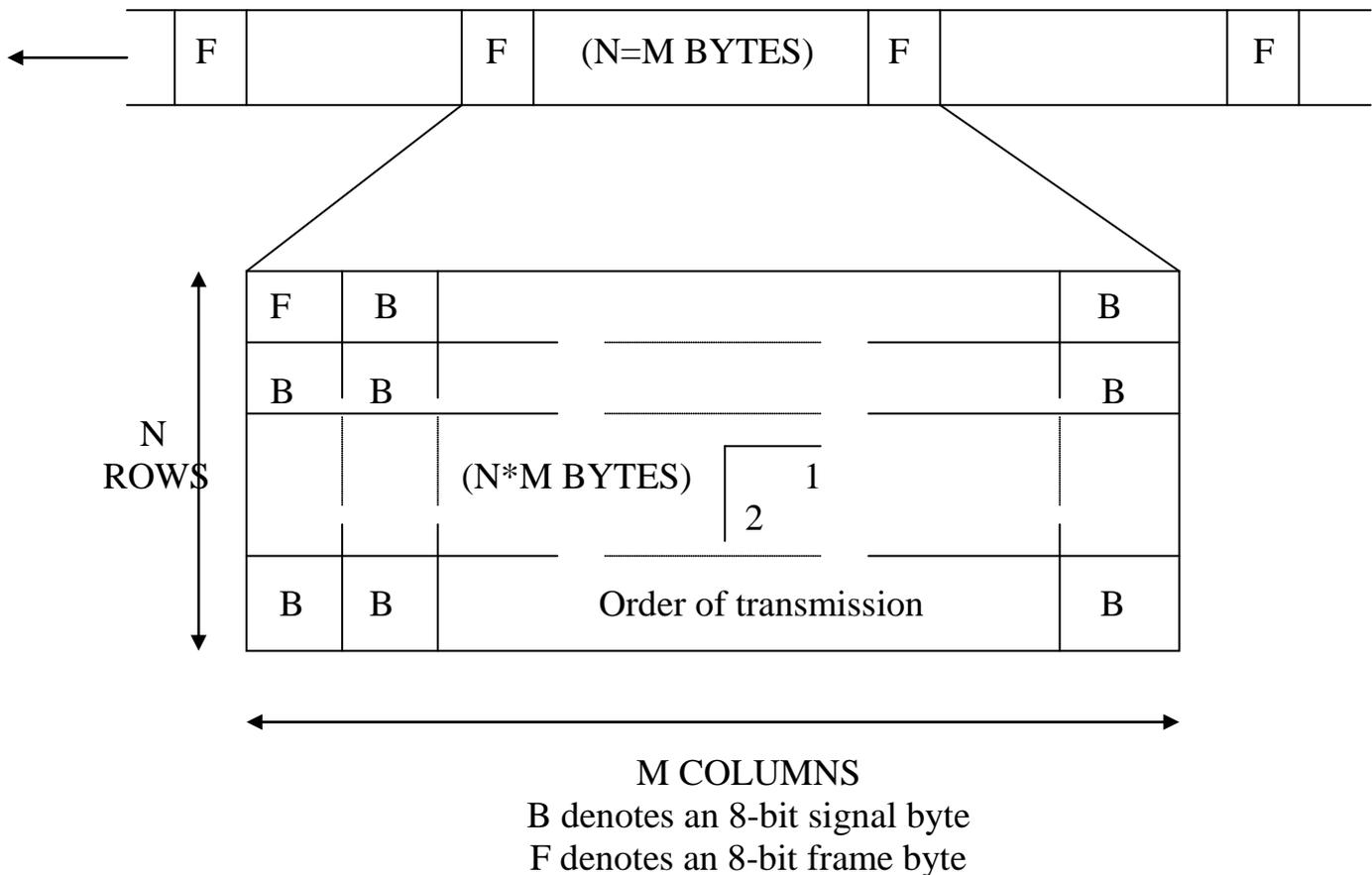
5.2.2 ΑΝΑΓΚΕΣ ΓΙΑ ΕΝΑ ΝΕΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Γρήγορα, έγιναν εμφανείς οι ανάγκες οι οποίες καθιστούν απαραίτητο, το πέρασμα σε ένα άλλο σύστημα με μεγαλύτερες δυνατότητες. Οι συνεχώς μεγαλύτερες απαιτήσεις που δημιουργούνται επάνω σε τομείς, όπως video, multimedia, data και broadband telecommunication services, αποτελούν σίγουρα μερικές από τις ανάγκες αυτές. Σαν μια άλλη ανάγκη, θα μπορούσαμε να θεωρήσουμε την καλύτερη διαχείριση που απαιτείται πάνω σε δικτυακές υποθέσεις και εφαρμογές. Φανερή είναι επίσης και η ανάγκη, για ένα πρότυπο πάνω στα οπτικά μέσα μετάδοσης, πραγματικότητα που σαφώς εξασφαλίζει το SDH.

Τέλος, τονίζεται η μη αποτελεσματική διαχείριση του PDH, επάνω σε χαμηλά bit rates.

5.3 ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΣΥΓΧΡΟΝΟΥ ΣΗΜΑΤΟΣ

Synchronous Signal Structure.



Σχ. 5.1 Δομή του σύγχρονου σήματος.

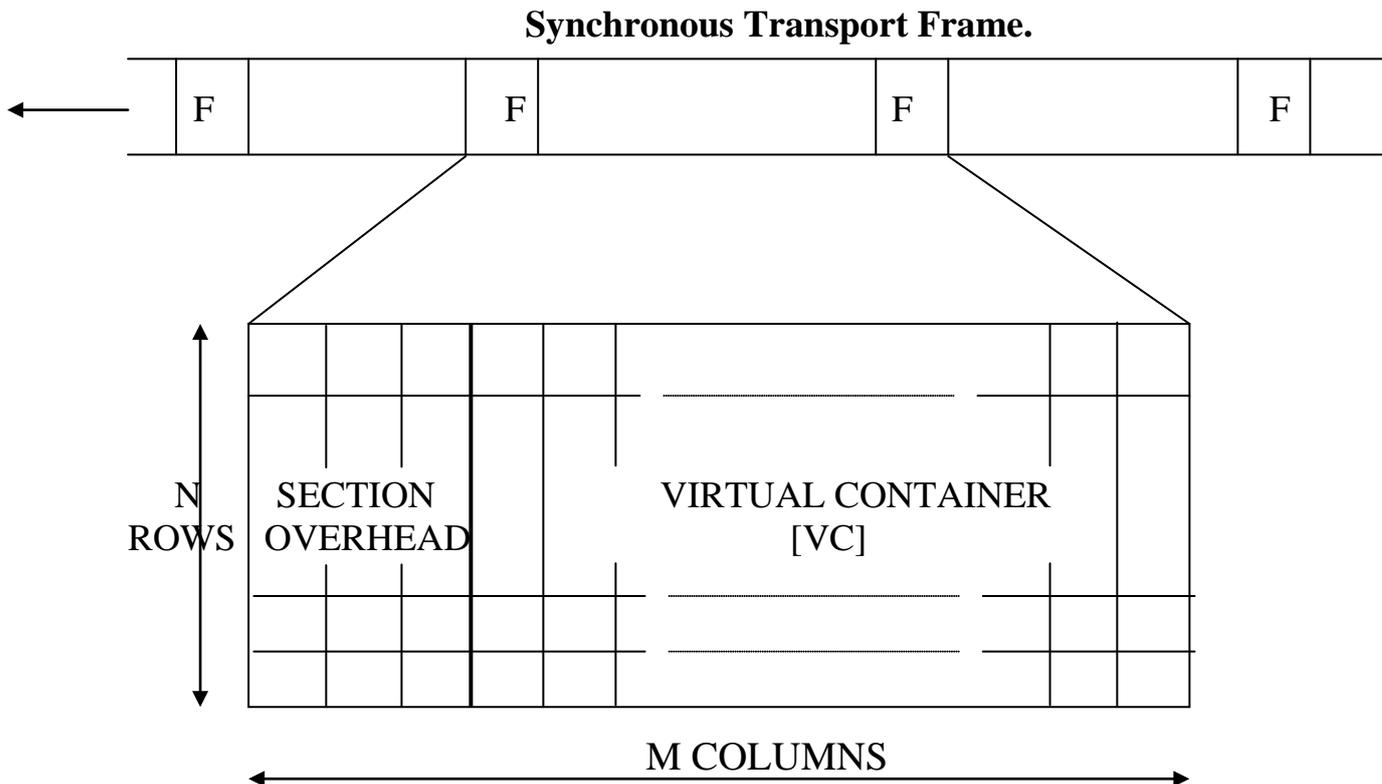


Η δομή του σύγχρονου σήματος του **SDH**, περιλαμβάνει ένα σύνολο από bytes(των 8 bits), τα οποία είναι οργανωμένα σε μια δομή πλαισίου. Η ταυτότητα του κάθε byte, είναι γνωστή και διατηρείται σε σχέση με κάποια byte αναφοράς του πλαισίου.

Για λόγους σαφήνειας, ένα απλό πλαίσιο, στο σειριακό κανάλι των bytes που ρέουν, μπορεί να αναπαρασταθεί σαν πίνακας-πλαίσιο, δυο διαστάσεων. Το πλαίσιο των δυο διαστάσεων, περιλαμβάνει N γραμμές και M στήλες, από τετράγωνα. Εδώ το κάθε τετράγωνο, περιλαμβάνει και ένα byte από το σήμα. Ένα byte αναγνώρισης πλαισίου, εμφανίζεται στο πρώτο επάνω αριστερά τετράγωνο του δισδιάστατου πίνακα. Το byte αυτό αναγνώρισης του πλαισίου, λειτουργεί σαν σταθερό σημείο αναφοράς, με αποτέλεσμα, κάθε byte του πλαισίου, να είναι εύκολα εντοπίσιμο.

Τα bits του σήματος, μεταδίδονται σε μια σειρά. Αρχίζουμε πρώτα με εκείνα της πρώτης γραμμής. Η σειρά μετάδοσης, είναι από τα αριστερά προς τα δεξιά. Αφού μεταδοθεί και το τελευταίο byte του πλαισίου(αυτό δηλαδή το οποίο βρίσκεται στη γραμμή N και στη στήλη M), τότε όλη η σειρά επαναλαμβάνεται, αρχίζοντας με το byte αναγνώρισης πλαισίου, του επομένου πλαισίου.

5.4 ΣΥΓΧΡΟΝΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ



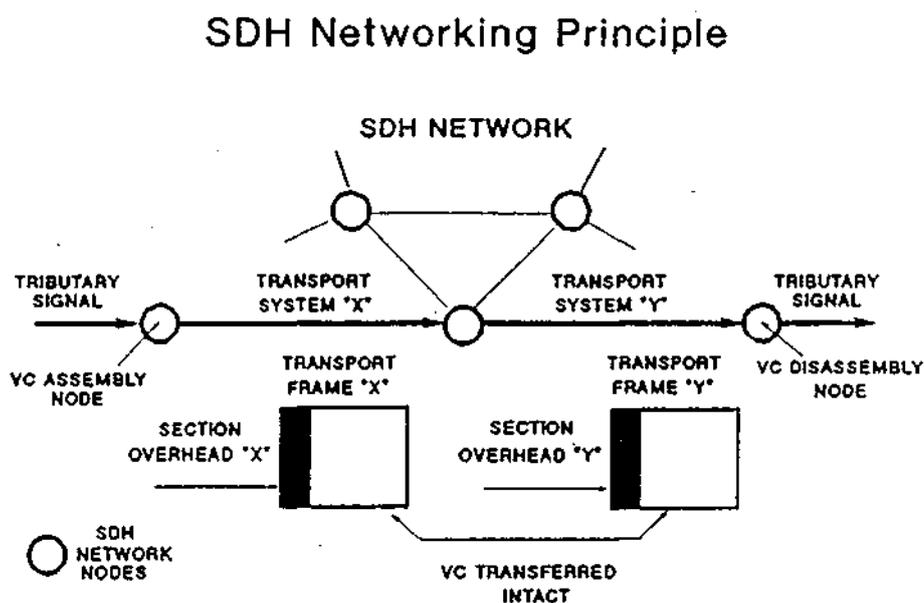


Η ιδέα της αναλλοίωτης μεταφοράς, των σημάτων εισόδου μέσα σε ένα σύγχρονο δίκτυο, είναι αυτή που στην ουσία οδηγεί στην έννοια και όρο «σύγχρονο πλαίσιο μεταφοράς». Ένα τέτοιο σύγχρονο πλαίσιο μεταφοράς, περιλαμβάνει δυο περιοχές, οι οποίες είναι διακριτές και εύκολα προσβάσιμες, μέσα στη δομή του πλαισίου. Η μια περιοχή ονομάζεται virtual container (VC), και η άλλη section overhead (SOH).

Virtual Container (VC): Συγκεκριμένα σήματα εισόδου (όπως για παράδειγμα, σήματα των 140 Mbits/s), κατανέμονται μέσα στο virtual container, για να μεταφερθούν από τη μια άκρη του SDH δικτύου, στην άλλη. Το VC, συναρμολογείται και αποσυναρμολογείται μόνο μια φορά, παρόλο που μπορεί να περάσει από πολλά συστήματα μέσα στο δίκτυο, έως ότου να φτάσει στο τελικό του προορισμό.

Section Overhead (SOH): Από τη συνολική χωρητικότητα του σήματος, ένα μέρος του, κατανέμεται στο SOH. Το SOH τώρα, εξασφαλίζει κάποιες δυνατότητες. Κάνει λόγου χάρη, έλεγχο των λανθασμένων bits, επίβλεψη των συναγερμών, έλεγχο των καναλιών επικοινωνίας δεδομένων. Όλα αυτά για να υποστηριχτεί και να ελεγχθεί η μεταφορά ενός VC, από ένα κόμβο του δικτύου σε ένα άλλο. Το SOH, είναι ένα ξεχωριστό σύστημα μεταφοράς και δε μεταφέρεται με το VC, μεταξύ των διαφόρων συστημάτων.

5.5 ΑΡΧΗ ΤΗΣ ΔΙΚΤΥΩΣΗΣ SDH



Σχ.5.3 Αρχή δικτύωσης SDH.

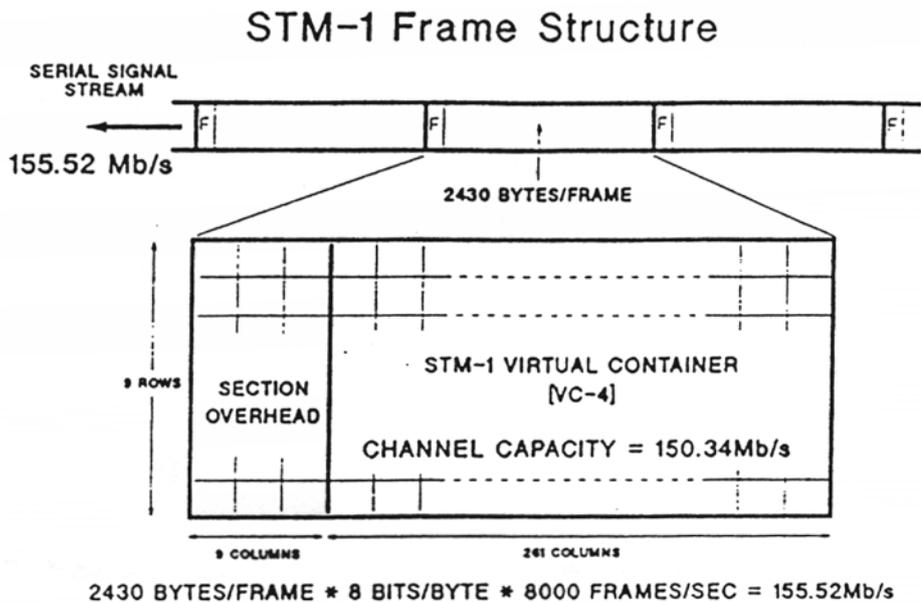


Ένα **SDH** δίκτυο, περιλαμβάνει ένα πλήθος από κόμβους επεξεργασίας, οι οποίοι είναι συνδεδεμένοι μεταξύ τους. Μια τέτοια διασύνδεση, επιτυγχάνεται με το σκεπτικό των ξεχωριστών **SDH** συστημάτων μεταφοράς. Κάθε σύστημα μεταφοράς, φέρει ένα σήμα, με τέτοιο τρόπο αλλά και τέτοια φόρμα, που να μπορεί να περιγραφεί, χρησιμοποιώντας τη δομή του **SDH** πλαισίου.

Το **Virtual Container**, όπως είπαμε και πιο πριν, μεταφέρει ένα σήμα εισόδου, μέσα στο σύγχρονο δίκτυο. Το **VC** σήμα, περνά αναλλοίωτο μέσα από τα συστήματα μεταφοράς, κατά τη διαδρομή του μέσα από το δίκτυο.

Το **Section Overhead**, δημιουργείται στη πλευρά εκπομπής του κάθε κόμβου του δικτύου και τερματίζει στον κόμβο λήψης. Το **SOH**, στην ουσία, υποστηρίζει τη μεταφορά του **VC**, μέσα στο σύστημα. Δε μεταφέρεται μαζί με το **VC** μεταξύ των διαφόρων συστημάτων μεταφοράς.

