



**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ
ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ**

**Σχολή Εφαρμοσμένων Επιστημών
Τμήμα Ηλεκτρονικών Μηχανικών**

**Μελέτη θεμάτων Μετάδοσης με την χρήση
Synchronous Digital Hierarchy**

Πτυχιακή Εργασία του Νικητόπουλου Παναγιώτη

Εισηγητής: Κόκκινος Ευάγγελος

XANIA 2014

Summary - Objective

Writing this project for SDH (Synchronous Digital Hierarchy), the object is to answer the questions :

What is SDH (Synchronous Digital Hierarchy)?

How the SDH (Synchronous Digital Hierarchy) work?

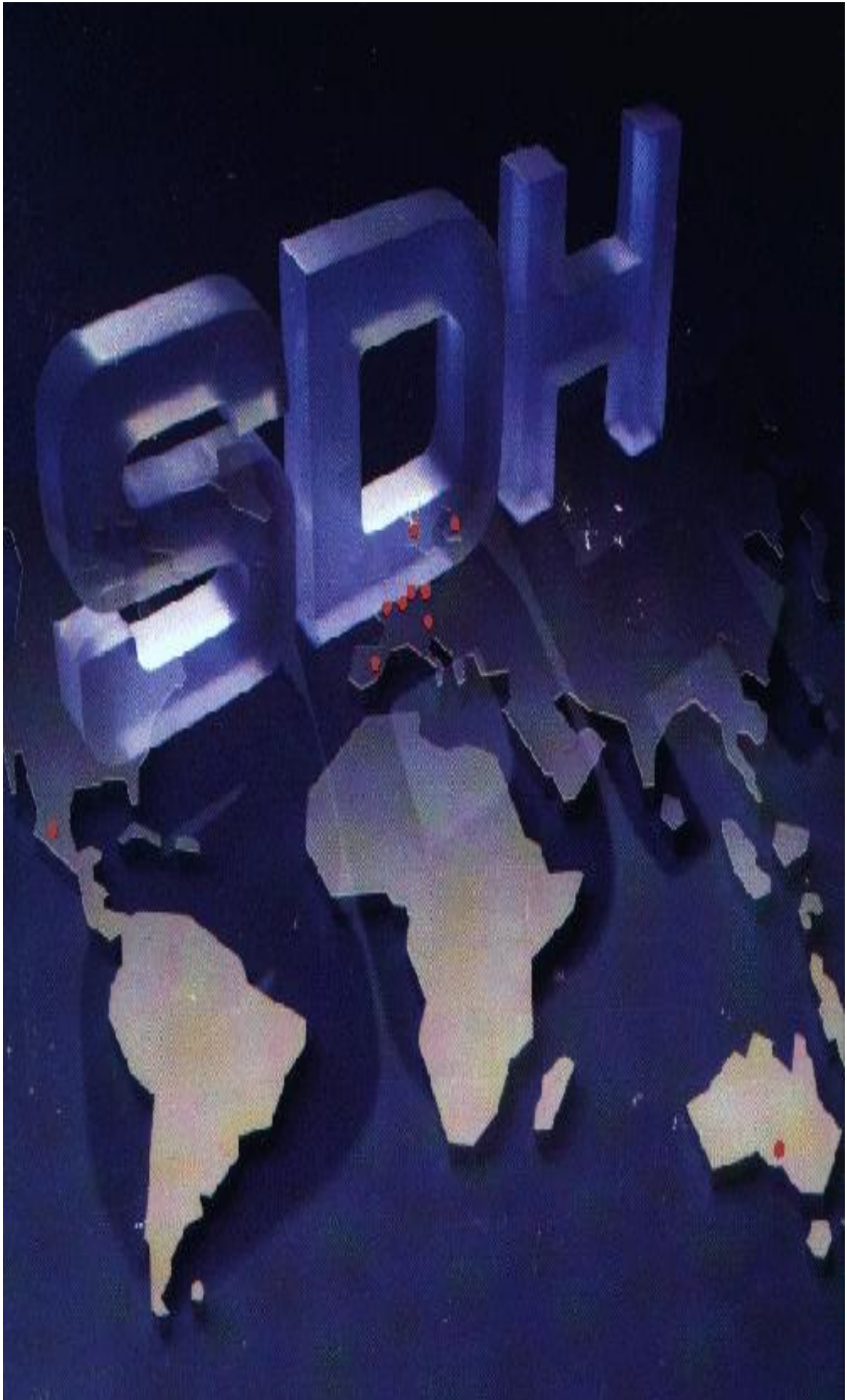
At the end of this project, the reader will be in place, to understand, the structure of SDH (Synchronous Digital Hierarchy) signal and why the world of the telecommunications, are very interesting for SDH (Synchronous Digital Hierarchy) .

Περίληψη – Αντικειμενικός Σκοπός

Γράφοντας για την Σύγχρονη Ψηφιακή Ιεραρχία (Synchronous Digital Hierarchy), αντικειμενικός σκοπός είναι να απαντηθούν οι ερωτήσεις:

Τι είναι το SDH και πως λειτουργεί.

Στο τέλος αυτής της πτυχιακής εργασίας, ο αναγνώστης θα είναι σε θέση να καταλάβει γιατί ο κόσμος των τηλεπικοινωνιών ενδιαφέρεται τόσο πολύ για την Σύγχρονη Ψηφιακή Ιεραρχία και ποια είναι η δομή ενός SDH σήματος.



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	ΣΕΛ.
-Πρόλογος.	6
-Βασικές Αρχές Ψηφιακής Μετάδοσης.	9
-Η Τεχνική PCM.	11
-Συστήματα Μετάδοσης.	21
-Πλησιόχρονη Ψηφιακή Ιεραρχία.	21
-Βασικός τρόπος πολυπλεξίας PDH για δίκτυα υψηλών χωρητικότητας.	22
-Χαρακτηριστικά Πλησιόχρονης Ψηφιακής Ιεραρχίας.	23
-Περιορισμοί των σημερινών δικτύων υψηλής χωρητικότητας.	25
-Συστήματα μετάδοσης.	27
-Σύγχρονη Ψηφιακή Ιεραρχία (SDH).	28
-Ορισμός του SDH.	29
-Network Node Interface (NNI).	30
-Άμεση σύγχρονη πολυπλεξία.	31
-Δυνατότητες μεταφοράς σημάτων στο SDH.	33
-Σύντομη περιγραφή διαχείρισης και συντήρησης δικτύου.	34
-Πλεονεκτήματα του SDH.	35
-Δομή του σύγχρονου σήματος (Synchronous Signal Structure).	38
-Σύγχρονο πλαίσιο μεταφοράς (Synchronous Transport Frame).	39
-Δομή του πλαισίου STM-1.	41
-Ρυθμοί μετάδοσης SDH.	43
-Interfaces των γραμμών μεταφοράς του SDH.	44
-Δομή πολυπλεξίας SDH.	46
-Path Overhead και Section Overhead.	51
-Μέθοδος πολυπλεξίας από C-1 μέσω AU-4.	52
-Μέθοδος πολυπλεξίας από C-1 μέσω AU-3.	53
-Μέθοδος πολυπλεξίας από C-3 μέσω AU-3.	54
-Μέθοδος πολυπλεξίας από C-4 μέσω AU-4.	55
-Το STM πλαίσιο.	56
-Βασικές λειτουργίες του Overhead.	57

-Η δομή του STM-1.	57
-Ορισμός του «Regenerator Section» του δικτύου.	60
-Λειτουργίες των bytes του «Regenerator Section Overhead » (RSOH).	61
-Περιγραφή των bytes του «Regenerator Section Overhead» (RSOH).	62
-Ορισμός του «Multiplexer Section Overhead» (MSOH).	64
-Λειτουργίες των bytes του «Multiplexer Section Overhead» (MSOH).	65
-Περιγραφή των bytes του «Multiplexer Section Overhead» (MSOH).	67
-Ορισμός του Path Overhead στο δίκτυο SDH.	69
-Λειτουργίες του Path Overhead.	69
-Περιγραφή των bytes του Path Overhead υψηλής τάξης.	71
-Αποκλίσεις φάσης και αυξήσεις και μειώσεις του AU-4 pointer.	72
-Η δομή του AU-4 pointer.	74
-Άλλες εφαρμογές του pointer.	77
-Δομή του πλαισίου του Tributary Unit.	78
-Διάφορα μεγέθη των πλαισίων των Tributary Unit.	87
-Πολυπλεξία των TUG-3 και TUG-2 στο VC-4.	80
-Διάκριση τοποθέτησης (mapping) και πολυπλεξίας (multiplexing).	84
-Τοποθέτηση (mapping) σήματος 139264 Kbit/sec (ή 140 Mbit/sec) στο VC-4.	84
-Τοποθέτηση (mapping) σήματος 34 Mbit/sec στο VC-3.	87
-Τοποθέτηση στο SDH σημάτων 2048 Kbit/sec (ή 2 Mbit/sec).	89
-Τοποθέτηση στο SDH σημάτων 2048 Kbit/sec (ή 2 Mbit/sec), ασύγχρονων και «byte-synchronous» με τρόπο λειτουργία κυλιόμενο (floating).	91
-Εισαγωγή σήματος 2048 Kbit/sec (ή 2 Mbit/sec) «byte-synchronous locked».	98
-Εφεδρείες MSP (Multiplexer Section Protection).	100
-Έλεγχος σφαλμάτων (Error Performance) στο SDH.	100
-Ολοκληρωμένη διαχείριση και συντήρηση δικτύου.	102
-Συγχρονισμός.	106
-Επίδραση των σφαλμάτων στις υπηρεσίες.	107
-Ανάγκες συγχρονισμού δικτύων SDH.	108
-Βασικές μέθοδοι συγχρονισμού.	109
-Ρολόγια πηγής : Πρωταρχική πηγή αναφοράς.	111

-Ρολόγια λήψης.	112
-SDH δικτύωση.	115
-Οπτικές ίνες.	117
-Συντομεύσεις.	121

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Σε μια εποχή σαν τη σημερινή, κατά την οποία οι τηλεπικοινωνίες είναι κάτι το αυτονόητο, το καθημερινό στη ζωή μας, η ενασχόληση με τις τηλεπικοινωνίες των αρχαίων Ελλήνων μοιάζει είτε με χάσιμο χρόνου είτε με παρωχημένο πεδίο έρευνας. Φυσικό είναι να αναρωτιέται κάποιος τι άραγε είχε εφευρεθεί, αφού δε γνώριζαν, για παράδειγμα, το τηλέφωνο, την απλούστερη μορφή επικοινωνίας σήμερα. Και φυσικά δεν θα είχε άδικο αφού οι γνώσεις μας γύρω από το θέμα αυτό είναι φοβερά ελλιπείς έως ανύπαρκτες. Είναι ίσως γνωστά κάποια στοιχεία για τα οπτικά σήματα (με φωτιές) ή τους διάφορους αγγελιοφόρους (π.χ ο Φιλιππίδης που μετέφερε την είδηση της νίκης στο Μαραθώνα) ή τέλος, για τα «γλαφυρά» ταχυδρομικά περιστέρια.

Αν μελετήσει κάποιος τις τεχνικές, τα μέσα και τους τρόπους επικοινωνίας κατά την αρχαιότητα, απορεί και θαυμάζει για τη φαντασία που ανέπτυξαν αρκετοί λαοί, και ειδικότερα οι Έλληνες, στο θέμα της από μακριά-επικοινωνίας, δηλαδή της τηλε-επικοινωνίας. Θα εκπλαγεί μάλιστα όταν διαπιστώσει ότι αρκετές μέθοδοι επικοινωνίας που χρησιμοποιούνταν έως χθες ή χρησιμοποιούνται ακόμη και σήμερα, δεν είναι τίποτε άλλο παρά βελτιώσεις παλαιότερων μεθόδων τηλεπικοινωνίας με την προσθήκη κάποιων μηχανικών μέσων. Π.χ. τα οπτικά σήματα μορς που ανταλλάσσουν τα πλοία είναι εξέλιξη του οπτικού τηλέγραφου των αρχαίων, της *πυρρείας* δηλαδή, μόνο που τώρα είναι πιο σύντομο και γίνεται με τη βοήθεια ηλεκτρισμού.

Η πρώτη και πανάρχαιη μέθοδος μετάδοσης πληροφοριών και μηνυμάτων στηρίχθηκε στη δύναμη των ανθρώπινων άκρων να διασχίζουν τις αποστάσεις όσο το δυνατόν συντομότερα. Στους Έλληνες πασίγνωστος είναι ο μαραθωνοδρόμος *Φιλιππίδης*, που μετέφερε στην Αθήνα το μήνυμα της νίκης στο Μαραθώνα το 490 π.Χ. από μία απόσταση 39 χιλιομέτρων την οποία διέσχισε χωρίς να σταματήσει, και ο οποίος, αφού αναφώνησε το γνωστό « *νενικήκαμεν* », άφησε την τελευταία του πνοή.

Ο Φιλιππίδης ήταν ένας από τους γνωστότερους δρομείς που χρησιμοποιούνταν εκ μέρους της εκάστοτε πόλης στις στρατιωτικές ταχυδρομικές τους υπηρεσίες. Υπήρχαν αρκετοί, των οποίων τα ονόματα δεν έχουν διασωθεί, γενικά ονομαζόμενοι « *ημεροδρόμοι* », και από την ονομασία αυτή αντιλαμβανόμαστε ότι η δουλειά τους ήταν να διατρέχουν με ταχύτητα αποστάσεις μεταφέροντας διάφορα μηνύματα κυρίως στρατιωτικά. Και τούτο επειδή στη διάρκεια της ειρήνης τα μηνύματα δεν είχαν την ίδια βαρύτητα με τα αντίστοιχα της πολεμικής περιόδου. Οι *ημεροδρόμοι* εκτός από τα προφορικά μηνύματα μετέφεραν και κωδικοποιημένα.

Ως φορείς μηνυμάτων σε μεγάλες αποστάσεις χρησιμοποιήθηκαν επίσης τα περιστέρια από πολύ παλαιές εποχές και για το μεγάλο χρονικό διάστημα από την εποχή του Φαραώ έως τον πόλεμο του Βιετνάμ. Η ταχύτητα που αναπτύσσει το περιστέρι είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτή ενός έφιππου αγγελιοφόρου και, επί πλέον, το περιστέρι πετά σε ευθεία γραμμή χωρίς να είναι υποχρεωμένο να ακολουθεί τους στριφογυριστούς δρόμους των ορέων.

Επίσης ένας άλλος τρόπος μετάδοσης πληροφοριών και μηνυμάτων ήταν τα διάφορα οπτικά σήματα. Με τον ένα ή τον άλλο τρόπο η φωτιά, το φως, έπαιξε σπουδαίο ρόλο στην εξέλιξη των φωτεινών σημάτων και του οπτικού τηλέγραφου, όχι μόνο κατά τη διάρκεια των πολεμικών επιχειρήσεων, όσο κυρίως κατά το διάστημα της ειρήνης, όταν τα νέα και οι διαταγές των αρχόντων έπρεπε να φτάσουν το συντομότερο δυνατό στον προορισμό τους.

Τα οπτικά σήματα διαδραμάτισαν σπουδαίο ρόλο σε πολλά γεγονότα της καθημερινής ζωής, αφού αναπαρήγαν πληροφορίες για μια τεράστια ποικιλία από αυτά. Π.χ. η Μήδεια υψώνοντας αναμμένο πυρσό ειδοποίησε τους Αργοναύτες να σπεύσουν στην Κολχίδα, με πυρσό ειδοποιείται ο Αγαμέμνων για την είσοδο του Δούρειου Ίππου στην Τροία από τον Σίνωνα, και με πυρσό που σήκωσε που σήκωσε ο ίδιος προς τον ελληνικό στόλο στην Τένεδο του έδωσε το σήμα της επιστροφής και κατάληψης της ανοχύρωτης πολιτείας.

Στην διάρκεια του πολέμου πολλά συνέβαιναν με τις φωτιές: σήματα φωτεινά, απλά ή πολλαπλά, καπνοί έντονοι ή απλές στήλες καπνού, φωτιές παραπλανητικές του μεγέθους του στρατιωτικού σώματος, φωτιές με λάθος μήνυμα, επίσης για παραπλάνηση, συνεννοήσεις και παρανοήσεις, συνέβαλαν σε ένα σύστημα φωτεινών σημάτων που σε πολλά μέρη χρησιμοποιείται έως τις μέρες μας. Για την αναμετάδοση των σημάτων αυτών ήσαν απαραίτητα

ειδικά κτίσματα, οι φρυκτωρίες, κτισμένα σε υπερυψωμένα εδαφικά σημεία ώστε να φαίνονται καλά. Πολλοί αρχαίοι συγγραφείς δίνουν πλήθος στοιχείων για όλες αυτές τις τακτικές (και πρακτικές) χρήσεις τις φωτιάς από τους αρχαίους Έλληνες, τόσο της κλασικής όσο και της ελληνιστικής περιόδου (Ηρόδοτος, Θουκυδίδης, Διόδωρος, Πausανίας, Αρριανός, Πολύαινος και άλλοι).

Πολλά από τα φωτεινά σήματα ανταλλάσσονταν τη νύχτα στη θάλασσα μεταξύ των πλοίων, ή μεταξύ πλοίων και ξηράς, και γενικά πρέπει να σημειωθεί ότι τα περισσότερα από αυτά αντιστοιχούσαν σε προσυμφωνημένα μηνύματα.

Οι αναμεταδότες οπτικών σημάτων συνεπάγονται την ύπαρξη στοιχειωδών εγκαταστάσεων στις οποίες κάποιοι παρατηρητές (*φρυκτώριοι*) διερευνούν με προσοχή – ημέρα και νύχτα – προς την περιοχή απ' όπου γνωρίζουν ότι θα δεχτούν κάποιο μήνυμα. Τις εγκαταστάσεις αυτές τις γνωρίζουμε ως φρυκτωρίες ή φρυκτώρια, όσα δεν υπάρχουν στα νησιά, κυρίως του Αιγαίου, και χρησίμευαν στην ανταλλαγή μηνυμάτων είτε από τα ένα νησί στο άλλο, είτε από το νησί προς κάποιο πλοίο, τα γνωρίζουμε ως σήμερα ως « *Πύργους του Αιγαίου* ».



ο τηλεπικοινωνιακός πύργος (φρυκτώριο) της Ανδρου, γνωστός και ως πύργος του Αγίου Πέτρου.

ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ

Για πολλά χρόνια, ο μόνος τρόπος μετάδοσης ενός σήματος ήταν σε αναλογική μορφή. Αυτό σημαίνει πως το σήμα έχει άπειρες τιμές τάσης. Επίσης ένα σήμα είτε μεταδίδεται σε ενσύρματο είτε σε ασύρματο μέσο υφίσταται εξασθένιση και γι' αυτό έχει την ανάγκη ενίσχυσης σε τακτές αποστάσεις.

Το πρόβλημα που προκύπτει είναι ότι στο σήμα προστίθεται και θόρυβος κατά την διάδοση μέσα στο μέσο και όταν ενισχύεται στην ουσία ενισχύεται με τον θόρυβο. Σε κάθε βαθμίδα ενίσχυσης, στο προϊόν της προηγούμενης βαθμίδας έχει προστεθεί και θόρυβος, με αποτέλεσμα η n -οστή βαθμίδα να ενισχύει μόνο θόρυβο. Το μέτρο της ποιότητας της επικοινωνίας είναι ο λόγος σήματος προς θόρυβο (ή SNR, S/N, Signal to Noise Ratio). Είναι φανερό, πως όσο μεγαλύτερος είναι ο λόγος, τόσο καλύτερη είναι η ποιότητα της επικοινωνίας και, κατά συνέπεια, τόσο μεγαλύτερο είναι και το n . Στην θεωρητική περίπτωση, που ο λόγος σήματος προς θόρυβο τείνει στο άπειρο, τείνει στο άπειρο και ο αριθμός n των βημάτων ενίσχυσης, που είναι απαραίτητα για να μηδενιστεί το σήμα και να ενισχύουμε μόνο θόρυβο.

Αφού το σήμα είναι αναλογικό, οι στάθμες που μπορεί να πάρει είναι άπειρες. Όταν προστίθεται θόρυβος, οι στάθμες του σήματος που προκύπτει περιλαμβάνονται στις αποδεκτές τιμές σήματος με αποτέλεσμα να μην μπορεί να γίνει διαχωρισμός μεταξύ σήματος και θορύβου.

Τα τελευταία χρόνια προέκυψε και ένα ακόμη πρόβλημα. Με την ανάπτυξη και εξέλιξη των ψηφιακών τηλεπικοινωνιακών συστημάτων παρουσιάστηκε η ανάγκη για επικοινωνία μεταξύ αυτών των συστημάτων, με αποτέλεσμα να πρέπει το ψηφιακό σήμα να μετατραπεί σε αναλογικό, να μεταδοθεί και στο σύστημα λήψης να μετατραπεί πάλι σε ψηφιακό. Εδώ δημιουργείται πρόβλημα επειδή, λόγω θορύβου, η ψηφιακή επικοινωνία σε πολλές περιπτώσεις είναι δύσκολη έως αδύνατη.

Τα ψηφιακά συστήματα έρχονται να λύσουν τα προβλήματα που αντιμετωπίζουμε με τις αναλογικές επικοινωνίες. Αφού λοιπόν ο τρόπος μετάδοσης είναι ψηφιακός μιλάμε πλέον για ψηφιακή επικοινωνία.

Πρώτα απ' όλα, και μόνο το ότι είναι ψηφιακή, δηλαδή κάθε λέξη που μεταδίδεται αποτελείται από 0 και 1, σημαίνει πως έχουμε δύο διακριτές στάθμες αντί για τις άπειρες στάθμες του αναλογικού σήματος.

Αν μεταφράσουμε τις δύο διακριτές στάθμες σε αντίστοιχες τάσεις, εύκολα καταλαβαίνουμε, πως προσθήκη θορύβου θα άλλαζε τις τιμές των τάσεων. Αφού όμως τάση μεγαλύτερη από την μεγαλύτερη που έχουμε ορίσει ή μικρότερη από την μικρότερη δεν έχει νόημα για εμάς, ψαλιδίζεται και αγνοείται. Έτσι κάθε προσθήκη θορύβου είναι αβλαβής για το σήμα. Μόνη εξαίρεση είναι όταν η στάθμη του θορύβου έχει τιμή αντίθετη από αυτή του σήματος και μέγεθος μεγαλύτερο από το μισό της διαφοράς των δύο τάσεων.

Γίνεται αντιληπτό πως αφενός είναι πιο δύσκολο να επηρεαστεί το σήμα από θόρυβο, και αφετέρου είναι πλέον δυνατό, όχι να ενισχυθεί απλά το σήμα αλλά να αναγεννηθεί, με αφαίρεση έτσι του θορύβου που προστέθηκε σε κάθε βήμα. Τώρα πια το σήμα, μετά το n-οστό βήμα ενίσχυσης, είναι το ίδιο με το σήμα που εξέπεμψε η πηγή.

Ένα επιπλέον πλεονέκτημα του ψηφιακού σήματος είναι ότι μας δίνει την δυνατότητα, όχι μόνο να ανιχνεύουμε λάθη, αλλά και να τα διορθώνουμε.

Το πέρασμα από τις αναλογικές στις ψηφιακές επικοινωνίες, που δημιουργεί τη βάση για τη μετάδοση όχι μόνο φωνής αλλά επίσης δεδομένων και εικόνας γρήγορα και οικονομικά υπήρξε ένα από τα βασικά στοιχεία για την εξέλιξη προς μία νέα εποχή στις τηλεπικοινωνίες, στοιχείο που οφείλεται επίσης στις αλματώδεις τεχνολογικές εξελίξεις των τελευταίων χρόνων, ιδιαίτερα στο χώρο της μικροηλεκτρονικής.

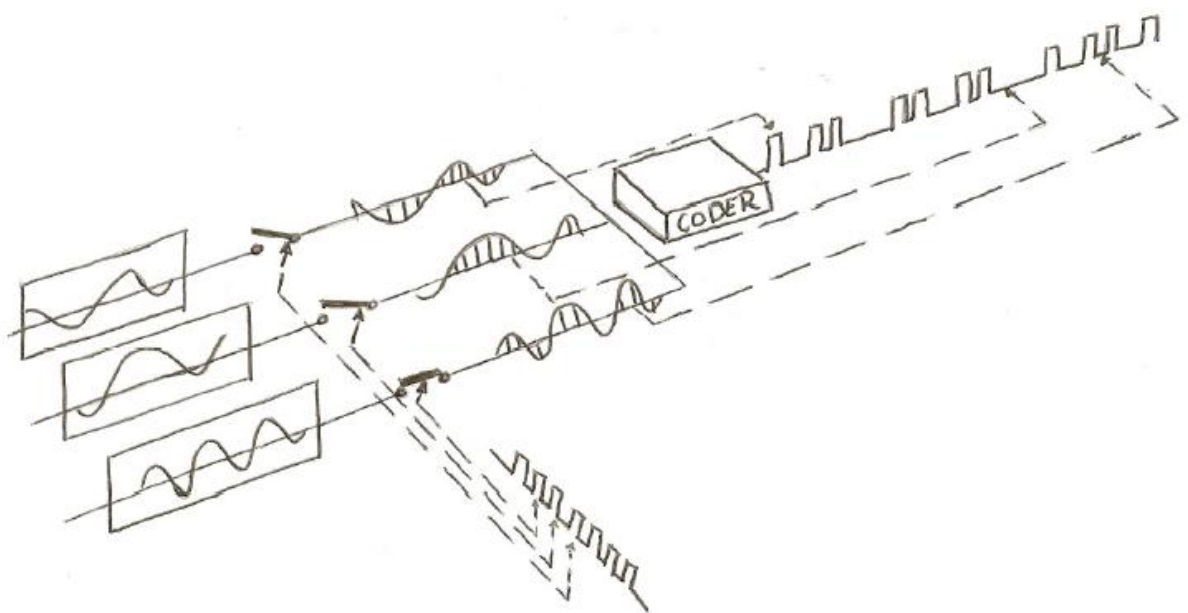
Η ΤΕΧΝΙΚΗ PCM

Η τεχνολογία της ψηφιακής μετάδοσης αρχίζει την εποχή που ο Α. Η. Reeves χρησιμοποίησε την αρχή της **Παλμοκωδικής Διαμόρφωσης** (Pulse Code Modulation, PCM) για τη μετάδοση ομιλίας με τη μορφή ψηφιακών σημάτων (1937).

Στην Παλμοκωδική Διαμόρφωση το σήμα δειγματοληπτείται και το πλάτος του κάθε σήματος « *στρογγυλοποιείται* » στην κοντινότερη τιμή από ένα σύνολο επιτρεπτών τιμών, έτσι ώστε χρόνος και πλάτος να είναι κβαντοποιημένα. Αυτή η τεχνική επιτρέπει τη μετάδοση του σήματος με τη μορφή κωδικοποιημένων ηλεκτρικών σημάτων.

Οι βασικές λειτουργίες στο τμήμα εκπομπής (*transmitter*) ενός συστήματος PCM είναι : δειγματοληψία, κβαντοποίηση, κωδικοποίηση και πολυπλεξία σημάτων.

Οι βασικές λειτουργίες στο τμήμα λήψης (*receiver*) είναι : αναγέννηση του λαμβανόμενου σήματος, αποπολυπλεξία, αποκωδικοποίηση, αποδιαμόρφωση των κβαντοποιημένων δειγμάτων. Η αναγέννηση πραγματοποιείται σε ενδιάμεσα σημεία στο δρόμο μετάδοσης, όπου θεωρείται απαραίτητο.



I. Δειγματοληψία (Sampling)

Με τον όρο « δειγματοληψία » περιγράφεται η διαδικασία λήψης τιμών – δειγμάτων ενός αναλογικού τηλεφωνικού σήματος με σταθερή συχνότητα, όπως ορίζεται από το Θεώρημα Δειγματοληψίας.

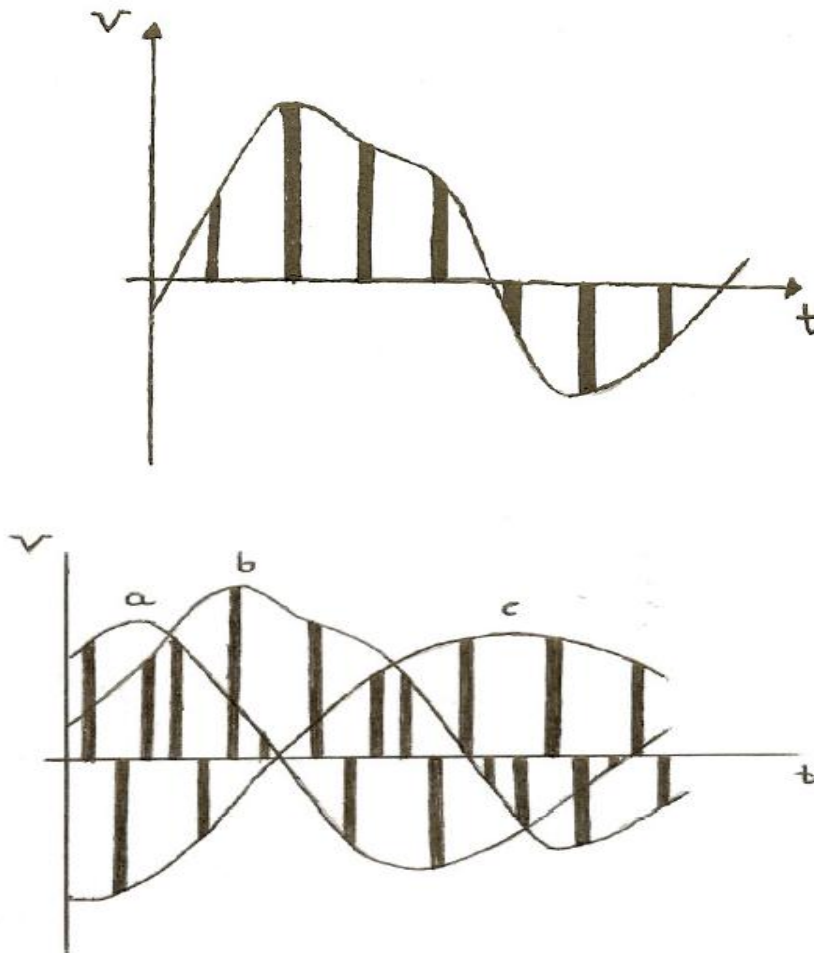
Θεώρημα Δειγματοληψίας (Sampling Theorem)

Το Θεώρημα Δειγματοληψίας του Shannon καθορίζει τον ελάχιστο ρυθμό με τον οποίο πρέπει να δειγματοληπτείται ένα αναλογικό σήμα, ώστε να μην υπάρχει απώλεια πληροφορίας κατά την αναπαραγωγή του αρχικού σήματος.

Η συχνότητα δειγματοληψίας f_s ενός αναλογικού σήματος πρέπει να είναι τουλάχιστον ίση με το διπλάσιο της μεγαλύτερης συχνότητας f_a που περιέχεται στο σήμα.

$$f_s > 2f_a$$

Το Θεώρημα Δειγματοληψίας μας δίνει τη δυνατότητα πλήρους μετάδοσης της πληροφορίας που περιέχεται σε ένα σήμα με περιορισμένο εύρος ζώνης, χρησιμοποιώντας δείγματα του σήματος, τα οποία λαμβάνονται ομοιόμορφα με ρυθμό που είναι ελαφρά υψηλότερος από το ρυθμό Nyquist (*Nyquist rate*) είναι $2W$ δείγματα ανά δευτερόλεπτο, για ένα σήμα με εύρος ζώνης W Hertz. Το σήμα που λαμβάνεται μετά το τέλος της δειγματοληψίας, είναι ένα σήμα διαμορφωμένο κατά πλάτος (**Pulse Amplitude modulation – PAM**).



- Δειματοληψία Αναλογικού σήματος -

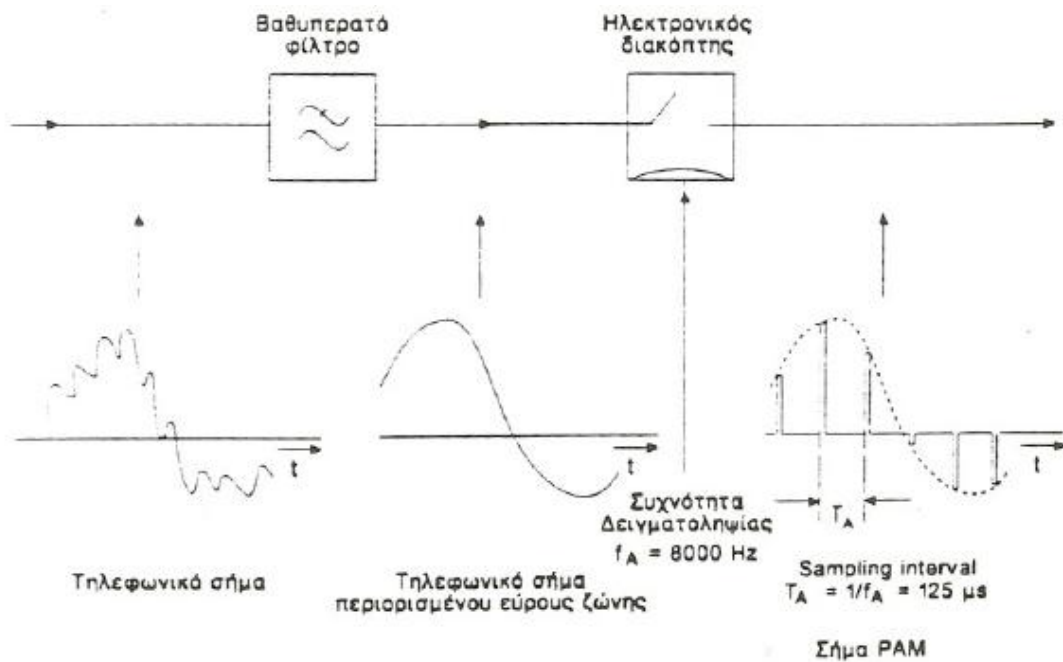
Τεχνική Δειματοληψίας

Στο παραπάνω σχήμα φαίνεται πώς από ένα αναλογικό τηλεφωνικό σήμα προκύπτει μία σειρά δειγμάτων του σήματος.

Η τεχνική που προκύπτει για την δειματοληψία είναι η εξής : Το τηλεφωνικό σήμα οδηγείται σε ένα ηλεκτρονικό διακόπτη μέσω ενός φίλτρου διέλευσης χαμηλών συχνοτήτων (*Low-pass filter*). Το φίλτρο κόβει τις συχνότητες που είναι υψηλότερες από το μισό της συχνότητας δειματοληψίας.

Με αυτό τον τρόπο, αποφεύγεται η εμφάνιση συνιστωσών παρεμβολής που προκαλούν φαινόμενα αναδίπλωσης.

Στη συνέχεια το περιορισμένου εύρους ζώνης σήμα, που έχει προκύψει από το φιλτράρισμα συχνοτήτων, οδηγείται στην έξοδο μέσω ενός ηλεκτρονικού διακόπτη. Ο διακόπτης διεγείρεται με συχνότητα ίση με τη συχνότητα δειγματοληψίας (800 Hz). Στην έξοδο προκύπτει ένα σήμα διαμορφωμένο κατά πλάτος (PAM), δηλ. λαμβάνονται τα αναμενόμενα δείγματα του σήματος, τα οποία απέχουν μεταξύ τους χρονικά κατά 125 μ s.



- Τεχνική Δειγματοληψίας -

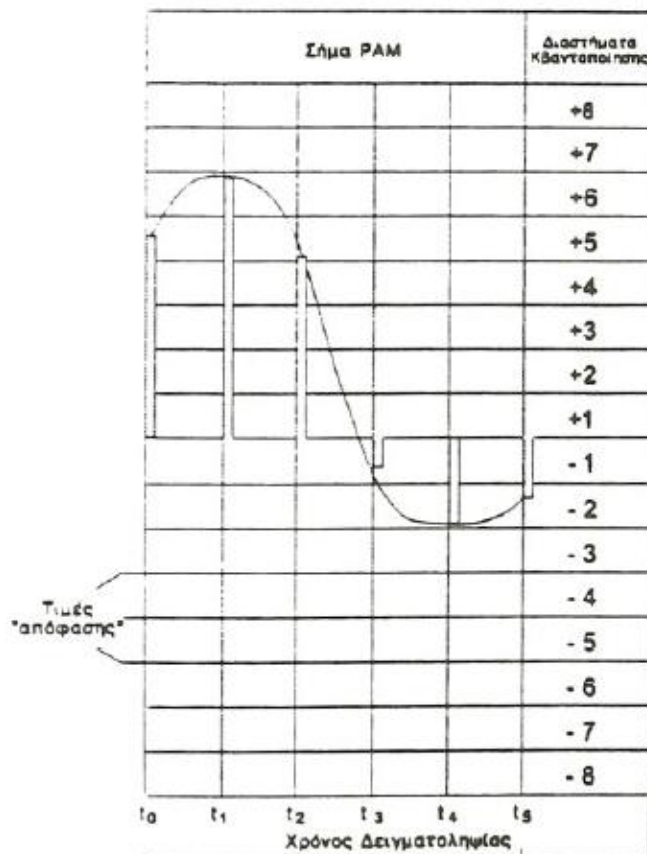
II. Κβαντοποίηση

Ένα συνεχές σήμα, όπως είναι η φωνή, έχει ένα συνεχές πεδίο πλατών και επομένως και τα δείγματα που προέρχονται από αυτό το σήμα, έχουν το ίδιο χαρακτηριστικό. Με άλλα λόγια, μέσα σε ένα πεπερασμένο πεδίο πλατών του σήματος υπάρχει ένας άπειρος αριθμός επιπέδων. Στην πραγματικότητα δεν είναι απαραίτητο να μεταδίδονται τα ακριβή πλάτη των δειγμάτων του σήματος. Η ανθρώπινη ακοή, σαν τελικός αποδέκτης, μπορεί να διακρίνει πεπερασμένες τιμές έντασης. Αυτό σημαίνει ότι το αρχικό συνεχές σήμα μπορεί να αναπαρασταθεί προσεγγιστικά με ένα σήμα, που έχει προκύψει από διακριτά πλάτη επιλεγμένα από ένα διαθέσιμο σύνολο, με όσο το δυνατόν μικρότερη εισαγωγή λάθους.

Η ύπαρξη ενός πεπερασμένου αριθμού επιπέδων διακριτού πλάτους είναι βασικό στοιχείο του PCM. Άρα τελικά, αν καθορίσουμε τα επίπεδα διακριτών πλατών σε επαρκώς κοντινά διαστήματα, μπορούμε να κάνουμε το κατά προσέγγιση λαμβανόμενο σήμα πρακτικά ίδιο με το αρχικό συνεχές σήμα.

Το διαμορφωμένο κατά πλάτος σήμα (PAM) εξακολουθεί να αναπαριστά το αρχικό σήμα σε αναλογική μορφή. Τα δείγματα ωστόσο μπορούν να μεταδοθούν και να υποστούν επεξεργασία καλύτερα σε ψηφιακή μορφή, η μετατροπή ενός δείγματος του αρχικού αναλογικού σήματος σε ψηφιακή (διακριτή) μορφή ονομάζεται κβαντοποίηση.

Η αρχή της κβαντοποίησης φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Στο παράδειγμα του σχήματος η κβαντοποίηση μπορεί να χαρακτηριστεί σε ομοιόμορφη κβαντοποίηση επειδή όλα τα βήματα μέσα στην περιοχή εργασίας είναι ίσα μεταξύ τους.



- - Ομοιόμορφη Κβαντοποίηση των Δειγμάτων Αναλογικού Τηλεφωνικού Σήματος –

Στο παραπάνω σχήμα για να απλοποιήσουμε την παρουσίαση όλης της διαδικασίας, έχουμε σχεδιάσει μόνο 16 ίσα διαστήματα (επίπεδα) κβαντοποίησης.

Η αρίθμηση γίνεται ως εξής : ορίζονται 8 διαστήματα στην θετική κλίμακα, που αριθμούνται από +1 ως +8 και 8 διαστήματα στην αρνητική κλίμακα που αριθμούνται από -1 ως -8. Κάθε δείγμα αντιστοιχείται στο κατάλληλο διάστημα κβαντοποίησης.

Η παραμόρφωση κβαντοποίησης, που προκύπτει στη λήψη σαν αποτέλεσμα των προηγούμενων, εμφανίζεται σαν θόρυβος υπερτιθέμενος στο σήμα. Η παραμόρφωση μειώνεται όσο ο αριθμός των διαστημάτων κβαντοποίησης αυξάνεται. Για το λόγο αυτό στη πράξη χρησιμοποιούνται 256 άνισα διαστήματα κβαντοποίησης (ανομοιόμορφη κβαντοποίηση) με την εξής λογική.

Η κλίμακα των πλατών διατηρείται σε μικρά διαστήματα κβαντοποίησης για μικρές τιμές του πλάτους των δειγμάτων του σήματος και μεγάλα διαστήματα κβαντοποίησης για μεγάλες τιμές του σήματος. Με αυτή τη μέθοδο, ο λόγος του σήματος εισόδου προς την πιθανή διαφορά λόγω κβαντοποίησης έχει την ίδια σχεδόν τιμή για όλα τα πλάτη του σήματος εισόδου.

Η ανομοιόμορφη κβαντοποίηση πραγματοποιείται με τη βοήθεια χαρακτηριστικών, όπως προτείνονται από τη CCITT.

1. τη χαρακτηριστική 13 – τομέων, που χρησιμοποιείται στο σύστημα PCM 30 στην Ευρώπη. Και
2. τη χαρακτηριστική 15 – τομέων, που χρησιμοποιείται στο σύστημα PCM 24 στις ΗΠΑ, Καναδά και Ιαπωνία.

III. Κωδικοποίηση (Encoding)

Με το συνδυασμό των δύο διαδικασιών, δειγματοληψίας και κβαντοποίησης, το αρχικό σήμα περιορίζεται μεν σε ένα σύνολο διακριτών τιμών, αλλά η μορφή που έχει, δεν είναι η πλέον κατάλληλη για τη μετάδοσή του σε μία γραμμή ή σε ένα κανάλι ραδιομετάδοσης.

Για να εκμεταλλευτούμε τα αποτελέσματα της δειγματοληψίας και της κβαντοποίησης απαιτείται η κωδικοποίηση, η μετατροπή δηλαδή των κβαντοποιημένων δειγμάτων σε μία μορφή κατάλληλη για μετάδοση σημάτων.

Το σήμα PCM, που πρόκειται να μεταδοθεί, δημιουργείται έπειτα από κωδικοποίηση των διαστημάτων κβαντοποίησης. Με τη διαδικασία της κωδικοποίησης αντιστοιχείται μία λέξη PCM των 8-bit σε κάθε δείγμα.

Επειδή ο συνολικός αριθμός των διαστημάτων κβαντοποίησης είναι $256=2^8$, οι λέξεις PCM έχουν μήκος 8 bits.

IV. Πολυπλεξία (Multiplexing)

Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό της διαδικασίας δειγματοληψίας είναι « η διατήρηση του χρόνου ». Αυτό σημαίνει ότι η μετάδοση των δειγμάτων του μηνύματος δεσμεύει το κανάλι μετάδοσης για ένα μόνο κλάσμα του διαστήματος δειγματοληψίας σε περιοδική βάση και κατ' αυτόν τον τρόπο, το χρονικό διάστημα ανάμεσα σε διαδοχικά δείγματα μπορεί να χρησιμοποιηθεί από άλλες ανεξάρτητες πηγές μηνυμάτων, βασιζόμενα στην κατανομή του χρόνου (*time sharing basis*).

Επιτυγχάνεται έτσι ένα σύστημα TDM (*Time Division Multiplexing*), που επιτρέπει την από κοινού χρησιμοποίηση ενός καναλιού μετάδοσης από ένα πλήθος ανεξάρτητων πηγών μηνύματος χωρίς αμοιβαίες παρεμβολές.

Οι κωδικοποιημένες με 8 bit λέξεις PCM από έναν αριθμό τηλεφωνικών καναλιών μπορούν να μεταδοθούν διαδοχικά σε επαναλαμβανόμενους

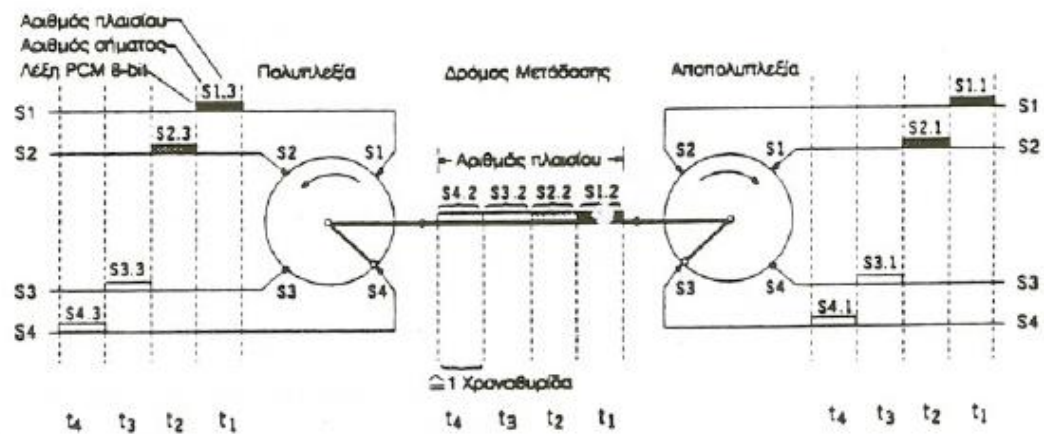
κύκλους. Μία λέξη PCM ενός τηλεφωνικού σήματος ακολουθείται από λέξεις PCM όλων των άλλων τηλεφωνικών σημάτων σε μία καθορισμένη σειρά. Η διαδικασία αυτή δημιουργεί ένα PCM σήμα πολυπλεξίας (*PCM time-division multiplexed signal*).

Η γενική ιδέα του TDM παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα.

Οι διαδικασίες που σχετίζονται με την πολυπλεξία εκτελούνται από ηλεκτρονικά κυκλώματα. Στο παρακάτω σχήμα χρησιμοποιούνται, για λόγους ευκολίας, τέσσερα σήματα εισόδου που δηγματοληπτούνται διαδοχικά

Από ένα περιστρεφόμενο διακόπτη A. ο διακόπτης A κινείται από τη μία είσοδο στην άλλη, σε συγχρονισμό με την εισερχόμενη ακολουθία λέξεων PCM. Αφού ο A μετακινηθεί από τη θέση S1 στη θέση S4, το πολυπλεγμένο σήμα PCM είναι διαθέσιμο στην έξοδο του A. το χρονικό διάστημα κατά τη διάρκεια του οποίου μεταδίδεται μία λέξη PCM ονομάζεται *χρονοθυρίδα (time slot)*.

Μία σειρά από bit που περιέχει μία λέξη PCM από κάθε σήμα εισόδου είναι γνωστή ως πλαίσιο (*frame*). Στο παράδειγμα του επακόλουθου σχήματος το πλαίσιο αποτελείται από 4 διαδοχικές λέξεις PCM, δηλαδή 4 χρονοθυρίδες, που προέρχονται από τα σήματα μετάδοσης S1, S2, S3 και S4. Στο σύστημα μετάδοσης PCM 30 το πλαίσιο αποτελείται από 32 χρονοθυρίδες.



V. Αναγέννηση σήματος (Regeneration)

Το πιο σημαντικό χαρακτηριστικό των συστημάτων PCM έγκειται στην δυνατότητα ελέγχου της επίδρασης της παραμόρφωσης και του θορύβου που παράγονται κατά τη μετάδοση ενός σήματος PCM σε ένα κανάλι.

Αυτή η ικανότητα των συστημάτων επιτυγχάνεται με ανακατασκευή του σήματος με μία σειρά αναγεννητικών επαναληπτών, που τοποθετούνται σε επαρκώς κοντινές αποστάσεις κατά μήκος του δρόμου μετάδοσης.

Σε κάθε αναγεννητή εκτελούνται οι ακόλουθες λειτουργίες :
ισοστάθμιση, εξαγωγή χρονισμού και λήψη απόφασης.

VI. Αποπολυπλεξία (Demultiplexing)

Στη λήψη το κάθε σήμα PCM κατανέμεται στην κατάλληλη έξοδο. Όπως η λειτουργία της πολυπλεξίας, έτσι και η αποπολυπλεξία πραγματοποιείται πλήρως με ηλεκτρονικά κυκλώματα αλλά κατά την αντίστροφη σειρά.

Όπως φαίνεται στο παραπάνω σχήμα τα ανεξάρτητα σήματα PCM (S1, S2, S3, S4) ανακτώνται από το πολυπλεγμένο σήμα PCM, δηλαδή οι λέξεις PCM διανέμονται στις κατάλληλες εξόδους. Ο διακόπτης B δέχεται το πολυπλεγμένο PCM σήμα, και συγχρονισμένο με το διακόπτη A διανέμει τις PCM λέξεις στις 4 εξόδους.

VII. Αποκωδικοποίηση (Decoding)

Ο αποκωδικοποιητής λαμβάνει ένα ψηφιακό σήμα μήκους 8 bit και παράγει το αντίστοιχο σήμα εξόδου. Η χαρακτηριστική για την αποκωδικοποίηση είναι η ίδια όπως και για την κωδικοποίηση στην εκπομπή.

Οι PCM λέξεις αποκωδικοποιούνται με τη σειρά που λαμβάνονται και μετατρέπονται σε σήμα PAM. Το σήμα PAM οδηγείται σε ένα φίλτρο διέλευσης χαμηλών συχνοτήτων, που αναπαράγει το αρχικό αναλογικό τηλεφωνικό σήμα και σε ένα διαφορικό μετασχηματιστή, που μετατρέπει τις δύο πλευρές (ομιλίας και ακοής) σε μία δισύρματη γραμμή προς το συνδρομητή.

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ

ΠΛΗΣΙΟΧΡΟΝΗ ΨΗΦΙΑΚΗ

ΙΕΡΑΡΧΙΑ (PDH)

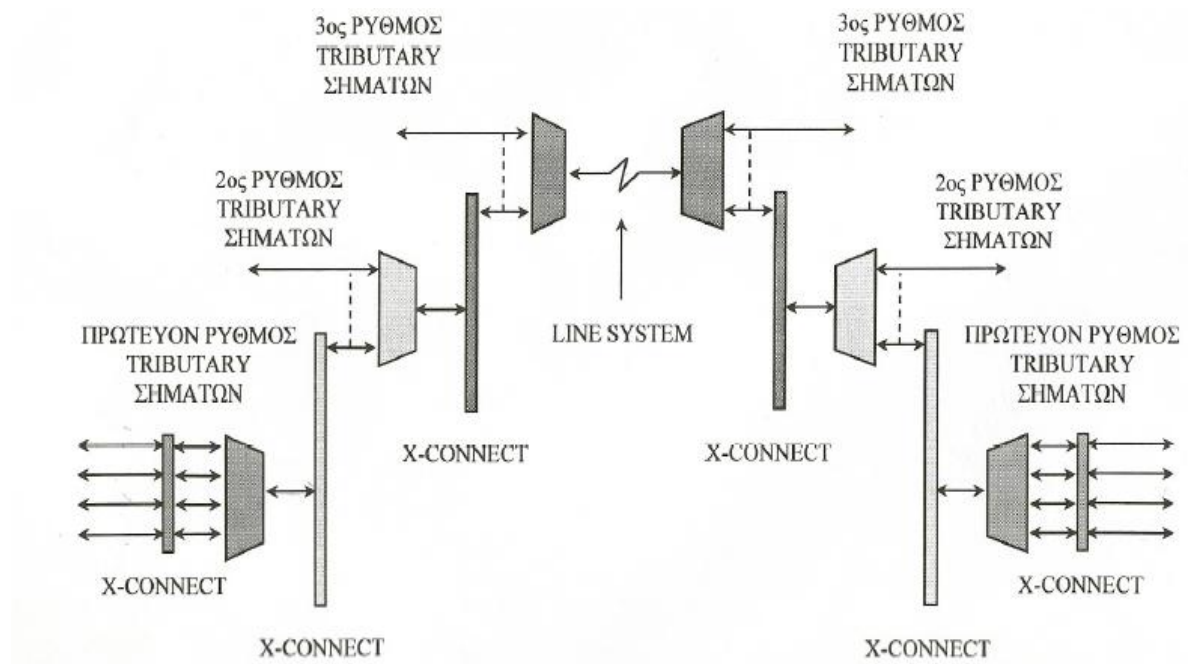
Τα τελευταία χρόνια παρατηρήθηκε στο χώρο των τηλεπικοινωνιών η τάση για επέκταση και εκσυγχρονισμό υπάρχοντος δικτύου. Ένα στοιχείο, που από την αρχή χαρακτήρισε αυτή τη τάση, είναι η επιλογή των τηλεπικοινωνιακών οργανισμών για συμπλήρωση του αναλογικού συστήματος μετάδοσης με ψηφιακά συστήματα μετάδοσης. Στα συστήματα αυτά η φωνή και τα δεδομένα προς μετάδοση μετατρέπονται από αναλογικά σε ψηφιακά με Παλμοκωδική Διαμόρφωση (PCM) και στη συνέχεια πολυπλέκονται. Η χρήση αυτής της τεχνικής παρέχει τη δυνατότητα μετάδοσης πληροφορίας, από πολλά κανάλια στο ίδιο ζεύγος γραμμών. Η πολυπλεξία επίσης 24 καναλιών αρχικά, για την Αμερική και 30 στη συνέχεια, για την Ευρώπη, αντανακλά την πρόοδο που υπήρξε στην τεχνολογία των ημιαγωγών. Η συνεχιζόμενη αυτή πρόοδος οδήγησε και σε ανάλογη εξέλιξη των συστημάτων μετάδοσης και τη μετάβασή τους από συστήματα πρώτης σε ανώτερης τάξης, δημιουργώντας με αυτό τον τρόπο διάφορα επίπεδα ιεραρχίας συστημάτων.

Οι απαιτήσεις για συγχρονισμό σε αυτά τα συστήματα περιορίστηκαν απλά στην εξής συνθήκη: Σε μία ζεύξη μετάδοσης, οι δύο πλευρές πρέπει να έχουν το ίδιο χρονισμό, προαπαίτηση για τη σωστή αποκωδικοποίηση και αποπολυπλεξία του σήματος.

Τα ψηφιακά σήματα τα οποία πρέπει να συνδυαστούν για να σχηματιστεί ένα σήμα ανώτερης τάξης δεν είναι συνήθως ακριβώς σύγχρονα μεταξύ τους. Οι ρυθμοί μετάδοσης μπορεί να διαφέρουν εντός ορισμένων ορίων (της τάξης των 10^{-5} ppm). Επειδή οι χρονισμοί αυτών των σημάτων είναι παραπλήσιοι, τα σήματα ονομάζονται **πλησιόχρονα**.

Με τον όρο « *πλησιόχρονα* » χαρακτηρίζονται τα σήματα που έχουν τον ίδιο ονομαστικό ρυθμό μετάδοσης. Η επιτρεπτή απόκλιση από την ονομαστική τιμή είναι καθορισμένη.

ΒΑΣΙΚΟΣ ΤΡΟΠΟΣ ΠΟΛΥΠΛΕΞΙΑΣ ΡΔΗ ΓΙΑ ΔΙΚΤΥΑ ΥΨΗΛΩΝ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΩΝ



Τα δίκτυα μετάδοσης υψηλής χωρητικότητας, σήμερα, βασίζονται στην ιεραρχία των πολυπλεγμένων ψηφιακών σημάτων. Σήματα εισόδου (*tributaries*) χαμηλής ταχύτητας, όπως 2.048 Mbit/s, πολυπλέκονται με σταθερά ασύγχρονα βήματα σε σήματα υψηλότερης ταχύτητας, για μετάδοση.

Πρόσβαση σε συγκεκριμένο σήμα εισόδου, σε κάθε επίπεδο της ιεραρχίας, για σκοπούς αναδρομολόγησης και δοκιμών (*tests*), εξασφαλίζεται σε σημεία-κόμβους, από όπου το σήμα περνά, σε κατάλληλο επίπεδο της δομής πολυπλεξίας. Να σημειωθεί ότι εξ' αιτίας της φύσης της ασύγχρονης πολυπλεξίας, για να αποκτηθεί πρόσβαση στο σήμα των 2.048 Mbit/s, με σκοπό την αναδρομολόγησή του ή κάποιες δοκιμές, πρέπει το

συνολικό σήμα με τη συγκεκριμένη δομή, να αποπολυπλεχθεί, βήμα προς βήμα, κατεβαίνοντας στο επίπεδο των 2.048 Mbit/s.

Σε κάθε βήμα πολυπλεξίας, η ταχύτητα του κάθε σήματος εισόδου ελέγχεται μέσα σε συγκεκριμένα όρια και δεν συγχρονίζεται με τη συσκευή πολυπλεξίας.

Τα σήματα εισόδου συγχρονίζονται στον πολυπλέκτη, σε κάθε βήμα πολυπλεξίας, με την διαδικασία της θετικής τροποποίησης των bits.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

ΠΛΗΣΙΟΧΡΟΝΗΣ ΨΗΦΙΑΚΗΣ

ΙΕΡΑΡΧΙΑΣ

Όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Τα ψηφιακά συστήματα που περιγράφονται εδώ, χειρίζονται πλησιόχρονες παροχές (tributaries) και η προκύπτουσα ψηφιακή ιεραρχία ονομάζεται Πλησιόχρονη Ψηφιακή Ιεραρχία (Plesiochronous Digital Hierarchy – PDH). Τα χαρακτηριστικά αυτής της ιεραρχίας συνοψίζονται στα ακόλουθα:

- Υπάρχουν 2 ιεραρχίες : η πρώτη βασίζεται σε ρυθμό μετάδοσης 1544 Kbit/s, που χρησιμοποιείται στη Βόρειο Αμερική και Ιαπωνία. Η άλλη βασίζεται σε ρυθμό μετάδοσης 2048 Kbit/s και χρησιμοποιείται στον υπόλοιπο κόσμο. Ο ρυθμός μετάδοσης των 139264 Kbit/s υπάρχει και στις δύο ιεραρχίες, αλλά μόνο ο ρυθμός παραμένει ο ίδιος ενώ οι παροχές έχουν διαφορετική σύνθεση.
- Αν η χωρητικότητα γραμμής του βασικού συστήματος δεν είναι επαρκής για μετάδοση, χρησιμοποιείται το ανώτερο επίπεδο ιεραρχίας. Το κάθε επίπεδο χρειάζεται πολυπλεξία του σήματος, με κυκλική παρεμβολή bit των παροχών και τροποποίηση.
- Ήδη στην πρώτη τροποποίηση η δυνατότητα να ανακτηθούν τα σήματα των 64 Kbit/s με απλές διαδικασίες είναι ανύπαρκτη. Άρα και όλα τα ενδιάμεσα επίπεδα υπόκεινται σε επεξεργασία κατά την αποπολυπλεξία

από το υψηλό προς το χαμηλό επίπεδο. Αυτό το χαρακτηριστικό για κάποιες εφαρμογές θεωρείται μειονέκτημα.

- Δεν υπάρχει καθορισμένος εξοπλισμός γραμμής, αντίθετα ο εξοπλισμός έχει άμεση εξάρτηση από την εκάστοτε κατασκευάστρια εταιρεία.

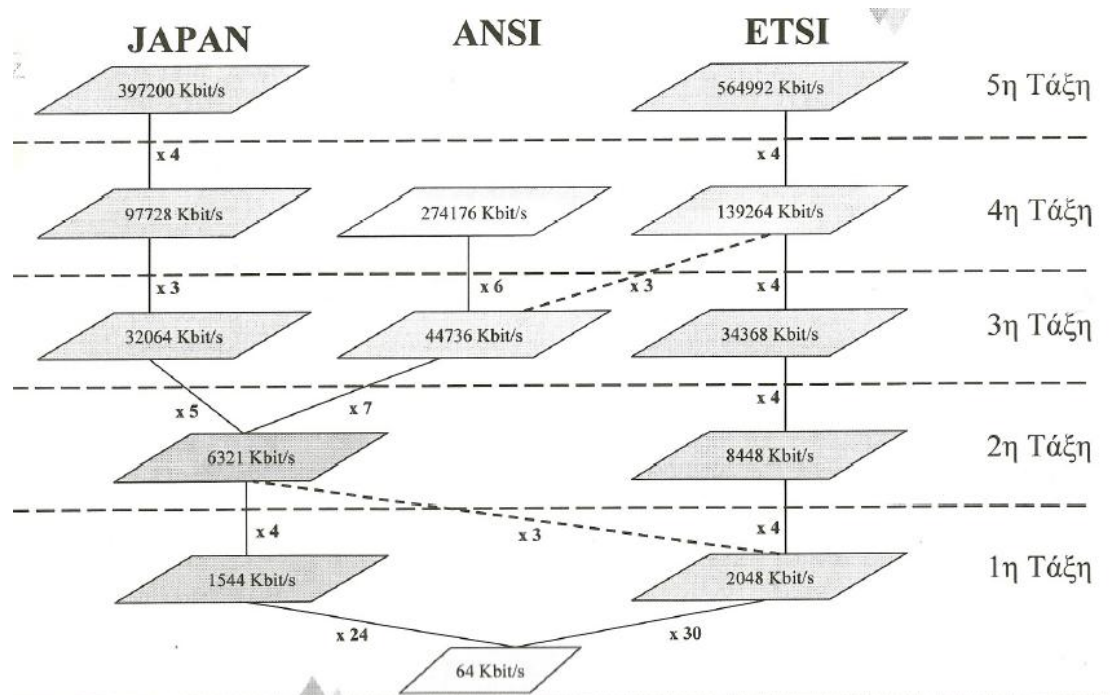
Σύμφωνα με την βασική αρχή της ψηφιακής πολυπλεξίας, ένας αριθμός πλησιόχρονων σημάτων – παροχών, συνδυάζονται με κυκλική παρεμβολή bit (*bit interleaving*) σε διάφορα βήματα πολυπλεξίας. Το προκύπτον σήμα μεταδίδεται ανεξάρτητα, με χρήση τροποποίησης (*bit justification*) σε κάθε επίπεδο πολυπλεξίας και ανακτάται μετά τη μετάδοση. Η κυκλική παρεμβολή bit είναι η πιο αποδοτική μέθοδος για την επίτευξη της μέγιστης χωρητικότητας μετάδοσης, λαμβάνοντας υπόψη και τους περιορισμούς της ψηφιακής τεχνολογίας. Χωρίς να υπάρχει αποθήκευση bit, μεταδίδονται με το ρυθμό που συντίθενται.

Ωστόσο η τεχνολογία των ημιαγωγών διευκολύνει την πολυπλεξία των παροχών χρησιμοποιώντας 8 bit κάθε φορά. Έτσι προκύπτουν παροχές – σήματα των 64 Kbit/s.

Η εισαγωγή της ψηφιακής τεχνολογίας των κέντρων είχε σαν αποτέλεσμα την ολοκλήρωση της ψηφιακής μετάδοσης (*transmission*) και μεταγωγής (*switching*) και τη δημιουργία μιας δομής 64 Kbit/s, που βασίζεται στην κυκλική παρεμβολή των bytes και προέρχεται από τη δομή των συστημάτων πρώτης τάξης.

Η θέση του κάθε byte στο πλαίσιο (*frame*) των συστημάτων καθορίζει ένα συγκεκριμένο κανάλι 64 Kbit/s. Σε γενικές γραμμές όλα τα πλαίσια που στέλνονται από ένα ψηφιακό κέντρο είναι σύγχρονα και όχι πλησιόχρονα.

Plesiochronous Digital Hierarchy



ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΤΩΝ ΣΗΜΕΡΙΝΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ ΥΨΗΛΗΣ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

1. Μη ευέλικτα και οικονομικά ασύμφορα, για σκοπούς τηλεπικοινωνιακής δικτύωσης.

Η ευελιξία για σκοπούς τηλεπικοινωνιακής δικτύωσης προσδιορίζεται από τη δυνατότητα πρόσβασης σε ένα συγκεκριμένο σήμα εισόδου, που υπάρχει σε μία γραμμή μεταφοράς, προκειμένου αυτό να μπορεί να αναδρομολογηθεί. Σήμερα, οι γραμμές μεταφοράς υψηλής χωρητικότητας υστερούν από αυτή την άποψη, αφού δεν μπορεί να υπάρχει πρόσβαση σε σήμα εισόδου, χωρίς προηγουμένως να αποπολυπλεχθεί η γραμμή μεταφοράς, βήμα προς βήμα, μέχρι το κατάλληλο επίπεδο. Από πλευράς κόστους, η πρόσβαση σε ένα σήμα εισόδου, για σκοπούς αναδρομολόγησης καλύπτει

μόνο το μισό από το συνολικό κόστος για συσκευές. Το άλλο μισό εμφανίζεται μετά την αναδρομολόγηση, αφού το σήμα εισόδου πρέπει να πολυπλεχθεί πάλι, βήμα προς βήμα, στο επίπεδο της γραμμής μεταφοράς για μετάδοση. Το γεγονός αυτό κάνει την τεχνολογία πλησιόχρονης μετάδοσης μία ακριβή λύση για τηλεπικοινωνιακή δικτύωση.

2. Εξαιρετικά περιορισμένες δυνατότητες διαχείρισης και συντήρησης δικτύου.

Η αρχική ιδέα, όσον αφορά πρακτικές διαχείρισης και συντήρησης του δικτύου στα σημερινά υψηλής χωρητικότητας δίκτυα, βασίστηκε σε μη αυτόματη (*manual*) μικτονόμηση – δρομολόγηση (*cross-connection*) των σημάτων και τεχνικές για δοκιμές (*tests*) με το δίκτυο εκτός λειτουργίας. Συνεπώς δεν χρειαζόταν να προστεθεί επιπλέον χωρητικότητα στις δομές των πλαισίων των πολυπλεγμένων σημάτων, για λειτουργίες διαχείρισης και συντήρησης. Ωστόσο, σήμερα η απουσία πρόσθετης χωρητικότητας σήματος σε αυτές τις δομές των πλαισίων των διαφόρων σημάτων, περιορίζει σε μεγάλο βαθμό τις βελτιώσεις που μπορούν να γίνουν στον τομέα τις διαχείρισης και συντήρησης δικτύου, έτσι ώστε να υποστηριχθεί το μελλοντικό δίκτυο.

3. Ασυμβατότητες μεταξύ συστημάτων που υποστηρίζουν γραμμές μεταφοράς, σε υψηλές ταχύτητες.

Ένας άλλος περιορισμός στα συστήματα γραμμών μεταφοράς υψηλών ταχυτήτων, είναι το γεγονός ότι δεν υπήρχαν κοινά πρότυπα (*standards*). Κάθε κατασκευαστής συστημάτων – συσκευών δικτύου, έχει τον δικό του ιδιαίτερο τρόπο σχεδιασμού. Κατά συνέπεια και τα δύο άκρα μίας γραμμής μεταφοράς, έπρεπε να αγοραστούν από τον ίδιο κατασκευαστή. Δεν υπάρχει, λοιπόν, περίπτωση δικτύου που να περιλαμβάνει συστήματα από διάφορους κατασκευαστές.

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ PCM

Τα συστήματα Πλησιόχρονης Ψηφιακής Ιεραρχίας, που έχουν προταθεί από τη CCITT, είναι τα PCM 30 και PCM 24 για 30 και 24 τηλεφωνικά κανάλια αντίστοιχα. Το σύστημα PCM 30 χρησιμοποιείται στις ευρωπαϊκές χώρες, ενώ το σύστημα PCM 24 χρησιμοποιείται κυρίως στις ΗΠΑ, τον Καναδά και την Ιαπωνία.

Οι βασικές αρχές που χρησιμοποιούνται σε ένα σύστημα PCM είναι οι εξής :

Τμήμα Εκπομπής (Transmitter)

- Περιορισμός του εύρους ζώνης του τηλεφωνικού σήματος με ένα βαθυπερατό φίλτρο.
- Δειγματοληψία του σήματος για την παραγωγή σήματος PAM.
- Πολυπλεξία των σημάτων PCM – κυκλικός συνδυασμός των κωδικοποιημένων λέξεων διαφορετικών τηλεφωνικών σημάτων για τη δημιουργία σήματος PCM με πολυπλεξία στο χρόνο.

Τμήμα Μετάδοσης (Transmission Path)

- Μετάδοση του κωδικοποιημένου σήματος PCM.
- Αναγέννηση του σήματος.

Τμήμα Λήψης (Receiver)

- Αποπολυπλεξία του σήματος PCM.
- Αποκωδικοποίηση του σήματος.
- Ανάκτηση του αρχικού σήματος μετά από φιλτράρισμα.

Το σύστημα PCM επιτρέπει την ταυτόχρονη μετάδοση 30 κωδικοποιημένων τηλεφωνικών σημάτων ή ίδιο αριθμό σημάτων δεδομένων (data) ρυθμού μετάδοσης 64 Kbit/s στο ίδιο ζεύγος καλωδίων ενώ το σύστημα PCM 24 επιτρέπει ταυτόχρονη μετάδοση 24 τηλεφωνικών σημάτων με τον ίδιο ρυθμό μετάδοσης.

ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΨΗΦΙΑΚΗ ΙΕΡΑΡΧΙΑ (SDH)

Τα υπάρχοντα – βασισμένα στην Πλησιόχρονη Ψηφιακή Ιεραρχία (*PDH*) – δίκτυα υψηλής χωρητικότητας αναπτύχθηκαν όπως ελέχθη την εποχή που η από σημείο σε σημείο μετάδοση, κυριαρχούσε στις απαιτήσεις των τηλεπικοινωνιακών δικτύων. Για να υποστηριχθεί αυτός ο τρόπος μετάδοσης, η μόνιμη προσέγγιση, όσων αφορά τη διαχείριση και συντήρηση δικτύου, ήταν η μη αυτόματη (*manual*) διανομή των πλαισίων για πρόσβαση στα διάφορα σήματα. Αυτό το σενάριο σήμερα είναι αναχρονιστικό. Επιπλέον, τα δίκτυα, στην κατάσταση που βρίσκονταν, περιορίζον την ικανότητα των χρηστών τους για εξυπηρέτηση της συνεχώς εξελισσόμενης τηλεπικοινωνιακής αγοράς.

Η κύρια απαίτηση των εταιρειών που ελέγχουν τα δίκτυα σήμερα, είναι να βρίσκονται σε θέση να εξασφαλίζουν γρηγορότερες απαντήσεις στις προβλεπόμενες απαιτήσεις για νέα κυκλώματα και υπηρεσίες των πελατών. Τελικά, η επιτυχία τους συνιστάται στο να δώσουν στους πελάτες τους τη δυνατότητα άμεσου ελέγχου των κυκλωμάτων και των υπηρεσιών.

Για να ικανοποιηθούν αυτές οι ανάγκες, οι εταιρείες που ελέγχουν τα δίκτυα χρειάζεται να βελτιώσουν την ικανότητά τους να διαχειρίζονται τη διαθέσιμη χωρητικότητα των δικτύων τους και αυτό πρέπει να γίνει με οικονομικά συμφέροντα τρόπο.

Συνεπώς, η κύρια ανάγκη των δικτύων σήμερα, είναι τηλεπικοινωνιακή δικτύωση υποστηριζόμενη από μία περισσότερο προηγμένη προσέγγιση σε διαχείριση και συντήρηση δικτύου, βασισμένη σε συστήματα ηλεκτρονικών υπολογιστών.

ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ SDH

SDH είναι ένα ιεραρχικό σύνολο ψηφιακών δομών μεταφοράς προτυποποιημένο για τη μετάδοση πληροφορίας, κατάλληλα προσαρμοσμένο πάνω σε φυσικά δίκτυα εκπομπής.

Γενικότερα SDH είναι ένα διεθνές πρότυπο για σύγχρονα τηλεπικοινωνιακά συστήματα οπτικών ινών, υψηλών ταχυτήτων. SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*) Σύγχρονη Ψηφιακή Ιεραρχία.

Η εργασία που αφορά το SDH, ξεκίνησε από την ομάδα μελετών XVIII της CCIT, τον Ιούνιο του 1986. ο αντικειμενικός σκοπός της ομάδας αυτής ήταν να δημιουργηθεί ένα παγκόσμιο πρότυπο για σύγχρονα συστήματα μετάδοσης, που θα εξασφάλιζε 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, δομές πολυπλεξίας και την απεικόνιση των σημάτων εισόδου (προς πολυπλεξία) για το Network Node Interface (NNI), που είναι το διεθνές πρότυπο Interface για τη Σύγχρονη Ψηφιακή Ιεραρχία.

Επιπρόσθετα, για να ορισθούν τα πρότυπα που καλύπτουν το NNI, η CCITT εξέδωσε μία σειρά από συστάσεις που αφορούν τη λειτουργία των σύγχρονων πολυπλεκτών (G.781, G.782, και G.783) και τη διαχείριση των SDH δικτύων (*Network Management G.784*).

Παράλληλα, στην Αμερική αναπτύχθηκε ένα άλλο πρότυπο, που αφορά το σύγχρονο δίκτυο. Ονομάζεται SONET (*Standard Optical Network*) και αναπτύχθηκε από το ANSI (*American National Synchronous Institute*).

Το γεγονός ότι οι απόψεις και η θεωρητική έρευνα γύρω από τους μηχανισμούς και τα συστήματα του SDH έγιναν πρότυπα, επιφέρει στους χρήστες των τηλεπικοινωνιακών δικτύων την ευελιξία που απαιτείται, για δραστικό, από πλευράς κόστους, έλεγχο της αύξησης της χωρητικότητας και πρόβλεψη για καινούριες γενικότερα υπηρεσίες συνδρομητών.

G.707	Ταχύτητες Σύγχρονης Ψηφιακής Ιεραρχίας.
G.708	Interface κόμβου δικτύου (NNI) για το SDH.
G.709	Δομή Σύγχρονης Πολυπλεξίας.
G.781	Δομή των συστάσεων για τη συσκευή πολυπλεξίας για το SDH.
G.782	Τύποι και γενικά χαρακτηριστικά της συσκευής πολυπλεξίας του SDH.
G.783	Χαρακτηριστικά των λειτουργικών μονάδων της συσκευής πολυπλεξίας για το SDH.
G.784	Διαχείριση του SDH.

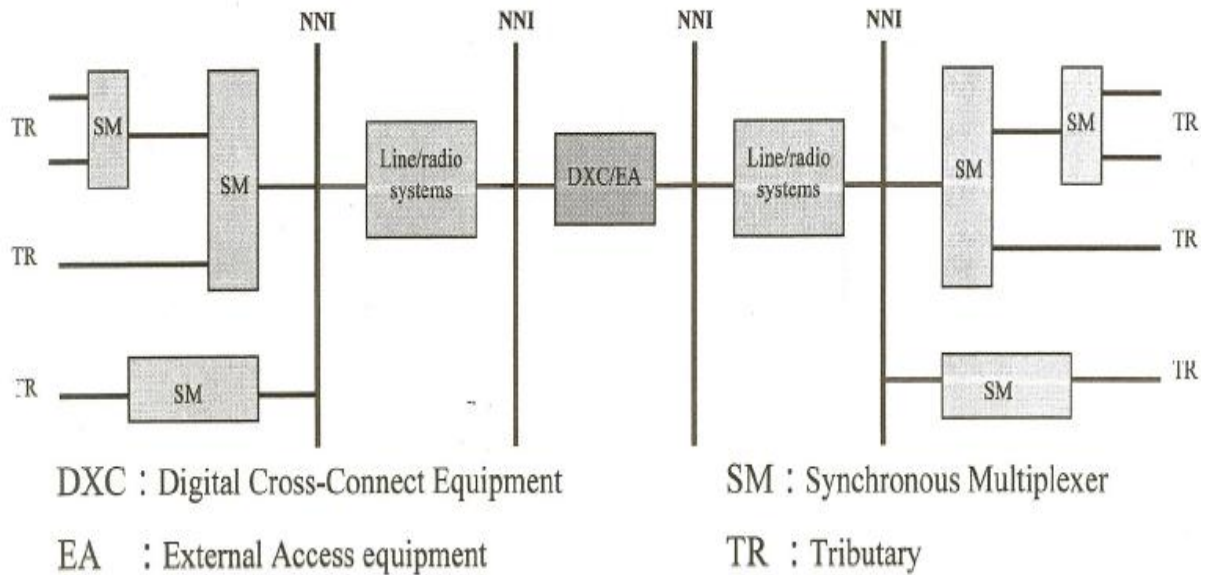
- Συστάσεις CCITT σχετικές με SDH -

Η ιδέα ενός σύγχρονου συστήματος μεταφοράς, βασιζόμενο σε πρότυπα του SDH, ξεφεύγει από τις βασικές ανάγκες ενός, από σημείο σε σημείο (point to point), συστήματος μετάδοσης και ικανοποιεί απαιτήσεις για τηλεπικοινωνιακή δικτύωση, μεταγωγή (*switching*) και έλεγχο δικτύου. Οι δυνατότητες αυτές επιτρέπουν στο SDH να χρησιμοποιείται τόσο σε τοπικά δίκτυα (*Local Area Network*) όσο και σε αστικά (*Inter-exchange Network*) και υπεραστικά δίκτυα (*Long Haul Network*) εξασφαλίζοντας μία ενοποιημένη δομή τηλεπικοινωνιακών δικτύων.

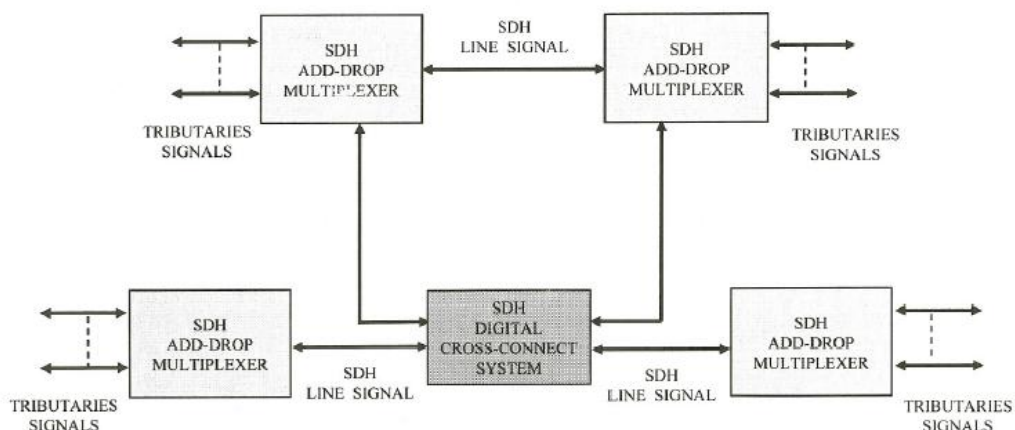
NETWORK NODE INTERFACE (NNI)

Η δομή του SDH σήματος σχεδιάστηκε προς την κατεύθυνση της μετάδοσης δικτύου και της μεταγωγής, με σκοπό να εξασφαλίσει την επιθυμητή ευελιξία του δικτύου. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να παρέχει απλή, οικονομική και ευέλικτη διαχείριση των σημάτων και στις τρεις παραδοσιακές περιοχές εφαρμογών των δικτύων : Long Haul, Local Area Network και Loop plant. Μία ενιαία υποδομή δικτύου SDH, μπορεί να προκύψει, στην οποία είναι δυνατή η απλή και άμεσα αποδοτική διασύνδεση, μεταξύ των τριών κύριων περιοχών εφαρμογής στις τηλεπικοινωνίες.

Επίσης το γεγονός ότι το SDH εξασφαλίζει ένα ενιαίο Interfaces δικτύου, που αναφέρεται σαν Network Node Interfaces (NNI), επιτρέπει άμεση διασύνδεση συσκευών μετάδοσης από διαφορετικούς κατασκευαστές.



ΑΜΕΣΗ ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΠΟΛΥΠΛΕΞΙΑ

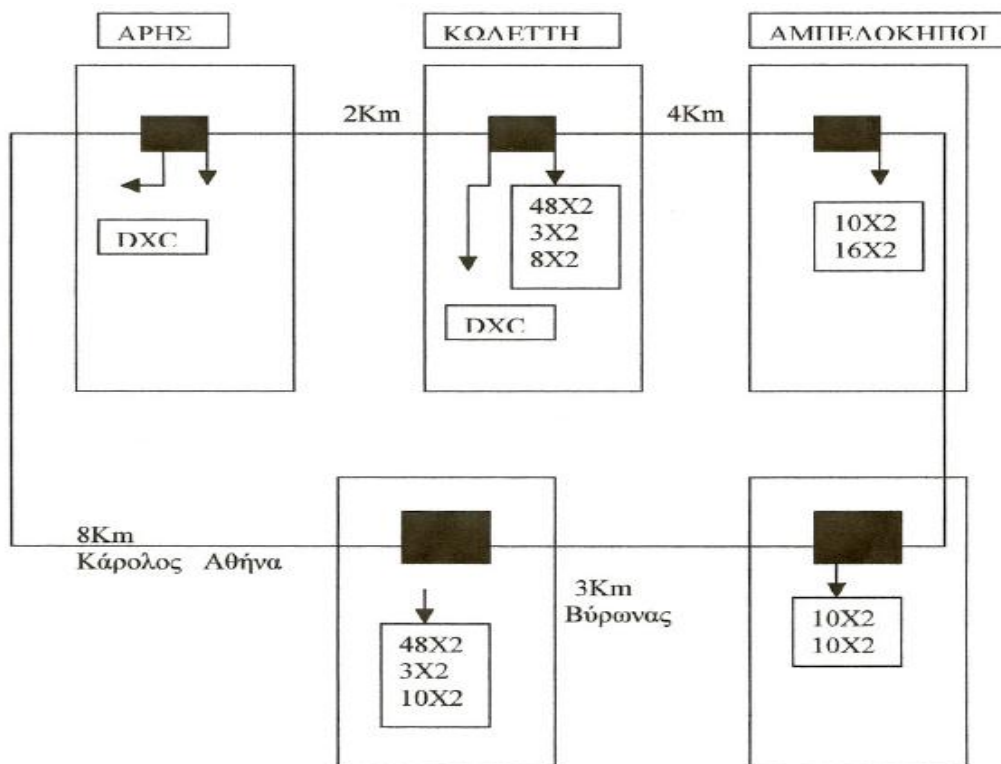


Η άμεση σύγχρονη πολυπλεξία διατηρεί την δυνατότητα πρόσβασης στα διάφορα σήματα εισόδου (*tributaries*) μέσα στη δομή του πολυπλεγμένου σήματος. Συγκεκριμένα σήματα εισόδου μπορούν να αναδρομολογηθούν.

Αυτό σημαίνει ότι η λειτουργία της ψηφιακής μεταγωγής είναι ενσωματωμένη στη συσκευή πολυπλεξίας του δικτύου. Η πραγματική ευελιξία στην δικτύωση τηλεπικοινωνιών, προκύπτει από την δυνατότητα ενσωμάτωσης της λειτουργίας της σύγχρονης πολυπλεξίας και της ψηφιακής μεταγωγής, μέσα στο ίδιο στοιχείο δικτύου (*Network Element*).

Περισσότερη οικονομία σε πλήθος συσκευών μπορεί να επιτευχθεί με επιπλέον ενσωμάτωση της δυνατότητας υποστήριξης ζεύξης, μαζί με την πολυπλεξία και την μεταγωγή των σημάτων εισόδου. Αυτό θα διευκολύνει την άμεση διασύνδεση των SDH συσκευών.

Ένα στοιχείο δικτύου « ο πολυπλέκτης απομάστευσης – επανεισαγωγής » (ADM), έχει καθιερωθεί μέσα από την ολοκλήρωση σύγχρονης πολυπλεξίας και ψηφιακής μεταγωγής. Μεγάλο ενδιαφέρον προδίδεται στα ADMs, επειδή εξασφαλίζουν ελευθερία στο σχεδιασμό των νέων δικτύων. Η αρχιτεκτονική δακτυλίου, είναι πολύ σημαντική, και υλοποιείται με ADMs σε διάφορα επίπεδα χωρητικότητας στο SDH δίκτυο, εξασφαλίζοντας μεγαλύτερη ευελιξία στη διαχείριση της χωρητικότητας του δικτύου.



χαρακτηριστικό διάγραμμα δακτυλίου του Ο.Τ.Ε στο λεκανοπέδιο της Αττικής

ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΣΗΜΑΤΩΝ ΣΤΟ SDH

ΥΠΑΡΧΟΝΤΑ ΣΗΜΑΤΑ

ΠΡΟΤΥΠΑ CEPT

2 Mbit/s

34 Mbit/s

140 Mbit/s

ΠΡΟΤΥΠΑ ANSI

DS1 (1,5 Mbit/s)

DS2 (6 Mbit/s)

DS3 (45 Mbit/s)

ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΑ ΣΗΜΑΤΑ

FFDI – Fibre Distributed Data Interface

(Standard for highspeed Local Area Network)

DQDB – Distributed Queue Dual Bus

(Standard for Metropolitan Area Network)

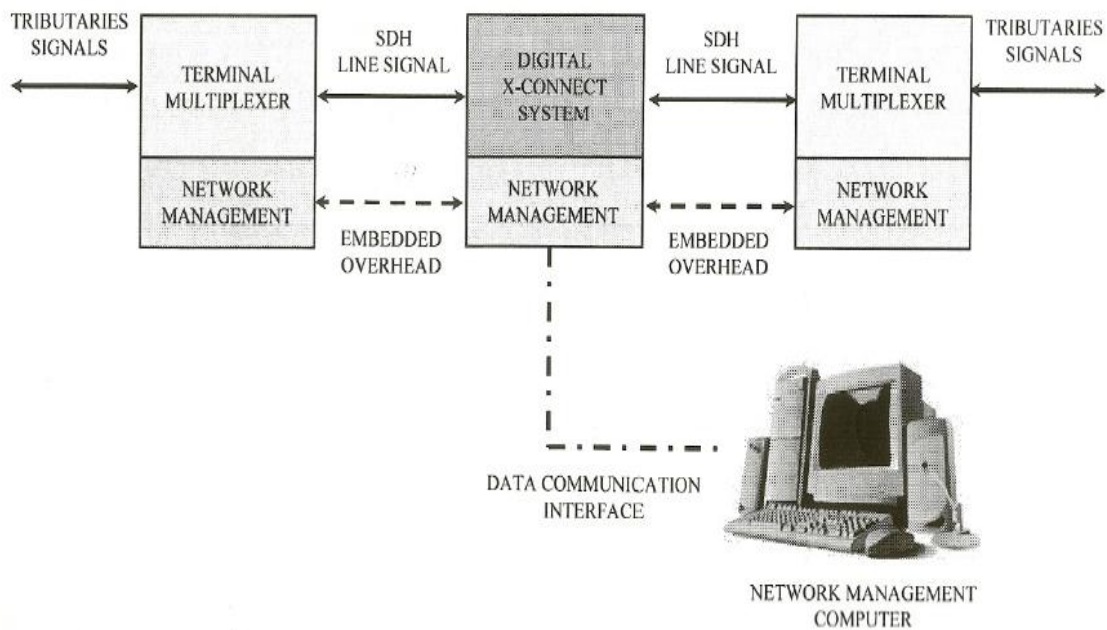
ATM – Asynchronous Transfer Module

(Standard for broadband ISDN)

Τα σήματα εισόδου που εμφανίζονται στα σημερινά πλησιόχρονα δίκτυα, μπορούν να μεταφέρονται μέσα στο SDH. Η λίστα των σημάτων αυτών περιλαμβάνει: CEPT 2, 34 και 140 Mbit/s. Επίσης τα σήματα DS1, DS2 και DS3 που χρησιμοποιούνται στην Βόρειο Αμερική. Αυτό σημαίνει ότι το SDH είναι καθ' όλα συμβατό, με τα μέχρι τώρα υπάρχοντα δίκτυα. Συνεπώς, το SDH μπορεί να αναπτυχθεί σαν ένα δίκτυο ανωτέρου επιπέδου, υποστηρίζοντας από τα υπάρχοντα δίκτυα με μεγάλη ευελιξία.

Ακόμα, οι δυνατότητες μεταφοράς σημάτων του SDH, επιτρέπουν και μελλοντικά σήματα να έχουν πρόσβαση στα δίκτυα του.

ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΔΙΚΤΥΟΥ SDH



Η μεγάλη ευελιξία που εξασφαλίζεται από το SDH, μπορεί να είναι διεξοδικά διαχειρίσιμη μόνο με αντίστοιχη ευελιξία στις δυνατότητες διαχείρισης και συντήρησης του δικτύου.

Ο έλεγχος του δικτύου με τη βοήθεια του υπολογιστή είναι απαραίτητος αλλά και πολλές λειτουργίες που αφορούν τη διαχείριση και συντήρηση, πρέπει να είναι αυτόνομες και ενσωματωμένες στο κάθε στοιχείο του δικτύου, ξεχωριστά. Συνολικά προκύπτει ένα ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης και συντήρησης.

Η συνολική δομή του SDH σήματος εξασφαλίζει χωρητικότητα για σήματα διαχείρισης και συντήρησης του δικτύου και επιπλέον άλλες λειτουργίες. Αυτά τα επιπλέον σήματα συχνά αναφέρονται σαν ενσωματωμένες πληροφορίες ελέγχου (*Embedded Overhead*). Όταν χρησιμοποιούνται συγκεκριμένα κανάλια πληροφοριών ελέγχου (*overheads*)

για διαδικασίες λειτουργίας του δικτύου, αναφέρονται σαν ενσωματωμένα κανάλια ελέγχου (ECCs). Ειδικού τύπου κανάλια επικοινωνίας δεδομένων (DCCs) τα οποία εξασφαλίζουν διαδρομές επικοινωνίας δεδομένων (paths) μεταξύ των SDH συσκευών του δικτύου, χρησιμοποιούνται σαν ενσωματωμένα κανάλια ελέγχου (ECCs), βασισμένα σε ανταλλαγή μηνυμάτων. Μεγαλύτερα στοιχεία SDH δικτύου, όπως τα ψηφιακά συστήματα cross-connect, ευρείας ζώνης, έχουν επιλεγεί να λειτουργήσουν σαν πύλες επικοινωνίας δεδομένων (gateways) λειτουργώντας σαν interface σε σύνδεση με H/Y διαχείρισης του δικτύου.

Έτσι για παράδειγμα, οι δυνατότητες επίβλεψης των επιδόσεων, ενσωματωμένες στο SDH σήμα, εξασφαλίζουν στο χρήστη του δικτύου την βεβαιότητα ότι η ποιότητα της παρεχόμενης, προς τον πελάτη, υπηρεσίας, διατηρείται σε ικανοποιητικά επίπεδα.

Επιπρόσθετα, αν η ποιότητα της υπηρεσίας αρχίζει να περιορίζεται, για κάποιους λόγους, η σχετική πληροφορία αρχίζει να επιστρέφει στον H/Y διαχείρισης του δικτύου δια μέσω των καναλιών επικοινωνίας δεδομένων, που είναι ενσωματωμένα στο SDH σήμα.

Στη συνέχεια, μπορεί να ξεκινήσει διαδικασία διόρθωσης και γρήγορα να υπάρξει επικοινωνία με του H/Y με το SDH στοιχείο δικτύου, μέσα από τα ίδια κανάλια επικοινωνίας δεδομένων.

Η απ' ευθείας και άμεση διαχείριση της χωρητικότητας του SDH δικτύου, γίνεται πλέον, μία εφικτή δυνατότητα.

Στο τέλος της εργασίας θα αναφερθούμε αναλυτικότερα στην διαχείριση και συντήρηση του δικτύου SDH.

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΟΥ SDH

Στη συνέχεια θα αναφέρουμε πλεονεκτήματα που προσφέρει το SDH.

1) Σχεδιάστηκε από συμφέρουσα, πλευράς κόστους, και ευέλικτης τηλεπικοινωνιακή δικτύωσης.

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 κατ' ευθείαν σε ένα σήμα της SDH

ιεραρχίας, υψηλότερης ταχύτητας, χωρίς ενδιάμεσα στάδια πολυπλεξίας. Ακόμα τα στοιχεία του SDH δικτύου (*Network Elements*) μπορούν να διασυνδεθούν κατ' ευθείαν στο υπάρχον δίκτυο, αποκτώντας δυνατότητα πρόσβασης σε όλα τα μεταφερόμενα σήματα, με προφανή οφέλη από πλευρά κόστους και οικονομίας διατάξεων.

Η δομή του SDH πλαισίου, λειτουργεί σαν πλατφόρμα πάνω στην οποία τοποθετούνται τα πλησιόχρονα (και σύγχρονα) σήματα, προς μεταφορά. Τα σήματα αυτά διατηρούν την ταυτότητά τους και τη δυνατότητα να έχουν ταχύτητα η οποία μπορεί να μεταβάλλεται. Η σχετική τους όμως, θέση, είναι ανά πάσα στιγμή ελεγχόμενη, έτσι ώστε να είναι εφικτή, τόσο η απομάστευση όσο και η αναδρομολόγησή τους, από οποιοδήποτε κόμβο του σύγχρονου δικτύου. Το στοιχείο αυτό προσδίδει τη δυνατότητα της ψηφιακής μεταγωγής στους SDH κόμβους.

2) Εξασφαλίζει ενσωματωμένη χωρητικότητα σήματος, για προηγμένη διαχείριση και συντήρηση δικτύου.

Περίπου 5% της δομής του SDH σήματος χρησιμοποιείται για υποστήριξη διαδικασιών διαχείρισης και συντήρησης. Αυτές οι λειτουργίες επιτρέπουν τη βέλτιστη χρήση του δικτύου και εξάντληση των δυνατοτήτων του.

3) Εξασφαλίζει ικανότητες ευέλικτης μεταφοράς σήματος.

Ένα σήμα της σύγχρονης ιεραρχίας είναι ικανό να μεταφέρει όλα τα συνηθισμένα σήματα εισόδου, που υπάρχουν στα σημερινά τηλεπικοινωνιακά δίκτυα. Αυτό σημαίνει ότι το SDH μπορεί να αναπτυχθεί σαν ένα πλαίσιο επικάλυψης στο υπάρχον δίκτυο, μεταφέροντας διάφορους τύπους σημάτων.

Επιπρόσθετα, το SDH έχει τη δυνατότητα να ενσωματώσει εύκολα νέους τύπους σημάτων, που εξυπηρετούν πελάτες, και τα οποία θα υποστηριχτούν στο μέλλον από τους χρήστες των δικτύων.

4) Συγκεκριμένες προδιαγραφές για τους κατασκευαστές.

Το γεγονός ότι το SDH εξασφαλίζει κοινά πρότυπα (*Standards*) για το ενιαίο δίκτυο, σημαίνει ότι κατασκευές, μπορούν να διασυνδεθούν κατ' ευθείαν.

5) Δυνατότητα προστασίας των σημάτων.

Είναι ακόμα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό της SDH τεχνολογίας, είναι οι δυνατότητες προστασίας, τόσο των SDH σημάτων, όσο και των μεταφερόμενων σημάτων ξεχωριστά. Η αναδρομολόγηση σήματος προς κάποια προκαθορισμένη κατεύθυνση, σε περίπτωση που αποτύχει η κύρια διαδρομή, αποτελεί πρωτοποριακό στοιχείο στο σχεδιασμό των συστημάτων μετάδοσης.

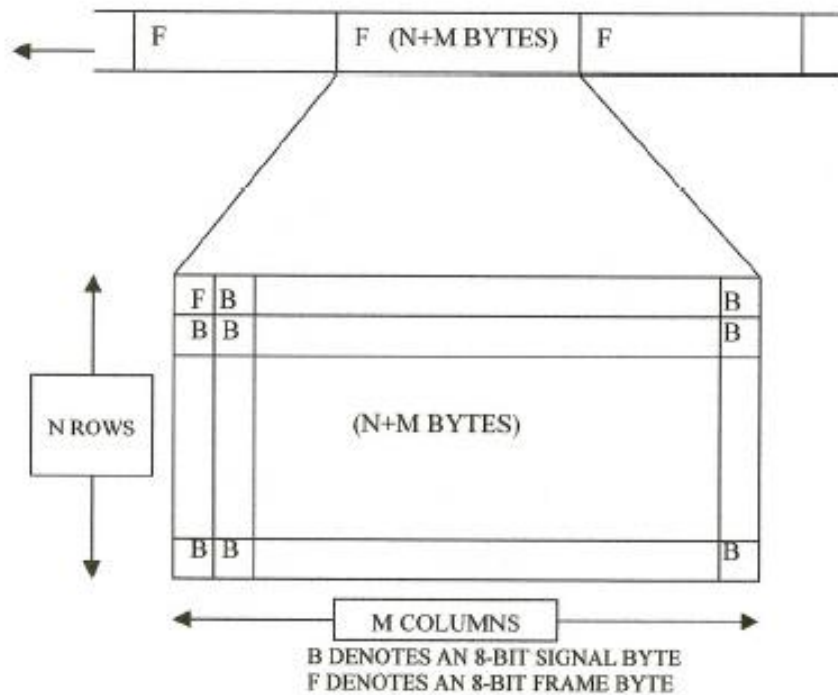
6) Πλεονεκτήματα οπτικής τεχνολογίας.

Το γεγονός ότι η SDH τεχνολογία χρησιμοποιεί κυρίως σαν μέσο μετάδοσης την οπτική ίνα, δίνει τη δυνατότητα εξάντλησης των πλεονεκτημάτων της οπτικής τεχνολογίας. Σημαντικότερο από όλα αυτά είναι η δυνατότητα για θεωρητικά απεριόριστη αύξηση της ταχύτητας μετάδοσης.

Έτσι αφ' ενός μεν είναι εφικτή η ταχύτητα μετάδοσης του τρίτου επίπεδου STM (2,45 Gbit/s), αφετέρου επιτρέπει μελλοντικά τη θεωρητική θεμελίωση και την πρακτική υλοποίηση μεγαλύτερου επιπέδου μεταφοράς. Εργασία γίνεται και προς την κατεύθυνση του SDH με μέσο μετάδοσης ραδιοκύματα.

ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΣΥΓΧΡΟΝΟΥ ΣΗΜΑΤΟΣ

(Synchronous Signal Structure)

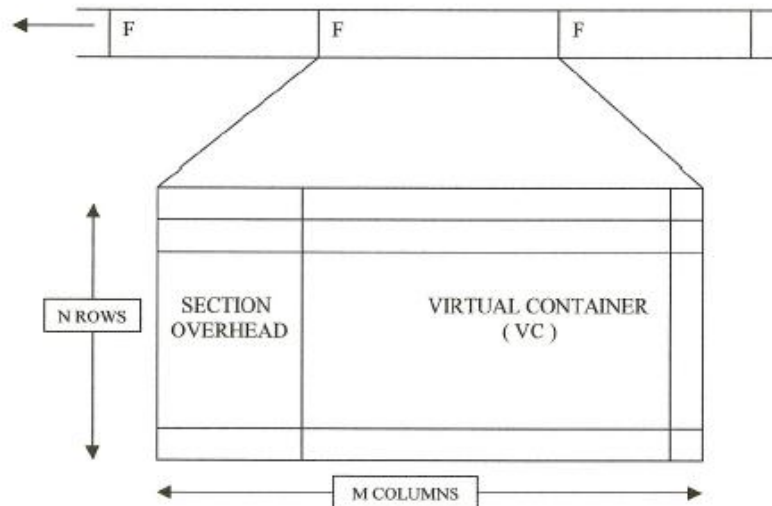


Η δομή του σύγχρονου σήματος του SDH, περιλαμβάνει ένα σύνολο από bytes (των 8 bits), τα οποία είναι οργανωμένα σε μία δομή πλαισίου. Μέσα στη δομή του πλαισίου, η ταυτότητα του κάθε byte είναι γνωστή και διατηρείται σε σχέση με κάποια byte αναφοράς, του πλαισίου.

Για λόγους σαφήνειας, ένα απλό πλαίσιο στο σειριακό κανάλι των bytes που ρέουν, μπορεί να αναπαρασταθεί σαν ένας πίνακας – πλαίσιο, δύο διαστάσεων. Το πλαίσιο δύο 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 πάνω αριστερά τετράγωνο του δισδιάστατου πίνακα. Αυτό το byte αναγνώρισης πλαισίου, λειτουργεί σαν σταθερό σημείο αναφοράς, επιτρέποντας έτσι κάθε byte του πλαισίου να μπορεί εύκολα να εντοπισθεί.

ΣΥΓΧΡΟΝΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

(Synchronous Transport Frame)



Η ιδέα της ατελείωτης μεταφοράς σημάτων εισόδου μέσα από ένα σύγχρονο δίκτυο έχει οδηγήσει στον όρο «σύγχρονο πλαίσιο μεταφοράς» και χρησιμοποιείται για δομές σύγχρονων σημάτων. Ωστόσο, η χωρητικότητα του σήματος τίθεται κατά μέρος σε ένα σύγχρονο πλαίσιο μεταφοράς που υποστηρίζει δυνατότητες μεταφοράς δικτύου. Ένα σύγχρονο πλαίσιο μεταφοράς περιλαμβάνει δύο διακριτές και εύκολα προσβάσιμες περιοχές, μέσα στη δομή του πλαισίου:

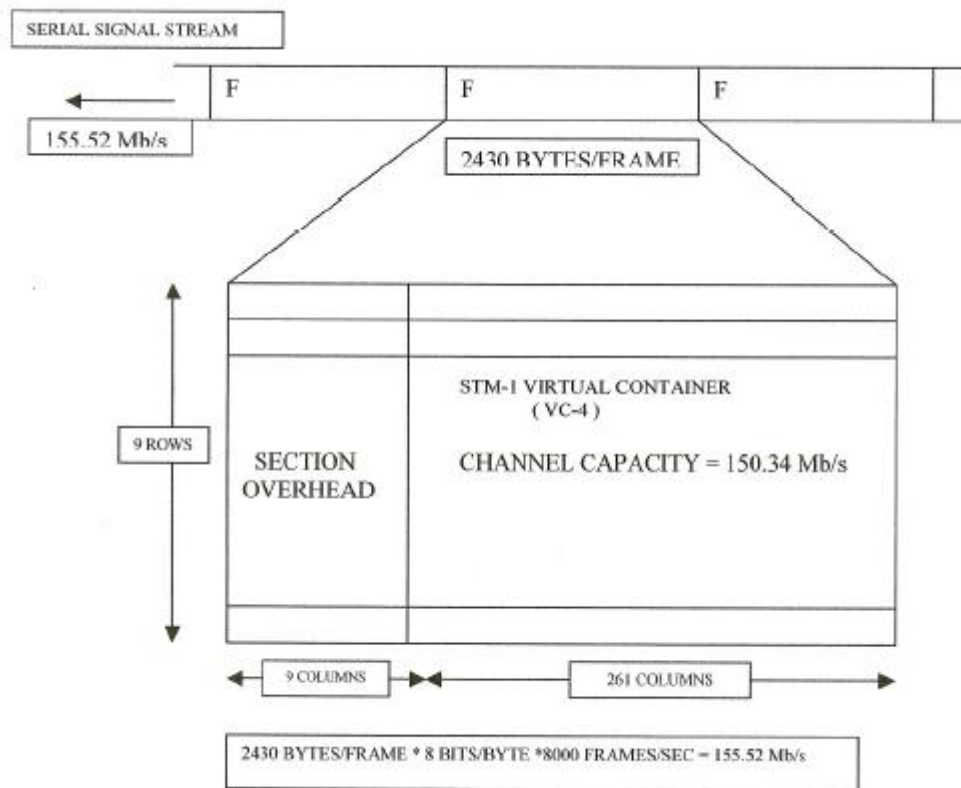
Μία περιοχή που ονομάζεται *Virtual Container (VC)* και μία άλλη, που ονομάζεται *Section Overhead (SOH)*.

Virtual Container (VC) : Συγκεκριμένα σήματα εισόδου (όπως σήματα των 140 Mbit/s) κατανέμονται μέσα στο *Virtual Container*, για μεταφορά από τη μία άκρη του SDH δικτύου μέχρι την άλλη. Το VC συναρμολογείται μόνο μία φορά, μολονότι μπορεί να περάσει μέσα από πολλά συστήματα, στην πορεία του μέσα στο δίκτυο, μέχρι τον τελικό προορισμό.

Section Overhead (SOH) : Κάποιο μέρος της συνολικής χωρητικότητας του σήματος στο πλαίσιο μεταφοράς, κατανέμεται στο SOH. Αυτό εξασφαλίζει τις δυνατότητες που απαιτούνται (όπως επίβλεψη των

συναγερμών, έλεγχος των λανθασμένων bits και κανάλια επικοινωνίας δεδομένων) για να υποστηριχθεί και να ελεγχθεί η μεταφορά ενός VC από έναν κόμβο του δικτύου σε έναν άλλο. Το SOH αναφέρεται σε ένα ξεχωριστό σύστημα μεταφοράς και δεν μεταφέρεται με το VC μεταξύ των διαφόρων συστημάτων.

ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΠΛΑΙΣΙΟΥ STM-1



Το βασικό επίπεδο του SDH σήματος, ονομάζεται Μονάδα Σύγχρονης Μεταφοράς, πρώτου επιπέδου (*Synchronous Transport Module, STM-1*). Ένας δισδιάστατος πίνακας που περιγράφει το STM-1 πλαίσιο του σήματος περιλαμβάνει 9 γραμμές και 270 στήλες δίνοντας μια συνολική χωρητικότητα σήματος 2430 bytes (8-bits το κάθε byte) ή 19440 bits ανά πλαίσιο. Ο ρυθμός επανάληψης του πλαισίου, ή « *ταχύτητα πλαισίου* », είναι 8000 πλαίσια ανά δευτερόλεπτο. Δηλαδή η χρονική διάρκεια του κάθε πλαισίου είναι 125×10^{-6} δευτερόλεπτα (125 μ sec). Οι διαστάσεις του πλαισίου και η ταχύτητα επανάληψης, οδηγούν στην ταχύτητα της βασικής SDH δομής, που είναι 155.52 Mbit/s (δηλαδή 2430 bytes/πλαίσιο X 8 bit/byte X 8000 πλαίσια/sec = 155.52 Mbit/s).

Το Section Overhead καταλαμβάνει τις 9 πρώτες στήλες του STM-1 πλαισίου, δηλαδή συνολικά 81 bytes. Τα υπόλοιπα 2349 bytes καταλαμβάνονται από το σήμα του Virtual Container. Αυτό σημαίνει ότι η

χωρητικότητα του καναλιού είναι 150,34 Mbit/s STM-1 σήματος για μεταφορά σημάτων εισόδου, μέσα στο σύγχρονο δίκτυο.

Παρατήρηση 1 : Η χωρητικότητα του καναλιού με ταχύτητα 150.34 Mbit/s διασφαλίζει ότι το βασικό SDH σήμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μεταφορά σήματος εισόδου στα 139.264 Mbit/s.