5.5.1 Η ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΠΛΑΙΣΙΟΥ STM-1





Σαν μονάδα σύγχρονης μεταφοράς πρώτου επιπέδου (**Synchronous Transport Module, STM-1**), εννοούμε το βασικό επίπεδο του SDH σήματος. Το STM-1 πλαίσιο του σήματος, μπορεί να περιγραφεί από ένα δισδιάστατο πίνακα που περιλαμβάνει 9 γραμμές και 270 στήλες. Δηλαδή μιλάμε για μια συνολική χωρητικότητα σήματος, $2340 \text{ bytes} = 19440 \text{ bits}$ ανά πλαίσιο ($1 \text{ byte} = 8 \text{ bits}$). Ο ρυθμός επανάληψης του πλαισίου, που αλλιώς ονομάζεται και «ταχύτητα του πλαισίου», είναι 8000 πλαίσια ανά δευτερόλεπτο. Δηλαδή η χρονική διάρκεια του πλαισίου, είναι $125 \cdot 10^{-6}$ δευτερόλεπτα (125 μsecs). Η ταχύτητα επανάληψης και η διάρκεια του κάθε πλαισίου, οδηγούν στη ταχύτητα της βασικής SDH δομής, η οποία είναι $155,52 \text{ Mbits/s}$ (δηλαδή, $2340 \text{ bytes} / \text{πλαίσιο} * 8 \text{ bits} / \text{byte} * 8000 \text{ πλαίσια} / \text{sec} = 155,52 \text{ Mbits/sec}$).

Όσον αφορά τώρα το Section Overhead, αυτό καταλαμβάνει τις 9 πρώτες στήλες του STM-1 πλαισίου. Καταλαμβάνει συνολικά δηλαδή 81 bytes. Τα υπόλοιπα 2349 bytes, καταλαμβάνονται από το σήμα του Virtual Container. Κάτι τέτοιο σημαίνει ότι η χωρητικότητα του καναλιού, είναι $150,34 \text{ Mbits/s}$, στη δομή του STM-1 σήματος, για τη μεταφορά σημάτων εισόδου, μέσα από το σύγχρονο δίκτυο.

Στο σημείο αυτό θα ήταν σκόπιμο να γίνουν τρεις παρατηρήσεις:

Παρατήρηση 1: Η χωρητικότητα του καναλιού, με ταχύτητα $150,34 \text{ Mbits/s}$, διασφαλίζει ότι το βασικό **SDH** σήμα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μεταφορά σήματος εισόδου στα $139,264 \text{ Mbits/s}$.

Παρατήρηση 2: Για τη ταχύτητα 8000 πλαίσια/sec , κάθε byte μέσα στη δομή του **SDH** σήματος, αντιπροσωπεύει μια χωρητικότητα καναλιού 64 Kbits/s ($\text{bits/byte} * 8000 \text{ bytes/sec} = 64 \text{ Kbits/s}$). Είναι η ταχύτητα ενός PCM καναλιού φωνής.

Παρατήρηση 3: Ο Virtual Container, ο οποίος σχετίζεται με ένα STM-1 πλαίσιο, αναφέρεται σαν «**Virtual Container Επιπέδου 4**» ή αλλιώς **VC-4**. Virtual Containers επιπέδων 1, 2 και 3, προκύπτουν σαν υποδιαιρέσεις του **VC-4**.

5.6 LAYERING ΚΑΙ OVERHEAD

Τα ψηφιακά συστήματα, μεταδίδονται ιεραρχικά, διάμεσο διαδρομής (path), πολυπλεκτών (multiplexers), αναγεννητών (regenerators), και άλλων φυσικών φορέων. Κάθε τμήμα της διαδικασίας μετάδοσης, μπορεί να χαρακτηριστεί σαν ένα στρώμα (layer). Μπορούμε επομένως,



να χωρίσουμε τη λειτουργία της ψηφιακής μετάδοσης σε path layer, multiplexer layer, regenerator section layer και physical medium layer ή αλλιώς optical layer.

Η σύγχρονη δομή της πολύπλεξης, κατανέμει συστηματικά το χώρο για τα bit , ερχόμενη και σε συμφωνία με την έννοια του στρώματος ή του επιπέδου (layer). Εδώ, το STM-1 πλαίσιο, χωρίζεται σε πέντε περιοχές. Οι τέσσερις περιέχουν overhead λειτουργίες για διαφορετικά επίπεδα. Τα μέρη του regenerator overhead και του multiplexer overhead, αντιστοιχίζονται στα μέρη του regenerator και του multiplexer στρώματος αντίστοιχα. Το path overhead, αντιστοιχεί στο path layer. Τα path overheads, για χαμηλότερης τάξης paths, συμπεριλαμβάνονται στο χώρο ωφέλιμου φορτίου του STM.

Όσον αφορά τα Overheads (επικεφαλίδες), που χρησιμοποιούνται στη σύγχρονη πολύπλεξη, αυτά διαιρούνται στα: Path overhead (POH) και Section overhead (SOH).

Αναφορικά με το SOH τώρα, αυτό είναι επικεφαλίδα (overhead) που προστίθεται ή αποσπάται από το τμήμα του regenerator ή του multiplexer και χρησιμοποιείται για συντήρηση αλλά και για άλλες λειτουργικές δυνατότητες. Το SOH, διαιρείται σε Regenerator Section overhead (RSOH) και σε Multiplexer Section overhead (MSOH). Τα SOH, που τοποθετούνται πάνω και κάτω από τον Pointer (PTR), είναι για τον Regenerator και τον Multiplexer αντίστοιχα. Για παράδειγμα, το B1 που είναι τοποθετημένο στο πάνω μέρος του PTR, για bit-interleaved parity (BIP-8), ελέγχεται και επανεκτιμάτε σε κάθε Regenerator.

Το 3-Byte B2 όμως, που τοποθετείται στο overhead, στο κάτω μέρος του pointer για BIP-24, ελέγχεται μόνο στη γραμμή τερματισμού. Η εισαγωγή της έννοιας του SOH, είναι και το τελευταίο βήμα, στη κατασκευή του STM-n.

Το POH τώρα, εισάγεται κάθε φορά σε ένα Virtual Container (VC) σήμα, το οποίο είναι κατασκευασμένο. Το POH, μπορεί να χωριστεί, σε χαμηλής ή υψηλής τάξης POH. Και στις δυο περιπτώσεις, χρησιμοποιείται για επικοινωνία από σημείο σε σημείο, μεταξύ του σημείου συγκέντρωσης του VC, και του σημείου αποκέντρωσης.

Ένα απλό πλαίσιο στο σειριακό κανάλι των bytes που ρέουν , για λόγους σαφήνειας μπορεί να αναπαρασταθεί σαν πίνακας-πλαίσιο δυο διαστάσεων. Το πλαίσιο των δυο διαστάσεων, περιλαμβάνει N γραμμές και M στήλες από τετράγωνα. Κάθε τετράγωνο, αντιπροσωπεύει ένα byte από το σύγχρονο σήμα. Ένα byte αναγνώρισης πλαισίου, εμφανίζεται στο πρώτο αριστερά τετράγωνο του δισδιάστατου πίνακα.

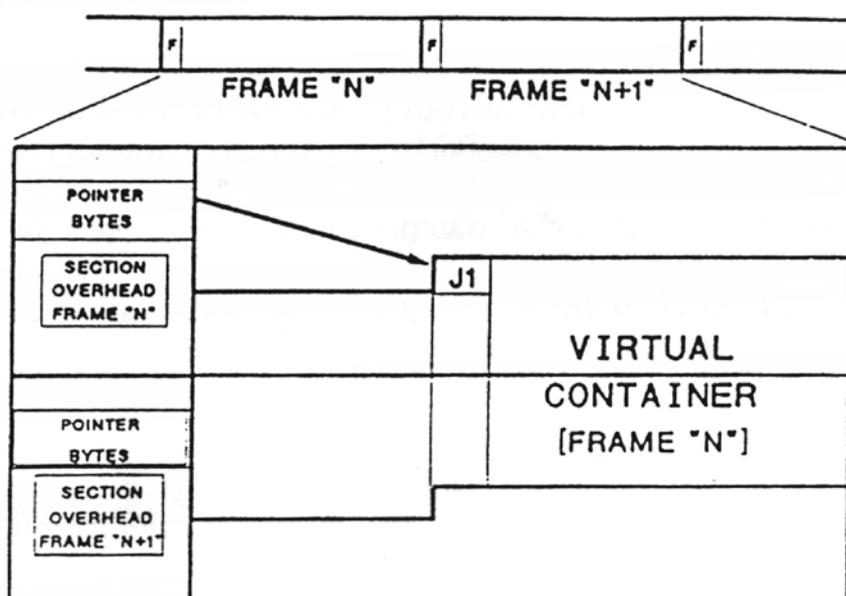
Το byte αυτό της αναγνώρισης του πλαισίου, λειτουργεί σα σταθερό σημείο αναφοράς. Έτσι, κάθε byte του πλαισίου, είναι εύκολα εντοπίσιμο. Τα bits του σήματος, μεταδίδονται σε μια σειρά, αρχίζοντας από τα αριστερά, προς τα δεξιά. Όταν μεταδοθεί και το τελευταίο byte του πλαισίου,



(δηλαδή το byte που βρίσκεται στη γραμμή N και στη στήλη M), όλη η σειρά επαναλαμβάνεται, αρχίζοντας με το byte αναγνώρισης πλαισίου, του επόμενου πλαισίου.

5.6.1 ΣΥΝΔΕΣΗ ΤΟΥ OVERHEAD ΚΑΙ ΤΟΥ VC-4

Link Between Section Overhead and VC



Σχ.5.5 Σύνδεση μεταξύ Section Overhead και VC-4.

Το STM-1 πλαίσιο, διαθέτει κάποια χωρητικότητα για το VC-4. Στη διαθέσιμη αυτή χωρητικότητα, που παρέχεται από STM-1 πλαίσιο, το VC-4 επιτρέπεται να ολισθαίνει. Κάτι τέτοιο γίνεται για να διευκολυνθεί η αποδοτική πολυπλεξία και η διασύνδεση, των σημάτων στο σύγχρονο δίκτυο. Αυτό σημαίνει ότι το VC-4, μπορεί να αρχίσει οπουδήποτε μέσα στη διαθέσιμη χωρητικότητα του STM-1 και ότι το τέλος του, μπορεί να βρίσκεται στο επόμενο STM-1. Δηλαδή, ένα VC-4, μπορεί να αρχίζει σε ένα πλαίσιο και να τελειώνει στο επόμενο.

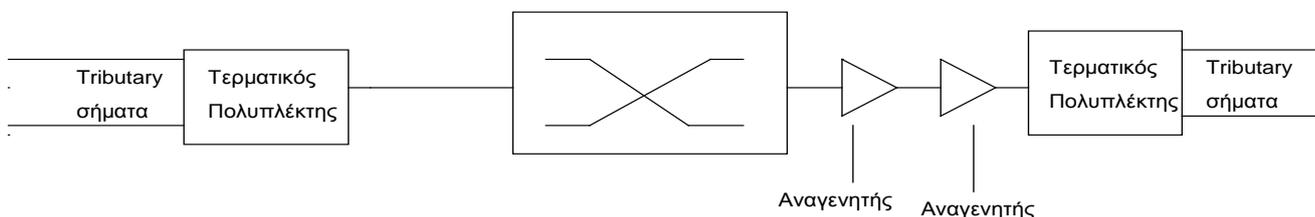
Όταν το VC-4 συναρμολογείται σε ένα πλαίσιο μεταφοράς, διατίθενται στο Section Overhead επιπλέον bytes, που ονομάζονται δείκτες (pointers). Τα bytes αυτά, περιέχουν τη τιμή ενός δείκτη,



που δείχνει στη τιμή του πρώτου byte (J1), του VC-4. Η επιτρεπόμενη ολίσηση του VC-4, που είπαμε και πιο πριν, επιτρέπει στις ρυθμίσεις της χρονικής φάσης να είναι δυνατόν να γίνουν, μεταξύ του VC-4 και του πλαισίου μεταφοράς.

A) Ανάλυση Overhead : Ένα σημαντικό μέρος της συνολικής χωρητικότητας του SDH πλαισίου, σχεδόν 10%, καταλαμβάνεται από τα **Overhead**. Πρόκειται για συνοδευτική πληροφορία, που έχει σα σκοπό την αξιόπιστη μετάδοση των σημάτων, αλλά και τη διατήρηση της σωστής επικοινωνίας, μεταξύ των κόμβων του δικτύου. Τα **Overheads**, είναι απαραίτητα σε ένα ευέλικτο δίκτυο και αποτελεί σημαντική εξέλιξη, σε σχέση με τη πλησιόχρονη ιεραρχία.

B) Τμήματα του δικτύου SDH : Στο SDH, ξεχωρίζουμε τρία τμήματα στο δρόμο της μετάδοσης. Αυτά είναι τα: Path section, Multiplexer section, Regenerator section. Κάθε τμήμα, έχει το δικό του Overhead. Έχουμε δηλαδή, τρία διαφορετικά τμήματα στο SDH. Κάθε Overhead, παρέχει τα σήματα συντήρησης και υποστήριξης, που συνδέονται με τη μετάδοση στο αντίστοιχο τμήμα του δικτύου.



Γ) Ψηφιακό Cross Connect : Το SOH, περιέχει το MSOH (multiplexer section overhead), και το RSOH (Regenerator section overhead). Το SOH, καταλαμβάνει τις 9 πρώτες στήλες του πλαισίου STM-1 και αποτελείται από $9 \times 9 = 81$ bytes. Το RSOH, καταλαμβάνει τις γραμμές 1 έως 3 του SOH, ενώ το MSOH, καταλαμβάνει τις γραμμές από 5 έως 9.



9 στήλες 1 στήλη

<i>3 γραμμές</i>	<i>RSOH</i>	<i>PATH OVERHEAD</i>	ΩΦΕΛΙΜΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ
	<i>AU POINTER</i>		
<i>5 γραμμές</i>	<i>MSOH</i>		

Βέβαια, στο VC-4, διακρίνεται και το Path Overhead, το οποίο περιέχεται μέσα στη περιοχή του Virtual Container, του πλαισίου STM-1. Στη περίπτωση του VC-4, καταλαμβάνει και τα 9 bytes της πρώτης στήλης.

VC-4 POH							STM-1 SOH		
<i>A1</i>	<i>A1</i>	<i>A1</i>	<i>A2</i>	<i>A2</i>	<i>A2</i>	<i>C1</i>			<i>J1</i>
<i>B1</i>			<i>E1</i>			<i>F1</i>			<i>B3</i>
<i>D1</i>			<i>D2</i>			<i>D3</i>			<i>C2</i>
AU POINTER									<i>E1</i>
<i>B2</i>	<i>B2</i>	<i>B2</i>	<i>K1</i>			<i>K2</i>			<i>F2</i>
<i>D4</i>			<i>D5</i>			<i>D6</i>			<i>H</i> <i>4</i>
<i>D7</i>			<i>D8</i>			<i>D9</i>			<i>Z3</i>
<i>D1</i> <i>0</i>			<i>D1</i> <i>1</i>			<i>D1</i> <i>2</i>			<i>Z4</i>
<i>Z1</i>	<i>Z1</i>	<i>Z1</i>	<i>Z2</i>	<i>Z2</i>	<i>Z2</i>	<i>E2</i>			<i>Z5</i>



Τα διάφορα bytes του SOH χρησιμοποιούνται για τους εξής σκοπούς:

- **A1,A2:** Συγχρονισμός πλαισίου.
- **B1,B2:** Έλεγχος ισοτιμίας (parity check) για την αναγνώριση λαθών.
- **C:** Bytes αριθμοδότησης (numbering bytes) STM-1 στο STM-N.
- **D1, D12:** Κανάλια Data για επίβλεψη σε λειτουργία (inservice monitoring).
- **E1, E2:** Υπηρεσιακά τηλεφωνικά κανάλια.
- **F1:** Κανάλι για τον χρήστη (user channel).
- **K1, K2:** έλεγχος διατάξεων μεταγωγής APS (automatic protection switching).
- **Z1,Z2:** Εφεδρικά κανάλια.

Τα υπόλοιπα bytes που δε χαρακτηρίζονται, χρησιμοποιούνται στο εθνικό δίκτυο.

5.7 MULTIPLEXER SECTION OVERHEAD

Στο σημείο αυτό, θα αναφερθούμε στους AU δείκτες ή αλλιώς στους AU Pointers, που είναι στην ουσία τα εξής byte: H1, H2, H3. Τα Bytes που αποτελούν τον δείκτη AU (Administrative Unit), στη πραγματικότητα, δεν είναι μέρος του MSOH. Παρόλα αυτά, Συμπεριλαμβάνονται εδώ, για λόγους πληρότητας, αφού και η επεξεργασία αυτών των bytes, γίνεται από τις διατάξεις τερματισμού του multiplexer Section. Ο δείκτης AU, παρέχει τη διασύνδεση μεταξύ του SOH και των συσχετιζόμενων VCs. Υπάρχουν ξεχωριστοί δείκτες AU για κάθε VC-3 και VC-4, σε ένα STM-1 πλαίσιο. Οι δείκτες παρέχουν την απαραίτητη υποστήριξη για δυνατότητες δικτύωσης στο SDH.