Παρατήρηση 2 : Για την ταχύτητα 8000 πλαίσια/sec, κάθε byte μέσα στη δομή του SDH σήματος, αντιπροσωπεύει μία χωρητικότητα καναλιού 64 Kbit/s ($8\text{bit}/\text{byte} \times 8000\text{bytes}/\text{sec} = 64 \text{ Kbit}/\text{s}$). Είναι η ταχύτητα ενός PCM καναλιού φωνής.

Παρατήρηση 3 : Ο Virtual Container (VC) που σχετίζεται με ένα STM-1 πλαίσιο αναφέρεται σαν « *Virtual Container 4* » ή « *VC-4* ». Virtual Container επιπέδων 1,2 και 3 προκύπτουν σαν υποδιαίρεσεις του VC-4.

ΡΥΘΜΟΙ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ SDH

	Line Rate Kbit/s
STM-0	51840 (*)
STM-1	155520 (**)
STM-4	622080
STM-16	2448320
STM-64	9953280

* Ηλεκτρική διεπαφή

* Είτε Ηλεκτρική είτε Οπτική διεπαφή

Το χαμηλότερο επίπεδο SDH σήματος. Ονομάζεται Σύγχρονη Μονάδα Μεταφοράς επιπέδου 1 (STM-1), και έχει μία ταχύτητα σήματος 155,52 Mbit/s.

Σήματα υψηλότερου επιπέδου, που προκύπτουν από πολυπλεξία κατά byte χαμηλότερων επιπέδων, δηλώνονται σαν STM-N, είναι N φορές η ταχύτητα 155,52 Mbit/s.

Τα υπάρχοντα πρότυπα του SDH επιτρέπουν μόνο τις τιμές 1, 4 και 16 για τον αριθμό N. άλλες τιμές μπορεί να συμπεριληφθούν σε μελλοντικές εκδόσεις των προτύπων. Η μέγιστη τιμή που μπορεί να υπάρξει, με τα υπάρχοντα πρότυπα, είναι 255.

	STM-1	STM-4	STM-16	
ΡΥΘΜΟΣ	155,52	622,28	2.488,32	Mbit/sec
ΧΡΟΝΟΣ FRAME	125	125	125	μsec
FRAME/SEC	8.000	8.000	8.000	
ΑΡΙΘΜΟΣ BYTES/FRAME	2430	9720	38880	BYTES
S.O.H.	81	324	1296	BYTES
ΡΥΘΜΟΣ BYTE	64	64	64	Kbit/sec
ΧΡΟΝΟΣ BIT	6.43	1.6	0.401	nS
ΜΕΓΙΣΤΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΑΝΑΛΙΩΝ	1920	7680	30720	
AUX. BYTES	64	64	64	Kbit/sec

INTERFACES ΤΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΤΟΥ SDH

Ορίζονται οπτικά και ηλεκτρικά interfaces, για το SDH.

Οπτικά Interfaces : Για κάθε ένα από τα τρία σενάρια εφαρμογής, ορίζονται προδιαγραφές.

1. **Intra-office οπτικά interfaces :** (δηλώνονται σαν I-n όπου n = το STM ιεραρχικό επίπεδο). Καλύπτει εφαρμογές που απαιτούν μετάδοση μέχρι 2 χιλιόμετρα, έχοντας προϋπολογισμό απωλειών για το σύστημα από 0 μέχρι 7 dB, 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 1310 nm.

2. **Short Haul οπτικά Interfaces :** (δηλώνονται σαν S-n.1 ή 2, όπου n = το STM επίπεδο, και το 1 αντιστοιχεί σε μήκος κύματος 1310 nm σε οπτική ίνα G.652, ενώ το 2 αντιστοιχεί σε μήκος κύματος 1550 nm σε οπτική

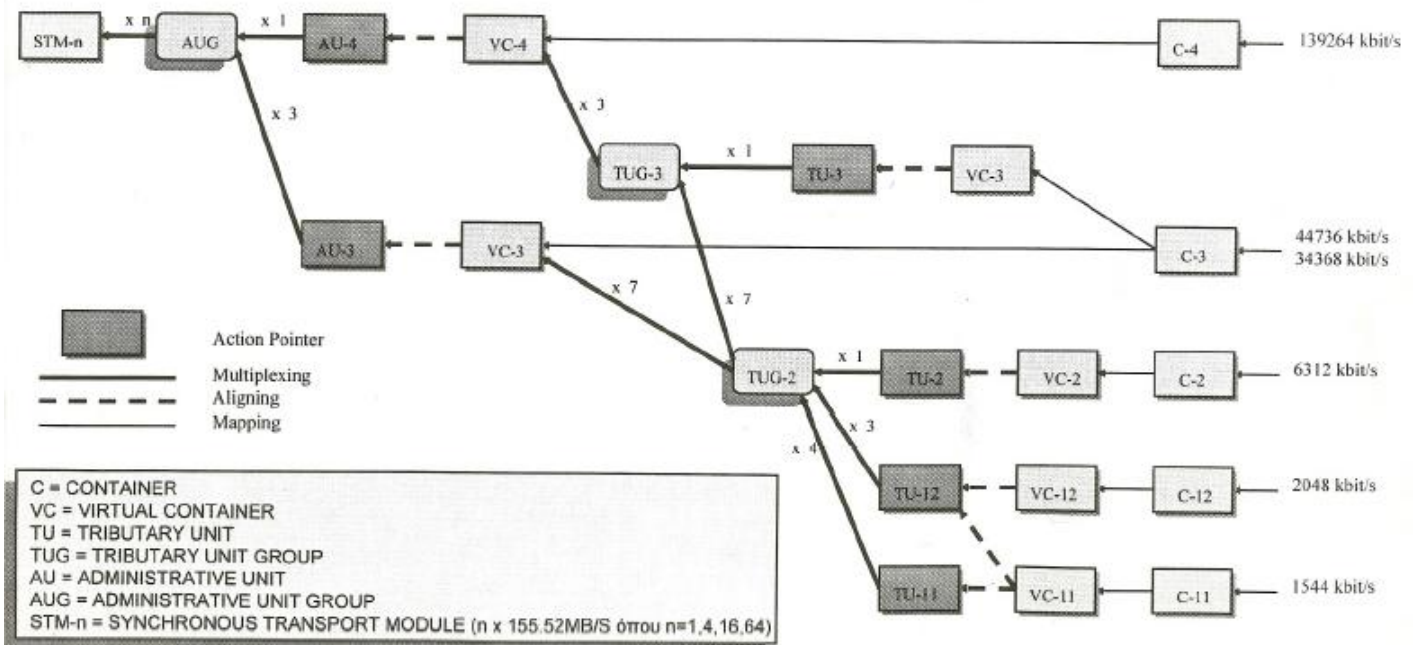
ίνα G.652). Καλύπτει εφαρμογές μέχρι 15 Km, έχοντας προϋπολογισμό απωλειών για το σύστημα από 0 μέχρι 12 dB, χρησιμοποιώντας μονότροπη οπτική ίνα. Οι οπτικοί εκπομποί μπορεί να είναι Laser απλού ρυθμού (Single-Longitudinal Mode, SLM) ή Laser πολλαπλών ρυθμών (Multi-Longitudinal Mode, MLM), χαμηλής ισχύος (50 mW ή -13dB). 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 1310 nm σε οπτική ίνα G.652, το 2 αντιστοιχεί σε μήκος κύματος 1550 nm σε οπτική ίνα G.652 ή G.654, ενώ το 3 αντιστοιχεί σε μήκος κύματος 1550 nm σε οπτική ίνα G.653). Καλύπτει εφαρμογές μέχρι, περίπου, 40 Km, έχοντας ένα περιθώριο απωλειών από 10 μέχρι 28 dB, σε μονότροπη οπτική ίνα. Οι οπτικοί εκπομποί είναι Laser απλού ρυθμού (Single-Longitudinal Mode, SLM) ή Laser πολλαπλών ρυθμών (Multi-Longitudinal Mode, MLM), υψηλής ισχύος (500 mW ή -3 Dbm). Το μήκος κύματος είναι 1310 ή 1550 nm.

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

Στη σελίδα 117 της εργασίας υπάρχουν πληροφορίες για τις οπτικές ίνες.

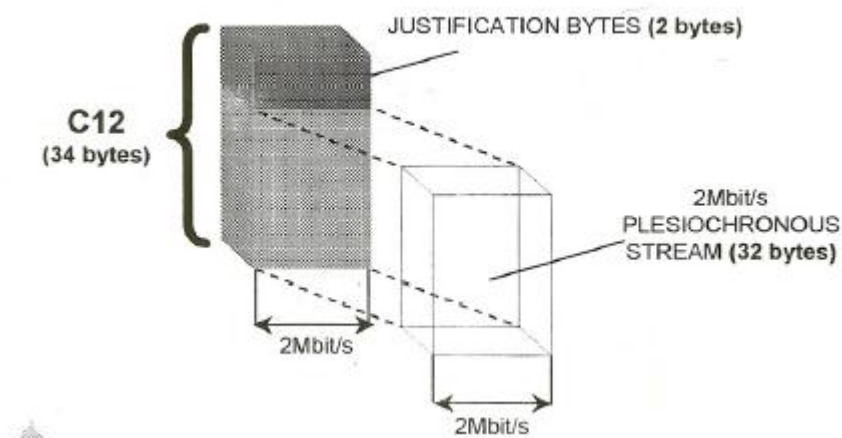
ΔΟΜΗ ΠΟΛΥΠΛΕΞΙΑΣ SDH



Στο παραπάνω σχήμα φαίνεται η δομή πολυπλεξίας της Σύγχρονης Ιεραρχίας. Κανάλια δεδομένων με χωρητικότητες από 1.544 έως 139.264 Mbit/s τοποθετούνται σε containers (C11, C12, C2, C3, C4).

Ένας **container** (C) είναι η δομημένη πληροφορία στην οποία μετασχηματίζεται η πληροφορία του ωφέλιμου φορτίου σε ένα σύγχρονο δίκτυο για τη δημιουργία του Virtual Container (VC). Για κάθε τύπο Virtual Container (VC) υπάρχει και ένας αντίστοιχος Container. Λειτουργίες προσαρμογής έχουν ορισθεί για τους περισσότερους κοινούς ρυθμούς δικτύων, μέσω ενός ορισμένου αριθμού τυποποιημένων Containers. (C-n, όπου n=1,2,3).

	CONTAINER	BIT RATES
LEVEL 1	C11	1,5 Mbit/s
	C12	2 Mbit/s
LEVEL 2	C2	6 Mbit/s
LEVEL 3	C3	34 Mbit/s
		ή 45 Mbit/s
LEVEL 4	C4	140 Mbit/s



- Container (C) -

Κάθε container με την προσθήκη κάποιων πληροφοριών ελέγχου (*overhead*), οδηγεί σε μία μονάδα, που ονομάζεται Virtual Container (VC) .

Virtual Container (VC-n) : ένας Virtual Container (VC) είναι η δομημένη πληροφορία που χρησιμοποιείται για να υποστηρίξει τις συνδέσεις στο Path Overhead (POH), οργανωμένες σε block με δομή πλαισίου που επαναλαμβάνεται κάθε 125 μsec ή 500μsec. Ένας αριθμός από VC μικρής χωρητικότητας (VC11, VC12, VC2) συνδυάζονται και προκύπτει ένα VC μεγαλύτερης χωρητικότητας (VC-3, VC-4). Δύο τύποι έχουν οριστεί για το VC :

➤ **Χαμηλής τάξης VC-n (όπου n=1,2,3)** . Το στοιχείο αυτό αποτελείται από ένα απλό Container (C-n, όπου n=1,2,3) και το κατάλληλο POH (*Lower Order*) γι' αυτή τη τάξη.

➤ **Υψηλής τάξης VC-n (όπου n=3,4)** . Το στοιχείο αυτό αποτελείται από ένα απλό Container-n (C-n, όπου n=3,4) είτε από μία ομάδα

Tributary Unit Group (TUG-2 ή TUG-3) μαζί με το κατάλληλο POH (*High Order*) γι' αυτή τη τάξη.

Μία **Tributary Unit** (**TU**) είναι η δομημένη πληροφορία η οποία παρέχει προσαρμογή μεταξύ του επιπέδου χαμηλής τάξης και του επιπέδου υψηλής τάξης. Αποτελείται από την πληροφορία του ωφέλιμου φορτίου (το Virtual Container (**VC**) χαμηλής τάξης και από ένα Tributary Unit-pointer (**TU-pointer**), ο οποίος δείχνει την αντιστάθμιση (*offset*) της αρχής του πλαισίου του φορτίου σε σχέση με την αρχή του πλαισίου του Virtual Container (**VC**) υψηλής τάξης. Η Tributary Unit-n (**TU-n**, όπου $n=1,2,3$) αποτελείται από ένα Virtual Container-n (**VC-n**) μαζί με τον Tributary Unit-pointer (**TU-pointer**).

Tributary Unit Group (**TUG**): Μία ή περισσότερες Tributary Units καταλαμβάνουν μόνιμα καθορισμένες θέσεις σε ένα Virtual Container-n (**VC-n**) υψηλής τάξης φορτίου, ορίζοντας μία Tributary Unit Group (**TUG**). Οι TUGs ορίζονται έτσι ώστε μεικτές χωρητικότητες φορτίων, κατασκευασμένες από διαφορετικές TUs, να μπορούν να δομηθούν ώστε να αυξηθεί η ευελιξία του δικτύου μεταφοράς. Μία Tributary Unit Group-2 (**TUG-2**) αποτελείται από μία ομογενή συναρμολόγηση TUG-2s ή μία TU-3.

Administrative Unit-n (**AU-n**): Μία AU-n είναι η δομημένη πληροφορία η οποία παρέχει προσαρμογή μεταξύ του επιπέδου υψηλής τάξης και του επιπέδου του τμήματος πολυπλεξίας. Αποτελείται από την πληροφορία του ωφέλιμου φορτίου (το Virtual Container (**VC**) υψηλής τάξης) και από έναν pointer (Administrative Unit-pointer (**AU-n**), ο οποίος δείχνει την αντιστάθμιση (*offset*) της αρχής του πλαισίου του φορτίου με τη σχετική αρχή που αναφέρεται στο πλαίσιο του τμήματος πολυπλεξίας. Δύο τύποι έχουν οριστεί για την Administrative Unit (**AU**):

➤ **Administrative Unit-4 (AU-4)** : Αποτελείται από ένα Virtual Container-4 (**VC-4**) και ένα Administrative Unit-4 pointer (**AU-4 pointer**) ο οποίος δείχνει τη φάση ευθυγράμμισης του Virtual Container-4 (**VC-4**) σε αναφορά με το STM-n πλαίσιο.

➤ **Administrative Unit-3 (AU-3)** : Αποτελείται από ένα Virtual Container-3 (**VC-3**) και ένα Administrative Unit -3 pointer (**AU-3 pointer**) ο οποίος δείχνει τη φάση ευθυγράμμισης του Virtual Container-3 (**VC-3**) σε αναφορά με το STM-n πλαίσιο.

Σε κάθε περίπτωση η Administrative Unit-pointer (AU-pointer) είναι σταθερή σε σχέση με το STM-n πλαίσιο. Μία ή περισσότερες Administrative Unit (AU) καταλαμβάνουν μόνιμα καθορισμένες θέσεις στην STM που ορίζουν την Administrative Unit Group (AUG). Μία Administrative Unit Group (AUG) αποτελείται από ομοειδείς AU-3s ή μία AU-4.

Pointers: *Τι κάνουν οι δείκτες:*

➤ **Επιτρέπουν ασύγχρονη λειτουργία μέσα στο σύγχρονο δίκτυο.**

Από την αρχή, σκοπός ήταν το SDH να είναι σύγχρονο δίκτυο. Στην ιδανική περίπτωση, αυτό σημαίνει ότι όλοι οι κόμβοι του σύγχρονου δικτύου πρέπει να αντλούν σήματα χρονισμού από ένα κύριο ρολόι του δικτύου. Ωστόσο, το SDH σχεδιάστηκε να εξυπηρετεί ασύγχρονη λειτουργία, μέσα στο δίκτυο. Ακόμα είναι απαραίτητο να χειρίζεται διαφορές στο χρονισμό που προκύπτουν όταν κάποιος SDH κόμβος χάσει τον χρονισμό αναφοράς του δικτύου και λειτουργεί με δικό του εσωτερικό ρολόι. Επίσης πρέπει να χειρίζεται διαφορές χρονισμού που υπάρχουν στα όρια μεταξύ δύο ξεχωριστών SDH δικτύων. Για να είναι, λοιπόν, αποδεκτές οι διαφορές χρονισμού (*clock offsets*), το VC-4 πρέπει να μπορεί να κινείται, θετικά ή αρνητικά, κατά τρία bytes κάθε φορά, σε σχέση με το πλαίσιο μεταφοράς. Αυτό επιτυγχάνεται με απλό επαναπροσδιορισμό ή ενημέρωση του δείκτη σε κάθε κόμβο του SDH δικτύου. Εκτός από τις χρονικές μετατοπίσεις, που οφείλονται στη μεταφορά ασύγχρονων σημάτων, ο επαναπροσδιορισμός των δεικτών καλύπτει και την περίπτωση διαφοράς χρονισμού που υπάρχει μεταξύ κάποιου εισερχομένου SDH σήματος σε κάποιο SDH κόμβο και του κόμβου αυτού.

➤ **Ελαχιστοποιούν την καθυστέρηση του δικτύου στα ασύγχρονα δίκτυα.**

Μία άλλη προσέγγιση για να ξεπεραστεί το πρόβλημα του χρονισμού, είναι η χρήση μνημών ολίσθησης (*slip buffers*) των 125 μsec, για το VC-4, στις εισόδους των πολυπλεκτών του SDH. Αυτό το είδος μνήμης διορθώνει διαφορές στη συχνότητα, σβήνοντας ή επαναλαμβάνοντας ένα VC-4 πλαίσιο, ανάλογα με την περίπτωση. Οι μνήμες ολίσθησης δεν είναι η καλύτερη λύση, επειδή εισάγουν μία καθυστέρηση του σήματος και ακόμα επιφέρουν εξασθένησή του. Χρησιμοποιώντας δείκτες, αποφεύγουμε αυτά τα ανεπιθύμητα φαινόμενα στο δίκτυο.

➤ **Η επεξεργασία του δείκτη, ωστόσο, εισάγει ένα θόρυβο στο σήμα, γνωστό σαν «Jitter προερχόμενο από ρυθμίσεις του δείκτη».**

Αυτός ο θόρυβος εμφανίζεται σε ένα λαμβανόμενο σήμα εισόδου μετά την ανάκτηση από το VC-4, όταν έχουν γίνει αλλαγές του αντίστοιχου δείκτη. Υψηλός Jitter θόρυβος σε ένα σήμα εισόδου, θα επηρεάσει τη λειτουργία της συσκευής του δικτύου που επεξεργάζεται αυτό το σήμα, συνεπώς, απαιτείται μεγάλη προσοχή στο σχεδιασμό της διανομής χρονισμού, στο σύγχρονο δίκτυο. Αυτό συμβαίνει για να ελαχιστοποιήσουμε τις αλλαγές του δείκτη με αποτέλεσμα να μειωθεί το επίπεδο του Jitter θορύβου που προκύπτει από τη σύγχρονη μεταφορά.

Η διαδικασία αυτή είναι πολυπλεξία ανά byte (*byte interleaving*).

Όπου ομάδες από σύγχρονα πλαίσια μεταφοράς μπορεί να συνδυαστούν για μεταφορά σε ένα σύγχρονο σύστημα μεταφοράς, υψηλότερης τάξης. Ομαδοποίηση υψηλότερης τάξης επιτυγχάνεται με τη διαδικασία της πολυπλεξίας κατά byte, όπου τα εισερχόμενα σήματα μεταφοράς συνδυάζονται μαζί, σε μία σταθερή byte ανά byte βάση. Τα σήματα εισόδου απαιτείται να έχουν την ίδια δομή πλαισίου και την ίδια ταχύτητα. Ακόμα, πρέπει να είναι συγχρονισμένα κατά πλαίσιο, μεταξύ τους.

Για παράδειγμα, 4 παράλληλα και κατά πλαίσιο συγχρονισμένα STM-1 σήματα, μπορεί να πολυπλεχθούν κατά byte μεταξύ τους, για να δημιουργήσουν ένα STM-4 σήμα των 622,08 Mbit/sec (4XSTM-1 ταχύτητα καναλιού).

Τέλος, προστίθεται πάλι overhead και τοποθετείται σε ένα πλαίσιο μεταφοράς. Ταχύτητας 155,5 Mb/s, που ονομάζεται Σύγχρονη Μονάδα Μεταφοράς, πρώτου επιπέδου (Synchronous Transport Module Level 1, STM-1). Η ταχύτητα των 155,5 Mb/sec, είναι η μικρότερη που χρησιμοποιείται στις γραμμές ,μετάδοσης του SDH.

Διαβάζοντας το σχήμα (Δομή πολυπλεξίας SDH) από τα δεξιά προς τα αριστερά, όπως δείχνουν τα βέλη, φαίνεται πως μονάδες χαμηλής χωρητικότητας μπορούν να συνδυαστούν και να προκύψουν μονάδες υψηλότερης χωρητικότητας.

Τα βέλη δείχνουν ότι οι μονάδες υλοποίησης από τα δεξιά δημιουργούν δομικές μονάδες στα αριστερά, και το (χ) δείχνει πόσες μονάδες χρειάζονται.

Path Overhead και Section Overhead

Το σύστημα μεταξύ δύο τερματικών γραμμής, ονομάζεται section (*τομέας*). Το σήμα μεταφέρεται μέσα στο section, ως Μονάδα Σύγχρονης Μεταφοράς, STM, με ταχύτητα 155,5 Mbit/s (STM-1) ή πολλαπλάσια αυτής.

Η ωφέλιμη πληροφορία που μεταφέρεται από ένα STM, συνιστάται από συνεισφέροντα σήματα (*tributaries*). Η δομή είναι ιεραρχική.

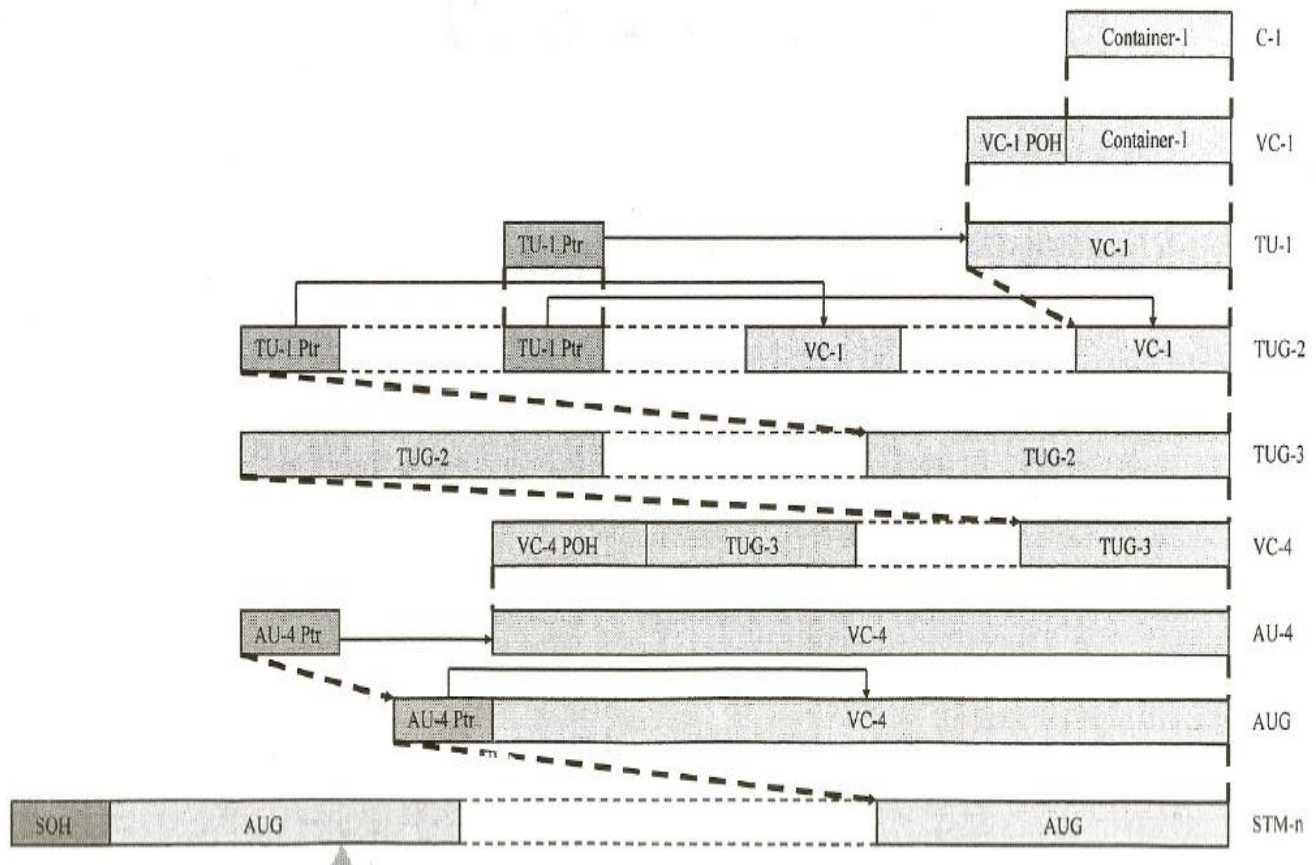
Ένα μέρος της χωρητικότητας του STM-1 προορίζεται για μεταφορά πληροφορίας ελέγχου του σήματος (*overhead*). Κάποια από αυτά τα bytes συνδέονται με συγκεκριμένο VC ενώ άλλα είναι κοινά για όλο το STM. Στο επίπεδο VC η πληροφορία ελέγχου ονομάζεται Path Overhead (POH) και στο επίπεδο του STM , Section Overhead (SOH).

Βασική αρχή είναι ότι επεξεργασία του POH γίνεται μόνο από διατάξεις με interfaces για πλησιόχρονα συνεισφέροντα σήματα ή από διατάξεις SDXC (σύγχρονα ψηφιακά συστήματα διασύνδεσης), όπου τερματίζουν τα αντίστοιχα VC. Όλες οι πληροφορίες ενός path κρατούνται μαζί, κατά τη μεταφορά τους μέσα στο σύγχρονο δίκτυο. Το POH χρειάζεται μόνον όταν ένα path έχει περάσει από όλα τα sections και πρόκειται να αποσυναρμολογηθεί στα συνεισφέροντα σήματά του.

Το SOH επεξεργάζονται όλες οι τερματικές διατάξεις γραμμής, αφού περιέχει πληροφορία που χρειάζεται για συντήρηση (*maintenance*) του section, με το οποίο σχετίζεται.

Το POH περιέχει πληροφορίες για ανίχνευση λαθών, βλάβες και συναγερούς που υφίστανται στο απέναντι άκρο, δίνει την ταυτότητα του απέναντι άκρου και παρέχει επιπλέον κανάλι επικοινωνίας. Το SOH περιέχει εκτός από τις πληροφορίες που είναι ίδιες με αυτές του POH, μία λέξη συγχρονισμού του STM πλαισίου και κανάλια δεδομένων για πληροφορίες συντήρησης και λειτουργίας. Ακόμα, το SOH περιέχει μία σειρά από bytes που είναι διαθέσιμα στο διαχειριστή του δικτύου (*network operator*).

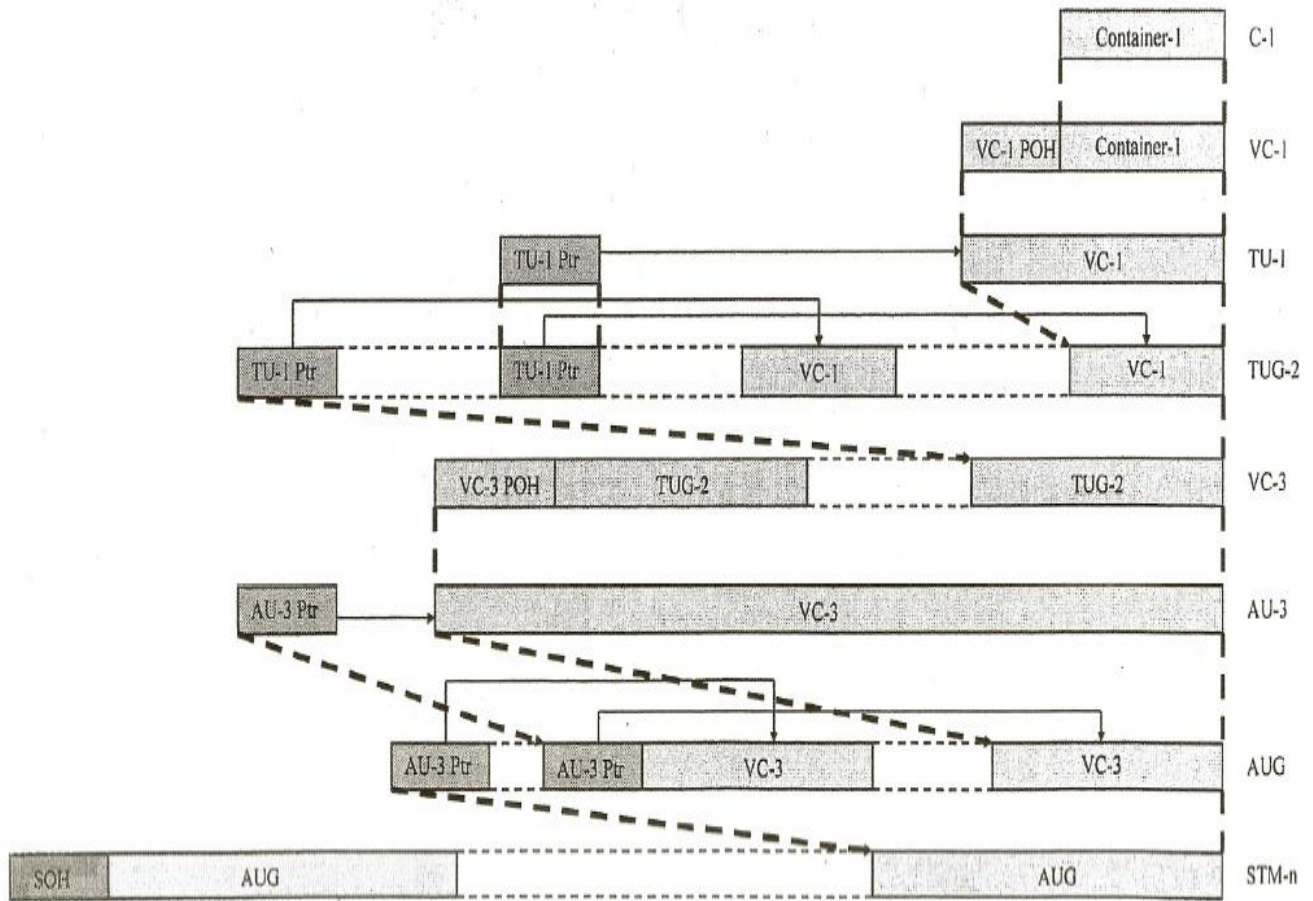
ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΟΛΥΠΛΕΞΙΑΣ ΑΠΟ C-1 ΜΕΣΩ ΑΥ-4



Ένα (container) C-1 γίνεται VC-1 (Virtual Container), προσθέτοντας σε αυτό POH (Path Overhead χαμηλής τάξης) ακολούθως το VC-1 γίνεται TU-1 (Tributary Unit) με την προσθήκη δεικτών (TU-1 pointers). Τρία TU-1 πολυλέγονται σε ένα TUG-2, και επτά TUG-2 πολυλέγονται σε ένα TUG-3. Στη συνέχεια τρία TUG-3 με την προσθήκη VC-4 POH (pointers) δημιουργούν το VC-4. Το VC-4 με την προσθήκη AU-4 pointers (Administrative Unit-4 pointers) γίνεται AUG (Administrative Unit Group) και με την προσθήκη SOH (Section Overhead) έχουμε το STM-n.