- **Μεταγωγή Προστασίας** - Protection Switching (K1,K2 bytes). Η σηματοδότηση των πρωτοκόλλων που ελέγχουν την διαδικασία του Multiplexer Section Protection (MSP) πραγματοποιείται μέσω των 2 αυτών bytes(K1,K2) που είναι μέρος του MSOH.

- **Έλεγχος Ισοτιμίας** - Parity Check (B2 bytes). Τα 3 B2 bytes προορίζονται για τον έλεγχο της ισοτιμίας με σκοπό την παρακολούθηση λαθών στο multiplexer section. Χρησιμοποιείται ο 24-bit κώδικας ζυγής ισοτιμίας BIP-24. Ο έλεγχος πραγματοποιείται πάνω σε όλα τα bit του προηγούμενου πλαισίου STM-1 εκτός από τα RSOH και το αποτέλεσμα τοποθετείται στα B2 bytes του τρέχοντος STM-1 (πριν την κωδικοποίηση–scrambling). Στην περίπτωση του STM-n κάθε STM-1 έχει τη δική του διαδικασία ελέγχου ισοτιμίας.

- **Σήματα Συναγερμών** - Alarm Signals. Ένα μέρος του MSOH_αποτελείται από πληροφορίες σχετικά με συναγερμούς. (Αυτές οι_λειτουργίες περιγράφονται πιο αναλυτικά στο τέλος του κεφαλαίου με τον τίτλο “Σήματα Συντήρησης εν –λειτουργία”).

- **Κανάλι Επικοινωνίας Δεδομένων** - Data Communication Channel (D4-D12 bytes). Το Κανάλι Επικοινωνίας Δεδομένων (DCC) χωρητικότητας 576 kb/s επιτρέπει την ανταλλαγή πληροφοριών διαχείρισης δικτύου και συντήρησης μεταξύ των διατάξεων τερματισμού των multiplexer section. Για παράδειγμα , οι πίνακες δρομολόγησης ενός ψηφιακού συστήματος cross-connect θα μπορούσαν να ενημερώνονται με την αποστολή των κατάλληλων δεδομένων από τον υπολογιστή του κέντρου διαχείρισης δικτύου, μέσω του DCC καναλιού.

- **Υπηρεσιακό Κανάλι Φωνής (E2 byte)**. Μέσω του υπηρεσιακού αυτού καναλιού επιτυγχάνεται η επικοινωνία φωνής μεταξύ των τερματικών διατάξεων του **Multiplexer Section**.

Παρακάτω περιγράφονται τα bytes, που χρησιμοποιούνται στο **MSOH**. Αυτά είναι:

- **B2**: Όπως ξαναείπαμε, τα 3 B2 Bytes, προορίζονται για τον έλεγχο ισοτιμίας, με σκοπό τη παρακολούθηση των λαθών, στο Multiplexer Section.

- **K1, K2**: Τα Bytes αυτά, ελέγχουν τη μεταγωγή, στο Multiplexer Section Protection. Ορίζονται μόνο για το πρώτο STM-1 ενός STM-n πλαισίου



- **D4, D12:** Πρόκειται για κανάλι επικοινωνίας δεδομένων (DCC), με χωρητικότητα 576Kb/s, για επικοινωνία μεταξύ των διατάξεων τερματισμού του Multiplexer Section. Τα Bytes αυτά, ορίζονται μόνο για το πρώτο STM-1 ενός STM-n σήματος.
- **Z1, Z2:** Είναι διαθέσιμα για μελλοντική χρήση.
- **E2:** Το Byte αυτό, ορίζεται μόνο για το πρώτο STM-1 ενός STM-n σήματος.
- **H1, H3:** Τα Bytes αυτά, αποτελούν τον δείκτη AU, και στην πραγματικότητα, δεν είναι μέρος του MSOH.

5.8 REGENERATOR SECTION OVERHEAD

Το τμήμα Regenerator Section του SDH, περιλαμβάνει το μέσο μετάδοσης και τις συσχετιζόμενες διατάξεις, μεταξύ

- α) ενός στοιχείου του δικτύου(network element) και ενός αναγεννητή, και
- β) δυο αναγεννητών.

Οι συσχετιζόμενες διατάξεις, περιλαμβάνουν τις οπτικές διεπαφές (interfaces), και τα μηχανήματα επεξεργασίας των SDH σημάτων Section Overhead, στα οποία είτε αρχίζει, είτε τερματίζεται το Regenerator

➤ Ευθυγράμμιση Πλαισίου: Frame Alignment (A1, A2 Bytes)

Τα A1, A2, σχετίζονται με την ευθυγράμμιση του πλαισίου. Στο **STM-1**, υπάρχουν 6 τέτοια Bytes, ενώ στο **STM-n**, υπάρχουν $N*6$.

➤ Χαρακτηρισμός Καναλιού: Channel Identifier (C1 byte)

Με το byte αυτό, κάθε **STM-1** σήμα, μέσα σε ένα **STM-n**, χαρακτηρίζεται ξεχωριστά. Αυτό γίνεται από ένα δυαδικό αριθμό, που αντιστοιχεί στη σειρά εμφάνισής του, στο byte interleaved πλαίσιο.



➤ **Έλεγχος Ισοτιμίας: Parity Check (B1 byte)**

Εδώ, ο έλεγχος ισοτιμίας που χρησιμοποιείται, είναι 8-bit. Έχουμε υπολογισμό, πάνω σε όλα τα bit του STM-N πλαισίου. Η τιμή που υπολογίζεται, τοποθετείται, στο RSOH, του επομένου STM-N πλαισίου.

➤ **Κανάλι Επικοινωνίας Δεδομένων: Data Communication Channel (D1, D3 Bytes)**

Το κανάλι επικοινωνίας δεδομένων (DCC), για την ανταλλαγή πληροφοριών τη διαχείριση και τη συντήρηση του δικτύου, έχει χωρητικότητα 192Kb/s, μεταξύ των διατάξεων τερματισμού του Regenerator Section (π.χ. αναγεννητές ή SDH στοιχεία του δικτύου).

➤ **Υπηρεσιακό Κανάλι Φωνής: Oredwire Channel (E1 byte)**

Μέσω του καναλιού αυτού, επιτυγχάνεται η φωνητική επικοινωνία, μεταξύ των τερματικών διατάξεων του **Regenerator Section**. Το κανάλι προορίζεται για τη χρησιμοποίησή του, σαν υπηρεσιακό κανάλι για επικοινωνία φωνής, μεταξύ των τερματικών σημείων του **Regenerator Section**.

➤ **Κανάλι Επικοινωνίας Χρήστη: User Communication Channel (F1 byte)**

Ένα τέτοιο κανάλι, διατίθεται στο χειριστή δικτύου (**Network Operator**), για την επικοινωνία των δεδομένων. Η μεταδιδόμενη σε αυτό το κανάλι πληροφορία, μπορεί να περάσει από αναγεννητές, χωρίς να υποστεί καμία μεταβολή. Εναλλακτικά οι αναγεννητές, μπορεί να μεταβάλλουν τη πληροφορία αυτή.

Παρακάτω περιγράφονται τα bytes, που χρησιμοποιούνται στο **RSOH**. Αυτά είναι:

➤ **A1, A2:** Τα A1, A2 Bytes, αποτελούν πρότυπο ευθυγράμμισης πλαισίου, με τιμή 11110110 και 00101000 αντιστοίχως. Τα Bytes αυτά, υπάρχουν σε όλα τα STM-1 πλαίσια, ενός STM-N πλαισίου.

➤ **C1:** Το C1 Byte, παίρνει μια δυαδική τιμή. Η τιμή αυτή, αντιστοιχεί στη σειρά εμφάνισής του, μέσα στο STM-1 πλαίσιο, και μπορεί να χρησιμοποιηθεί, στην ευθυγράμμιση του πλαισίου αλλά



και στη διαδικασία De-Interleaved, για τον καθορισμό της θέσης των άλλων σημάτων. Το Byte αυτό υπάρχει σε όλα τα STM-1 πλαίσια, μέσα σε ένα STM-N. Η τιμή για το πρώτο STM-N, είναι 1(00000001).

- **B1**: Είναι ένας οκτάμπιτος κώδικας ελέγχου ισοτιμίας (BIP-8). Ο υπολογισμός, γίνεται πάνω σε όλα τα bits του πλαισίου (μετά τη κωδικοποίηση-scrambling). Το Byte αυτό, ορίζεται μόνο για το πρώτο STM-1 πλαίσιο
- **E1**: Πρόκειται, για τοπικό υπηρεσιακό κανάλι για φωνητική επικοινωνία, μεταξύ των αναγεννητών, των κομβικών διατάξεων και των απομακρυσμένων τερματικών διατάξεων. Το Byte αυτό, ορίζεται μόνο για το πρώτο **STM-1**, ενός **STM-n** σήματος.
- **F1**: Πρόκειται για κανάλι, το οποίο, διατίθεται στο χειριστή του δικτύου (Network Operator), για την επικοινωνία δεδομένων, στο επίπεδο Regenerator Section. Και αυτό το Byte, ορίζεται μόνο για το πρώτο STM-1, ενός STM-N πλαισίου.
- **D1, D3**: Κανάλι επικοινωνίας δεδομένων (DCC), με 192Kb/s χωρητικότητα, για επικοινωνία, μεταξύ των διατάξεων τερματισμού, του Multiplexer Section. Είναι κανάλι για πρωτόκολλο επικοινωνίας μηνυμάτων, για πληροφορίες που αφορούν τη διαχείριση αλλά και τη συντήρηση του δικτύου. Πάλι και εδώ, τα Bytes αυτά, ορίζονται μόνο για το πρώτο STM-1, ενός STM-n σήματος.

5.9 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΤΟΥ PATH OVERHEAD ΣΤΟ VC-4

Παρακάτω, αναγράφονται οι βασικές λειτουργίες του **Path Overhead** υψηλής τάξης (**High Order-H.O.**), στο **VC-4**:

- **Έλεγχος Ισοτιμίας - Parity Check (B3 Byte):**

Το Byte αυτό (**B3**), προορίζεται για τον έλεγχο ισοτιμίας, με σκοπό τον έλεγχο λαθών στο path υψηλής τάξης. Και εδώ επίσης, βρίσκει χρήση ο κώδικας ζυγής ισοτιμίας, **BIP-8**.



Ο έλεγχος, πραγματοποιείται πάνω σε όλα τα bit του προηγούμενου VC-4, πριν τη διαδικασία κωδικοποίησης-scrambling.

5.9.1 ΣΗΜΑΤΑ ΣΥΝΑΓΕΡΜΩΝ – ALARM SIGNALS

Ένα μέρος του MSOH, αποτελείται από πληροφορίες σχετικά με συναγερούς.

➤ Πληροφορία για τη δομή του VC-Virtual Container Structure Information(C2 Byte):

Με το byte αυτό, δηλώνεται η σύνθεση του VC. Για παράδειγμα, η τιμή 00000000 σημαίνει ότι αυτό το συγκεκριμένο VC, δε περιέχει σήματα εισόδου (**unequipped**), ενώ η τιμή 00000001, περιέχει σήματα, αλλά χωρίς κάποια άλλη πληροφορία, για το είδος των σημάτων αυτών. Οι υπόλοιπες 254 τιμές, περιγράφονται από την CCITT.]

➤ Μήνυμα Ιχνηλάτησης Δρόμου-Path Trace Message(J1 Byte):

Το Byte J1, χρησιμοποιείται για την εκπομπή ενός μηνύματος μήκους 64bytes(εκπέμπεται, ένα Byte ανά πλαίσιο). Με το μήνυμα αυτό, ελέγχεται η συνέχεια (continuity), της σύνδεσης μεταξύ οποιουδήποτε σημείου του path, και του σημείου δημιουργίας και εκπομπής του VC(πηγή). Σε κάθε path υψηλής τάξης, αντιστοιχεί ένα μοναδικό μήνυμα ιχνηλάτησης της συνέχειας. Η σύσταση G.709, της CCITT, δε προδιαγράφει το ακριβές περιεχόμενο του μηνύματος, τόσο στην εκπομπή, όσο και στη λήψη.

➤ Δείκτης Θέσης Πολλαπλασίου - Multiframe Indicator(H4 Byte):

Το Byte αυτό, προορίζεται για γενική χρήση, ανάλογα με το είδος της πληροφορίας. Για παράδειγμα, στη περίπτωση του TU-12 πολλαπλασίου, που αποτελείται από 4 TU πλαίσια, δείχνει πιο από τα παρακάτω πλαίσια «απασχολεί», το τρέχων VC-4.



➤ **Κανάλι Επικοινωνίας Χρήστη - User Communication Channel (F2 Byte):**

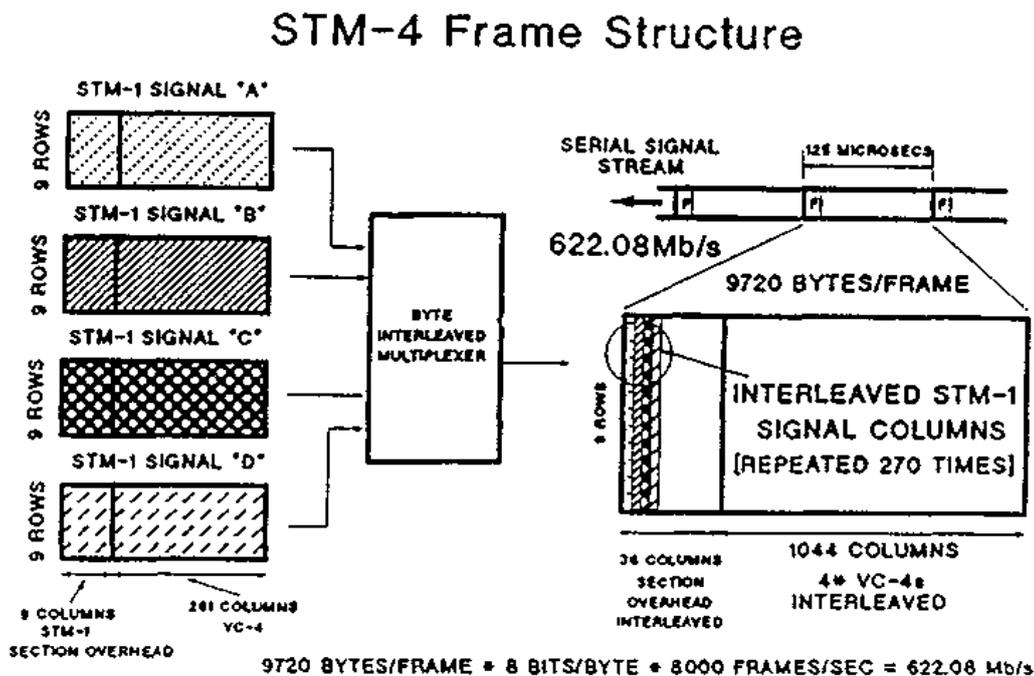
Ένα τέτοιο κανάλι, διατίθεται στο χειρίστη του δικτύου (**Network Operator**), για την επικοινωνία των δεδομένων, μεταξύ των τερματικών διατάξεων, στην αρχή και στο τέλος του path.

5.9.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ BYTES ΤΟΥ PATH OVERHEAD ΥΨΗΛΗΣ ΤΑΞΗΣ

- **J1:** Το **J1**, χρησιμοποιείται για τη συνεχή εκπομπή ενός σταθερού μηνύματος, μήκους 64 Byte. Με το μήνυμα αυτό, ελέγχεται η **συνέχεια (continuity)**, της σύνδεσης μεταξύ οποιουδήποτε σημείου του path, και του σημείου δημιουργίας και εκπομπής **VC (πηγή)**.
- **B3:** Το Byte αυτό, ορίζεται για τον έλεγχο ισοτιμίας. Και εδώ, χρησιμοποιείται ο κώδικας ζυγής ισοτιμίας **BIP-8**. Έχουμε έλεγχο, πάνω σε όλα τα bits του προηγούμενου **VC-4(πριν τη κωδικοποίηση-scrambling)**, και το αποτέλεσμα τοποθετείται στο **B3** του τρέχοντος **VC-4(πριν τη κωδικοποίηση-scrambling)**.
- **C2:** Με το **C2 Byte**, δηλώνεται η σύνθεση του **VC**, μέσω μιας από τις 256 δυνατές τιμές, που μπορεί να περιέχει.
- **G1:** Το **G1 Byte**, χρησιμοποιείται από την τερματική διάταξη κατάληξης του path, για τη μεταφορά προς τη τερματική διάταξη αρχής του path πληροφοριών, σχετικών με την επίδοση του path και τη λειτουργική κατάστασή του. Έτσι επιτυγχάνεται ο έλεγχος και στα δυο άκρα ενός path.
- **F2:** Το κανάλι αυτό, διατίθεται στο χειρίστη του δικτύου, για την επικοινωνία δεδομένων, μεταξύ των τερματικών διατάξεων, μεταξύ αρχής και τέλους του path.
- **H4:** Δείκτης θέσης πολλαπλασίου, για δομημένα **TU**
- **Z3, Z4:** Διαθέσιμα για μελλοντική χρήση.



5.10 ΔΟΜΗ ΠΛΑΙΣΙΟΥ STM-4



Σχ.5.6 Δομή του STM-4 Πλαισίου.

Το STM-4 πλαίσιο, στην ουσία δημιουργείται από την κατά Byte πολυπλεξία, τεσσάρων παραλλήλων και συγχρονισμένων κατά πλαίσιο, STM σημάτων. Συνεπώς ένας δισδιάστατος πίνακας, για το πλαίσιο του STM-4 σήματος, έχει το ίδιο πλήθος γραμμών, όπως και το STM-1, δηλαδή 9 γραμμές. Έχει όμως 1080 στήλες, όπου είναι 4 φορές ο αριθμός του STM-1 σήματος. Η ολική χωρητικότητα του STM-4 σήματος, είναι 622.08 Mb/s. Ακόμη ο ρυθμός επανάληψης, ενός σήματος, είναι 8.000 πλαίσια/sec, ανεξάρτητα από το επίπεδο ιεραρχίας.

Ο τρόπος που συντίθεται ένας δισδιάστατος πίνακας ενός STM-4 σήματος, είναι: παίρνοντας στήλες από το καθένα από τα τέσσερα STM-1 σήματα και τοποθετώντας τις εναλλακτικά, στο πίνακα STM-4. Έτσι, αρχίζοντας από τη πρώτη στήλη του κάθε STM-1, μια στήλη λαμβάνεται από το πρώτο STM-1, ακολουθούμενη από μια στήλη του δεύτερου STM-1. Στη συνέχεια από το τρίτο και το τέταρτο STM-1. Η σειρά αυτή, επαναλαμβάνεται 270 φορές, μέχρις ότου, οι στήλες να συνθέσουν το STM-4 πλαίσιο.

Οι πρώτες 36 στήλες του STM-4 πλαισίου, καταλαμβάνονται από το SOH. Οι υπόλοιπες 1044, καταλαμβάνονται από τα τέσσερα VC-4 σήματα, που συνδέονται με τα τέσσερα STM-1



σήματα. Τα σήματα αυτά, πολυπλέκονται κατά Byte ή κατά στήλη, όπως και περιγράφηκε παραπάνω.

5.11 ΙΕΡΑΡΧΙΑ SDH ΣΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΤΑΧΥΤΗΤΕΣ ΓΡΑΜΜΩΝ

ΙΕΡΑΡΧΙΑ SDH ΣΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΤΑΧΥΤΗΤΕΣ ΓΡΑΜΜΩΝ.

Synchronous Transport Module	Line Rate (Mb/s)
STM-1	155.52
STM-4	622.08
STM-16	2488.32

Μιλώντας για επίπεδα του **SDH** σήματος, διακρίνουμε το χαμηλότερο επίπεδό του, όπου και ονομάζεται **Σύγχρονη Μονάδα Μεταφοράς Επιπέδου 1 (STM-1)**. Έχει ταχύτητα σήματος 155.52 Mb/s.

Σήματα υψηλότερου επιπέδου, τα οποία προκύπτουν από τη κατά Byte πολυπλεξία χαμηλότερων επιπέδων, δηλώνονται σαν **STM-N**, όπου N, άλλος ακέραιος. Η ταχύτητα άλλης γραμμής του σήματος, υψηλότερου επιπέδου **STM-N**, είναι N φορές η ταχύτητα του 155.52 Mb/s. Τα πρότυπα που υπάρχουν στο **SDH**, επιτρέπουν σαν άλλες τιμές, μόνο τις 1, 4 και 16 για τον N. Άλλες τομές, μπορεί να συμπεριληφθούν σε μελλοντικές εκδόσεις των προτύπων. Η μέγιστη τιμή που μπορεί να υπάρξει με τα υπάρχοντα πρότυπα είναι 255.



INTERFACES ΤΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΤΟΥ SDH.

ΟΠΤΙΚΑ INTERFACES		ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ INTERFACES
ΕΙΔΟΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	ΑΠΟΣΤΑΣ Η	
INTRA-OFFICE	2Km	INTRA-OFFICE
INTER-OFFICE -SHORT HAUL -LONG HAUL	15Km 40Km	G.703(STM-1)

5.11.1 INTERFACES ΤΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΤΟΥ SDH

Ορίζονται ηλεκτρικά και οπτικά **Interfaces** για το **SDH**:

Οπτικά Interfaces: Ορίζονται προδιαγραφές, για καθένα από τα τρία σενάρια εφαρμογής.

- 1. Intra Office-Οπτικά Interfaces** (Δηλώνονται σαν I-n, όπου n, το STM ιεραρχικό επίπεδο). Εφαρμογές που απαιτούν 2km μετάδοση καλύπτονται εδώ, έχοντας προϋπολογισμό απωλειών για το σύστημα, από 0 μέχρι 7db, σε μονότροπη οπτική ίνα. Οι οπτικοί εκπομποί I-n, μπορεί να είναι Δίοδοι Εκπομπής Φωτός (LEDs) ή Laser πολλαπλών ρυθμών (Multi - longitudinal Mode, MLM), χαμηλής ισχύος, σε μήκος κύματος 1.310nm.
- 2. Short Haul- Οπτικά Interfaces** (Δηλώνονται σαν S-n, όπου n, το STM επίπεδο και το 1 αντιστοιχεί σε μήκος κύματος 1.310nm, σε οπτική ίνα G.652, ενώ το 2 αντιστοιχεί σε μήκος κύματος 1559nm, σε οπτική ίνα G.652). Εδώ καλύπτονται εφαρμογές, μέχρι 15km, με προϋπολογισμό απωλειών για το σύστημα, από 0 μέχρι 12db, χρησιμοποιώντας μονότροπη οπτική ίνα. Οι οπτικοί εκπομποί, μπορεί να είναι ρυθμών (multi Longitudinal Mode, MLM), χαμηλής ισχύος(50mw ή -13 Dbm). Το μήκος κύματος, είναι 1310 ή 1550 nm.



3. Long Haul - Οπτικά Interfaces (Δηλώνονται σαν L-n 1, 2, ή 3, όπου n, το **STM** επίπεδο, και το 1 αντιστοιχεί σε μήκος κύματος 1.310nm σε οπτική ίνα G.652. Το 2 αντιστοιχεί σε μήκος κύματος 1.550 nm, σε οπτική ίνα G.652, ενώ το 3 αντιστοιχεί σε μήκος κύματος 1.550 nm, σε οπτική ίνα G.653).

Οι εφαρμογές που καλύπτονται εδώ, είναι περίπου μέχρι 40km, με ένα περιθώριο απωλειών από 10 μέχρι 28 db, σε μονότροπη οπτική ίνα. Οι οπτικοί εκπομποί, είναι Laser πολλαπλών ρυθμών (Multi-longtudinal Mode, MLM), υψηλής ισχύος (500 mW ή -3D bm). Το μήκος κύματος, είναι 1.310 ή 1.550 nm.

Ηλεκτρικά Interfaces: Για Intra-Office εφαρμογές, ορίζεται ένα ηλεκτρικό Interface, σε επίπεδο STM-1. Τα χαρακτηριστικά αυτού του Interface, που χρησιμοποιεί κώδικα CMI, ορίζονται στη σύσταση της CCITT G.703.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

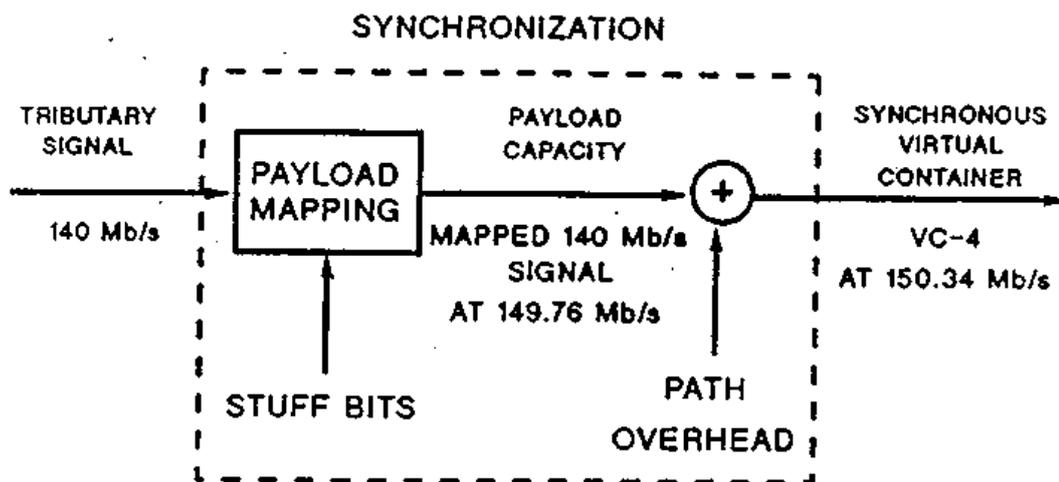
«ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ SDH»

6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο κεφάλαιο αυτό, αναφερόμαστε στις διαδικασίες συναρμολόγησης και αποσυναρμολόγησης του STM-1 (VC-4), καθώς επίσης και των Tributary Units (TUs)

6.1.1 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΟΥ VC-4

VC-4 Assembly Process



Σχ.6.1 Διαδικασία συναρμολόγησης του VC-4.

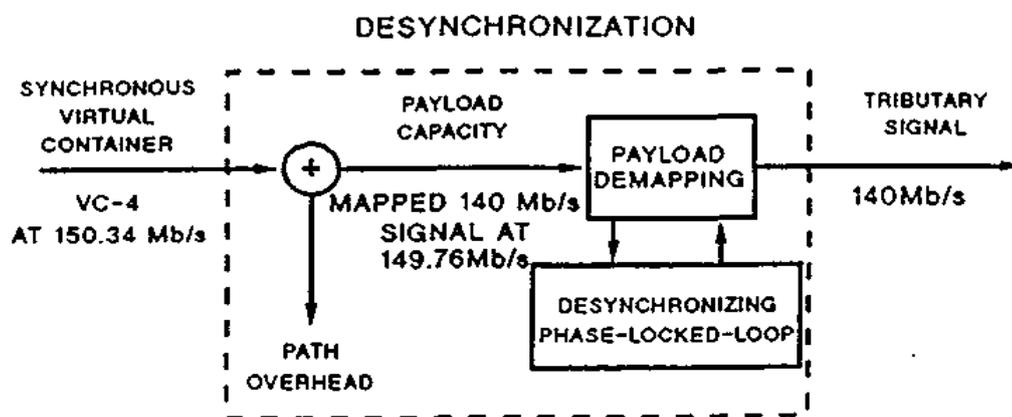


Θεμελιώδη και βασικότατο ρόλο στη λειτουργία του SDH, είναι η ιδέα της τοποθέτησης ενός σήματος εισόδου (π.χ : 140 Mbits/s), μέσα στον Virtual Container, για να μεταφερθεί από το ένα σημείο σε ένα άλλο, μέσα στο σύγχρονο δίκτυο. Μια τέτοια διαδικασία, αναφέρεται σαν “Mapping”. Η χωρητικότητα του φορτίου που απαιτείται, για κάθε συγκεκριμένο σήμα εισόδου, είναι πάντα λίγο μεγαλύτερη από εκείνη που ακριβώς χρειάζεται για το συγκεκριμένο σήμα. Και αυτό, γίνεται για να υπάρχει ομοιομορφία σε όλες τις περιπτώσεις μεταφοράς σήματος από το SDH.

Το νόημα λοιπόν της διαδικασίας Mapping, είναι να συγχρονιστούν τα σήματα εισόδου, με τη χωρητικότητα του φορτίου, που διατίθεται για τη μεταφορά. Κάτι τέτοιο, επιτυγχάνεται με τη προσθήκη επιπλέον bits στο σήμα, σαν μέρος της διαδικασίας mapping.

Έστω για παράδειγμα, ότι ένα σήμα εισόδου της τάξης των 140Mbits/s, πρέπει να συγχρονιστεί, με μια χωρητικότητα φορτίου των 149Mbits/s που διατίθεται από τον VC-4. Η προσθήκη του Path Overhead, συμπληρώνει τον σχηματισμό του VC-4 και αυξάνει τη χωρητικότητα του καναλιού του σύνθετου σήματος στα 150.34Mbits/s.

VC-4 Disassembly Process



Σχ.6.2 Διαδικασία αποσυναρμολόγησης του VC-4.

Μετά τη διαδικασία **συναρμολόγησης** ακολουθεί αυτή της **αποσυναρμολόγησης**, όπου εδώ, στο σημείο εξόδου από το σύγχρονο δίκτυο, το σήμα εισόδου θα πρέπει να ανακτηθεί από τον Virtual Container. Μια τέτοια διαδικασία αναφέρεται σαν “Demapping”. Ο VC, περιλαμβάνει



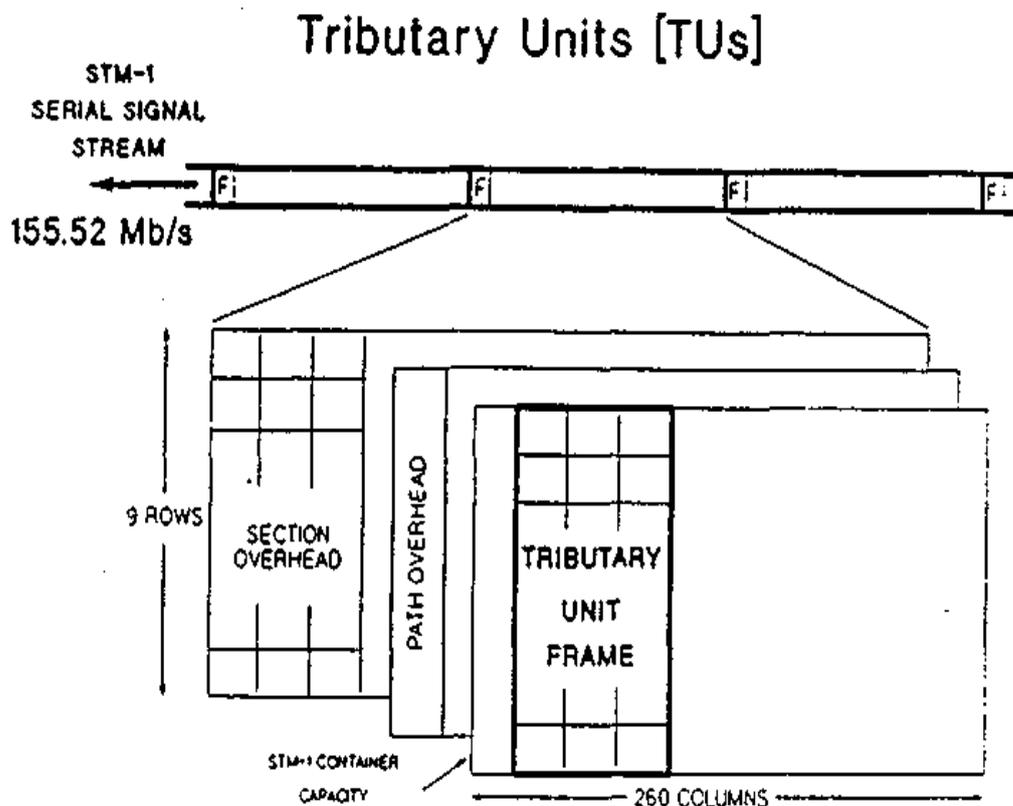
Path Overhead, το σήμα εισόδου και επιπλέον bits. Τα bits αυτά, όπως είπαμε, έχουν προστεθεί για να συγχρονίσουν τη ταχύτητα του σήματος εισόδου με τη χωρητικότητα του φορτίου, που είναι διαθέσιμη για τη μεταφορά. Στην ουσία λοιπόν η διαδικασία “**Demapping**”, είναι να αποσυγχρονίσει το σήμα εισόδου, από το συνολικό σήμα του **Virtual Container**. Το ανακτηθέν σήμα εισόδου, πρέπει να εξαχθεί μετά το συντομότερο, στην αρχική του μορφή.

Για παράδειγμα, ένα VC-4, που μεταφέρει ένα σήμα εισόδου 140 Mbits / s, το οποίο έχει υποστεί τη διαδικασία “**Mapping**”, καταλήγει στο σημείο της VC αποσυναρμολόγησης, με μια ταχύτητα 150.34 Mbits / s.

Αφαιρώντας τώρα το Path Overhead και τα επιπλέον bits που συμπληρώνουν το σήμα εισόδου, από το VC-4 προκύπτει ένα ασυνεχές σήμα, το οποίο αντιπροσωπεύει το μεταφερόμενο σήμα εισόδου, των 140Mbits/s. Αυτές οι χρονικές ασυνέχειες, μειώνονται με τη χρήση ενός βρόγχου κλειδώματος της φάσης (Phase-Locked-Loop, PLL), για να προκύψει ένα συνεχές σήμα εισόδου 140 Mbits / s.



6.2 TRUNIT



Σχ.6.3 TRIBUTARY UNITS (TUs)

Παραπάνω, μελετήσαμε τις περιπτώσεις για σήματα εισόδου, της τάξεως των 140Mbits/s. Τι γίνεται όμως όταν έχουμε ένα σήμα εισόδου, με χαμηλότερη ταχύτητα; Δηλαδή ένα σήμα εισόδου, με ταχύτητα 2Mbits/s, πώς τοποθετείται στο SDH;

Η απάντηση είναι, μέσα σε ένα Tributary Unit (TU). Η χωρητικότητα του καναλιού, που παρέχεται από το VC-4, ενός STM-1 είναι 149.76Mbits/s. Αυτό έχει σχεδιαστεί ειδικά, για την εξασφάλιση της μεταφοράς ενός σήματος, των 140Mbits/s.