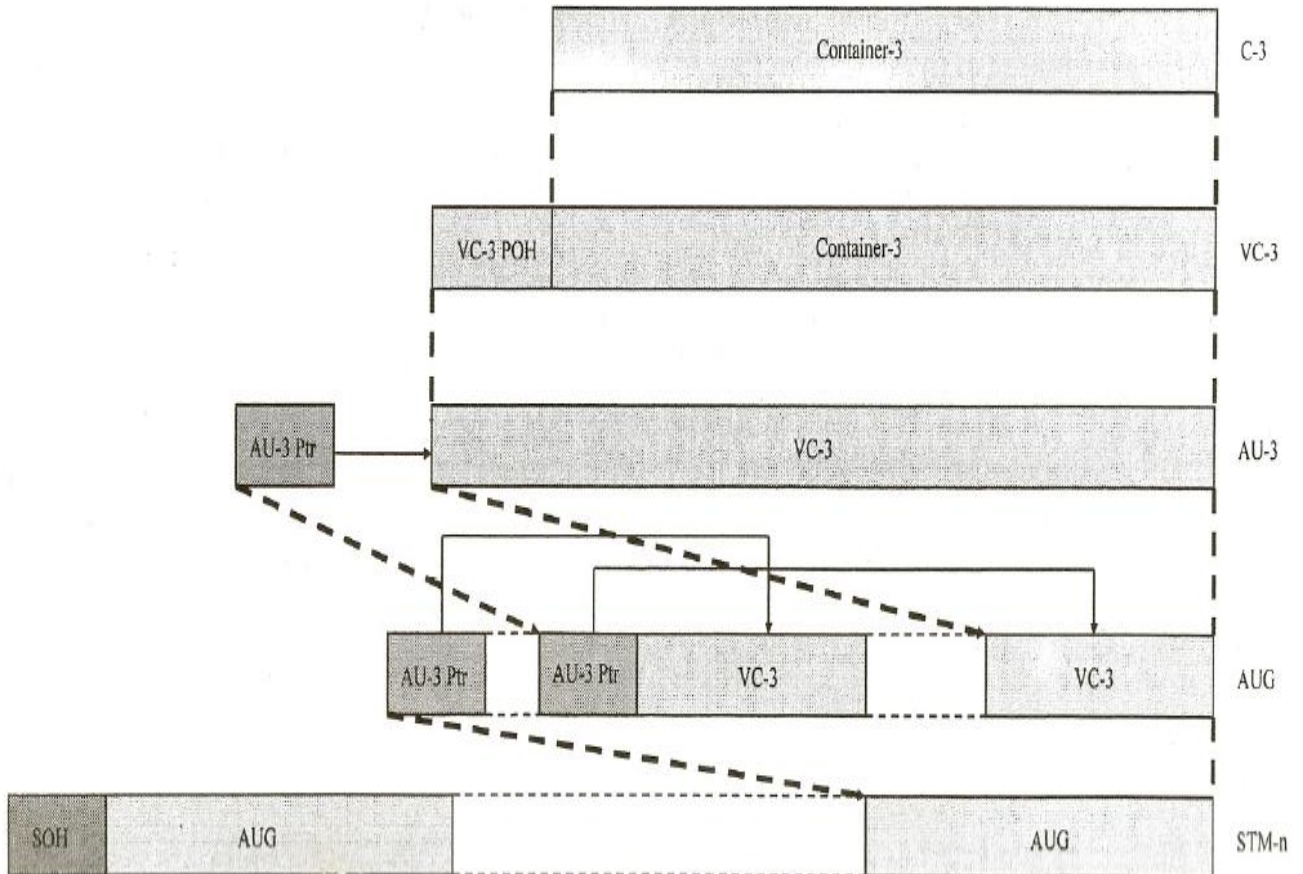
ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΟΛΥΠΛΕΞΙΑΣ

ΑΠΟ C-1 ΜΕΣΩ ΑU-3



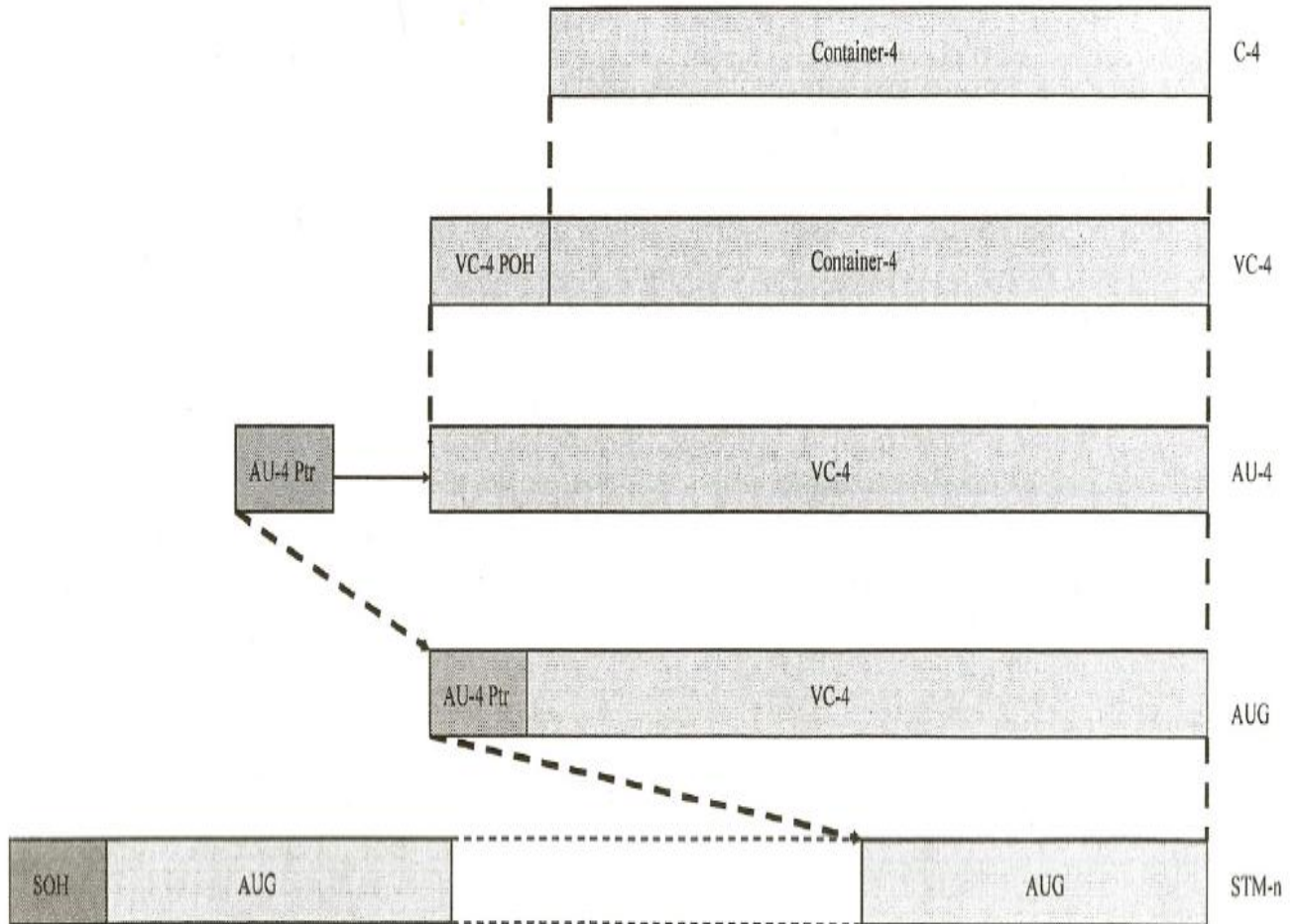
Ένα container C-1 γίνεται VC-1 προσθέτοντας σε αυτό VC-1 POH, ακολούθως το VC-1 γίνεται TU-1 με την προσθήκη TU-1 pointers. Τρία TU-1 πολυπλέκονται σε ένα TUG-2 και επτά TUG-2 πολυπλέκονται σε ένα VC-3, και τρία VC-3 με την βοήθεια των AU-3 pointers δημιουργούν μία AUG και η προσθήκη των SOH δημιουργεί ένα STM-n.

ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΟΛΥΠΛΕΞΙΑΣ ΑΠΟ C-3 ΜΕΣΩ ΑU-3



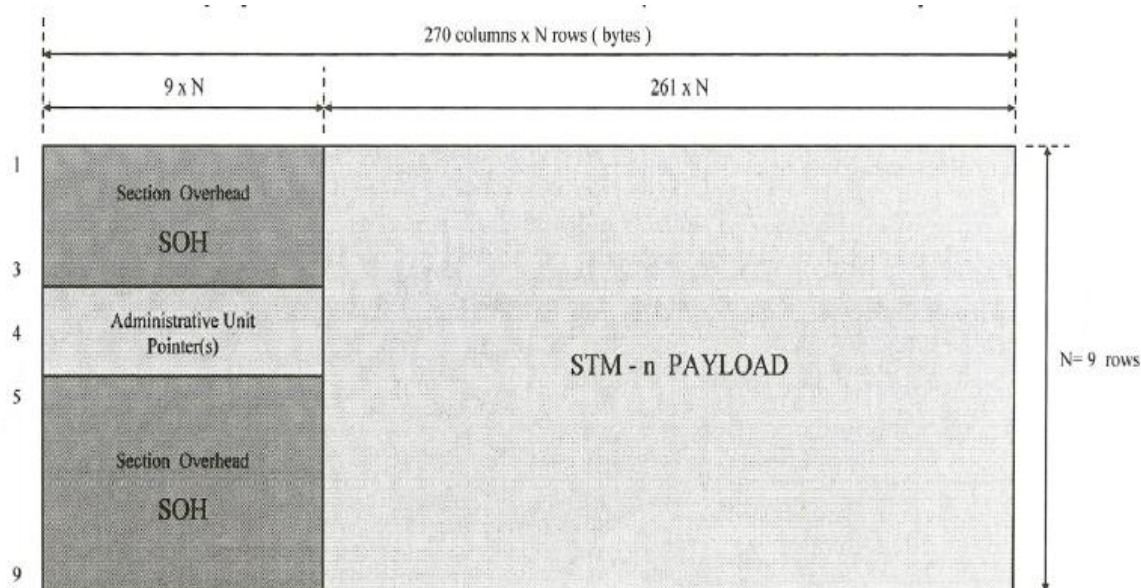
Ένα container C-3 γίνεται VC-3 (Virtual Container-3) με την προσθήκη VC-3 POH και ακολούθως AU-3 προσθέτοντας AU-3 pointers που τα μετέτρεψε σε AUG. Στη συνέχεια τρία AUG προσθέτοντας SOH γίνονται STM-n.

ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΟΛΥΠΛΕΞΙΑΣ ΑΠΟ C-4 ΜΕΣΩ ΑU-4



Ένα Container C-4 γίνεται VC-4 με την προσθήκη VC-4 POH, και με την βοήθεια του AU-4 pointer έχω μία AUG που παίρνει SOH και γίνεται STM-n.

Το STM Πλαίσιο



Στο παραπάνω σχήμα φαίνεται ένα παράδειγμα της δομής του πλαισίου STM-1. το πλαίσιο έχει διάρκεια 125 μs . Η αναπαράσταση του πλαισίου γίνεται με ένα διδιάστατο πίνακα, που αποτελείται από 9 γραμμές (*Rows*) και 270 στήλες (*Columns*). Οι τρεις κύριες περιοχές του πλαισίου STM-n είναι :

- ✓ SOH (Section Overhead).
- ✓ AU-Ptr (Administrative Unit Pointer).
- ✓ Information Payload.

Τα bytes των γραμμών 1-3 και 5-9 των στηλών είναι αφιερωμένα στο SOH (*Section Overhead*). Τα bytes της γραμμής 4 των στηλών 1-9 είναι αφιερωμένα στους Administrative Unit Pointers. Και τα bytes των γραμμών 1-9 των στηλών 10-270 (δηλ. 261×9) διατίθενται για το Information Payload. Η ταχύτητα του STM-1 πλαισίου είναι 155,5 Mbits/s.

Το SOH (*Section Overhead*) περιλαμβάνει τα bytes που είναι απαραίτητα για service, π.χ. σήμα ευθυγράμμισης πλαισίου (FAS), σήμα επίβλεψης, συντήρησης και ελέγχου. Διαχωρισμός γίνεται μεταξύ του τμήματος ανναγεννητών (RSOH) και MUX (MSOH).

Τα σήματα μεταξύ 2 έως 140 Mbit/sec (PDH) μεταφέρονται στην περιοχή του Payload. Αυτά τα σήματα ανακατεύονται μέσα στο STM-1 με προκαθορισμένους κανόνες.

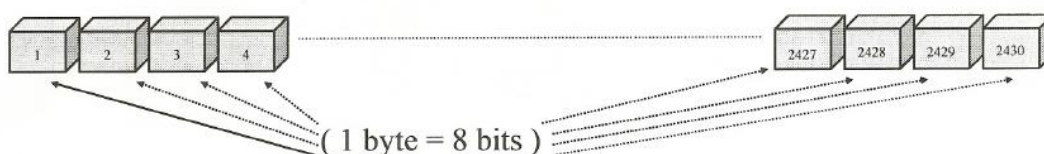
Η σχέση φάσης μεταξύ pointer και STM-1 πλαισίου βρίσκεται καταγραμμένη μέσα στον pointer, έτσι ένα tributary μπορεί να εντοπισθεί, εύκολα, μέσα στο πλαίσιο STM-1.

ΒΑΣΙΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΤΟΥ OVERHEAD

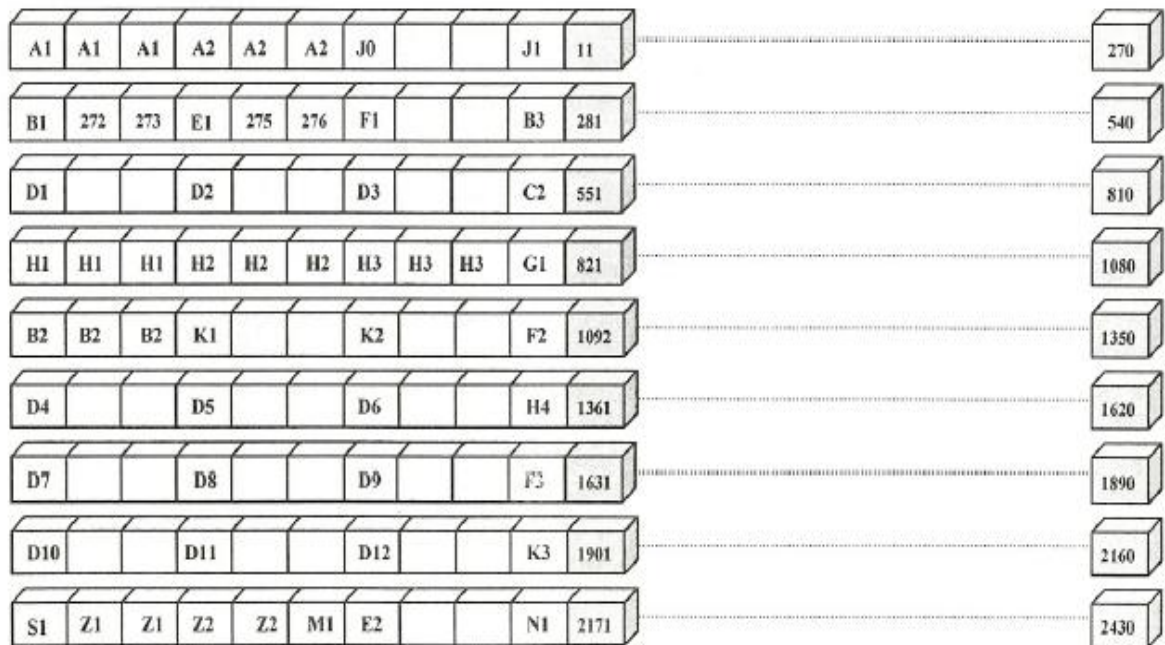
- ✓ Σχηματίζει το πλαίσιο.
- ✓ Ελέγχει.
- ✓ Συντηρεί.
- ✓ Παρακολουθεί λάθη.
- ✓ Παρακολουθεί κατάσταση.
- ✓ Είναι πάντα χωριστά από τις χρήσιμες πληροφορίες, που σημαίνει ότι μπορεί να αλλάχθει, να προστεθεί κάτι, να ερωτηθεί, οποιαδήποτε στιγμή χωρίς να χρειάζεται να αποπολυπλεχθεί το κύριο σήμα.

Η ΔΟΜΗ ΤΟΥ STM-1

Για την καλύτερη μελέτη των bytes του σειριακού stream ενός πλαισίου πρώτης τάξης της Σύγχρονης Ψηφιακής Ιεραρχίας όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα :

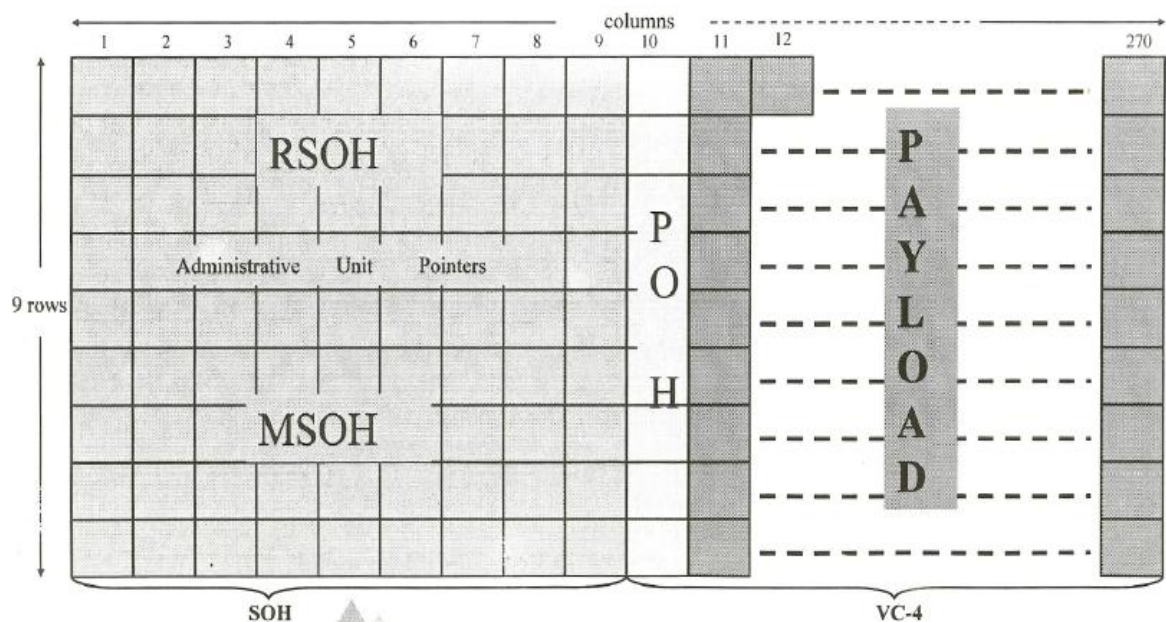


Χωρίζουμε τα 2430 bytes του σειριακού stream σε 9 ομάδες των 270 bytes και τις τοποθετούμε τη μία κάτω από την άλλη αναπαριστώντας έτσι το σειριακό stream (STM-1), με τον παρακάτω διδιάστατο πίνακα που αποτελείται από 9 γραμμές και 270 στήλες.



Η εκπομπή των bytes γίνεται από αριστερά προς τα δεξιά και από επάνω προς τα κάτω.

Έτσι λοιπόν το γνωστό μας frame του STM-1 παίρνει την κατωτέρω μορφή :



Ως γνωστόν έχουμε : $8000 \text{ frames/sec} \times 9 \text{ σειρές/frame} \times 270 \text{ bytes/σειρά} \times 8 \text{ bits/byte} = 155520 \text{ Kbit/sec}$.

Στο σχήμα διακρίνουμε :

- ✓ **To POH (Path Overhead).**
- ✓ **To MSOH (Multiplexer Section).**
- ✓ **To RSOH (Regenerator Section).**

Κάθε τμήμα έχει το δικό του Overhead και έτσι προκύπτουν τα τρία διαφορετικά Overhead του SDH. Κάθε Overhead παρέχει τα σήματα συντήρησης και υποστήριξης που συνδέονται με τη μετάδοση στο αντίστοιχο τμήμα του δικτύου.

Το POH (Path Overhead) περιέχεται μέσα στην περιοχή του Virtual Container του πλαισίου STM-1. στην περίπτωση του VC-4 το POH καταλαμβάνει και τα 9 bytes της πρώτης στήλης. Το POH (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.

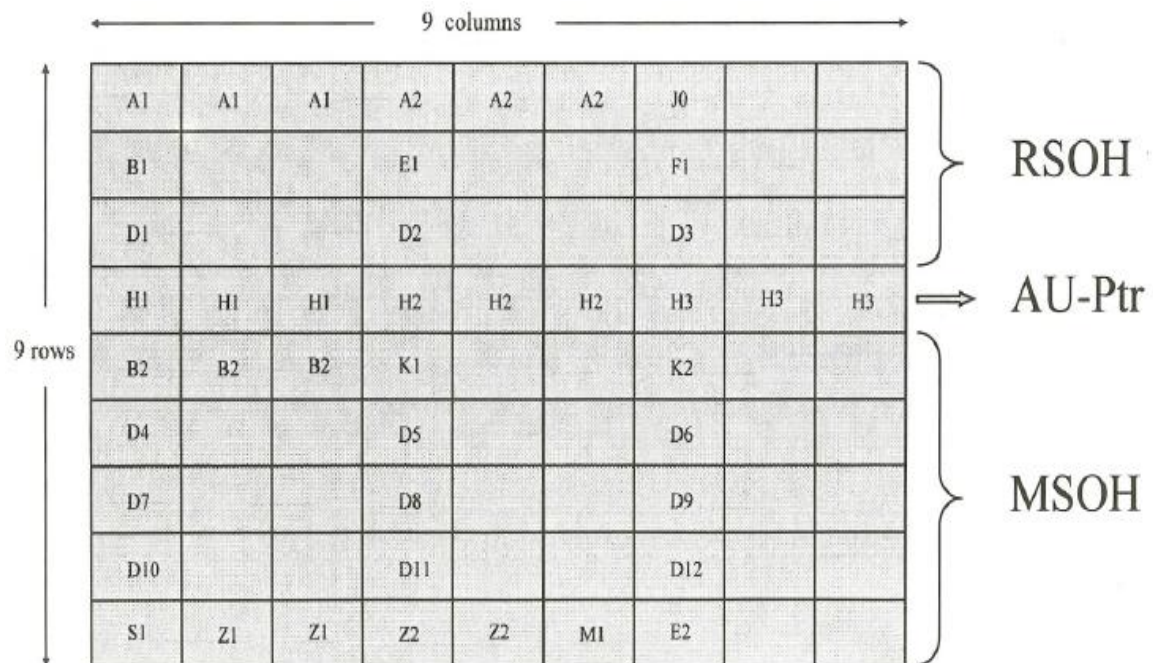
Το MSOH (Multiplex Section Overhead) και το RSOH (Regenerator Section Overhead), περιέχονται και τα δύο στο τμήμα του SOH (Section Overhead) του πλαισίου STM. Το RSOH (Regenerator Section Overhead) καταλαμβάνει τις γραμμές 1 έως 3 του SOH (Section Overhead), ενώ το MSOH (Multiplex Section Overhead) καταλαμβάνει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

Τα RSOH (Regenerator Section Overhead) και MSOH (Multiplex Section Overhead), εξασφαλίζουν όλες τις απαιτούμενες λειτουργίες για την υποστήριξη και συντήρηση της μεταφοράς των VC μεταξύ γειτονικών κόμβων του δικτύου SDH.

Η γραμμή 4 του SOH (Section Overhead) , χρησιμοποιείται από τον AU δείκτη.

ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ «REGENERATOR SECTION» ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ SDH

Όπως έχουμε είδη δει το SOH (Section Overhead) καταλαμβάνει τις στήλες 1-9 των γραμμών 1-9. Τα 81 bytes που προκύπτουν προσδιορίζονται ως :



Το τμήμα Regenerator Section του δικτύου SDH περιλαμβάνει το μέσο μετάδοσης και τις συσχετιζόμενες διατάξεις μεταξύ ενός στοιχείου του δικτύου (*network element*) και ενός αναγεννητή ή δύο αναγεννητηών. Οι συσχετιζόμενες διατάξεις περιλαμβάνουν τις οπτικές διεπαφές (*interfaces*) και τα μηχανήματα επεξεργασίας των SDH σημάτων στα οποία είτε αρχίζει είτε τερματίζεται το Regenerator Section Overhead (RSOH).

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΤΩΝ BYTES ΤΟΥ REGENERATOR SECTION OVERHEAD (RSOH)

Ευθυγράμμιση πλαισίου – Frame Alignment Pattern (A1, A2 bytes).

Τα bytes A1 και A2 προσδιορίζονται για την ευθυγράμμιση του πλαισίου. Στο STM-1 υπάρχουν 6 τέτοια bytes ενώ στο STM-N υπάρχουν N x 6 τέτοια bytes.

Χαρακτηρισμός Καναλιού – Channel Identifier (J0 byte).

Μέσω αυτού του byte κάθε STM-1 σήμα μέσα σε ένα STM-N χαρακτηρίζεται ξεχωριστά από έναν δυαδικό αριθμό που αντιστοιχεί στη σειρά εμφάνισής του στο byte-interleaved STM-N πλαίσιο.

Έλεγχος Ισοτιμίας – Parity Check (B1 byte).

Χρησιμοποιείται ένας 8-bit κώδικας ελέγχου ισοτιμίας. Ο υπολογισμός γίνεται πάνω σε όλα τα bits του STM-N πλαισίου. Η υπολογισθείς τιμή τοποθετείται στο RSOH του επόμενου STM-N πλαισίου.

Κανάλι Επικοινωνίας Δεδομένων – Data Communications Channel (D1-D3 bytes).

Το κανάλι επικοινωνίας δεδομένων (DCC) είναι χωρητικότητας 192 Kbit/sec για την ανταλλαγή πληροφοριών για τη διαχείριση και συντήρηση του δικτύου μεταξύ των διατάξεων τερματισμού του Regenerator Section Overhead (π.χ. Αναγεννητές ή SDH στοιχεία δικτύου).

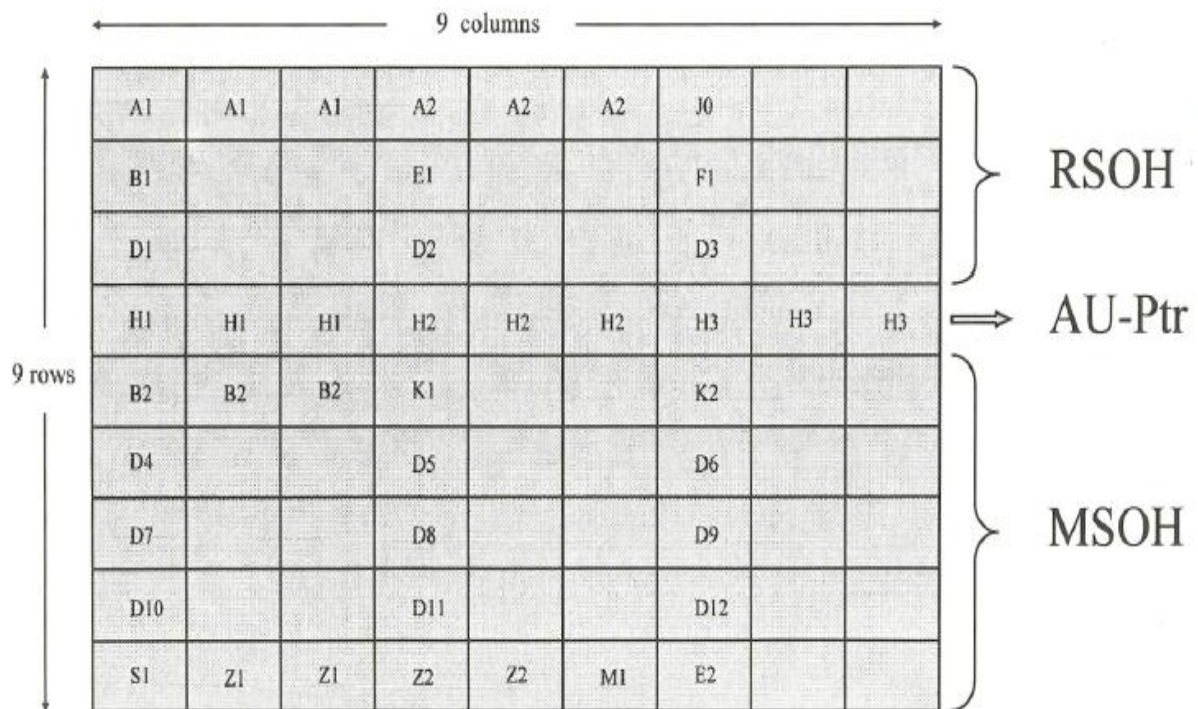
Κανάλια Επικοινωνίας Φωνής – Voice Communications Channel (E1 byte).

Μέσω του υπηρεσιακού αυτού καναλιού επιτυγχάνεται η επικοινωνία φωνής μεταξύ των τερματικών διατάξεων του Regenerator Section. Αυτό το κανάλι προορίζεται για να χρησιμοποιηθεί σαν τοπικό υπηρεσιακό κανάλι για επικοινωνία φωνής μεταξύ των τερματικών σημείων του Regenerator Section Overhead.

Κανάλι Χρήστη – User Channel (F1 byte).

Το κανάλι αυτό διατίθεται στον χειριστή του δικτύου (*network operator*) για την επικοινωνία δεδομένων. Η πληροφορία που μεταδίδεται σε αυτό το κανάλι μπορεί να περάσει από τους αναγεννητές χωρίς να υποστεί καμία μεταβολή. Εναλλακτικά, οι αναγεννητές μπορούν να μεταβάλλουν την πληροφορία αυτή.

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ BYTES ΤΟΥ REGENERATOR SECTION OVERHEAD (SOH)



Το Regenerator Section Overhead (SOH) αποτελείται από 13 bytes που είναι προσδιορισμένα. Τα 3XA1, 3XA2, J0, B1, E1, F1, D1,D2,D3.

A1, A2 : Τα A1, A2 bytes αποτελούν ένα πρότυπο ευθυγράμμισης πλαισίου με τιμή 11110110 και 00101000 αντιστοίχως. Τα byte αυτά υπάρχουν σε όλα τα STM-1 πλαίσια ενός STM-N πλαισίου. Λειτουργούν επίσης και σαν bytes αναφοράς, για τον προσδιορισμό των υπόλοιπων bytes μέσα στο STM πλαίσιο.

J0 : Το J0 byte παίρνει μία δυαδική τιμή που αντιστοιχεί στη σειρά εμφάνισής του μέσα στο STM-N πλαίσιο και μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην ευθυγράμμιση πλαισίου και στην διαδικασία de-interleaving για τον καθορισμό της θέσης άλλων σημάτων. Το byte αυτό υπάρχει σε όλα τα STM-1 πλαίσια μέσα σε ένα STM-N. Η τιμή για το πρώτο STM-1 είναι 1 (00000001).

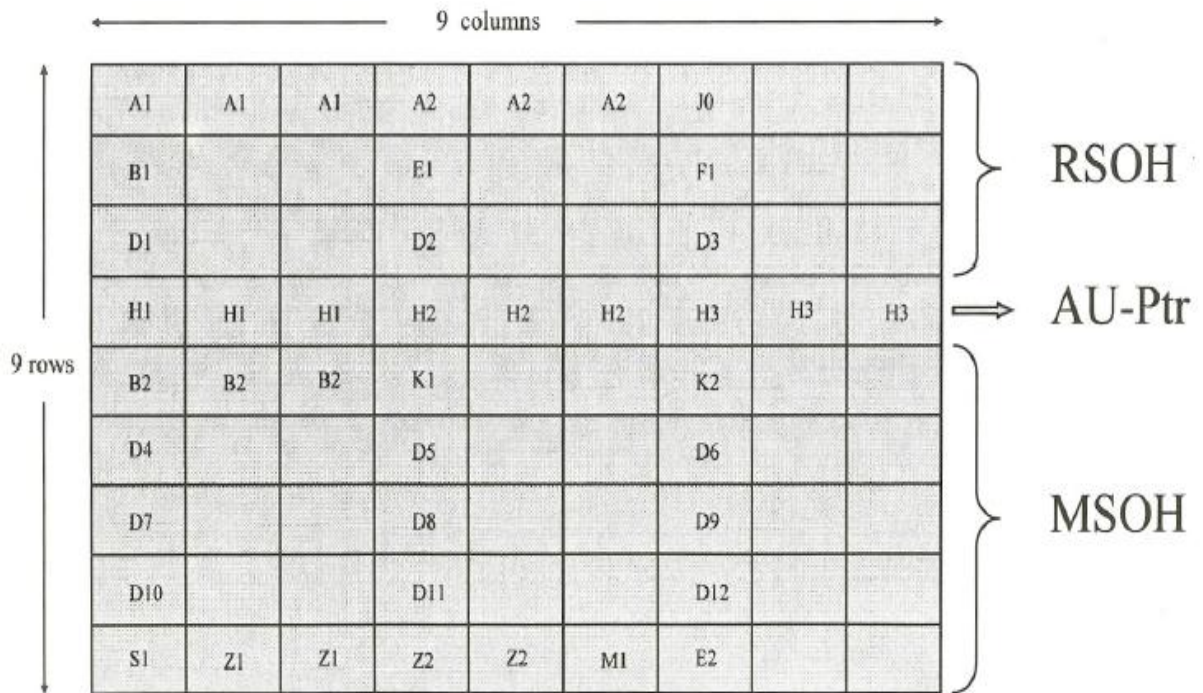
B1 : Ένας 8-bit κώδικας (**BIP-8**) ελέγχου ισοτιμίας. Ο υπολογισμός γίνεται πάνω σε όλα τα bits του STM-N πλαισίου (μετά την κωδικοποίηση Scrambling). Η υπολογισθείσα τιμή τοποθετείται στο Regenerator Section Overhead (RSOH) του επόμενου STM-N πλαισίου (πριν την κωδικοποίηση – Scrambling). Το byte αυτό ορίζεται μόνο για το πρώτο STM-1 ενός STM-N πλαισίου. Μέσω της τιμής του B1 επιτυγχάνεται η παρακολούθηση των λαθών του Regenerator Section.

E1 : Τοπικό υπηρεσιακό κανάλι για επικοινωνία φωνής μεταξύ των αναγεννητών κομβικών τερματικών διατάξεων και απομακρυσμένων τερματικών διατάξεων. Το byte αυτό ορίζεται μόνο για το πρώτο STM-1 ενός STM-n σήματος.

F1 : Το κανάλι αυτό διατίθεται στον χειριστή του δικτύου (network operator) για την επικοινωνία δεδομένων στο επίπεδο του Regenerator Section Overhead. Το byte αυτό ορίζεται μόνο για το πρώτο STM-1 ενός STM-n πλαισίου.

D1 – D3 : Τα D1, D2, D3 παρέχουν συνολικά ένα κανάλι επικοινωνίας δεδομένων (DCC) χωρητικότητας 192 Kbit/sec για επικοινωνία μεταξύ των διατάξεων τερματισμού των Multiplex Section Overhead. Είναι ένα κανάλι για πρωτόκολλο επικοινωνίας μηνυμάτων για πληροφορίες διαχείρισης και συντήρησης δικτύου. Τα bytes αυτά ορίζονται μόνο για το πρώτο STM-1 ενός STM-n σήματος.

ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ MULTIPLEXER SECTION OVERHEAD (MSOH) ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ SDH



Το Multiplexer Section Overhead (MSOH) του δικτύου SDH περιλαμβάνει το μέσο μετάδοσης, μαζί με τις σχετιζόμενες τερματικές διατάξεις (συμπεριλαμβανομένων και των αναγεννητών), που παρέχει το μέσο για τη μεταφορά πληροφορίας μεταξύ δύο διαδοχικών κόμβων του δικτύου (π.χ. SDH Multiplexers, SDH cross-connect switches). Ένας από τους κόμβους του δικτύου αρχίζει το MSOH ενώ ο άλλος το τερματίζει.

Στα δίκτυα SDH το Multiplexer Section Overhead έχει ιδιαίτερη σημασία. Είναι το επίπεδο στο οποίο το SDH δίκτυο παρέχει προστασία απέναντι σε οποιαδήποτε βλάβη των διατάξεων και καταστροφή των επιδόσεων (*performance*). Η προστασία καλύπτει τις λειτουργίες του SDH από το σημείο στο οποίο γίνεται η εισαγωγή του MSOH στο σήμα προς μετάδοση μέχρι το σημείο του τερματισμού του. Σε περίπτωση διάγνωσης αποτυχίας (ή κακής επίδοσης), το SDH δίκτυο θα μεταγάγει τα αντίστοιχα

VC σε ένα εφεδρικό κύκλωμα μετάδοσης του Multiplexer Section Overhead (MSOH). Αυτή η διαδικασία αναφέρεται με τον όρο Multiplexer Section Protection (MSP). Το εφεδρικό κύκλωμα είναι γνωστό ως κανάλι προστασίας και περιλαμβάνει μέσα μετάδοσης, αναγεννητές (αν απαιτούνται) και διατάξεις τερματισμού του Multiplexer Section Overhead (MSOH).

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΤΩΝ BYTES ΤΟΥ MULTIPLEXER SECTION OVERHEAD (MSOH)

Δείκτες AU – AU Pointers (H1, H2, H3 bytes).

Τα byte που αποτελούν τον δείκτη AU (Administrative Unit) δεν είναι στην πραγματικότητα μέρος του Multiplexer Section Overhead (MSOH). Παρόλα αυτά τα συμπεριλαμβάνουμε εδώ για λόγους πληρότητας αφού η επεξεργασία και αυτών των byte γίνεται από τις διατάξεις τερματισμού του Multiplexer Section Overhead (MSOH). Ο δείκτης AU παρέχει τη διασύνδεση μεταξύ του Section Overhead (SOH) και των συσχετιζόμενων VC(s). Υπάρχουν ξεχωριστοί δείκτες για κάθε VC-3, VC-4 σε ένα STM-n πλαίσιο. Οι δείκτες παρέχουν την απαραίτητη υποστήριξη για δυνατότητες δικτύωσης στο SDH.

Αυτόματη Μεταγωγή Προστασίας – Automatic 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 Multiplexer Section Overhead (MSOH).

Έλεγχος Άρτιας Ισοτιμίας – Parity Check (B2 bytes).

Τα τρία B2 bytes προορίζονται για τον έλεγχο της ισοτιμίας με σκοπό την παρακολούθηση λαθών στο Multiplexer Section Overhead (MSOH). 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 bit του Regenerator Section Overhead (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.