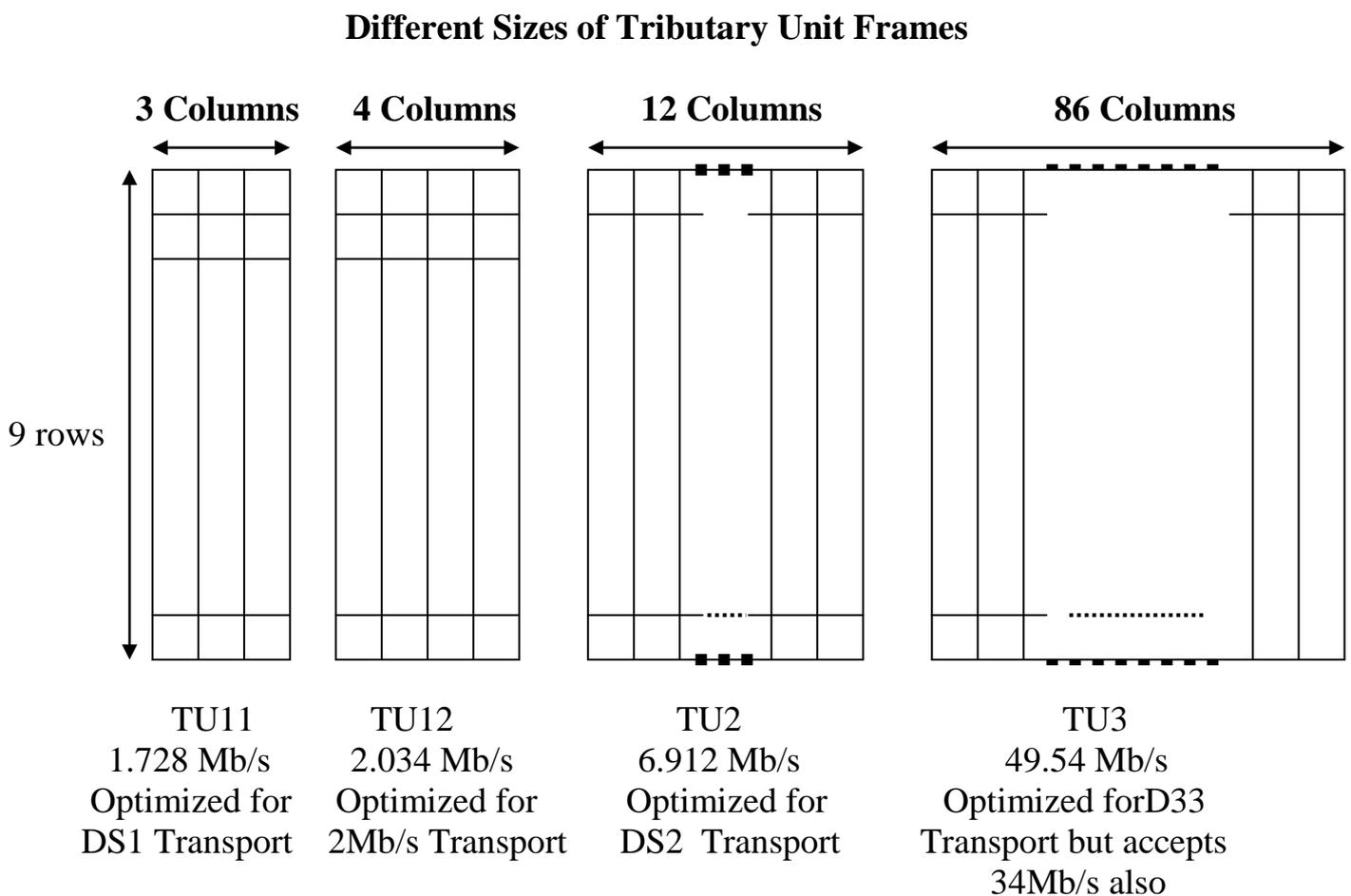
Σε περίπτωση λοιπόν, που έχουμε μεταφορά ενός σήματος εισόδου, με χαμηλότερη ταχύτητα όπως για παράδειγμα 2Mbits/s, αυτό εξασφαλίζεται από μια δομή πλαισίου, η οποία ονομάζεται Tributary Unit (TU). Τα TU, είναι σχεδιασμένα για να υποστηρίξουν τη μεταφορά

αλλά και τη μεταγωγή της χωρητικότητας φορτίου, που είναι μικρότερη από αυτή που παρέχεται από το VC-4.



Το TU, είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε αυτό, να ταιριάζει απόλυτα μέσα στο VC-4, και να απλοποιείται έτσι η διαδικασία πολυπλεξίας του. Ένας σταθερός αριθμός από TU, μπορεί να συνδυαστεί και να πολυπλεχθεί, μέσα στη περιοχή C-4, ενός VC-4.

6.2.1 ΔΙΑΦΟΡΑ ΜΕΓΕΘΗ ΤΩΝ ΠΛΑΙΣΙΩΝ TRIBUTARY UNITS



Σχ.6.4 Διάφορα μεγέθη των πλαισίων των TRIBUTARY UNITS.



Ένα σύνολο από διάφορα μεγέθη των **TU**, εξασφαλίζονται από το **SDH**

- 1) **TU11**: Κάθε πλαίσιο TU11, αποτελείται από 27 Bytes, δομημένα σε τρεις στήλες των 9 Bytes. Με ένα ρυθμό επανάληψης του πλαισίου 8.000Hz, τα Bytes αυτά, εξασφαλίζουν χωρητικότητα μεταφοράς 1.728Mbits/s και το TU11, θα περιέχει ένα σήμα DS1(B. Αμερικής), ταχύτητας 1544 Mbits/s. 84 τέτοια TU, μπορούν να πολυπλεχθούν σε VC-4 ενός STM-1.
- 2) **TU12**: Κάθε πλαίσιο TU12, αποτελείται από 36 Bytes, δομημένα σε 4 στήλες των 9 Bytes. Με ρυθμό επανάληψης του πλαισίου 8.000 Hz, τα Bytes αυτά, εξασφαλίζουν χωρητικότητα μεταφοράς 2.304Mbits/s.
- 3) **TU2**: Τα πλαίσια TU2, αποτελούνται από 108 Bytes, δομημένα σε 12 στήλες των 9 Bytes. Με ρυθμό επανάληψης του πλαισίου 8.000Hz, τα Bytes αυτά, εξασφαλίζουν χωρητικότητα μεταφοράς 6.912Mbits/s. Το TU2, θα περιέχει ένα σήμα DS2 (B. Αμερικής). 21 τέτοια TU, μπορούν να πολυπλεχθούν σε VC-4, ενός STM-1.
- 4) **TU3**: Κάθε πλαίσιο TU3, αποτελείται από 774 Bytes, δομημένα σε 86 στήλες των 9 Bytes. Με ρυθμό επανάληψης του πλαισίου 8.000Hz, τα Bytes αυτά, εξασφαλίζουν χωρητικότητα μεταφοράς 49.54 Mbits/s. Το TU3, θα περιέχει ένα σήμα CEPT, ταχύτητας 3 Mbits/s. Τρία TU, μπορούν να πολυπλεχθούν σε VC-4 ενός STM-1.

6.3 ΔΟΜΗ ΠΛΑΙΣΙΟΥ ΤΟΥ TRIBUTARY UNIT

Το πλαίσιο **Tributary Unit**, το οποίο και αναπαρίσταται σχηματικά πιο κάτω, αναπαριστά μια μικρή δομή πλαισίου μεταφοράς. Έχει τα χαρακτηριστικά ενός SDH πλαισίου μεταφοράς, αλλά μεταφέρεται μέσα σε μια δομή πλαισίου STM-1, του SDH. Είπαμε και πιο πριν, ότι ένα πλαίσιο μεταφοράς TU, δημιουργείται με τη διαδικασία mapping, ενός σήματος εισόδου χαμηλής ταχύτητας, μέσα στον Container TU. Προσθέτοντας σε αυτό Path Overhead, χαμηλής

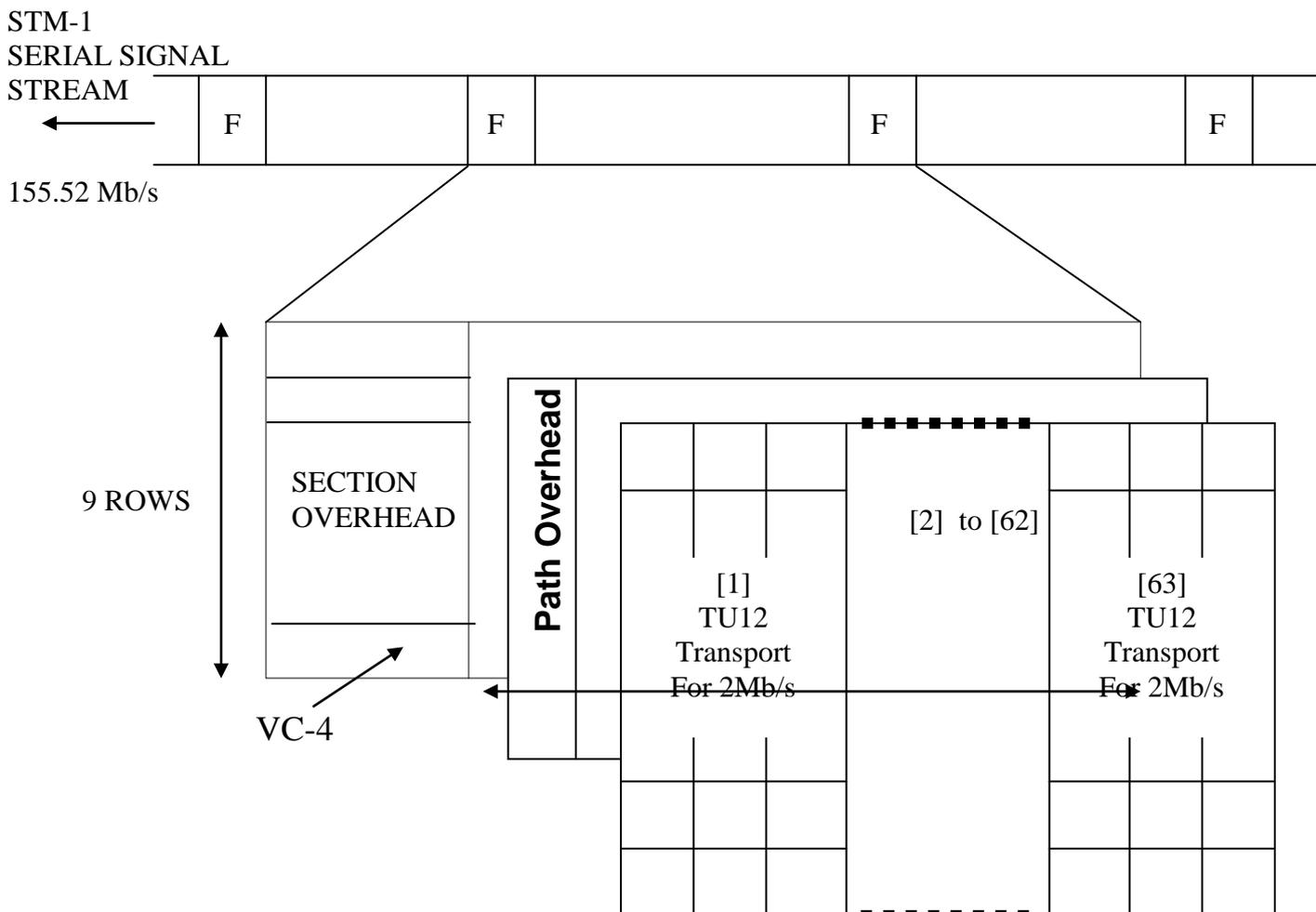


τάξης, δημιουργείται το Virtual Container του TU (VC11, VC12, VC2, ή VC3, ανάλογα με το είδος του TU).

Το VC, συνδέεται με το TU πλαίσιο, με τη χρήση pointer. Ο pointer (δείκτης), είναι το μόνο στοιχείο του TU πλαισίου, που θεωρείται Section Overhead. Στη συνέχεια το TU πλαίσιο, πολυπλέκεται σε κάποια θέση, μέσα στο VC-4. Στην ουσία αυτό που συμβαίνει εδώ, είναι ότι το TU πλαίσιο, διανέμεται σε τέσσερα διαδοχικά πλαίσια VC-4. Συνεπώς θα ήταν πιο σωστό να αναφερόμαστε σε δομή TU πλαισίου. Η φάση του πολυπλαισίου, υποδεικνύεται σε ένα από τα 9 Bytes (H4) του Path Overhead, σε κάθε VC-4.

VC-4 ΠΟΥ ΑΠΟΤΕΛΕΙΤΑΙ ΑΠΟ TU12.

TU-12 PACKAGED VC-4



Σχ.6.5 VC-4 που αποτελείται από TU12.



6.4 ΤΡΟΠΟΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ TU

- **Floating Mode:** Επιτρέπεται το αποδοτικό **Cross-connection** σήματος, σε επίπεδο **TU**.
 - **VC** χαμηλότερης τάξης (<4), ολισθαίνουν σε σχέση με το **TU** πλαίσιο.
 - Χρειάζονται **TU δείκτες**.

- **Locked Mode:** εξασφαλίζει ελάχιστη πολυπλοκότητα του **Interface**
 - Τα **TU** πλαίσια, είναι σταθερά σε σχέση με το **VC-4**
 - Δε χρησιμοποιούνται **TU δείκτες**.

Υπάρχουν δυο τρόποι λειτουργίας της δομής TU:

- **Ολισθαίνουσα λειτουργία (Floating Mode):** Σχεδιάστηκε για την ελαχιστοποίηση της καθυστέρησης του δικτύου και για να παρέχει αποδοτική, διασταυρωμένη σύνδεση (Cross-connection), των σημάτων μεταφοράς σε επίπεδο TU. Κάτι τέτοιο επιτυγχάνεται, επιτρέποντας το VC του κάθε TU, να ολισθαίνει σε σχέση με το VC-4. Συνεπώς, το VC του κάθε TU, χρειάζεται να έχει το δικό του δείκτη. Ο δείκτης, εξυπηρετεί θέματα συγχρονισμού, που συνδέονται με συγκεκριμένα TU, αποφεύγοντας τη χρήση των ανεπιθύμητων μνημών ολίσθησης, σε κάθε διασταυρωμένη σύνδεση. Έτσι, η ολισθαίνουσα λειτουργία, υποστηρίζει μια δυνατότητα δικτύωσης του SDH, σε επίπεδο TU.

- **Κλειδωμένη λειτουργία (Locked Mode):** Είναι σχεδιασμένη για την ελαχιστοποίηση της πολυπλοκότητας του interface, και υποστηρίζει τη μεταφορά του κυρίου μέρους των σημάτων 2Mbits/s, σε εφαρμογές από σημείο σε σημείο (Point to point). Αυτό επιτυγχάνεται, κλειδώνοντας συγκεκριμένα VCs (που ανήκουν σε TUs), σε σταθερές θέσεις μέσα στο VC-4. Οι δείκτες TU, δε χρειάζονται σε αυτό τον τρόπο λειτουργίας και δε χρησιμοποιούνται. Η απουσία των δεικτών και κατά συνέπεια η αδυναμία να εξυπηρετηθούν, θέματα συγχρονισμού, σημαίνει ότι ο κλειδωμένος τρόπος λειτουργίας, δε ταιριάζει σε εφαρμογές δικτύου (δηλ. εφαρμογές πολλών σημείων που απαιτούν διασταυρωμένες συνδέσεις σε επίπεδο TU).



6.5 ΕΝΣΩΜΑΤΩΜΕΝΕΣ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ OVERHEAD

- Δυνατότητες **Path Overhead**
- Δυνατότητες **Multiplexer Section Overhead**
- Δυνατότητες **Regenerator Section Overhead**

Το SDH δίκτυο, παρέχει δυο κατηγορίες πληροφοριών. Τα βασικά σήματα εισόδου (Tributaries), και τα σήματα ελέγχου του δικτύου (Embedded Overhead). Τα Embedded Overhead σήματα, εκτελούν τις απαιτούμενες από το δίκτυο λειτουργίες, ώστε τα σήματα εισόδου να μεταφέρονται με αποτελεσματικό τρόπο, κατά μήκος του SDH δικτύου. Υπάρχουν τρεις κατηγορίες σημάτων Embedded Overhead:

- **Path Overhead**
- **Multiplexer Section Overhead**
- **Regenerator Section Overhead**

Στο σημείο αυτό, προκύπτουν κάποιες ερωτήσεις:

A) Γιατί υπάρχουν τρεις κατηγορίες;

B) Πού βρίσκονται μέσα στο πλαίσιο τα **Overhead** αυτά σήματα;

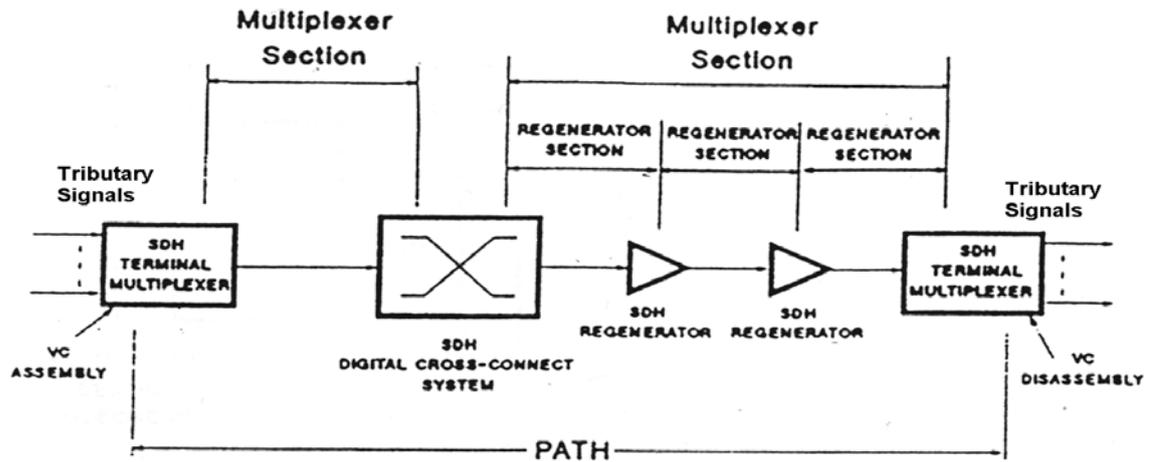
Γ) Τι είδους λειτουργίες επιτελούνται από αυτά;

Οι παραπάνω ερωτήσεις θα μπορέσουν να απαντηθούν, αν αναλύσουμε και παρατηρήσουμε τα τμήματα του δικτύου **SDH**.



ΤΜΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ SDH

SDH Network Segments



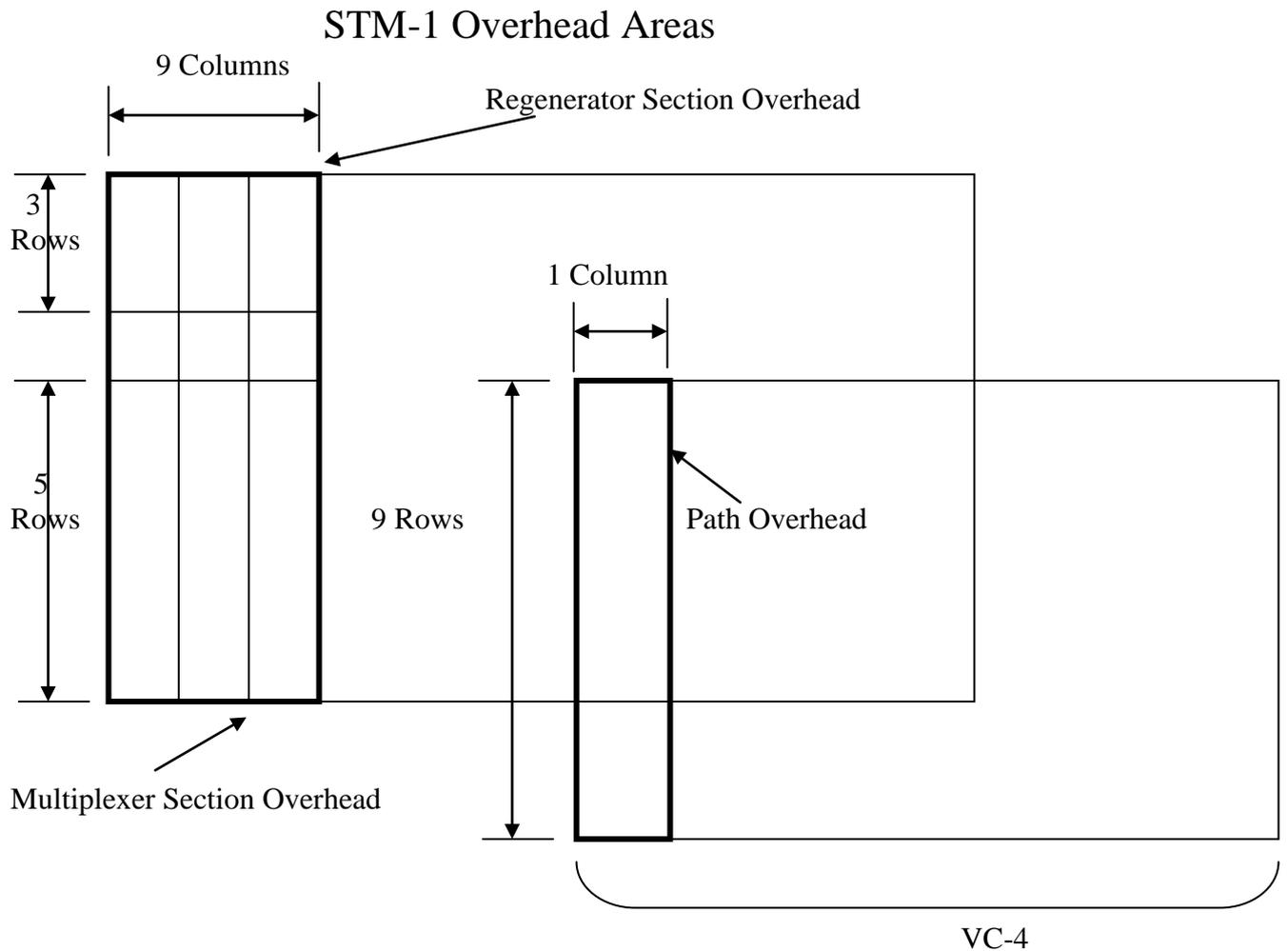
Σχ. 6.6 Τμήματα του δικτύου SDH.

Στη πρώτη ερώτηση, θα μπορούσαμε να απαντήσουμε, αν παρατηρούσαμε ένα δρόμο μετάδοσης, κατά μήκος ενός SDH δικτύου.

Στο SDH, ξεχωρίζουμε τρία τμήματα στο δρόμο μετάδοσης. Το Path, το Multiplexer και το Regenerator Section. Κάθε τμήμα, έχει το δικό του Overhead. Έτσι προκύπτουν τα τρία διαφορετικά Overheads. Κάθε Overhead, παρέχει τα σήματα συντήρησης και υποστήριξης που συνδέονται με τη μετάδοση στο αντίστοιχο τμήμα του δικτύου. Παρακάτω, θα ορίσουμε κάθε τμήμα του δικτύου και θα περιγράψουμε το Overhead που συνδέεται με αυτό.



6.5.1 ΤΟ OVERHEAD ΣΤΟ STM-1 ΠΛΑΙΣΙΟ



Σχ.6.7 Το OVERHEAD στο STM-1 Πλαίσιο.

Το Path Overhead (POH), περιέχεται μέσα στη περιοχή του Virtual Container του πλαισίου STM-1. Το POH, στη περίπτωση του VC-4, καταλαμβάνει και τα 9 πρώτα Bytes της πρώτης στήλης. Το Path Overhead, εξασφαλίζει τις λειτουργίες που απαιτούνται, για τη μεταφορά του VC, μεταξύ των σημείων τερματισμού του Path, όπου γίνεται η συναρμολόγηση και η αποσυναρμολόγηση του VC.

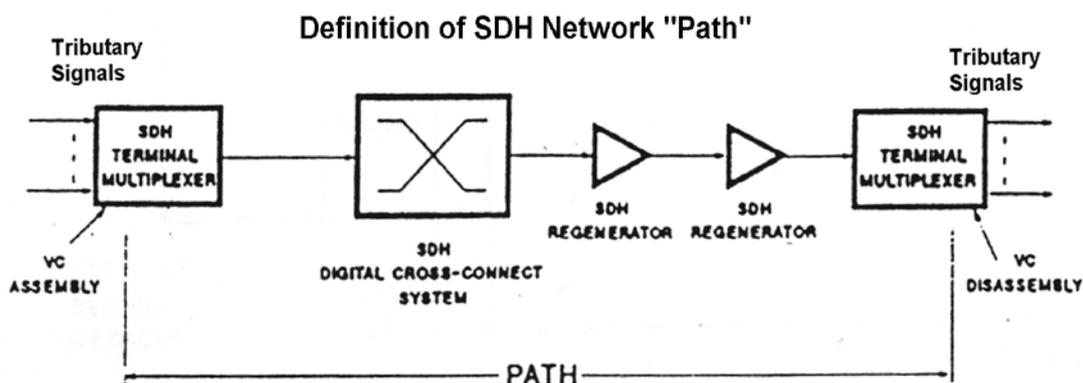
Το Multiplexer Section Overhead (MSOH), και το Regenerator Section Overhead (RSOH), περιέχονται στο τμήμα του Section Overhead (SOH), του πλαισίου STM. Το RSOH, καταλαμβάνει τις γραμμές 1 έως 3 του SOH, ενώ το MSOH, τις γραμμές 5 έως 9 του SOH.



Το RSOH και το MSOH, εξασφαλίζουν όλες τις απαιτούμενες λειτουργίες για τη υποστήριξη και τη συντήρηση της μεταφοράς των VC, μεταξύ γειτονικών κόμβων του δικτύου SDH.

*Σημείωση: Η γραμμή 4 του SOH, χρησιμοποιείται από τον δείκτη AU.

6.5.2 ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ PATH OVERHEAD



Σχ.6.8 Ορισμός του PATH στο Δίκτυο SDH.

Με τον όρο “Path”, στο δίκτυο SDH, εννοούμε τη λογική σύνδεση του σημείου του δικτύου, στο οποίο γίνεται η συναρμολόγηση του σήματος εισόδου σε VC, και του σημείου του δικτύου, στο οποίο γίνεται η αποσυναρμολόγηση του VC



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

«ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ»

7.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο κεφάλαιο αυτό, μελετούμε, όχι μόνον τον τρόπο σύνδεσης αλλά και τον τρόπο δήλωσης, των όποιων καρτών, για τη σωστή επικοινωνία αλλά και τον έλεγχο του συστήματος. Ακόμη στο κεφάλαιο αυτό, ασχολούμαστε, με το πώς διακρίνουμε τα μηνύματα ελέγχου, το σωστό τρόπο λειτουργίας, αλλά και το πού θα πρέπει να επέμβουμε, για τη σωστή και την αποδοτική λειτουργία του συστήματος.

7.2 ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ (CONFIGURATION)

Τα **μηχανήματα SDH** μπορούν να προγραμματιστούν να λειτουργούν ως:

- **Τερματικοί πολυπλέκτες.** (Terminal Multiplexer).
Μπορούμε να πολυπλέκουμε / αποπολυπλέκουμε σήματα tributary από ή μέσα σε STM1/ STM4/ STM16 πλαίσια γραμμής.
- **Απομάστευσης / Επανεισαγωγής** (Add / Drop Multiplexer).
Μπορούμε να απομαστεύσουμε / επανεισάγουμε από STM1/ STM4/ STM16 πλαίσια γραμμής από ή μέσα σε tributary διασυνδετικά σημεία (interface).
- **Ψηφιακός Cross – connect.**



Μπορούμε να δημιουργήσουμε διασταυρώσεις / διασυνδέσεις cross – connections σε σήματα STM-4 ή και κατώτερου επιπέδου.

Οι **Μονάδες** που περιέχονται στα μηχανήματα SDH είναι:

➤ **Βοηθητική μονάδα.**(Auxiliary Unit).

Παρέχει / διαχειρίζεται κανάλια επικοινωνίας για επισκευαστικούς σκοπούς.

➤ **Μονάδα ελέγχου επικοινωνίας.** (Communication and Control Unit).

Παρέχει υψηλό επίπεδο ελέγχου όλου του μηχανήματος και της επικοινωνίας του χρήστη με αυτό σαν τοπικός χειριστής ή και εξ'αποστάσεως διαχειριστής για έλεγχο, αναβαθμίσεις και επίβλεψη συναγερμών.

➤ **Κάρτα σηματοδοσίας.** (End of Shelf).

Παρέχει ένδειξη απεικόνιση των συναγερμών του συστήματος και κρατά για προστασία όλο τον προγραμματισμό / configuration του μηχανήματος.

➤ **STM-1 Ηλεκτρική / οπτική μονάδα πολυπλεξίας.**

Διαχειρίζεται ένα ηλεκτρικό / οπτικό πλαίσιο με ηλεκτρικό / οπτικό σημείο διασύνδεσης (Electrical / Optical Line Interface).

➤ **STM-4 και STM-16 οπτική μονάδα πολυπλεξίας.**

Διαχειρίζεται 4 ή 16 οπτικά αντίστοιχα STM-1 πλαίσια με οπτικά σημεία διασύνδεσης.

➤ **Μονάδα διακόπτη.** (Switch Unit).

Μπορεί και κάνει διασταυρώσεις cross - connection σε επίπεδα VC-12, VC-2, VC-3, VC-4, και VC-4xc (συνενωμένα) σε φυσικά φορτία με συνολική χωρητικότητα (μέγιστη 16STM 1 σήματος).

➤ **(16+16) X 1,5 / 2 Mbit / s κατώτερη (Tributary) μονάδα.**

Μπορεί να δεχτεί μέχρι και 16 + 16 σήματα των 1,5 ή 2 Mbit / s σήματα και κάνει την διαδικασία mapping / demapping των G703 καναλιών μέσα σε από TU-12 επίπεδα.



Η κάρτα **switch** επιτρέπει τις ακόλουθες αλληλοσυνδέσεις:

- **Unidirectional** (μονοκατευθυντική) σύνδεση μιας κατεύθυνσης μεταξύ :
 - line και tributary.
 - line και line.
 - tributary και line.
 - tributary και tributary.

- **Bidirectional** (αμφίδρομη διπλοκατευθυντική) σύνδεση δύο κατευθύνσεων μεταξύ:
 - Line και line.
 - Line και tributary.
 - Tributary και tributary.

- **Loop back** (βρόχος) σύνδεση μιας κατεύθυνσης μεταξύ της ίδιας πόρτας.

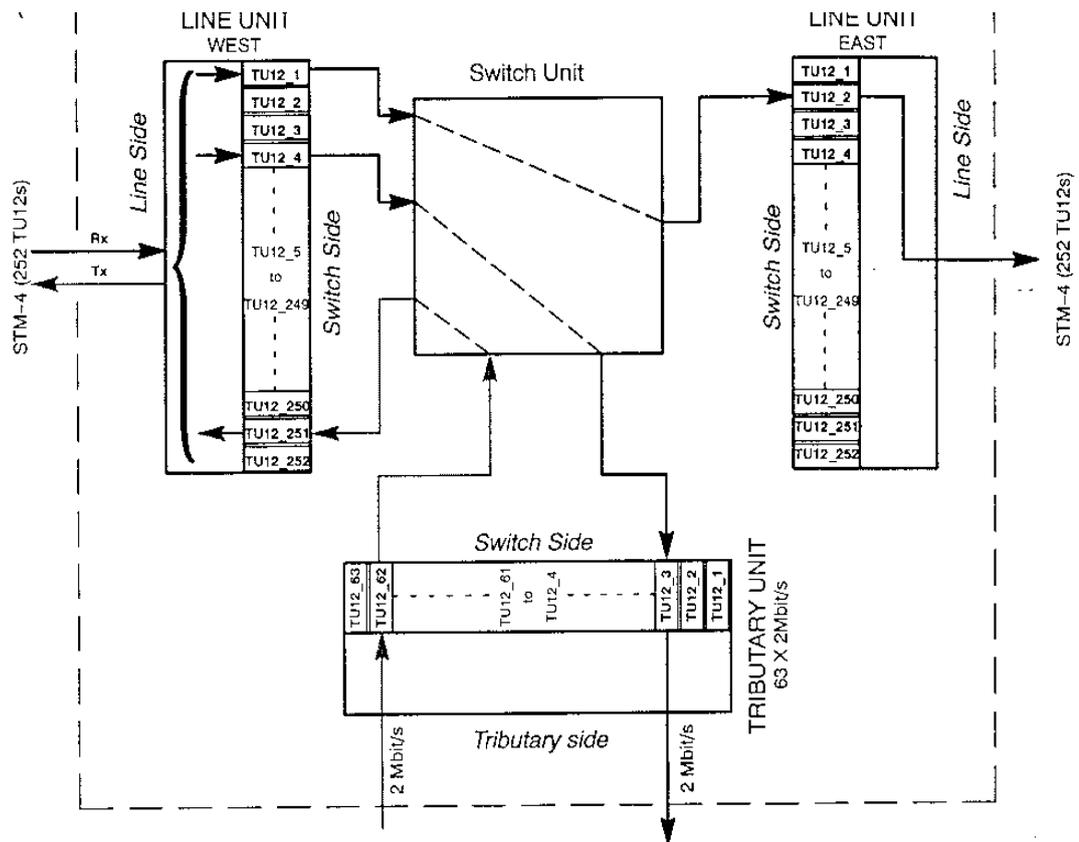
- **Concatenated** (συνενωμένο).

Πολυπλεξία Virtual Container όπου ενώνονται το ένα με το άλλο με αποτέλεσμα η ωφέλιμη χωρητικότητα να χρησιμοποιηθεί σαν ένα μόνο φορτίο.



7.2.1 UNIDIRECTIONAL CROSS-CONNECTIONS

Τα εισερχόμενα STM-1 και STM-4 σήματα, που περιέχουν TU12 σήματα, μπορούν να συνδεθούν με μια από τις TU12 Tributary μονάδες.