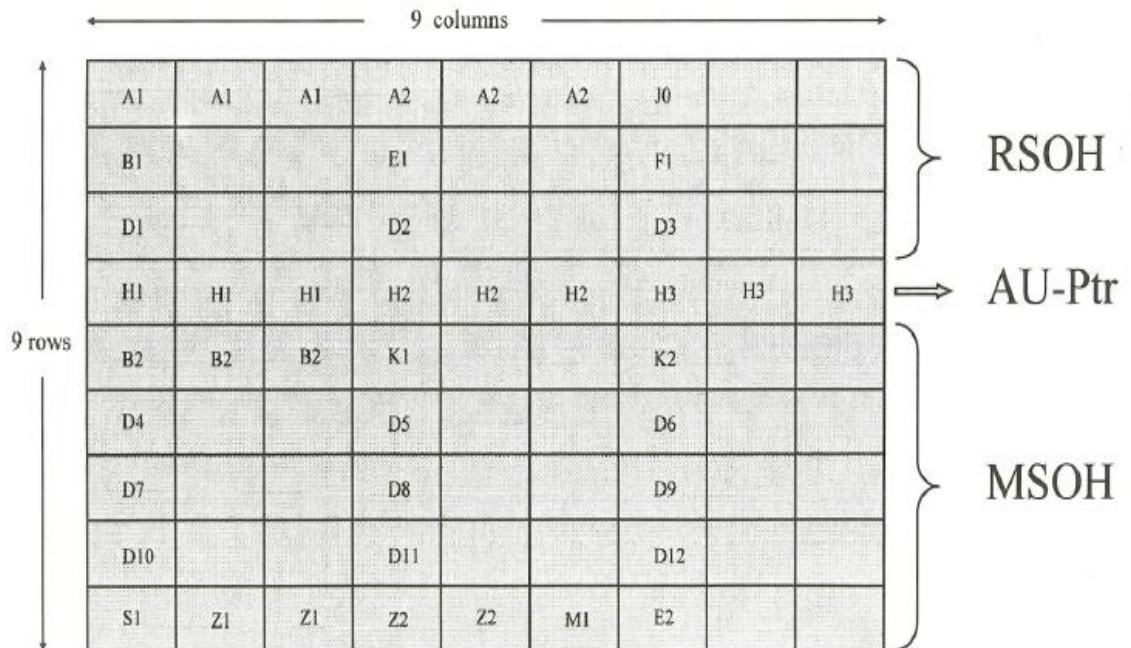
Κανάλια Επικοινωνίας Δεδομένων – Data Communications Channel (D4 – D12).

Το κανάλι επικοινωνίας δεδομένων (DCC) χωρητικότητας 576 Kbit/sec επιτρέπει την ανταλλαγή πληροφοριών διαχείρισης δικτύου και συντήρησης μεταξύ των διατάξεων τερματισμού των Multiplexer Section Overhead (MSOH). 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.

Κανάλια Επικοινωνίας Φωνής – Voice Communications Channel (E2 byte).

Μέσω αυτού του υπηρεσιακού αυτού καναλιού επιτυγχάνεται η επικοινωνία φωνής μεταξύ των τερματικών διατάξεων του Multiplexer Section Overhead (MSOH).

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ BYTES ΤΟΥ MULTIPLEXER SECTION OVERHEAD (MSOH)



Το Multiplexer Section Overhead (MSOH) αποτελείται από 30 bytes που είναι προσδιορισμένα. Τα 9 bytes (3XH1, 3XH2, 3XH3) της τέταρτης γραμμής αφορούν τους δείκτες (AU-pointers). Τα bytes αυτά αν και δεν ανήκουν ουσιαστικά στο Multiplexer Section Overhead (MSOH), εν τούτοις εξετάζονται μαζί. Τα υπόλοιπα bytes είναι τα : 3XB2, K1, K2, D4-D12, S1, 2XZ1, 2XZ2, M1, E2.

B2 : Τα τρία B2 bytes προορίζονται για τον έλεγχο της ισοτιμίας με σκοπό την παρακολούθηση λαθών στο Multiplexer Section Overhead (MSOH). Χρησιμοποιείται ο 24-bit κώδικας ζυγής ισοτιμίας BIP-24 (*Bit Interleaved Parity-BIP-24*). Ο έλεγχος πραγματοποιείται πάνω σε όλα τα bit του προηγούμενου πλαισίου STM-1 εκτός από τα bit του Regenerator Section Overhead (RSOH). Στην περίπτωση του STM-n κάθε STM-1 έχει τη δική του διαδικασία ελέγχου ισοτιμίας.

K1, K2 : Μέσω αυτών των bytes μεταφέρεται η πληροφορία ενεργοποίησης της διαδικασίας της Αυτόματης Μεταγωγής Προστασίας για τα Multiplexer Section Overhead (MSOH), η οποία είναι γνωστή ως MSP (Multiplexer Switching Protection). Τα bytes αυτά, ορίζονται μόνο για το πρώτο STM-1 ενός STM-n πλαισίου.

D4-D12 : Τα D4-D12 bytes παρέχουν συνολικά ένα κανάλι επικοινωνίας δεδομένων 576 Kbit/sec για επικοινωνία μεταξύ των διατάξεων τερματισμού των Multiplexer Section Overhead (MSOH). Είναι ένα κανάλι για πρωτόκολλο επικοινωνίας μηνυμάτων για πληροφορίες διαχείρισης και συντήρησης δικτύου. Τα bytes αυτά ορίζονται μόνο για το πρώτο STM-1 ενός STM-n πλαισίου.

S1 : Το byte αυτό μεταφέρει την πληροφορία της ποιότητας της πηγής χρονισμού (Synchronization Status Message). Το περιεχόμενο του S1 byte ορίζεται από το χρήστη. Για την κωδικοποίηση της πληροφορίας χρησιμοποιούνται τα bits 5, 6, 7 και 8 του συγκεκριμένου byte σύμφωνα με το παρακάτω πίνακα της ITU-T :

S1 Bits 5, 6, 7, 8	SDH Synchronization Quality Level
0000	Quality unknown
0010	G.811 Primary Reference Clock (PRC)
0100	G.812 Secondary Supply Unit (SSU) Transit
1000	G.812 Secondary Supply Unit (SSU) Local
1011	Synchronous Equipment Timing Source (SETS)
1111	Don't use for synchronization
Άλλες τιμές	Reserved

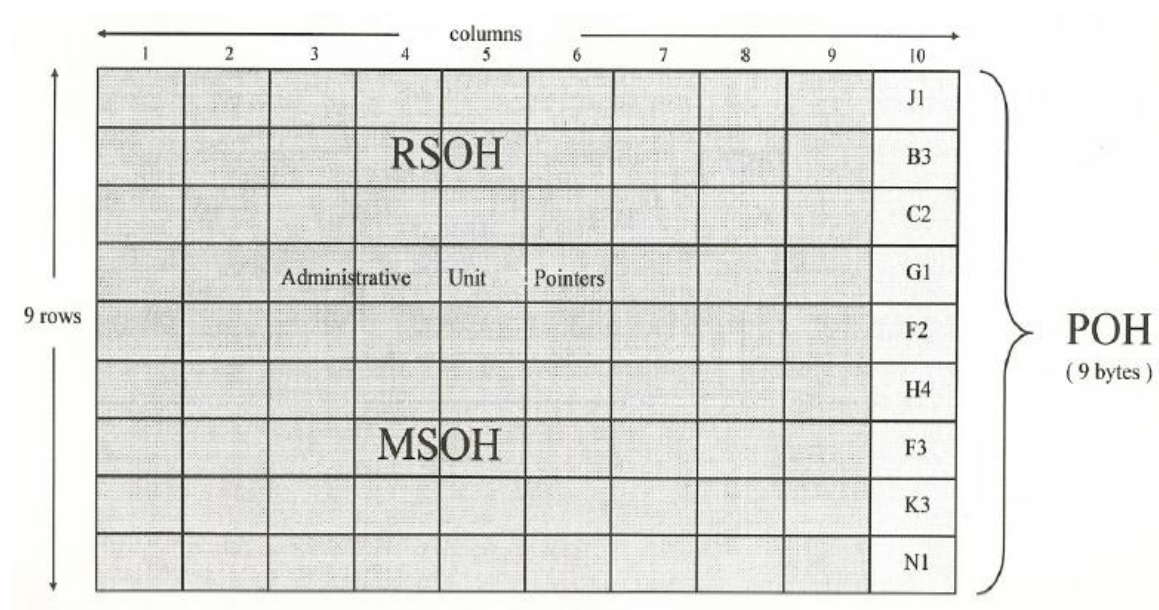
Z1, Z2 : Τα bytes αυτά δεν έχουν ακόμα προσδιοριστεί και είναι διαθέσιμα για μελλοντική χρήση.

M1 (MS-REI) : Χρησιμοποιείται σαν Multiplex Section REI (Remote Error Indication). Σε επίπεδο STM-n το byte αυτό μεταβιβάζει τον αριθμό (0 έως N) των κατά παράθεση blocks από bits, τα οποία έχουν ανακαλυφθεί με σφάλμα. Τα blocks αυτά ελέγχονται από ένα κώδικα ανίχνευσης λαθών BIP-24.

E2 : Παρέχει ένα υπηρεσιακό κανάλι φωνής για επικοινωνία μεταξύ των στοιχείων του δικτύου των Multiplexer Section Overhead (MSOH). Το byte αυτό ορίζεται μόνο για το πρώτο STM-1 ενός STM-n πλαισίου.

H1-H2 : Τα byte αυτά αποτελούν τον δείκτη AU και δεν είναι στην πραγματικότητα μέρος του Multiplexer Section Overhead (MSOH).

ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ PATH OVERHEAD ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ SDH



Με τον όρο “ *Path* “ στο δίκτυο SDH εννοούμε τη λογική σύνδεση μεταξύ 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.

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΤΟΥ PATH OVERHEAD

Έλεγχος Ισοτιμίας – Parity Check (B3 byte).

Το byte B3 προορίζεται για τον έλεγχο της ισοτιμίας με σκοπό την παρακολούθηση λαθών στο path υψηλής τάξης. Χρησιμοποιείται ο κώδικας

ζυγής ισοτιμίας BIP-8. Ο έλεγχος πραγματοποιείται πάνω σε όλα τα bit του προηγούμενου VC-4 (πριν την κωδικοποίηση scrambling) και το αποτέλεσμα τοποθετείται στο B3 του τρέχοντος VC-4 (πριν την κωδικοποίηση scrambling).

Σήματα Συναγερμών – Alarm Signals.

Ένα μέρος του Multiplexer Section Overhead (MSOH) αποτελείται από πληροφορίες σχετικά με συναγερμούς.

Πληροφορία για τη δομή του VC – Virtual Container Structure Information (C2 byte).

Με το byte C2 δηλώνεται η σύνθεση του VC. Για παράδειγμα η τιμή 00000000 σημαίνει ότι αυτό το συγκεκριμένο VC δεν περιέχει σήματα εισόδου (*unequipped*) ενώ η τιμή 00000001 ότι περιέχει σήματα χωρίς κάποια παραπέρα πληροφορία για το είδος αυτών των σημάτων. Οι υπόλοιπες 254 τιμές προδιαγράφονται από την CCITT.

Μήνυμα Ιχνηλάτησης Path – Path Trace Message (J1 byte).

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

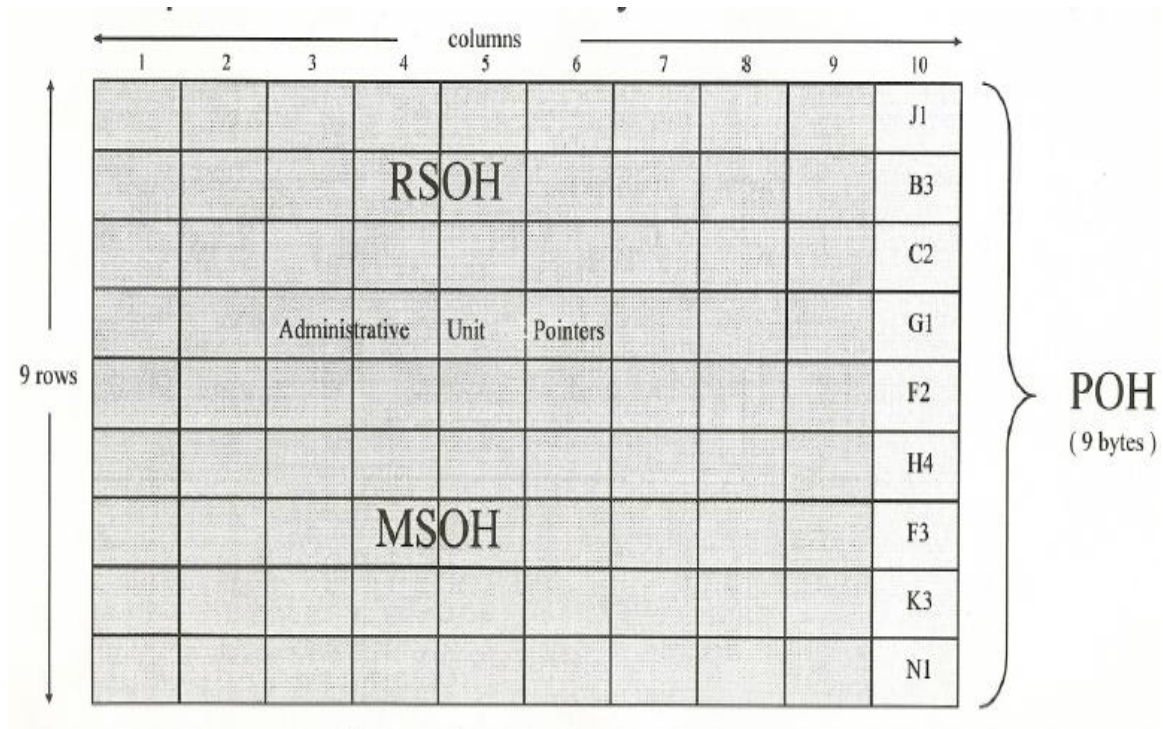
Δείκτης Θέσης Πολυπλαισίου – Multiframe Indicator (H4 byte).

Το byte αυτό προορίζεται για την γενική χρήση ανάλογα με το είδος της πληροφορίας. Για παράδειγμα στην περίπτωση του TU-12 πολυπλαίσιο που αποτελείται από 4 TU πλαίσια, ο δείκτης αυτός δείχνει ποιο από τα 4 πλαίσια «απασχολεί» το τρέχον VC.

Κανάλι Επικοινωνίας Χρήστη – User Communication Channel (F2 byte).

Το κανάλι αυτό διατίθεται στον χειριστή του δικτύου (*network operator*) για την επικοινωνία δεδομένων μεταξύ των τερματικών διατάξεων αρχής και τέλους του path.

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ BYTES ΤΟΥ PATH OVERHEAD ΥΨΗΛΗΣ ΤΑΞΗΣ



J1 : Το J1 byte χρησιμοποιείται για την συνεχή εκπομπή ενός σταθερού μηνύματος μήκους 64 bytes. Με το μήνυμα αυτό ελέγχεται η συνέχεια (*continuity*) της σύνδεσης μεταξύ οποιουδήποτε σημείου του path και του σημείου δημιουργίας και εκπομπής του VC (πηγή). Έτσι η λήψη μπορεί να γνωρίζει ότι το σήμα φτάνει συνεχώς από την ίδια πηγή.

B3 : Το byte B3 προορίζεται για τον έλεγχο της ισοτιμίας. Χρησιμοποιείται ο κώδικας ζυγής ισοτιμίας BIP-8. Ο έλεγχος πραγματοποιείται πάνω σε όλα τα bit του προηγούμενου VC-4 (πριν την κωδικοποίηση scrambling) και το αποτέλεσμα τοποθετείται στο B3 του τρέχοντος VC-4 (πριν την κωδικοποίηση Scrambling).

C2 : Με το byte C2 δηλώνεται η σύνθεση του VC μέσω μίας από τις 256 δυνατές τιμές που μπορεί να περιέχει.

G1 : Το byte G1 χρησιμοποιείται από την τερματική διάταξη κατάληξης του path για μεταφορά προς την τερματική διάταξη αρχής του path πληροφοριών σχετικών με την επίδοση του path και τη λειτουργική

κατάστασή του. Έτσι επιτυγχάνεται ο έλεγχος της κατάστασης και στα δύο άκρα ενός path. Το byte αυτό μεταφέρει δύο είδη πληροφορίας: την FEBE (Far End Black Error) και την FERF (Far End Receive Failure).

F2 : Το κανάλι αυτό διατίθεται στον χειριστή του δικτύου (*network operator*) για την επικοινωνία δεδομένων μεταξύ των τερματικών διατάξεων αρχής και τέλους του path Overhead.

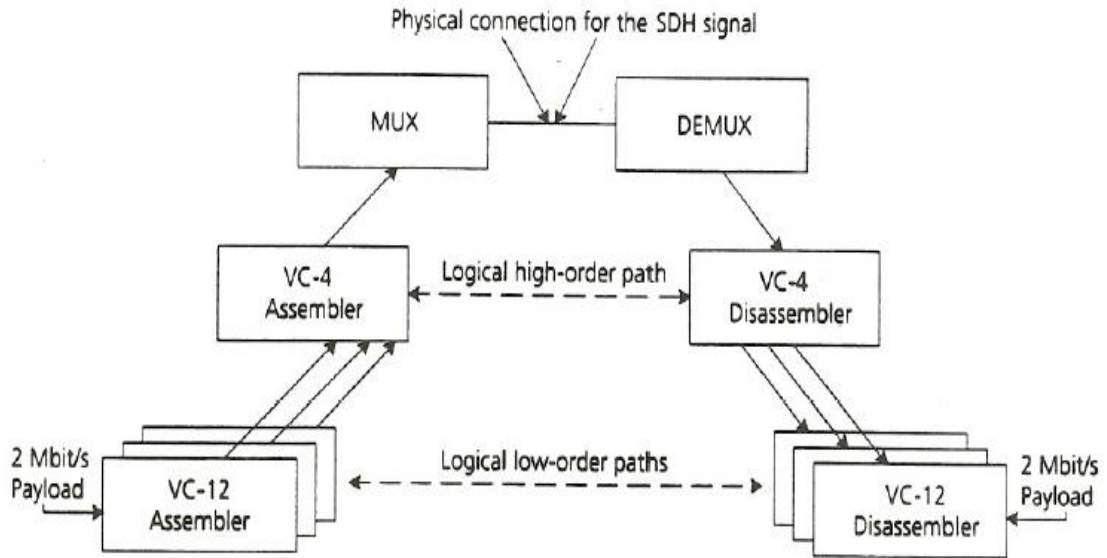
H4 : Δείκτης θέσης πολυπλαισίου για δομημένα TU.

F3, K3, N1 : Είναι διαθέσιμα για μελλοντική χρήση.

ΑΠΟΚΛΙΣΕΙΣ ΦΑΣΗΣ ΚΑΙ ΑΥΞΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΜΕΙΩΣΕΙΣ ΤΟΥ AU-4 POINTER

Στο σχήμα βλέπουμε παραστατικά την τοποθέτηση ενός σήματος 2048 Kbit/sec (2 Mbit/sec) σε ένα σήμα SDH. Όπως βλέπουμε στο σχήμα μπορεί να θεωρήσουμε ότι έχουμε λογική επικοινωνία με οδούς κατώτερης και ανώτερης τάξης στα δύο άκρα της ζεύξης (π.χ. VC-12 με VC-12 ή VC-4 με VC-4).

Στο σχήμα βλέπουμε στο ένα άκρο την τοποθέτηση του σήματος 2048 Kbit/sec (2 Mbit/sec) στο VC-12 (μέσω του assembler), για αποκατάσταση της λογικής οδού σύνδεσης σε στάθμη VC-12 με το άλλο άκρο. Η σύνδεση αυτή για να αποκατασταθεί διέρχεται μέσα από ένα αριθμό μερών του συστήματος SDH και λογικών οδών ανώτερης τάξης. Έτσι όπως βλέπουμε στο σχήμα τα VC-12 διαφόρων σημάτων 2048 Kbit/sec (2 Mbit/sec) τοποθετούνται στο VC-4 (μέσω του assembler).



Έτσι έχουμε τη λογική επικοινωνία των δύο άκρων σε σταθμό VC-4. παρατηρούμε όμως ότι κατά μήκος της οδού του VC-4 είναι δυνατό να έχουμε VC-12 που προστίθεται (added) ή απολαμβάνονται (dropped) από το VC-4. Στον MUX (Multiplexer) του σχήματος έχουμε πρόσδοση του SOH. Το payload όμως του σήματος προσδίδεται από τον VC-4 assembler. Παρατηρούμε ότι είναι δυνατόν να έχουμε προσωρινά μικρές αποκλίσεις φάσης των ρολογιών, που χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία των σημάτων σε διάφορα σημεία του δικτύου. Έτσι τότε μπορεί σε ένα επίπεδο να έχουμε καθυστέρηση ή επιπορεία από άλλα επίπεδα έστω ότι το σήμα VC-4 της οδού ανώτερης τάξης καθυστερεί σε σχέση με το τμήμα MUX του συστήματος. Στην περίπτωση αυτή η οδός ανώτερης τάξης δεν θα μπορεί να δώσει ένα byte για μετάδοση τότε που το τμήμα MUX (Multiplexer) του συστήματος είναι έτοιμο να το στείλει. Αυτό αντιμετωπίζεται τότε με ρύθμιση του AU-4 pointer. Ως γνωστόν το AU-4 pointer καθορίζει την έναρξη του VC-4 στο STM-1 frame. Στην περίπτωση της καθυστέρησης του VC-4 αυξάνει η τιμή του AU-4 pointer κατά μία θέση (τρία bytes). Επίσης το VC-4 θα εκκινήσει σε μία θέση του πλαισίου κατά τρία bytes αργότερα. Έτσι λαμβάνοντας υπόψη το ότι κάθε byte διαρκεί 0,065 μsec, διατίθεται χρόνος περίπου 0,2 μsec (3 X 0.065) στο σύστημα που καθυστερεί για να χορηγήσει το byte για μετάδοση. Τότε έχουμε στο frame τρία μη χρησιμοποιούμενα byte. Αυτά αμέσως μετά τα H1, H2, H3 byte του pointer. Έτσι όταν έχουμε αύξηση του

pointer, το VC-4 ολισθαίνει κατά τρία byte από τη θέση των byte του pointer. Λέμε ότι έχουμε τότε θετικό “ justification του AU-4 pointer “. Αντίθετα όταν το σήμα ανώτερης τάξης οδού VC-4 έχει επιπορεία σε σχέση με το τμήμα MUX του συστήματος, τότε έχουμε αρνητικό “ justification του AU-4 pointer “. Στην περίπτωση αυτή η οδός ανώτερης τάξης (VC-4) διαθέτει για αποστολή bytes, πριν να είναι έτοιμο να τις στείλει το τμήμα MUX του συστήματος. Αυτό αντιμετωπίζεται με μείωση της τιμής του pointer κατά μία θέση (τρία bytes). Έτσι το VC-4 εκκινεί τώρα σε μια θέση στο frame κατά τρία bytes νωρίτερα. Αυτό σημαίνει ότι ο MUX διαθέτει επιπλέον χρόνο 0,2 msec (3 byte X 0.065) για μετάδοση των bytes. Το SDH frame πρέπει τώρα να διαθέσει χρόνο για τρία επιπλέον bytes. Ο χώρος αυτός βρίσκεται στην περιοχή pointer του SOH και αποτελείται από τα τρία byte του H3. έτσι όταν το pointer μειώνεται έχουμε ολίσθηση του VC-4 κατά τρία bytes προς τα bytes του pointer.

Η ΔΟΜΗ ΤΟΥ AU-4 POINTER

Το pointer της AU-4 αποτελείται από τα 9 bytes του σχήματος (κάθε byte από 8 bit).

H1	Y	Y	H2	1*	1*	H3	H3	H3
----	---	---	----	----	----	----	----	----

$$Y = 1001SS11 \quad (S \text{ ακαθόριστο})$$

$$1^* = \text{όλα τα bits } 1$$

Στο σχήμα βλέπουμε τα 9 bytes του pointer του AU-4 (H1, Y ,Y H2, 1*, 1*, H3, H3, H3). Τις τιμές των bytes Y και 1* τις βλέπουμε στο σχήμα. Τα τρία bytes H3 του pointer χρησιμοποιούνται στην περίπτωση του αρνητικού justification. Έτσι ουσιαστικά το pointer αποτελείται από τα bytes H1 και H2. Το περιεχόμενο των bytes H1 και H2 είναι:

$$H1 = N N N N S S I D$$

$$H2 = I D I D I D I D$$

$$N = \text{New Data Flag}$$

I = Increment bits

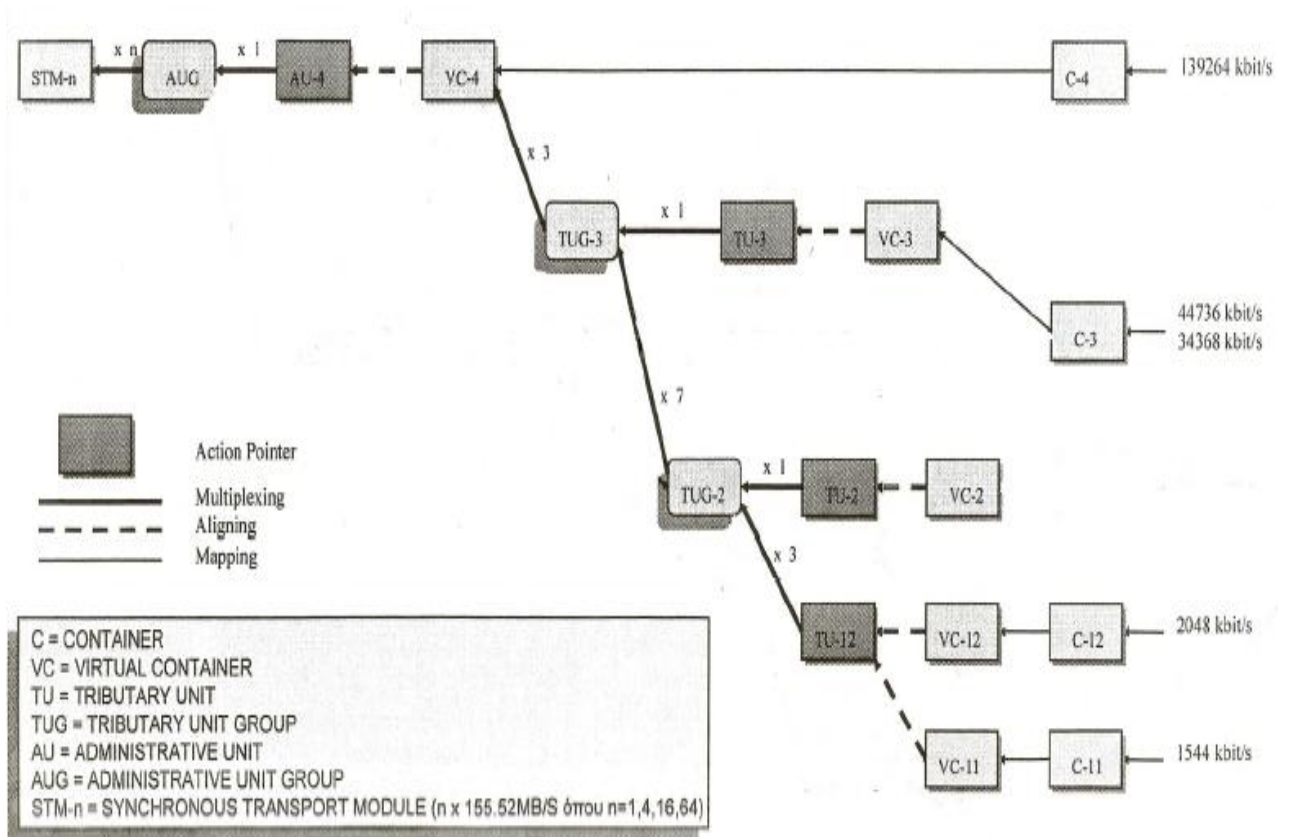
D = Decrement bits

Τα bits ID των H1 και H2 (10 bits), είναι αυτά που μεταφέρουν την πραγματική τιμή του pointer, δηλαδή που καθορίζουν τον αριθμό της θέσης έναρξης του VC-4 στο τμήμα μεταφοράς φορτίου STM-1. Κάθε αριθμός θέσης διαθέτει τρία bytes και ο μέγιστος αριθμός θέσης είναι 782 δεκαδικός (αν και με τα 10 bits έχουμε 1023 αριθμούς). Εκτός από τον καθορισμό θέσης του VC-4 , τα bits ID (5 bits I και 5 bits D), χρησιμοποιούνται για να υποδηλώσουν αύξηση ή μείωση του pointer κατά μία θέση (3 bytes). Εξ' ου και η ονομασία τους : Increment και Decrement bits. Έτσι όπως δείχνει το επόμενο σχήμα όταν θα αυξηθεί κατά μία θέση η τιμή του pointer προηγείται πρώτα αναστροφή της τιμής των bits I (από 1 σε 0 και από 0 σε 1).

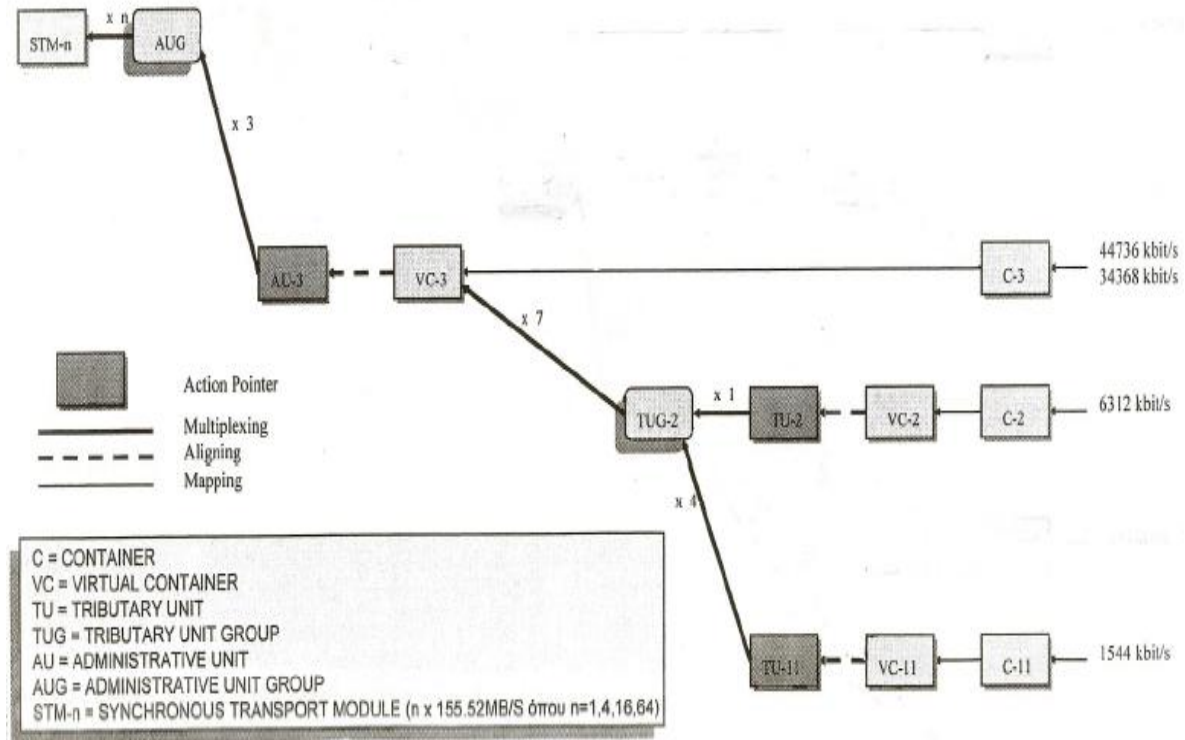
Pointer Value		H1 binary		H2 binary		H1	H2
Dec	Hex	NNNN	SSID	IDID	IDID	Hex	Hex
522	20A	0110	1010	0000	1010	6A	0A
Increment		0110	1000	1010	0000	68	A0
523	20B	0110	1010	0000	1011	6A	0B

Ακολούθως στο επόμενο frame έχουμε τη νέα τιμή θέσης (523 δεκαδικό από 522 πριν). Αντίστοιχα για μείωση της τιμής του pointer μια θέση, προηγείται η αναστροφή της τιμής των D bits (από 1 σε 0 και από 0 σε 1) και στο επόμενο frame έχουμε την νέα μειωμένη κατά μια θέση τιμή. Όπως είναι προφανές και όπως φαίνεται και στο προηγούμενο σχήμα, με τη νέα τιμή της θέσης, τα bits στην περίπτωση της αύξησης της τιμής, επανέρχονται στην αρχική τους τιμή. Ομοίως τα bits D επανέρχονται στην αρχική τους τιμή μετά την μείωση κατά μία θέση της τιμής του pointer. Σε διάφορες περιπτώσεις π.χ. διακοπών, είναι δυνατό να έχουμε τελείως διαφορετική θέση της τιμής του pointer (και όχι μετακίνηση κατά μία μόνο θέση). Για να υποδηλωθεί αυτό χρησιμοποιούνται τα bits N (4 bits) (New Data Flag στο σχήμα). Η συνθήκη δυαδικής τιμής των 4 bits N είναι : 0110. Όταν όμως θα γίνει πλήρης αλλαγή της τιμής θέσης του pointer, έχουμε αναστροφή της τιμής των bits αυτών σε 1001 στο πρώτο frame με τη νέα τιμή του pointer. Παρατηρούμε ότι η νέα τιμή θέσης του pointer πρέπει να παραμένει η ίδια για 3 συνεχόμενα

frame. Στο pointer υπάρχουν και τα δύο bits S. Τα δύο αυτά bits εάν έχουν δυαδική τιμή 10 υποδηλώνουν ότι το frame αφορά AU-4. Η ίδια τιμή 10 υποδηλώνει την AU-3 ή το TU-3. παρατηρούμε ότι ενώ η AU-3 περιλαμβάνεται στη δομή πολυπλεξίας της CCITT, δεν περιλαμβάνεται στη δομή πολυπλεξίας του ETSI. Στα παρακάτω σχήματα βλέπουμε τη δομή πολυπλεξίας ETSI και CCITT.



Δομή πολυπλεξίας ETSI



Δομή πολυπλεξίας CCITT

ΑΛΛΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ POINTER

Ανάλογα με τη δομή της πολυπλεξίας του frame του SDH τα τρία bytes του pointer μπορεί να μην χρησιμοποιηθούν. Στην περίπτωση αυτή, που η διατιθεμένη χωρητικότητα δεν χρησιμοποιείται για pointer, τα δύο από τα τρία bytes λαμβάνουν τιμή, 10011011 το πρώτο και 11100000 το δεύτερο. Η τιμή του τρίτου byte είναι ακαθόριστη. Τότε έχουμε την ονομαζόμενη NPI (Null Pointer Indication) εφαρμογή του pointer (ένδειξη μη χρήσης του pointer).

Άλλη χρήση του pointer είναι ονομαζόμενη Concatenation Indication (ένδειξη αλληλουχίας). Πολλές φορές απαιτούνται σε κάποιο επίπεδο περισσότερες μονάδες (AU ή TU) για να χορηγήσουν το απαιτούμενο εύρος (band with). Στις περιπτώσεις αυτές οι λειτουργίες “ pointer “ αναλαμβάνονται από το pointer της πρώτης μόνον μονάδας. Τότε τα pointers των άλλων μονάδων λαμβάνουν τις δυαδικές τιμές :

H1 = 10011011 και

H2 = 11111111

Οι τιμές αυτές είναι « ένδειξη αλληλουχίας » (Concatenation Indication).

ΔΟΜΗ ΠΛΑΙΣΙΟΥ ΤΟΥ TRIBUTARY UNIT

Κατά βάση, το πλαίσιο του Tributary Unit αναπαριστά μία μικρή δομή πλαισίου, μεταφοράς. Έχει τα χαρακτηριστικά ενός SDH πλαισίου μεταφοράς αλλά μεταφέρεται μέσα σε μία δομή πλαισίου STM-1 του SDH.