Σχ. 7.1 Unidirectional CROSS-CONNECTIONS

Εδώ η λειτουργία έχει ως εξής: τα φορτία μετά, φέρονται μόνο προς μια κατεύθυνση. Δηλαδή από τη Line πλευρά, προς την Tributary. Ακόμη, τα κανάλια, θα εργάζονται μόνο σαν λήπτες, ή μόνο σαν μεταδότες της πληροφορίας. Η άλλη κατεύθυνση, είναι διαθέσιμη για μια άλλη σύνδεση.



Για παράδειγμα, στο σχήμα, το TU12-1, από τη δυτική γραμμή (West Line), διασυνδέεται με το TU12-2, στην ανατολική γραμμή (East Line). Όμοια, το TU12-4, από τη Line West, διασυνδέεται με την TU12-3, στην Tributary πλευρά και η TU12-62, από την Tributary πλευρά, διασυνδέεται με το TU12-51, στην Line West. Αυτή η σύνδεση, είναι τοπική, που χρησιμοποιείται για να προστίθεται φορτία STM-4, ή να εξέρχονται σήματα από αυτά.

7.2.2 BIDIRECTIONAL CROSS-CONNECTIONS

Τα εισερχόμενα σήματα που περιέχουν TU-12 συνδέονται με ένα από τις TU-12 tributary μονάδες.

Όταν θέλουμε τα διασυνδεδεμένα σήματα, να εργάζονται σε δυο κατευθύνσεις ταυτόχρονα (αμφίδρομα), χρησιμοποιούμε τη σύνδεση αυτή. Σε αυτή τη σύνδεση, και τα δύο κανάλια, εκπέμπουν και λαμβάνουν. Το φορτίο κινείται και στις δύο κατευθύνσεις, δηλαδή από / προς τη Line Side και από / προς τη Tributary Side.

7.2.3 LOOP-BACK CONNECTIONS

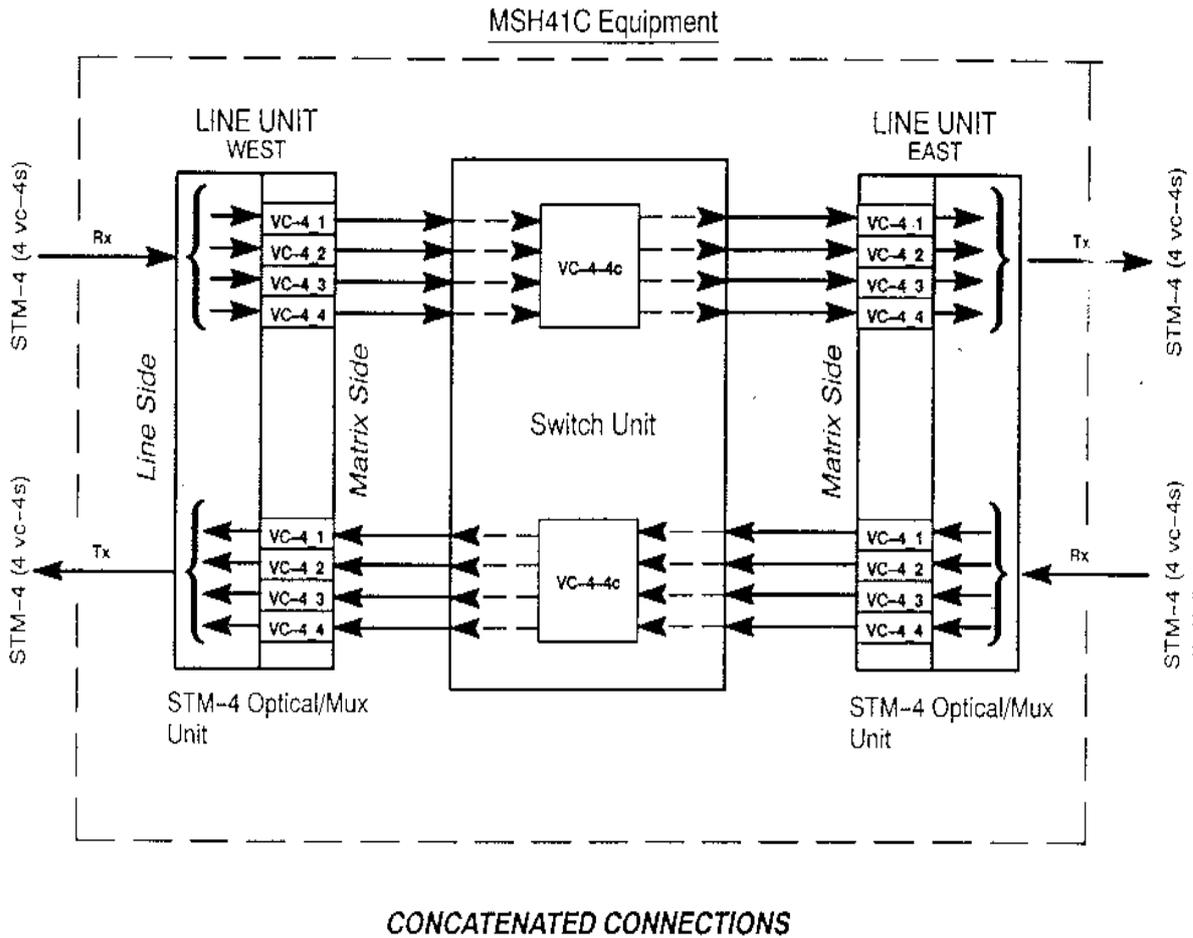
Εδώ, αυτό που συμβαίνει, είναι ότι το εισερχόμενο Tributary σήμα, μπορεί να γίνει βρόγχος, στην ίδια Tributary πόρτα. Έχουμε δηλαδή στην ουσία, επιστροφή του σήματος.

Η σύνδεση αυτή, χρησιμοποιείται, όταν θέλουμε να κάνουμε έλεγχο καλής λειτουργίας σε μια Tributary πόρτα. Βλέπουμε ότι ένα TU-12 κανάλι, σε μια Tributary μονάδα, διασυνδέεται με το ανταποκρινόμενο κανάλι της ίδιας μονάδας Tributary.



7.2.4 CONCATENATED CROSS - CONNECTIONS

Σε αυτή την περίπτωση των συνδέσεων το φορτίο περνάει από τη switch κάρτα σε μορφή VC-4-XC όπου στέλνονται στην άλλη line γραμμή ή σε μια STM-4 tributary. Η μορφή των συνδέσεων επικοινωνίας διακρίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχ. 7.2



7.3 ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΓΡΑΜΜΗΣ

Τα μηχανήματα παρέχουν δυνατότητες προστασίας για να ικανοποιούν τις απαιτήσεις ενός διαφορετικού – προγραμματισμού δικτύου όπως :

A) **Point to Point** (σημείο σε σημείο).

Σε συνδέσεις Point to Point που χρησιμοποιούν μηχανήματα σαν τεμαχικά στοιχεία είναι δυνατό να εφαρμοστούν τα παρακάτω σχήματα προστασίας.

- Multiplex Section 1+ Protection (MSP) σε STM-1-STM σήματα γραμμή.
- Multiplex Section 1+ Protection (MSP) σε STM-1-STM σήματα tributary.

B) **Ring**.

Σε δίκτυα σε σχηματισμό δακτυλίου όπου τα συστήματα εργάζονται σαν Απομάστευσης / επαναισαγωγής είναι δυνατό να παρέχουν το ακόλουθο σχήμα προστασίας.

- Su6-Network Connection Protection (Path Protection)

7.3.1 ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ

Οι ρυθμίσεις του μηχανήματος αποθηκεύονται και στην μονάδα ελέγχου (**comm-control unit**) και στην μονάδα (**end of shelf**).

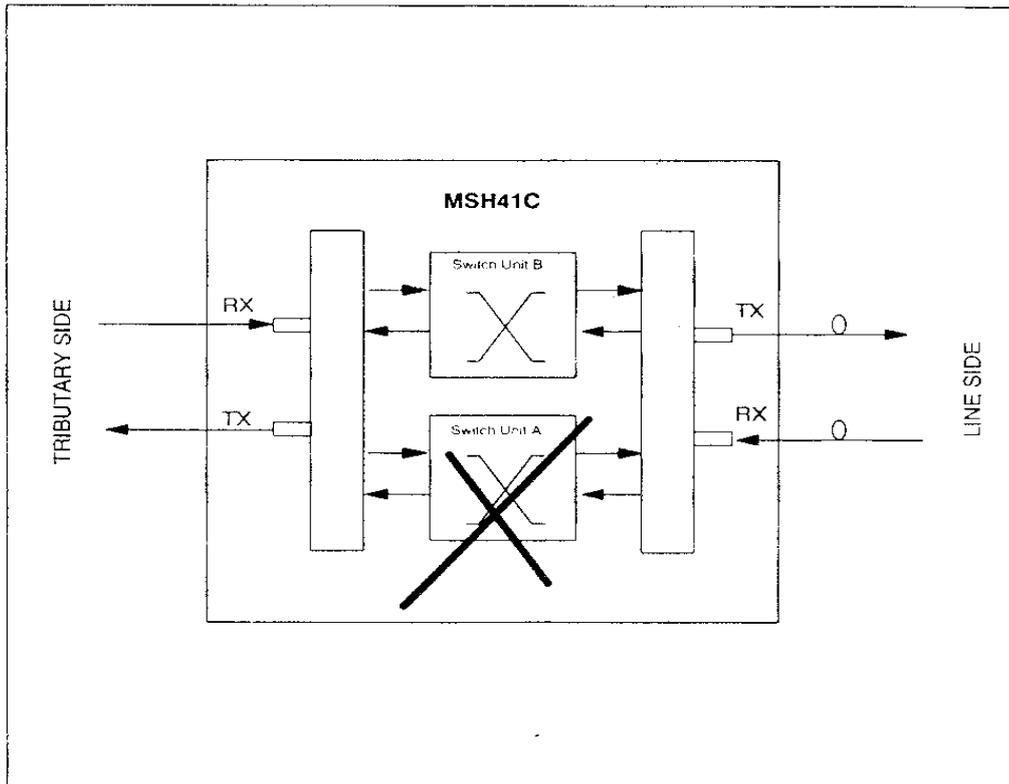
Αν υποστεί βλάβη η comm-control unit οι υπάρχουσες ρυθμίσεις και κυκλώματα τα οποία εργάζονται δεν διακόπτονται γιατί οι ρυθμίσεις είναι παράλληλα αποθηκευμένες και στην μονάδα end of shelf η οποία εργάζεται.



Αν μια καινούρια comm-control μονάδα τοποθετηθεί στο μηχάνημα πάνω συγκρίνονται οι ρυθμίσεις της end of shelf μονάδας με αυτές της καινούριας comm-control και αν είναι διαφορετικές η end of shelf αυτόματα θα προωθήσει προς την μνήμη της καινούριας comm-control όλες τις ρυθμίσεις του μηχανήματος. Η καινούρια comm-control unit δεν επηρεάζει την λειτουργία των υπάρχοντων κυκλωμάτων κατά τον χρόνο τον οποίο αποθηκεύει στην μνήμη της τις ρυθμίσεις από την end of shelf.

7.3.2 ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΣΤΗΝ ΜΟΝΑΔΑ ΔΙΑΚΟΠΤΗ (SWITCH UNIT)

Όλη η εισερχόμενη κίνηση, αλλά και η εξερχόμενη, συνδέεται και στις δυο μονάδες Switch. Στο σύστημα, υπάρχει μια μονάδα, που είναι σε κατάσταση λειτουργίας. Παράλληλα, υπάρχει ακόμη μια μονάδα, που είναι σε κατάσταση αναμονής. Όταν η μονάδα που εργάζεται, βγει εκτός λειτουργίας για κάποιο λόγο, τότε αυτόματα ο έλεγχος της κίνησης, θα μεταβιβαστεί στην άλλη μονάδα. Ακόμη, είναι δυνατό από το πρόγραμμα του διαχειριστή, να κάνει τη κίνηση να ελέγχεται από μια συγκεκριμένη Switch



Σχ. 7.3 Switch unit protection.

Προστασία στις Tributary μονάδες ($63 \times 1,5/2\text{Mbits/s}$, $32 \times 1,5/2\text{Mbits/s}$). Οι μονάδες Tributary, μπορεί να προστατεύονται από άλλες αντίστοιχες μονάδες, με τη μορφή N:1 (όπου N=1 με 4), όταν αυτές οι μονάδες, βρίσκονται σε καθορισμένες θέσεις προστασίας. Οι λειτουργίες για τη προστασία της κάθε κάρτας, ελέγχονται και πραγματοποιούνται από τη μονάδα ελέγχου Comm-Control Unit. Αν η κάρτα που εργάζεται υποστεί μια βλάβη, το φάσμα των καναλιών που διαχειρίζεται η κάρτα αυτή, μεταφέρεται στη κάρτα που έχει οριστεί να την προστατεύει.

- **Προστασία γραμμής (Line Protection).**
- **MSP Protection (Multiplex Section).**

Είναι δυνατόν να υπάρξει προστασία MSP, μεταξύ δυο συστημάτων. Δηλαδή, τα συστήματα, έχουν το καθένα από δυο οπτικά καλώδια, τα οποία τα συνδέουν. Τα κυκλώματα δηλαδή, δε προστατεύονται από την άλλη κατεύθυνση του δακτυλίου, αλλά από μια άλλη κάρτα, η οποία συνδέεται από την ίδια κατεύθυνση μέσω οπτικής ίνας, με το αντίστοιχο κέντρο. Αν λοιπό γίνει διακοπή του ενός δρόμου που τον χρησιμοποιούν τα κυκλώματα για να φτάσουν στο επόμενο κέντρο, τότε ενεργοποιείται αυτόματα η άλλη οπτική κάρτα, η οποία έχει οριστεί στο MSD της



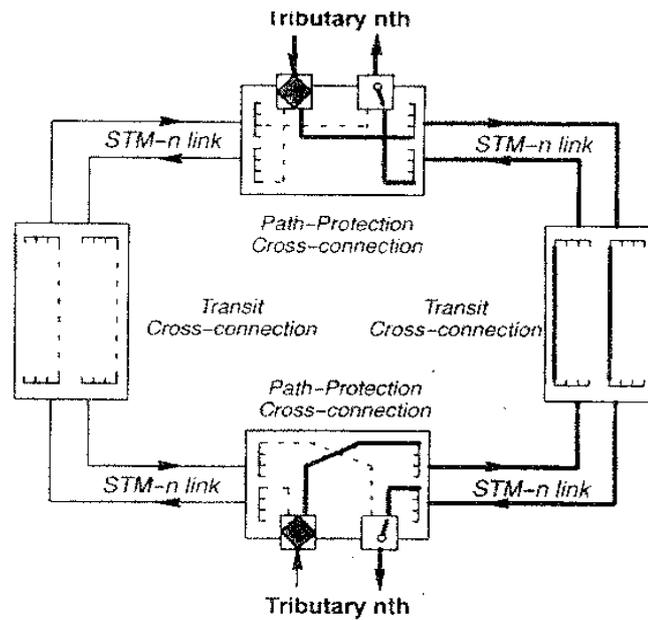
ενεργής, και τα κυκλώματα περνούν μέσα από αυτή. Υπάρχουν κάποια κριτήρια για την MSP προστασία. Αυτά είναι:

- **LOS** (Απώλεια σήματος)-Loss Of Signal
- **LOF** (Απώλεια πλαισίου)-Loss Of Frame
- **MS-AIS** (Απώλεια Multiplexer Section)
- **B2-EXC** (Υπερβολικά λάθη $>10^{-3}$ στο B2 Byte-Extensive Bit Error Rate)
- **B2-DEG** (Λάθη στη ζεύξη του ορίου 10^5 - 10^9) (Signal Degrade)

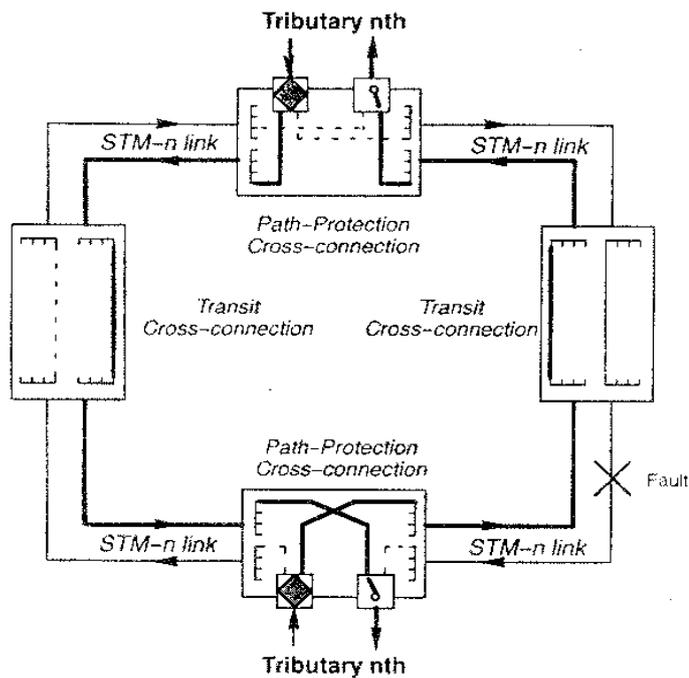
7.3.3 ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΔΡΟΜΟΥ (PATH PROTECTION)

Η προστασία που βρίσκει και τη μεγαλύτερη εφαρμογή, είναι αυτή του δρόμου. Χρησιμοποιείται πιο πολύ στους δακτυλίους SDH, αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε πιο σύνθετα δίκτυα. Στη προστασία δρόμου, κάθε Virtual Container, στέλνεται προς τις δυο κατευθύνσεις, ενός δακτυλίου SDH. Η μια κατεύθυνση, ορίζεται σαν κύρια, και η άλλη σαν κατεύθυνση προστασίας.

Στην επόμενη σελίδα, ακολουθούν σχήματα Path Protection:



Normal condition



Fault condition

Σχ. 7.4 Προστασία δρόμου.

Στο κέντρο, που απομαστεύεται, το αντίστοιχο VC λαμβάνεται από δυο κατευθύνσεις. Στην Tributary μονάδα, απεικονίζονται και οι δυο κατευθύνσεις του ίδιου κυκλώματος. Αν λοιπόν το Virtual Container, διακοπεί από την κύρια κατεύθυνση, από την οποία περνά μεταξύ



των δυο κέντρων (από πιθανή βλάβη της οπτικής ίνας), τότε γίνεται αυτόματα μεταγωγή από την άλλη κατεύθυνση του δακτυλίου, η οποία έχει δρομολογηθεί και δε συντελείται διακοπή στην εκπομπή και στη λήψη των διαφόρων τηλεπικοινωνιακών σημάτων, που περνούν μέσα από το SDH.

Τα κριτήρια μεταγωγής του path protection για σήματα VC-12, VC-2 και VC-3 είναι :

- **TU LOP** (Tributary Unit Loss Of Pointer) – Απώλεια δείκτη.
- **TU AIS** (Tributary Unit Alarm Indication Signal).
- **LO EXC** (B3 BIP-8 or VSBIP-2 Excessive bit Error Ratio) – Πολλά λάθη στα byte B3-VS δηλαδή στο κατώτερο επίπεδο.
- **LO DEG** (B3 BIP-8 or VS BIP-2 Degradation)- Λάθη κάτω του ορίου στο κατώτερο επίπεδο σήματος).

Τα κριτήρια μεταγωγής για ανώτερα σήματα VC-4 ή VC-4XC είναι :

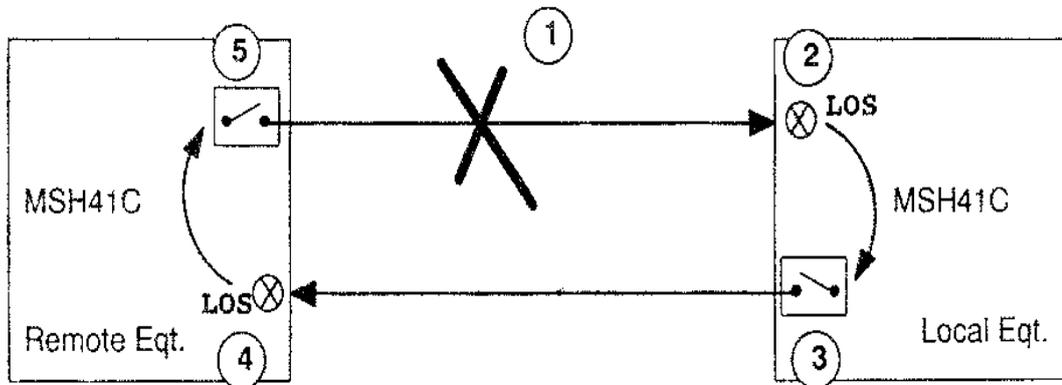
- **AU LOP** (Administrative Unit Loss Of Pointer).
- **AU AIS** (Administrative Unit Alarm Indication Signal).
- **Ho EXC** (B3 BIP-8 Excessive bit Error Ratio).
- **Ho UNEQ** (C2 Unequipped).
- **Ho TIM** (J1 Mismatch).

Προστασία Οπτική (στις οπτικές κάρτες των μονάδων)

Για να μηδενιστεί κάθε κίνδυνος, σε οποιοδήποτε διακόπτη από το φως του Laser μιας οπτικής κάρτας, ή την διακοπή μιας οπτικής ίνας, οι οπτικές κάρτες σταματούν να εκπέμπουν, όταν αντιληφθούν διακοπή στην εκπομπή του σήματος.



Στο σχήμα 7.5 φαίνεται σχηματικά η λειτουργία αυτή.

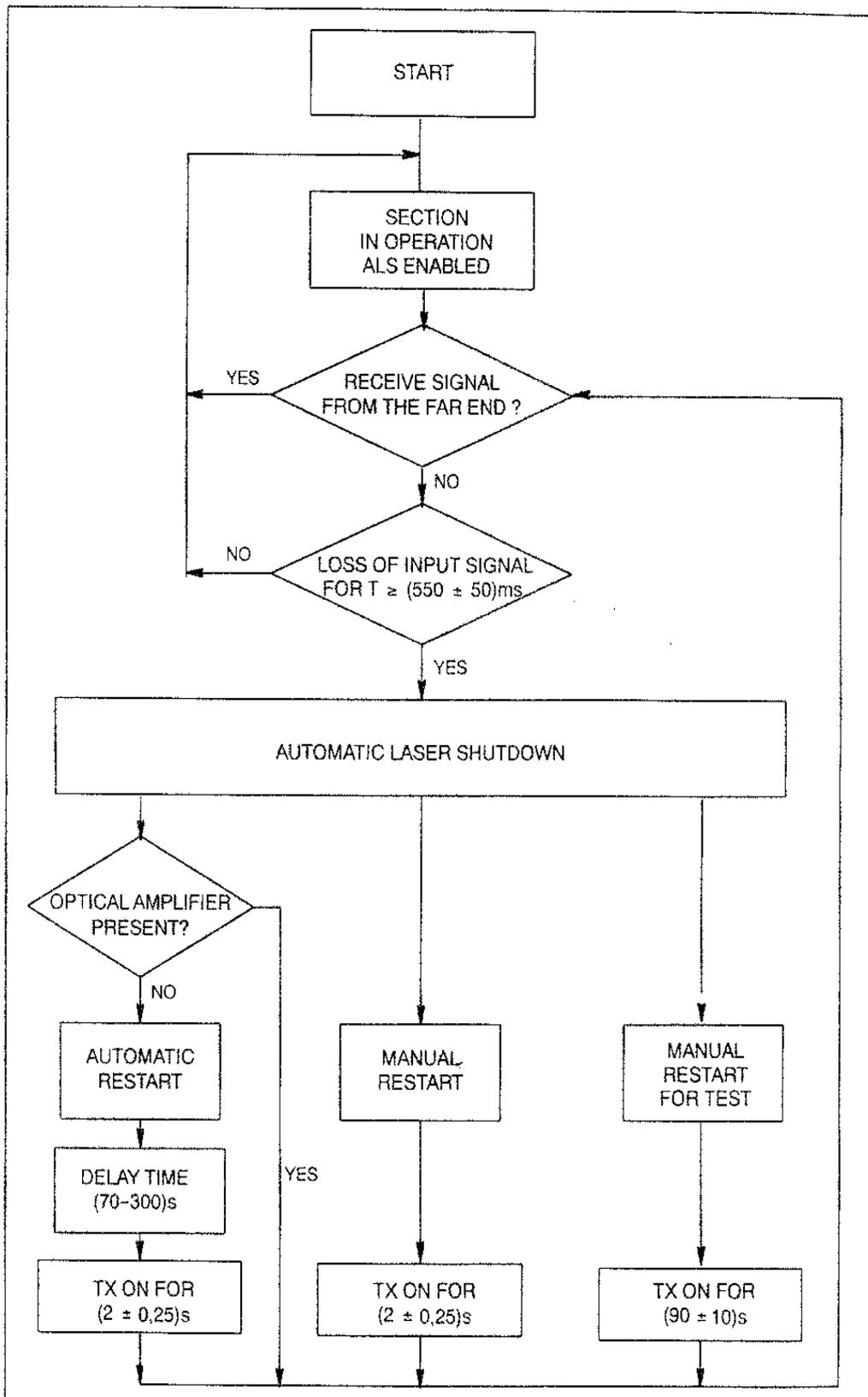


Σχ. 7.5 Προστασία από διακοπή της εκπομπής

Σε περίπτωση που γίνει διακοπή, σε μια από τις δυο οπτικές ίνες, μεταξύ δυο SDH συστημάτων, αυτό γίνεται αντιληπτό. Έστω δηλαδή, ότι έχουμε μια διακοπή στο οπτικό μέρος 1. Αυτό θα γίνει αντιληπτό στο μηχάνημα 2, καθώς λαμβάνεται LOS (απώλεια σήματος-Loss of Signal). Αν αυτή η απώλεια, διαρκέσει πάνω από 550 MS, η εκπομπή του Laser μηχανήματος 3, το οποίο έχει λάβει LOS, σταματάει. Και το επόμενο μηχάνημα 4, λαμβάνει με τη σειρά του LOS και σταματάει να εκπέμπει από την οπτική κάρτα 5, από την οποία γινόταν η εκπομπή του σήματος, πριν γίνει η διακοπή της οπτικής ίνας.

Όταν τώρα φτιαχτεί η οπτική ίνα, η κίνηση είναι εφικτό να επανέλθει από το δρόμο αυτό, αυτόματα ή χειροκίνητα. Το μηχάνημα, ορίζεται και εκπέμπει ανά διαστήματα, από τον κομμένο δρόμο για δυο δευτερόλεπτα ένα σήμα, για να ελεγχθεί αν έχει αποκατασταθεί αυτός ο δρόμος και να γίνει μεταγωγή της κυκλοφορίας από αυτόν.

Ο αλγόριθμος για τη λειτουργία αυτή, γράφεται παρακάτω:





7.4 ΣΥΓΧΡΟΝΙΣΜΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Πηγές Συγχρονισμού:

Τα συστήματα SDH είναι σχεδιασμένα έτσι ώστε να είναι ευέλικτα και να χρησιμοποιούν όσες πιο πολλές πηγές συγχρονισμού είναι εφικτό.

Οι παρακάτω πηγές συγχρονισμού μπορούν να διαχειριστούν από τα SDH:

- Δύο εξωτερικές πηγές συγχρονισμού (**EXT-1** και **EXT-2**). Τα συστήματα μπορούν να δεχθούν δύο διαφορετικές πηγές συγχρονισμού 2048KHz από εξωτερικά σήματα συγχρονισμού.
- Έντεκα tributary και line πηγές (από οπτικό ή ηλεκτρικό επίπεδο), είναι εφικτό να επιλεγθούν από διάφορες tributary μονάδες μια πόρτα (μέχρι και 7) και από κάθε μονάδα line (γραμμή) (μέχρι και 4).

7.4.1 ΕΣΩΤΕΡΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

➤ **Free- running:**

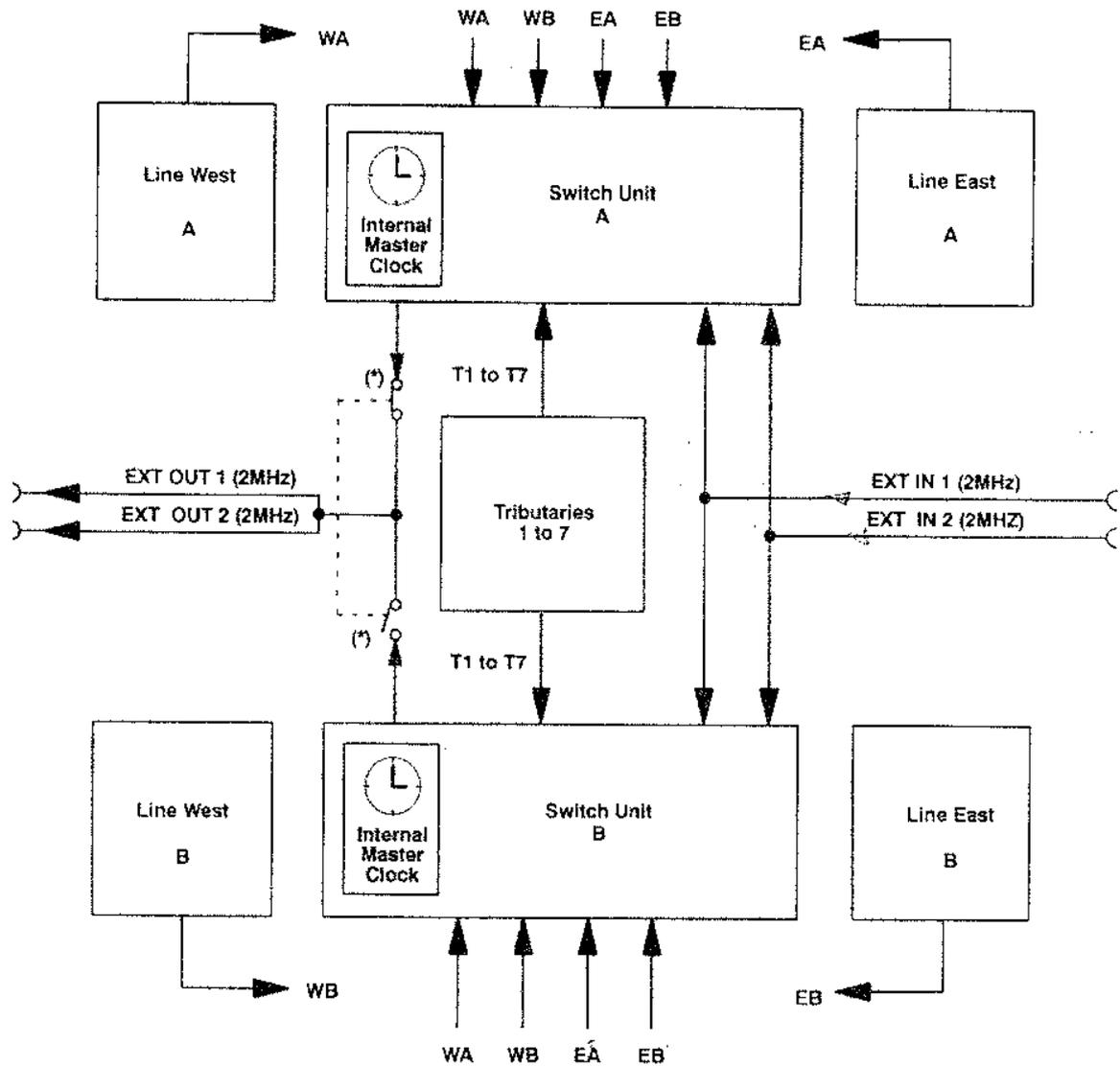
Η μονάδα switch παράγει ένα δικό της ρολόι από κρύσταλλο το οποίο διαθέτει που αυτή η πηγή μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως κύριο ρολόι – πηγή συγχρονισμού για όλο το μηχάνημα (περιγράφεται και από τη σύσταση G813 της ITU-T).

➤ **Holdover:**

Η μονάδα switch κρατάει στη μνήμη της τη μέση τιμή της συχνότητας την οποία συγχρονίζεται το μηχάνημα. Αν αυτή η πηγή συγχρονισμού παύει να είναι διαθέσιμη η μονάδα θα συγχρονίσει το δικό της κρύσταλλο με αυτήν και θα συνεχίσει να δίνει συγχρονισμό.



Η μονάδα switch επιλέγει από ποιά πηγή θα συγχρονίσει το αντίστοιχο SDH και παράλληλα αυτήν την πηγή τη προωθεί και στα κυκλώματα / γραμμές που εκπέμπει προς άλλα κέντρα παρακάτω διακρίνεται η αρχιτεκτονική συγχρονισμού στο σχήμα 7.6



(*) Only the working Switch Unit is connected to both external outputs

Σχ. 7.6



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Η ανταλλαγή πληροφοριών έχει αποκτήσει τόσο πολύ μεγάλη σημασία στην μοντέρνα βιομηχανική κοινωνία, ώστε η αξία της πληροφορίας να βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο σύγκρισης με τους δύο κλασικούς συντελεστές παραγωγής, της εργασίας και του κεφαλαίου.

Με την εισαγωγή της σύγχρονης ψηφιακής ιεραρχίας (**SDH**) δημιουργήθηκε μία ευέλικτη τεχνική πολυπλεξίας και μία ουσιαστικά βελτιωμένη Διαχείριση του Δικτύου (Network Management) που οφείλεται σε διευρυμένα Overheads. Για τον συνδρομητή, στις πρώτες βαθμίδες του Δικτύου η διαδικασία μετατροπής εξακολουθεί να παραμένει αθέατη. Στη συνέχεια όμως ο χειριστής (Operator) του Δικτύου θα μπορεί να επενεργεί γρήγορα και με επάρκεια στις επιθυμίες του πελάτη.



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- **SYNCHRONOUS HIERARCHY SYSTEMS (SDH)**
Intracom
- **ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ SDH ΣΗΜΙΩΣΕΙΣ**
Intracom
- **ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**
Αλεξόπουλος & Λαγογιάννης
- **ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ ΜΕ ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΝΕΣ**
Στέφανος Χατζηαγάπης
Intracom.
- **ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΑ ΔΙΚΤΥΑ**
Intracom
- **ΔΙΚΤΥΑ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ**
ΤΕΙ ΗΠΕΙΡΟΥ
- www.cisco.com
- www.gare.co.uk
- www.iec.org
- www.isi.edu
- www.pcc.qub.ac.uk
- www.webdesk.com
- www.techfest.com
- www.tektronix.com