Ένα TU (Tributary Unit) πλαίσιο δημιουργείται με τη διαδικασία mapping ενός σήματος εισόδου χαμηλής ταχύτητας μέσα στον container του TU (Tributary Unit). Προσθέτοντας σε αυτό Path Overhead χαμηλής τάξης, δημιουργείται το Virtual Container του TU (Tributary Unit), (VC-11, VC-12, VC-2 ή VC-3, ανάλογα με το είδος του TU). Αυτό το VC (Virtual Container) συνδέεται με το TU (Tributary Unit) πλαίσιο, με τη χρήση δείκτη (pointer), ο οποίος θα είναι το μόνο στοιχείο του TU πλαισίου που θεωρείται Section Overhead. Το TU πλαίσιο, στην συνέχεια, πολυπλέκεται σε κάποια θέση, μέσα στο VC-4. Η δομή του TU πλαισίου, παρουσιάστηκε εδώ, σαν να ανήκει σε ένα VC-4. Στην πραγματικότητα, το TU πλαίσιο διανέμεται σε τέσσερα διαδοχικά VC-4 πλαίσια. Συνεπώς, είναι πιο ακριβές να αναφερόμαστε σε δομή TU πολυπλασίου. Η φάση του πολυπλασίου υποδεικνύεται σε ένα από τα 9 bytes του Path Overhead σε κάθε VC-4.

ΔΙΑΦΟΡΑ ΜΕΓΕΘΗ ΤΩΝ ΠΛΑΙΣΙΩΝ ΤΩΝ TRIBUTARY UNITS

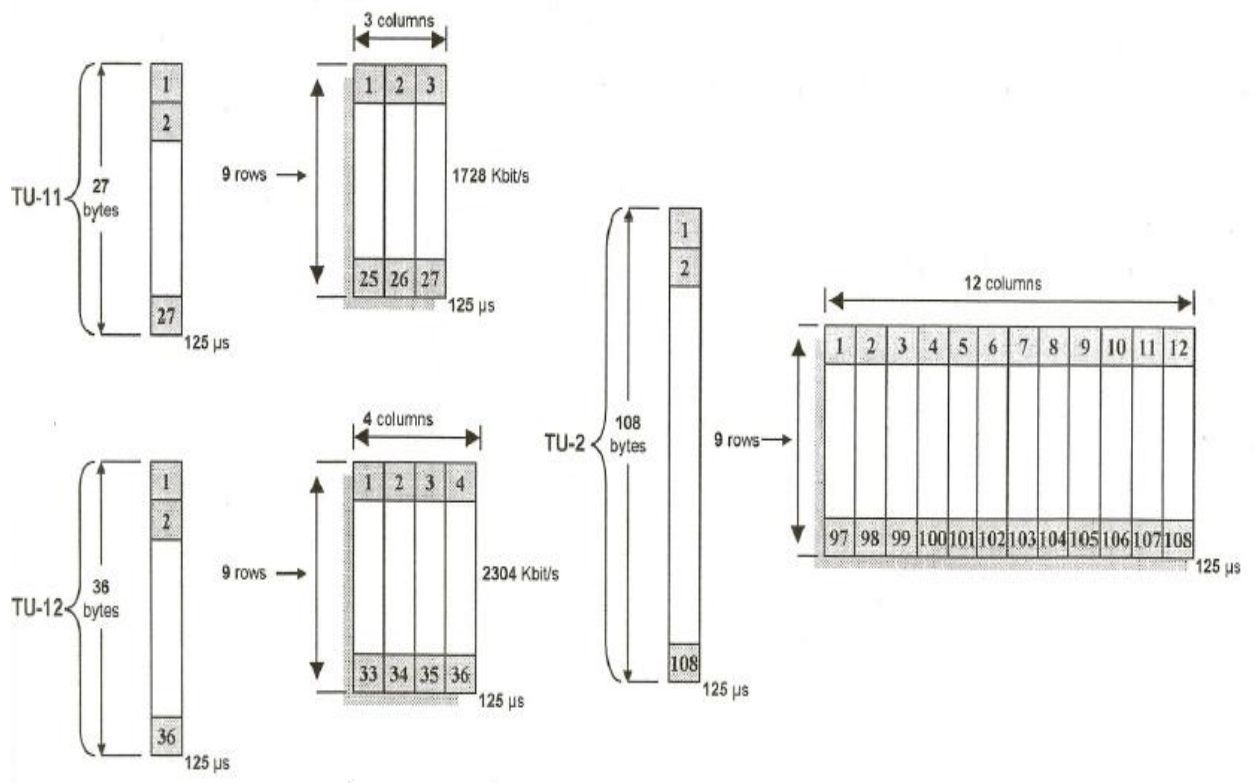
1. **TU-11** : κάθε πλαίσιο TU-11, αποτελείται από 27 bytes, δομημένα σε 3 στήλες των 9 bytes. Με ένα ρυθμό επανάληψης του πλαισίου 8000 Hz, αυτά τα bytes εξασφαλίζουν χωρητικότητα μεταφοράς 1.728

Mbit/sec και το TU-11 θα περιέχει ένα σήμα DS1 (Βόρειας Αμερικής) ταχύτητας 1.544 Mbit/sec. 84 τέτοια TU, μπορούν να πολυπλεχθούν σε VC-4 ενός STM-1.

2. **TU-12** : κάθε πλαίσιο TU-12, αποτελείται από 36 bytes, δομημένα σε 4 στήλες των 9 bytes. Με ένα ρυθμό επανάληψης του πλαισίου 8000 Hz, αυτά τα bytes εξασφαλίζουν χωρητικότητα μεταφοράς 2.304 Mbit/sec και το TU-12 θα περιέχει ένα σήμα CEPT ταχύτητας 2.048 Mbit/sec. 63 TU-12, μπορούν να πολυπλεχθούν σε VC-4 ενός STM-1.

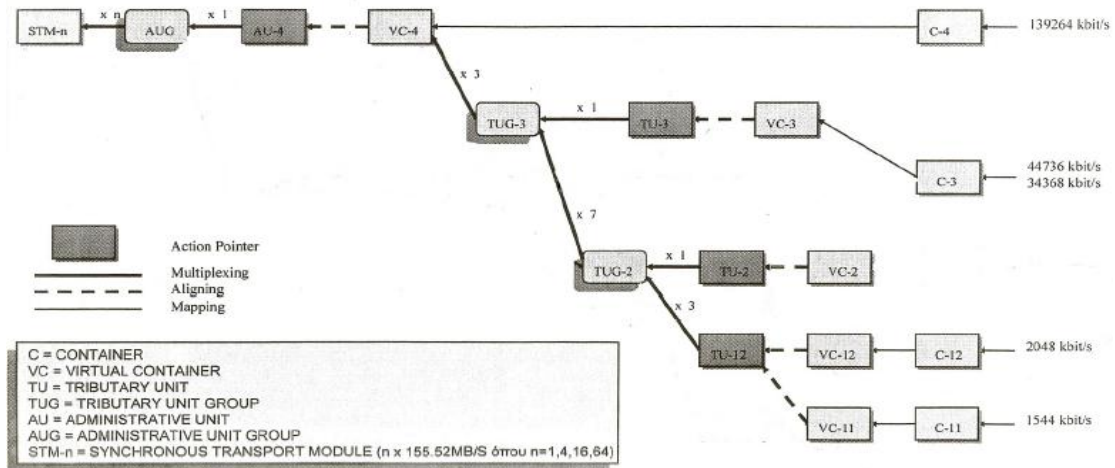
3. **TU-2** : κάθε πλαίσιο TU-2, αποτελείται από 108 bytes, δομημένα σε 12 στήλες των 9 bytes. Με ένα ρυθμό επανάληψης του πλαισίου 8000 Hz, αυτά τα bytes εξασφαλίζουν χωρητικότητα μεταφοράς 6.912 Mbit/sec και το TU-2 θα περιέχει ένα σήμα DS2 (Βόρειας Αμερικής). 21 τέτοια TU, μπορούν να πολυπλεχθούν σε VC-4 του STM-1.

4. **TU-3** : κάθε πλαίσιο TU-3, αποτελείται από 774 bytes, δομημένα σε 86 στήλες των 9 bytes. Με ένα ρυθμό επανάληψης του πλαισίου 8000 Hz, αυτά τα bytes εξασφαλίζουν χωρητικότητα μεταφοράς 49.54 Mbit/sec και το TU-3 θα περιέχει ένα σήμα CEPT ταχύτητας 34 Mbit/sec. Τρία TU-3, μπορούν να πολυπλεχθούν σε VC-4 ενός STM-1.

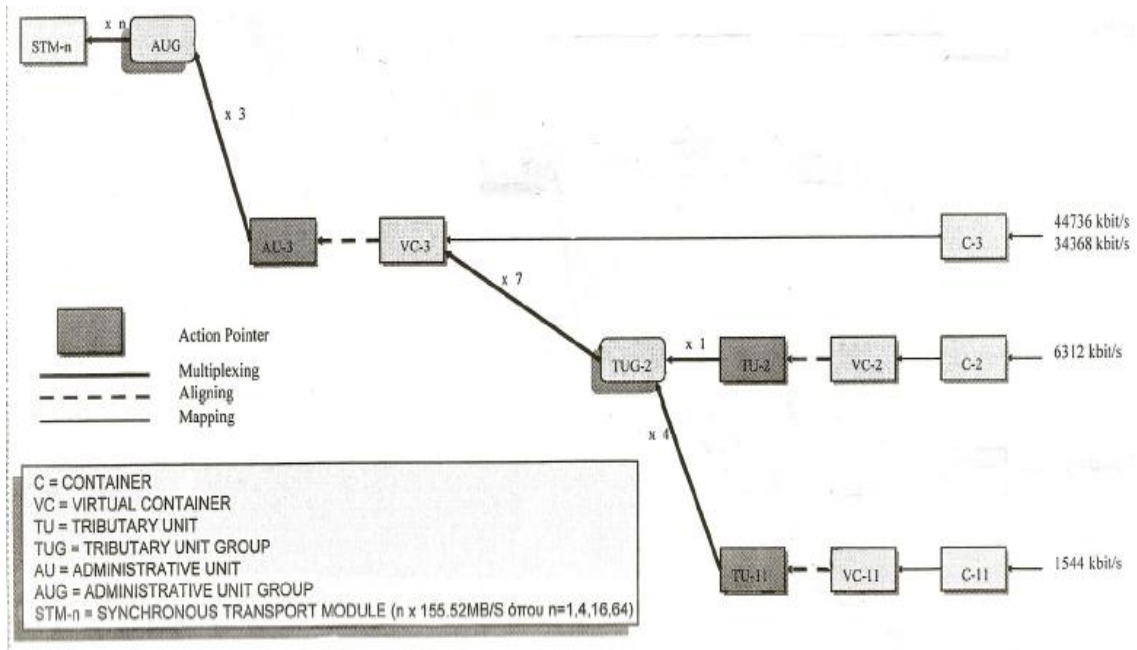


ΠΟΛΥΠΛΕΞΙΑ ΤΩΝ TUG-3 ΚΑΙ TUG-2 ΣΤΟ VC-4

Ως γνωστόν στη δομή ETSI που βλέπουμε στα παρακάτω σχήματα, έτσι και στη δομή CCITT, έχουμε τοποθέτηση των εισερχόμενων στο SDH σημάτων στα "Container" C-n (C-4, C-3, C-12, C-11).



Δομή πολυπλεξίας ETSI

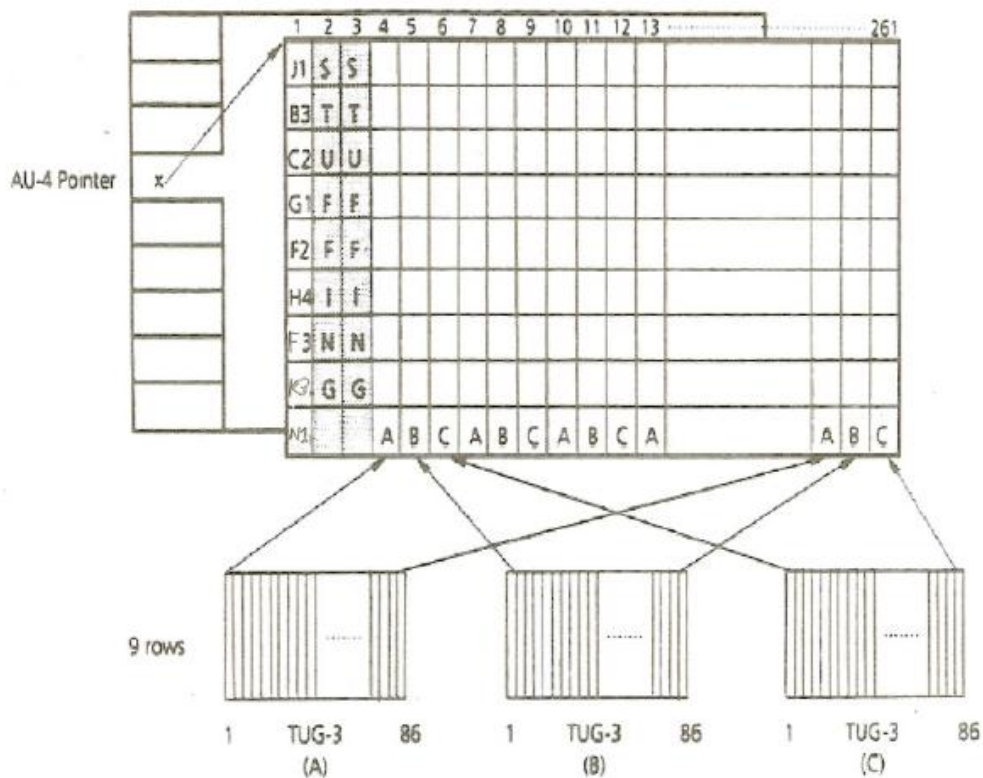


Δομή πολυπλεξίας CCITT

Υπενθυμίζουμε ότι η (Tributary Unit) TU-n = VC-n + pointer. Δηλαδή στη μονάδα TU-n προστίθεται pointer. Στο παραπάνω σχήμα βλέπουμε τις, TU-3 (για 34 Mbit/sec) και TU-12 (για 2 Mbit/sec ή 1,5 Mbit/sec). Ακόμα μία TUG-n (Tributary Unit Group-n) καθορίζει ένα αριθμό (n) TU που πολυπλέκονται μαζί. Στο σχήμα μας τρεις TU-12 πολυπλέκονται σε μία TUG-2, και μεταξύ τους πολυπλέκονται και μονάδες TUG. Π.χ. στο σχήμα μας πολυπλέκονται 7 μονάδες TUG-2 σε μία TUG-3 και τρεις TUG-3 πολυπλέκονται τελικά σε ένα VC-4.

Η AU-n (Administrative Unit-n) προσθέτει pointers στο VC-n, και η AUG (Administrative Unit Group) καθορίζει μία ομάδα AU που πολυπλέκονται μεταξύ τους για να σχηματίσουν ένα σύστημα SDH πρώτης τάξης. Στη δομή ETSI η AUG ταυτίζεται με την AU. Αντίθετα στη δομή CCITT υπάρχουν δύο είδη AU. Έτσι για τον ένα τύπο απαιτείται πολυπλεξία στην AUG. Τέλος στο STM-n έχουμε προσθήκη του SOH (Section Overhead) που παρέχει ευκολίες επιτήρησης και συντήρησης των τμημάτων, πολυπλεξίας και αναγέννησης, για έναν αριθμό AUG. Το STM (Synchronous Transport Module) είναι το σήμα που μεταδίδεται στη γραμμή.

Όταν το SDH μεταφέρει σήμα PDH 140 Mbit/sec προφανώς δεν απαιτείται πολυπλεξία, αφού το VC-4 θα συμπληρωθεί πλήρως από το σήμα 140 Mbit/sec και το Overhead του (POH). Στην περίπτωση όμως που το SDH μεταφέρει σήματα PDH, 34 Mbit/sec ή 2 Mbit/sec τότε ένας αριθμός από τα σήματα αυτά πολυπλέκεται κατά καθορισμένο τρόπο σε ένα VC-4. παρατηρούμε ότι η βασική μονάδα που πολυπλέκεται είναι η TU (Tributary Unit). Όπως αναφέραμε μία TU-n περιλαμβάνει το C-n (για 34 Mbit/sec ή 2 Mbit/sec στην περίπτωσή μας) μαζί με τα αντίστοιχα POH (Path Overhead) και Pointer. Τα πολυπλεκόμενα μαζί σήματα TU αποτελούν ως αναφέραμε μία TUG (Tributary Unit Group). Όπως είδαμε διακρίνουμε δύο επίπεδα TUG. Τις TUG-3 και τις TUG-2. Υπενθυμίζουμε ότι τρεις TUG-3 μεταφέρονται μέσα σε ένα VC-4. στο σχήμα βλέπουμε τον τρόπο με τον οποίο πολυπλέκονται οι τρεις TUG-3 στο VC-4.



Όπως διακρίνεται στο σχήμα η έναρξη του VC-4 καθορίζεται από τον pointer (AU-pointer). Βλέπουμε επίσης ότι το VC-4 αποτελείται από 9 σειρές από 261 bytes. Διακρίνουμε επίσης στο σχήμα εκτός από το POH (Path Overhead) (πρώτη στήλη 9 bytes, J1, B3 κ.τ.λ., του VC-4) και δύο στήλες από 9 bytes “ stuffing “. Στη συνέχεια βλέπουμε τον τρόπο πολυπλεξίας των τριών TUG-3 στο υπόλοιπο τμήμα του VC-4. Όπως διακρίνουμε στο παραπάνω σχήμα, κάθε TUG-3 αποτελείται από 86 στήλες με 9 bytes η κάθε μία. Μία TUG-3 μπορεί να περιλαμβάνει είτε μία TU-3, είτε 7 TUG-2. εάν περιλαμβάνει μία TU-3 τότε θα μεταφέρει σε ένα VC-3 ένα σήμα PDH 34 Mbit/sec. Την περίπτωση αυτή τη βλέπουμε στο επόμενο σχήμα όπου διακρίνουμε το pointer (bytes H1, H2, H3), 6 stuffing bytes και το χώρο VC-3 για σήμα 34 Mbit/sec.

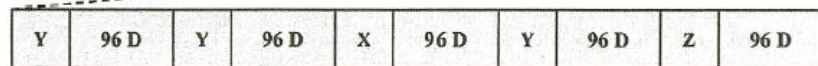
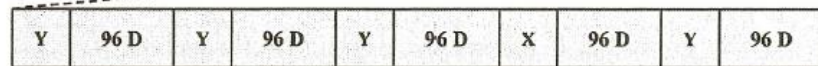
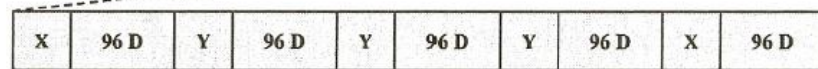
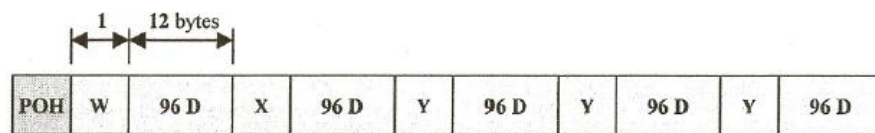
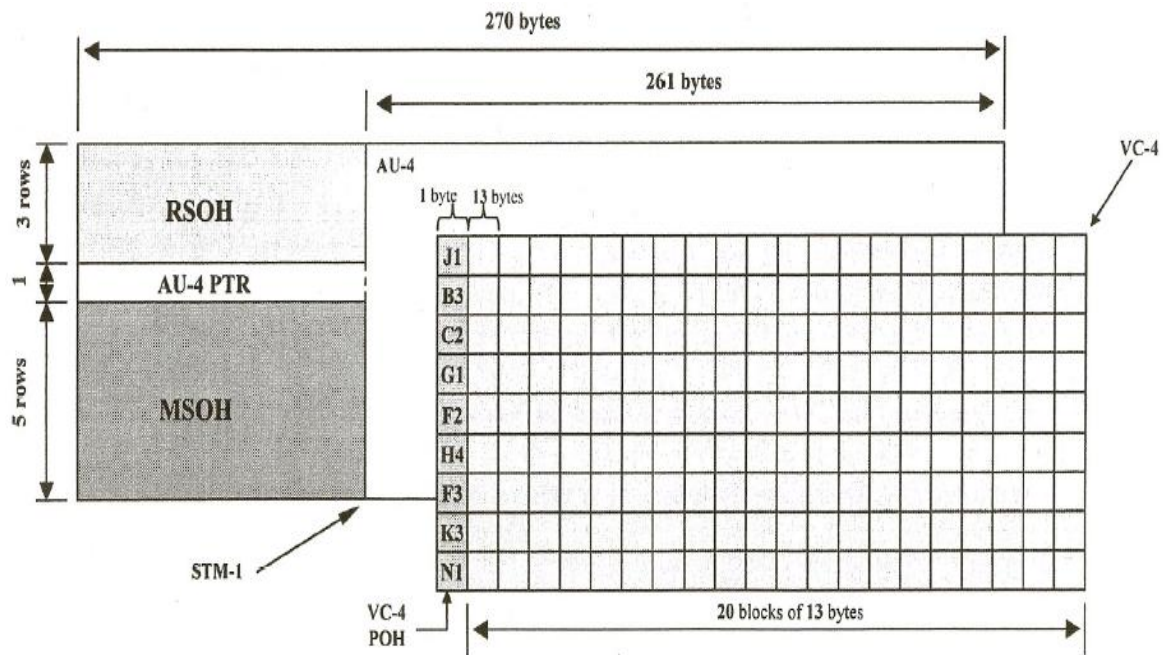
ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ (MAPPING) ΚΑΙ ΠΟΛΥΠΛΕΞΙΑΣ (MULTIPLEXING)

Όπως γνωρίζουμε το σύστημα SDH μπορεί να μεταφέρει διάφορους τύπους σημάτων. Ιδιαίτερα τα σήματα PDH μεταφέρουν 2Mbit/sec, 34Mbit/sec και 140Mbit/sec. Για κάθε ένα από τα σήματα αυτά που μεταφέρει το SDH, καθορίζεται ο τρόπος τοποθέτησής του στο SDH (mapping). Κατά την τοποθέτηση (mapping) εκτός από τον καθορισμό του τρόπου πλήρωσης από το σήμα του διατιθέμενου γι' αυτό χώρου, είναι δυνατή και η αντιστάθμιση διαφορών φάσης μεταξύ του σήματος PDH και του SDH. Αυτό επιτυγχάνεται με παρόμοιο τρόπο με τον μηχανισμό “ justification “ που χρησιμοποιείται στα σήματα PDH.

Εκτός από την τοποθέτηση mapping, τόσο στη δομή πολυπλεξίας ETSI όσο και στη δομή πολυπλεξίας CCITT πολυπλέκονται διάφορα σήματα για να μεταδοθούν στο SDH. Παρατηρούμε ότι στη δομή ETSI χρησιμοποιείται πάντα ένα VC-4 για την μεταφορά των σημάτων PDH. Στη δομή όμως πολυπλεξίας CCITT χρησιμοποιείται και το VC-3 για την μεταφορά των σημάτων PDH. Τις δύο δομές πολυπλεξίας ETSI και CCITT είδαμε σε προηγούμενο σχήμα.

ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ (MAPPING) ΣΗΜΑΤΟΣ 139264 Kbit/sec (ή 140 Mbit/sec) ΣΤΟ VC-4

Στα παρακάτω σχήματα βλέπουμε τον τρόπο τοποθέτησης στο VC-4 ενός σήματος 139264 Kbit/sec (ή 140 Mbit/sec).



W	: DDDDDDDD
X	: CRRRRROO

Y	: RRRRRRRR
Z	: DDDDDDSR

D : Data bit
R : Fixed stuff bit
O : Overhead bit
S : Justification opportunity bit
C : Justification control bit

Ως γνωστόν το VC-4 καταλαμβάνει 9 σειρές από 261 bytes η κάθε μία (ή 261 στήλες των 9 bytes). Η πρώτη από τις 261 στήλες του VC-4 είναι το POH (Path Overhead) του VC-4. έτσι το C-4 του VC-4 αποτελείται από 9 σειρές των 260 bytes η κάθε μία. Η έναρξη του VC-4 καθορίζεται από το AU-4 pointer. Όπως βλέπουμε στα σχήματα κάθε μία από τις 9 σειρές των 260 bytes του C-4 μετασχηματίζεται σε 20 ομάδες των 13 bytes η κάθε μία (20 X 13 = 260 bytes). Στο κάτω μέρος των σχημάτων βλέπουμε τη μορφή των 20

ομάδων των 13 bytes μιας σειράς 260 bytes του C-4. Κάθε μία ομάδα από τις 20 (με 13 bytes η κάθε μία) διαθέτει 1 byte για διάφορους άλλους σκοπούς (bytes W, X, Y, Z σχήματος) και 12 bytes για μεταφορά 96 bits πληροφοριών του σήματος 139264 Kbit/sec (ή 140 Mbit/sec). Στα σχήματα τα bits πληροφοριών παριστάνονται με D (π.χ. 96D). Τα bytes W, X, Y και Z που με τον τρόπο που δείχνει το σχήμα συνθέτουν κάθε φορά μαζί με 12 bytes πληροφοριών τις 20 ομάδες των 13 bytes μιας σειράς από 260 bytes του C-4 έχουν την μορφή :

W : DDDDDDDDD

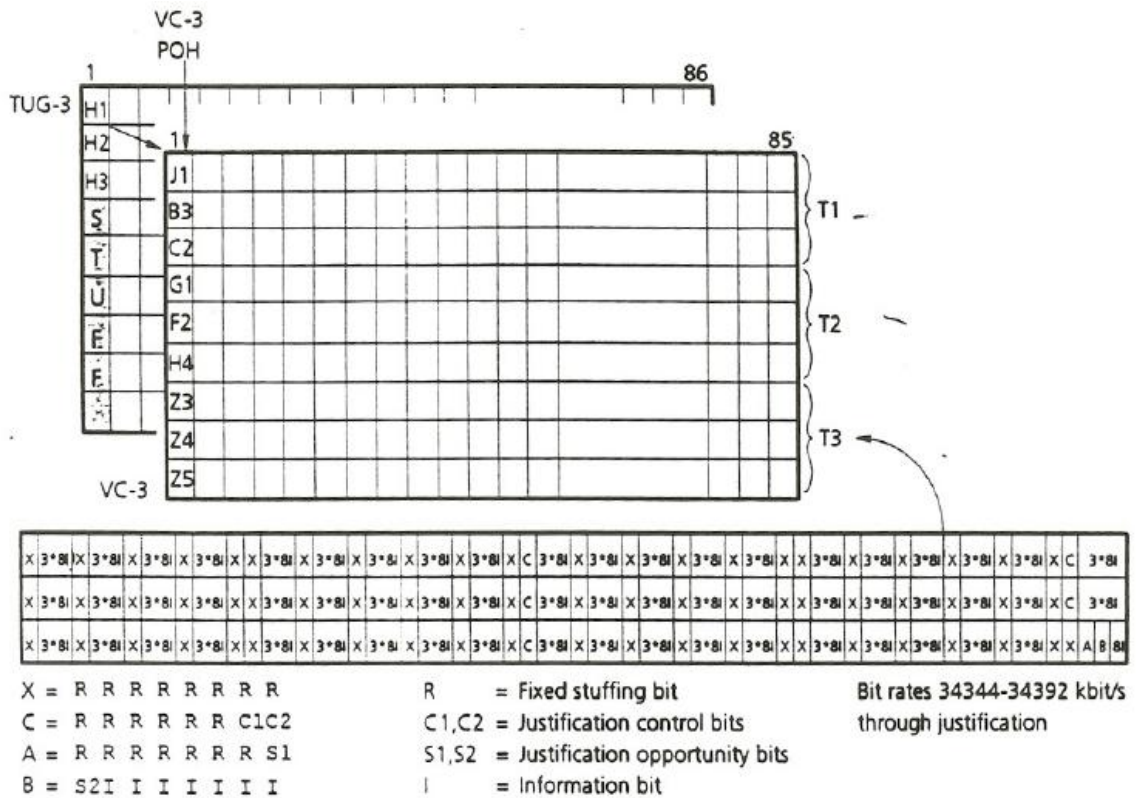
X : CRRRRROO

Y : RRRRRRRR

Z : DDDDDDSR

Για τη σημασία των bits D, O, R, S, C που αποτελούν τα bytes W, X, Y και Z παρατηρούμε τα εξής. Όπως αναφέραμε τα D bits (byte W) μεταφέρουν bits πληροφοριών του σήματος 139264 Kbit/sec (ή 140 Mbit/sec). Τα R bits (που βλέπουμε στα byte X, Y και Z) αποτελούν καθορισμένο “ *fixed stuff* “. Έτσι τα R bits πληρώνουν τον απαιτούμενο για το σήμα των 139264 Kbit/sec (ή 140 Mbit/sec) χώρο του C-4. Τα R bits προφανώς πρέπει να αγνοηθούν στη λήψη όσον αφορά το σήμα των 139264 Kbit/sec (ή 140 Mbit/sec). Τα O bits που βλέπουμε στο byte X διατίθεται για επιπλέον πληροφορίες overhead. Στο byte S διατίθεται ένα bit S. Το bit αυτό είναι διαθέσιμο για “ *justification* “. Δηλαδή μπορεί να χρησιμοποιηθεί ή όχι για μεταφορά πληροφορίας του σήματος 139264 Kbit/sec (ή 140 Mbit/sec). Έτσι αποκλίσεις φάσεις μεταξύ του συστήματος PDH και του σήματος SDH είναι δυνατόν να απορριφθούν με χρήση ή όχι του bit αυτού S για πληροφορίες. Το πότε θα χρησιμοποιηθεί το bit S (1 σε κάθε 20 ομάδες των 13 bits αφού υπάρχει μόνο στο byte Z) καθορίζεται από τα bit C του byte X. Αφού σε κάθε ομάδα από τις 20 σε κάθε σειρά έχουμε πέντε byte X έχουμε και πέντε bit C. Τα πέντε bit C είναι “ *justification control* “ bits. Έτσι για κάθε σειρά 20 ομάδων των 13 bits, η λήψη αποφασίζει κατά πλειοψηφία από τις τιμές των πέντε C bits εάν το bit S justification χρησιμοποιείται ή όχι για πληροφορίες. Έτσι ελαχιστοποιείται η περίπτωση σφάλματος στη λήψη του σήματος 139264 Kbit/sec (ή 140 Mbit/sec). Με τη λειτουργία justification

βλέπουμε στο σχήμα οι 9 σειρές από 84 bytes του C-3, ομαδοποιούνται ανά τρεις σε τρεις ομάδες όμοιες. Τις ομάδες T1, T2 και T3 που κάθε μία περιλαμβάνει τρεις σειρές των 84 bytes.



Στο σχήμα βλέπουμε ότι κάθε ομάδα (η T3 στο σχήμα) σε κάθε σειρά περιλαμβάνει εκτός από τις τριάδες bytes πληροφοριών (3X8I σχήματος, όπου I είναι bits πληροφοριών) και bytes X, C, A και B. Είναι όπως φαίνεται στο σχήμα :

X = R R R R R R R R
 C = R R R R R R C1 C2
 A = R R R R R R S1
 B = S2 I I I I I I

Στο σχήμα επίσης βλέπουμε ότι είναι :

- ✓ I = bits πληροφοριών.
- ✓ R = “ fixed stuff “ bits.
- ✓ S1, S2 = Justification opportunity bits (2 bits σε κάθε ομάδα τριών σειρών που βρίσκονται στα A, B bytes).

- ✓ C1, C2 = Justification control bits (5 bits από το καθένα σε κάθε ομάδα τριών σειρών που βρίσκονται στα C bytes).

Τα R bits είναι καθορισμένα (fixed), όπως ήταν και στην περίπτωση του σήματος 140 Mbit/sec. Με την χρήση όμως ή όχι των justification bits S1 και S2 για πληροφορίες είναι δυνατή η απορρόφηση αποκλίσεων συχνότητας μεταξύ του σήματος PDH και του συστήματος SDH. Έτσι στη λήψη με απόφαση κατά πλειοψηφία που στηρίζεται στις τιμές των 5 C1 bits μιας τριάδας εξάγεται εάν το bit S1 της τριάδας χρησιμοποιείται για πληροφορίες ή όχι. Ομοίως με κατά πλειοψηφία απόφαση που στηρίζεται στις τιμές των 5 bit C2 μιας τριάδας, συμπεραίνεται στη λήψη εάν το bit S2 της τριάδας μεταφέρει ή όχι πληροφορίες. Με τη λειτουργία justification μπορεί να μεταφερθούν στο SDH δυαδικοί ρυθμοί από 34344 Kbit/sec έως 34392 Kbit/sec.

Τοποθέτηση στο SDH σημάτων 2048 Kbit/sec (2 Mbit/s)

Για την τοποθέτηση σημάτων 2048 Kbit/sec (2 Mbit/sec) στο C-12 (Container-12) του SDH υπάρχουν τρεις μέθοδοι:

- ✓ Ασύγχρονη μέθοδος
- ✓ Bit-synchronous
- ✓ Byte-synchronous

Κατά την ασύγχρονη μέθοδο το σήμα 2048 Kbit/sec (2 Mbit/sec) δεν συγχρονίζεται με το SDH. Αντίθετα έχουμε συγχρονισμό του σήματος 2048 Kbit/sec (2 Mbit/sec) με το SDH στις μεθόδους « *bit-synchronous* » και « *byte-synchronous* ».

Στη μέθοδο «bit- synchronous» έχουμε συγχρονισμό με το SDH του ρυθμού του σήματος 2048 Kbit/sec (2 Mbit/sec). Δεν έχουμε όμως συγχρονισμό με το SDH του « *framing* » του σήματος 2048 Kbit/sec (2 Mbit/sec). Αντίθετα στη μέθοδο « *byte-synchronous* » όπου απαιτείται frame G.704, έχουμε συγχρονισμό με το SDH τόσο του ρυθμού όσο και του «framing» του σήματος 2048 Kbit/sec (2 Mbit/sec). Εκτός από τις μεθόδους

τοποθέτησης σε σχέση με τον συγχρονισμό έχουν καθοριστεί και δύο τρόποι λειτουργίας.

✓ **Floating mode (κυλιόμενος τρόπος)**

✓ **Locked mode (καθορισμένος τρόπος).**

Στην περίπτωση του κυλιόμενου τρόπου το σήμα 2048 Kbit/sec (2 Mbit/sec) κυλιέται σε σχέση με το VC-4 και η έναρξή του καθορίζεται από ένα pointer. Αντίθετα στον καθορισμένο τρόπο (*locked mode*), η έναρξη του σήματος 2048 Kbit/sec (2 Mbit/sec) είναι καθορισμένη σε σχέση με την έναρξη του VC-4. έτσι δεν χρησιμοποιούνται pointers.

Παρατηρούμε ότι η μέθοδος τοποθέτησης (*asynchronous, bit-synchronous* και *byte-synchronous*) και ο τρόπος λειτουργίας (κυλιόμενος ή καθορισμένος), εξαρτώνται από τη φύση του σήματος 2048 Kbit/sec (2 Mbit/sec) και από το είδος της εφαρμογής. Έτσι η μέθοδος *byte-synchronous* με τρόπο λειτουργίας κυλιόμενο, χρησιμοποιείται κανονικά για τοποθέτηση στο SDH σημάτων $n \times 64$ Kbit/sec και 2048 Kbit/sec (2 Mbit/sec). Η μέθοδος αυτή και ο τρόπος αυτός λειτουργίας (*byte-synchronous floating mode*) έχουν τα εξής χαρακτηριστικά :

- ✓ Απαιτούν frame G.704.
- ✓ Δίνουν απευθείας πρόσβαση σε σήμα 64 Kbit/sec.
- ✓ Απαιτούν συγχρονισμό του σήματος οπότε δεν υπάρχει Justification.
- ✓ Το VC-12 κυλιέται και είναι προσιτό μέσω pointers.
- ✓ Το VC-12 μπορεί να διασυνδεθεί ανεξάρτητα σε διατάξεις ADM ή DXC.

Αντίστοιχα η μέθοδος τοποθέτησης *byte-synchronous* με τρόπο λειτουργίας καθορισμένο (*locked*), είναι απλούστερη της μεθόδου *byte-synchronous* με κυλιόμενο τρόπο λειτουργίας και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ειδικές περιπτώσεις. Χαρακτηριστικά της ανωτέρου μεθόδου τοποθέτησης και τρόπου λειτουργίας (*byte-synchronous locked mode*) είναι τα εξής :

- ✓ Απαιτούν πλαίσιο G.704.
- ✓ Δίνουν απευθείας πρόσβαση σε σήμα 64 Kbit/sec.
- ✓ Απαιτούν συγχρονισμό οπότε δεν υπάρχει Justification.
- ✓ Τα VC-12 “κλειδώνονται” ως προς τη συχνότητα και τη φάση.
- ✓ Δεν χρησιμοποιούνται TU pointers.

- ✓ Η διασύνδεση των VC-12 σε ADM ή DXC μπορεί να προκαλέσει μεγάλες καθυστερήσεις.

Όσο αφορά την ασύγχρονο μέθοδος τοποθέτησης, έχει καθοριστεί ως τρόπος λειτουργίας μόνον ο κυλιόμενος (*floating mode*). Η ασύγχρονη μέθοδος αυτή τοποθέτησης με κυλιόμενο τρόπο λειτουργίας χρησιμοποιείται μόνο για ασύγχρονα σήματα PDH. Χαρακτηριστικά τότε της μεθόδου αυτής και του τρόπου αυτού λειτουργίας είναι τα εξής :

- ✓ Ανεξάρτητη ακολουθία bit.
- ✓ Δεν απαιτείται δομή του σήματος.
- ✓ Δεν είναι δυνατή απευθείας πρόσβαση σε σήμα 64 Kbit/sec.
- ✓ Περιλαμβάνει Justification.
- ✓ Εφαρμόζεται εύκολα σε υπάρχοντα συστήματα PDH.

Για τη μέθοδο τοποθέτησης bit-synchronous, έχουν καθοριστεί και κυλιόμενος και καθορισμένος τρόπος λειτουργίας. Θα αναφέρουμε τα χαρακτηριστικά της μεθόδου τοποθέτησης « *bit-synchronous* » με κυλιόμενο τρόπο λειτουργίας. Αυτά είναι τα εξής :

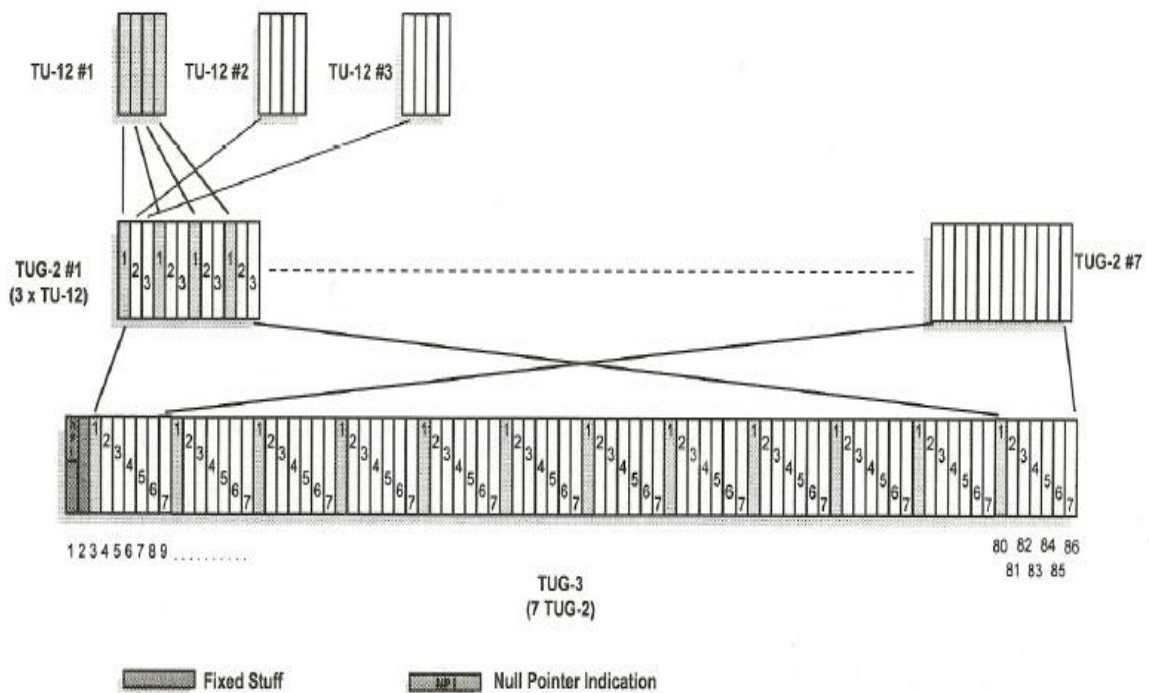
- ✓ Ανεξάρτητη ακολουθία bit.
- ✓ Δεν απαιτείται δομή του σήματος.
- ✓ Δεν είναι δυνατή απευθείας πρόσβαση σε σήμα 64 Kbit/sec.
- ✓ Δεν απαιτείται Justification και το σήμα πρέπει να συγχρονιστεί με το SDH.

Η χρήση της τελευταίας μεθόδου και τρόπου λειτουργίας είναι περιορισμένη.

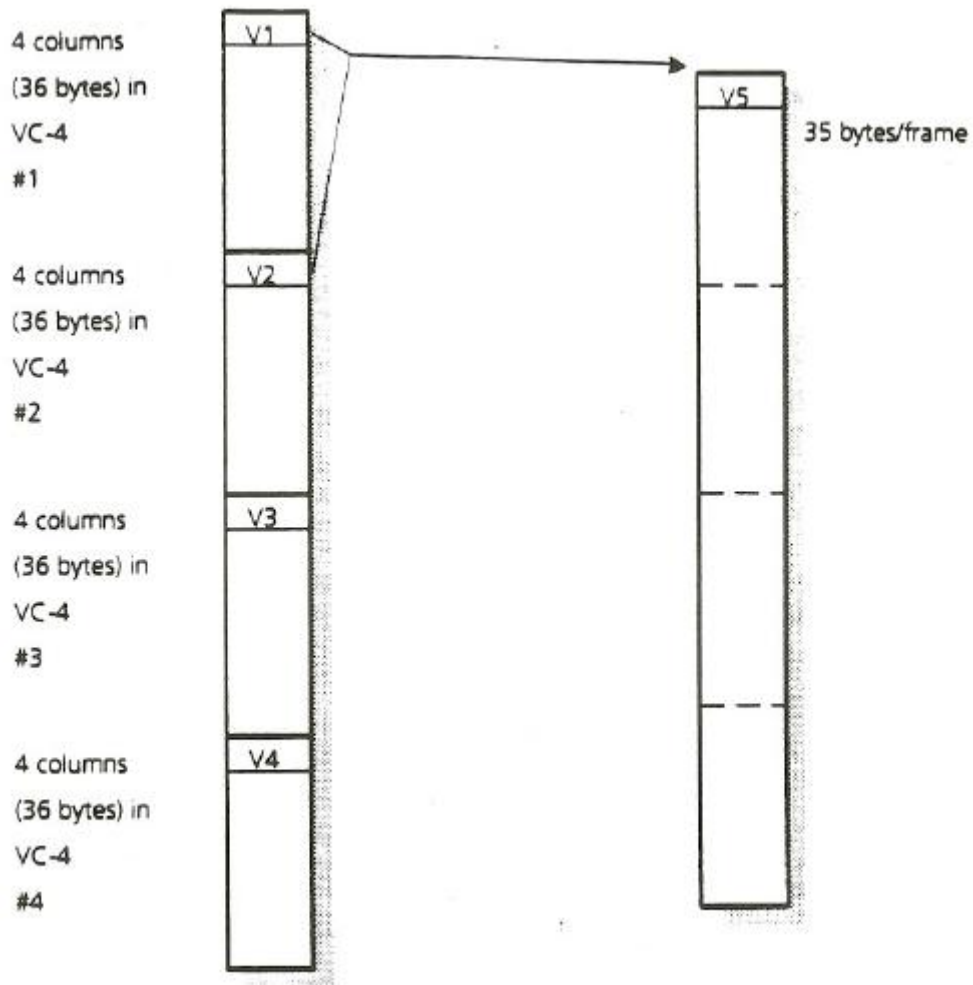
Εισαγωγή σημάτων 2048 Kbits/s (2 Mbit/sec), ασύγχρονων και « byte-synchronous » με τρόπο λειτουργίας κυλιόμενο (floating).

Η τοποθέτηση ενός σήματος 2048 Kbit/sec (2 Mbit/sec) στην περίπτωση ασύγχρονης τοποθέτησης και « byte-synchronous » με κυλιόμενο τρόπο λειτουργίας γίνεται στο C-12 (Container-12). Το C-12 όπως γνωρίζουμε τοποθετείται στο VC-12 (Virtual Container-12) όπου προστίθεται το POH (Path Overhead). Δηλαδή : VC-12 = C-12 + POH. Κάθε

VC-12 διαθέτει το pointer του και είναι ως γνωστόν : VC-12 + pointer = TU-12. Έτσι εκ πρώτης όψεως φαίνεται ότι το σήμα 2048 Kbit/sec (2 Mbit.sec) με τις 32 bytes, θα μπορούσε να διευθετηθεί απευθείας στις 36 bytes του TU-12. Όπως όμως θα δούμε στη συνέχεια, οι απαιτούμενες πρόσθετες πληροφορίες (*overhead*) και το απαιτούμενο Justification, χρειάζονται για κάθε VC-12 περισσότερο χώρο από τις επιπλέον 4 bytes σε κάθε πλαίσιο SDH. Αυτό επιτυγχάνεται με αλληλουχία (*concatenating*) των 36 bytes ενός TU-12 σε τέσσερα συνεχόμενα VC-4. δηλαδή είναι σαν να έχουμε μία ομάδα 4 X 36 bytes ενός TU-12. Υπενθυμίζουμε στο σχήμα της TUG-3, ότι κάθε TU-12 διαθέτει στο frame SDH τέσσερις στήλες των 9 bytes, δηλαδή 36 bytes.

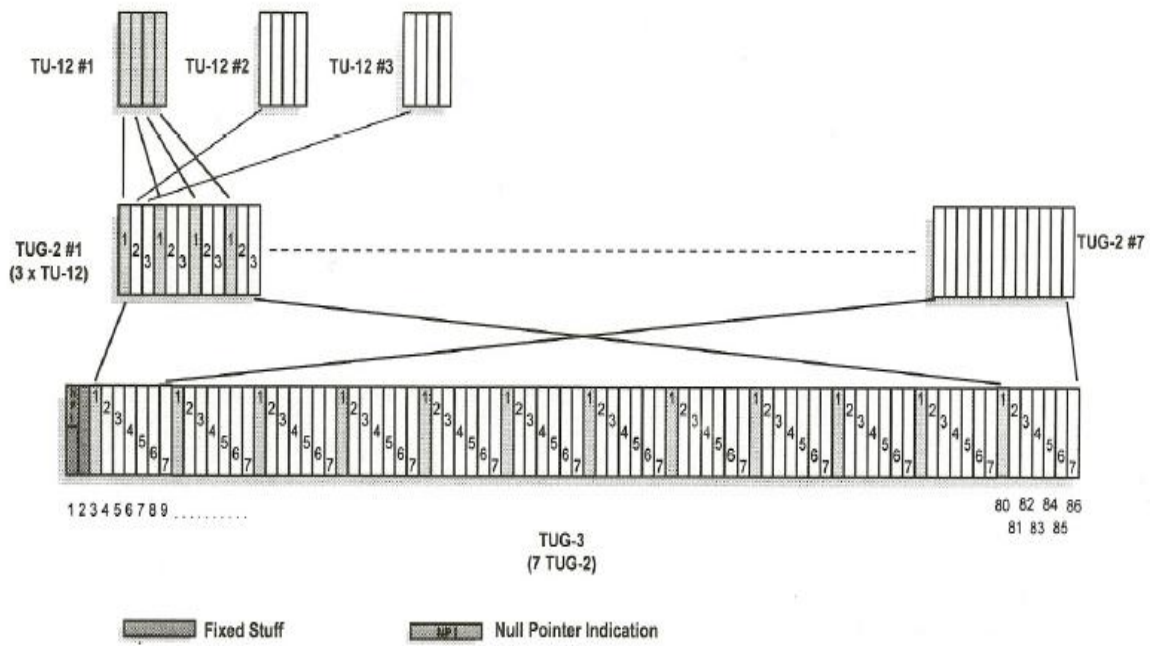


Έτσι θα έχουμε για κάθε TU-12 σε κάθε πλαίσιο SDH 36 bytes ανά 125 μS ή 36 bytes 8000 φορές το δευτερόλεπτο. Ένα σήμα PDH 2 Mbit/sec διαθέτει 32 TS (Time Slots) των 8 bits δηλαδή 32 bytes. Στο παρακάτω σχήμα βλέπουμε τα 36 bytes (4 στήλες των 9) ενός TU-12 σε τέσσερα συνεχόμενα VC-4.

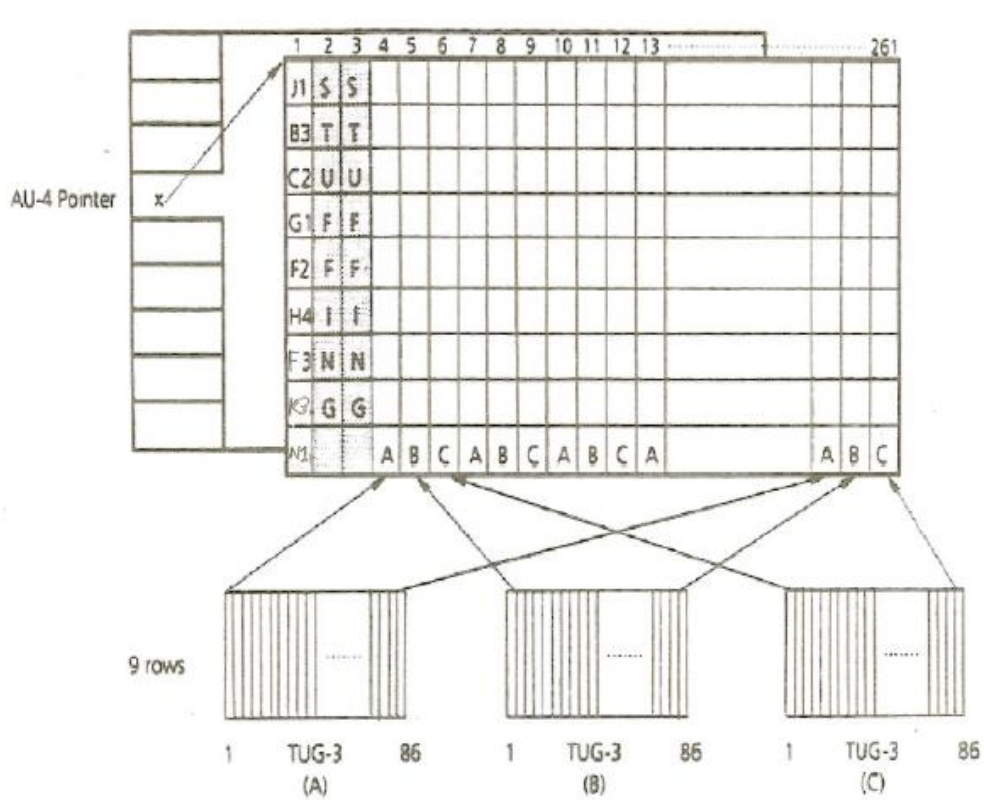


Παρατηρούμε ότι, όπως παραστατικά δείχνει το σχήμα αυτό, τα πρώτα bytes σε μία από τις τέσσερις ομάδες των 36 bytes είναι τα bytes V1, V2, V3 και V4. Στο σχήμα βλέπουμε επίσης το byte V5, που αποτελεί το POH (Path Overhead) κάθε VC-12 ($VC-12 = C-12 + POH$). Τα bytes V1, V2, V3 που κατανέμονται στα τέσσερα VC-4 (στα τρία πρώτα), αποτελούν το pointer του TU-12. Το VC-4 byte του σχήματος είναι εφεδρικό για άλλες χρήσεις. Η χρήση των bytes V1, V2, V3 ως pointer του TU-12, είναι παρόμοια με αυτή των bytes H1, H2, H3 του pointer του AU-4 που είδαμε. Έτσι έχουμε για τα bytes V1, V2 στο σχήμα την ίδια μορφή των bytes H1, H2 του AU-4 pointer.

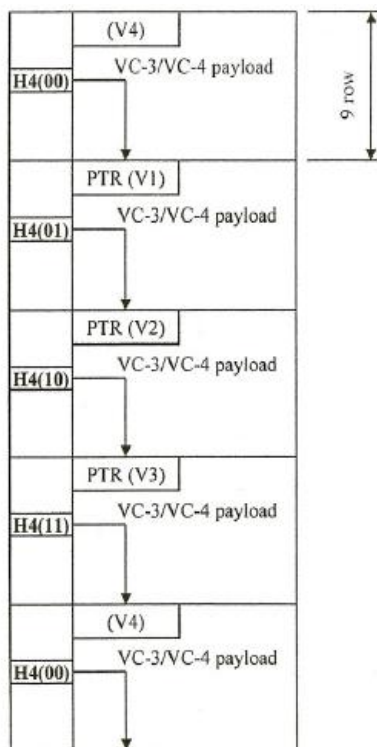
Όπως βλέπουμε στο σχήμα σε κάθε TUG-3 έχουμε 7 TUG-2 και σε κάθε TUG-2 έχουμε τρεις TU-12. δηλαδή κάθε TUG-3 μεταφέρει 21 TU-12 δηλαδή 21 σήματα 2 Mbit/sec.



Υπενθυμίζουμε επίσης, ότι κάθε VC-4 μεταφέρει τρεις TUG-3.



Συνεπώς κάθε VC-4 θα μεταφέρει 63 TU-12 αφού κάθε μία από τις TUG-3 μεταφέρει 21 TU-12. παρατηρούμε ότι τα bytes 10 – 62 (σύνολο 63 bytes) της πρώτης σειράς του VC-4, περιλαμβάνουν το πρώτο byte κάθε TU-12. Όπως όμως είδαμε, τα πρώτα byte κάθε TU-12 είναι τα V1, V2, V3 ή V4. Έτσι σε κάθε VC-4 θα πρέπει να καθορίζεται για τα πρώτα bytes των 63 TU-12 εάν είναι V1, V2, V3 ή V4. Αυτό γίνεται με το byte H4 του POH του VC-4. στο σχήμα βλέπουμε το POH του VC-4 και την τιμή του byte H4 του POH αυτού για τα V1, V2, V3, V4.



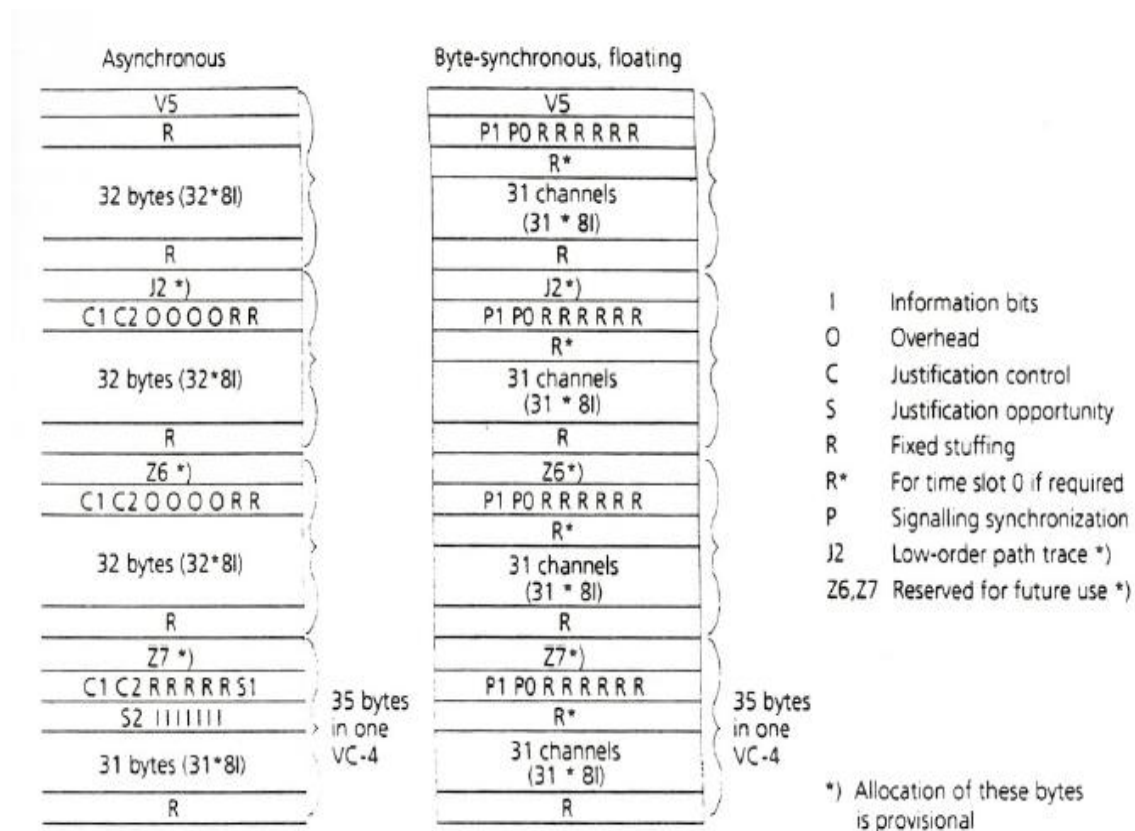
In H4 (XY), XY represent bits 7 and 8 of H4

H4 bits								Frame N°	Time
1	2	3	4	5	6	7	8		
X	X	X	X	X	X	0	0	0	0
X	X	X	X	X	X	0	1	1	1
X	X	X	X	X	X	1	0	2	2
X	X	X	X	X	X	1	1	3	3

X undefined content

Έτσι η τιμή του byte H4 σε ένα VC-4 καθορίζει την έννοια των bytes 10–62 (δηλαδή των πρώτων bytes των 63 TU-12) στο επόμενο VC-4. δηλαδή καθορίζει εάν θα είναι στο επόμενο πλαίσιο VC-4, V1, V2, V3 ή V4. Όπως είδαμε στην περίπτωση που περιγράφουμε (τοποθέτηση ασύγχρονης και byte-synchronous), έχουμε σε αλληλουχία (για κάθε ένα από τα 63 συστήματα) 36 bytes τεσσάρων συνεχόμενων VC-4. Όπως είδαμε το πρώτο byte από κάθε 36 είναι V1, V2, V3 ή V4. Επομένως απομένουν για κάθε σύστημα 2 Mbit/sec τέσσερις συνεχόμενες ομάδες από 35 bytes, δηλαδή 140 bytes. Τα 140 αυτά bytes αποτελούν μία ομάδα όπου τοποθετείται το VC-12, η έναρξη του οποίου

καθορίζεται από το TU-12 pointer των bytes V1, V2, V3. παρατηρούμε ότι το πρώτο byte V5 της έναρξης της ομάδας των 140 bytes, κάθε ενός συστήματος 2 Mbit/sec, αποτελεί το POH ενός εκάστου συστήματος 2 Mbit/sec. Ως γνωστόν είναι VC-12 = POH + C-12, και αφού το VC-12 αποτελείται από 140 bytes ένα C-12 θα διαθέτει 139 bytes (στα τέσσερα συνεχόμενα πλαίσια VC-4). Ως γνωστόν είναι VC-13 + pointer = TU-12. παρατηρούμε ότι η διάρκεια του πολυπλαισίου αυτού TU (TU Multiframe) των 4 X 36 bytes είναι ίση με τη διάρκεια 4 VC-4 δηλαδή 4 X 125 μS = 0,5 msec. Παρατηρούμε ότι κάθε πλαίσιο ενός συστήματος 2 Mbit/sec διαθέτει 32 bytes (και διαρκεί 125 M μsec). Συνεπώς στο VC-12 του TU-Multiframe των 140 bytes ενός συστήματος 2 Mbit/sec, θα υπάρχουν τέσσερα πλαίσια του συστήματος αυτού (4 X 32 bytes). Στο επόμενο σχήμα βλέπουμε για τον κυλιόμενο τρόπο λειτουργίας την τοποθέτηση των τεσσάρων frames ενός συστήματος 2 Mbit/sec στο VC-12 του πολυπλαισίου TU (των 140 bytes), τόσο για την ασύγχρονη όσο και για “ byte-synchronous “ τοποθέτηση.



Για την ασύγχρονη τοποθέτηση είναι για κάθε 140 bytes του VC-12 (του TU Multiframe) :

- ✓ V5 byte = POH του VC-12 (του TU Multiframe)
- ✓ Rbytes για = “ fixed stuff “
- ✓ S1, S2 bits = 2 bits για Justification, που χρησιμοποιούνται ή όχι για πληροφορίες και έτσι καθίσταται δυνατή η απορρόφηση αποκλίσεων συχνότητας μεταξύ των συστημάτων PDH και SDH. Έτσι είναι δυνατό να έχουμε μετάδοση δυαδικών ρυθμών από 2046 έως 2050 Kbit/sec.

- ✓ J2 byte = για μεταβίβαση του “ Low order Path Access Point Identifier “. Στη λήψη με το σήμα αυτό ελέγχεται ότι το σήμα φτάνει συνεχώς από την ίδια πηγή. Η χρήση του J2 είναι η ίδια με τη χρήση του byte J1 του VC-4 POH που περιγράψαμε.

- ✓ C1 (3 bit) = με απόφαση πλειοψηφίας αποφασίζεται στη λήψη από τα 3 bits C1, εάν χρησιμοποιείται ή όχι το bit S1 για πληροφορίες.

- ✓ C2 (3 bit) = ομοίως για το S2 bit.

- ✓ O (8 bit) = είναι διαθέσιμα για πρόσθετες πληροφορίες overhead.

- ✓ Z6, Z7 (2 bytes) = διαθέσιμα για άλλες χρήσεις.

- ✓ I = bit πληροφορίας.

- ✓ 32 bytes κ.τ.λ. = στο σχήμα βλέπουμε τη θέση τοποθέτησης των bytes κάθε frame από τα τέσσερα του συστήματος 2 Mbit/sec.

Για τη “ Byte-synchronous “ τοποθέτησης είναι για κάθε 140 bytes του VC-12 (του TU Multiframe) :

- ✓ V5 byte = ως την ασύγχρονη τοποθέτηση.

- ✓ P0, P1 (2 bits) = για συγχρονισμό σηματοδοσίας CAS (Channel Associated Signaling). Στα πλαίσια που έχουμε σήματα CAS για τα κανάλια 15 και 30 και τα δύο bits έχουν τιμή 1.

- ✓ R bytes ή bits = για δυνατή χρήση του περιεχομένου της TSO (Time Slot O) δηλαδή για της λέξεις FAS και non-FAS του σήματος PDH 2 Mbit/sec.

- ✓ J2 byte = ως την ασύγχρονη τοποθέτηση.

- ✓ Z6, Z7 bytes = ως την ασύγχρονη τοποθέτηση.

- ✓ 31 Channel κ.τ.λ. = στο σχήμα βλέπουμε την τοποθέτηση των 31 καναλιών των τεσσάρων frames του συστήματος 2 Mbit/sec.

Παρατηρούμε ότι τα bits του byte H4 του POH του VC-4 μπορεί να διαθέτουν και για συγχρονισμό των “ Multiframe “ για σηματοδότηση CAS (Channel Associated Signaling). Στο σχήμα βλέπουμε τα διατιθέμενα bits για τις περιπτώσεις :

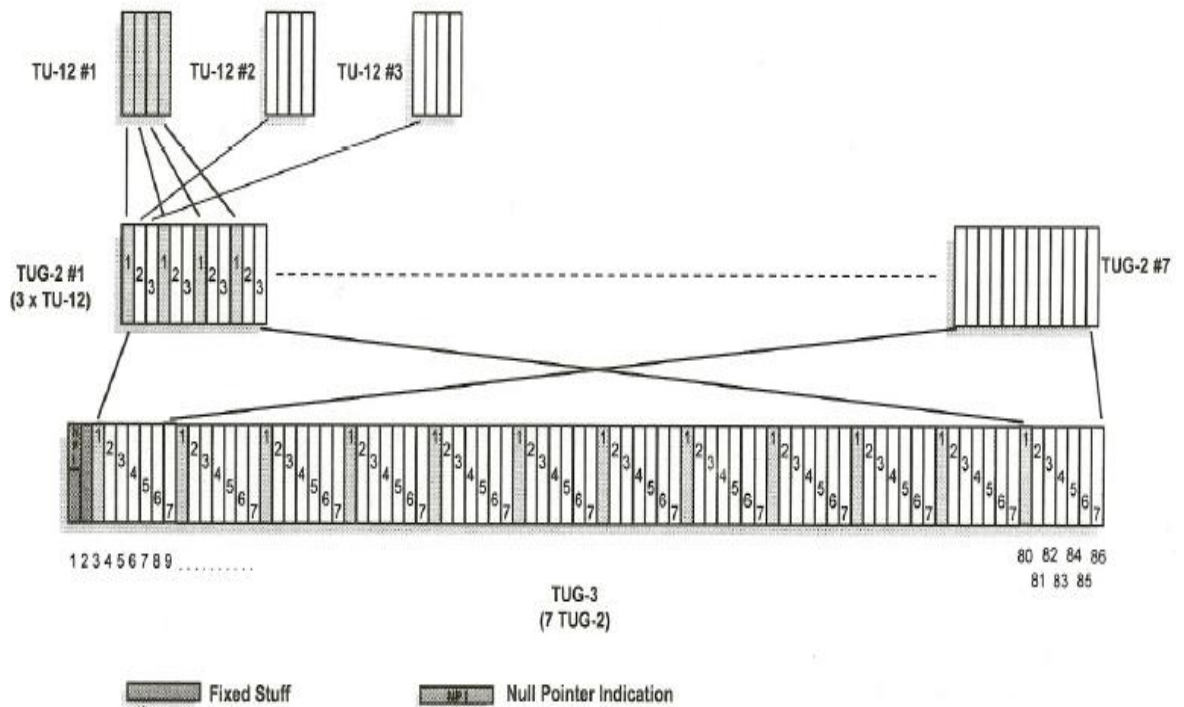
- ✓ TU Multiframe (διάρκειας 0,5 msec)
- ✓ 2 Mbit/sec CAS Multiframe (διάρκειας 2 msec)
- ✓ 1.5 Mbit/sec CAS Multiframe (διάρκειας 3 msec)

H4 assignment								
Bits								
1	2	3	4	5	6	7	8	
						X	X	0.5 msec TU Multiframe
			X	X	X	X		2 msec 2 Mbit/sec CAS Multiframe
X	X	X	X			X	X	3 msec 1.5 Mbit/sec Multiframe

Οι τιμές του byte H4 πρέπει να δίδουν πληροφορίες για σηματοδότηση CAS και για τα δύο συστήματα PDH 2 Mbit/sec και 105 Mbit/sec. Έτσι υπάρχει μία ακολουθία 48 διαφορετικών τιμών διάρκειας 6 msec (δηλαδή διάρκειας 48 VC-4).

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΗΜΑΤΟΣ 2048 Kbit/sec (2 Mbit/sec), “BYTE-SYNCHRONOUS LOCKED”

Η τοποθέτηση του σήματος 2048 Kbit/sec (ή 2 Mbit/sec) αυτού (byte-synchronous locked mode), είναι απλούστερη από τις τοποθετήσεις κυλιόμενου τρόπου που περιγράψαμε. Έτσι δεν χρησιμοποιούνται τότε ούτε τα TU-12 pointers, ούτε τα « multiframe » TU-12. Δεν απαιτείται επίσης τότε η V5 byte (για Path overhead). Για την τοποθέτηση όμως που περιγράφουμε απαιτείται η πλήρης ακολουθία H4 6 msec. Υπενθυμίζουμε στο παρακάτω σχήμα ότι διατίθενται στο SDH frame 4 στήλες με 9 bytes εκάστη για τα TU-12.



Έχουμε δηλαδή $4 \times 9 = 36$ bytes σε κάθε SDH frame. Δηλαδή 36 bytes για κάθε σήμα 2048 Kbit/sec (ή 2 Mbit/sec) 8000 φορές ανά sec. Έτσι στο τρόπο τοποθέτησης byte-synchronous locked, έχουμε τοποθέτηση στον διατιθέμενο χώρο για το TU-12, ενός frame 2048 Kbit/sec (ή 2 Mbit/sec) σήματος PDH που ισούται με 32 bytes.

R
R
R
R*
31 channels (31*8I)
R

Στο σχήμα αυτό είναι :

- ✓ I = bits πληροφοριών
- ✓ R = “ fixed stuff “ bits. Τα bits αυτά δεν χρειάζονται για την μεταφορά του σήματος. Χρειάζονται όμως για να συζεύξουν το μέγεθος του σήματος 2 Mbit/sec με το μέγεθος του σήματος SDH.

- ✓ R^* = το byte αυτό μπορεί να διατεθεί για το περιεχόμενο της Time Slot 0. δηλαδή για τη λέξη FAS ή non FAS του σήματος 2 Mbit/sec. Εάν αυτό δεν απαιτείται το R^* byte χρησιμοποιείται για stuffing bits.

ΕΦΕΔΡΕΙΕΣ MSP (Multiplex – Section Protection) ΣΤΟ SDH

Στα τμήματα πολυπλεξίας (multiplex sections) διατίθεται συνήθως μια επιπλέον γραμμή (Τμήμα προστασίας, multiplex section) για να μεταφέρει την κίνηση σε περίπτωση βλάβης της κανονικής γραμμής. Έτσι έχουμε την προστασία τμήματος πολυπλεξίας MSP (Multiplex Section Protection). Το δίκτυο τότε παρακολουθεί την ποιότητα της μετάδοσης και όταν απαιτείται έχουμε μεταγωγή (switching) της κίνησης στο τμήμα προστασίας. Η λειτουργία αυτή ονομάζεται : Αυτόματη λειτουργία μεταγωγής APS (Automatic Protection Switching). Έχουμε διάφορους τρόπους προστασίας τμήματος πολυπλεξίας MSP switch. Έτσι π.χ. στον τρόπο MSP switch 1 : 1, υπάρχει ένα εφεδρικό τμήμα προστασίας για (n) λειτουργούντα τμήματα. Έχουμε στο SDH και χρησιμοποίηση δακτυλίων προστασίας. Για έλεγχο μεταγωγών προστασίας χρησιμοποιούνται στο SDH οι πληροφορίες των bytes K1 και K2 του MSOH (Multiplex Section Overhead). Έτσι η byte K1 αποστέλλει αιτήματα και πληροφορίες για την κατάσταση, στο άλλο άκρο του τμήματος πολυπλεξίας (Multiplex Section). Αντίστοιχα η byte K2 στέλλει πληροφορίες για τις υπάρχουσες γεφυρώσεις, το είδος της προστασίας MSP και για συναγερμούς.

ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ (Error Performance) ΣΤΟ SDH

Η σύσταση G.821 της CCITT περιγράφει τον έλεγχο σφαλμάτων σε ένα κανάλι 64 Kbit/sec. Με την ίδια σύσταση και ορισμένες παραδοχές έχουμε και έλεγχο σφαλμάτων για μεγαλύτερες ταχύτητες PDH συστημάτων. Για τον

έλεγχο σφαλμάτων στο SDH διακρίνουμε για block (όμως) δεδομένων τις εξής παραμέτρους.

Errored Second (ES) για ταχύτητες μικρότερες των 200 Mbit/sec, είναι μία περίοδος ενός sec με ένα ή περισσότερα εσφαλμένα “ blocks “ (errored blocks). Ανάλογα για μεγαλύτερες ταχύτητες.

Errored Second Ratio (ESR), είναι τότε ο λόγος των ES προς τα διαθέσιμα sec κατά τη διάρκεια της μέτρησης.

Severely Errored Second (SES), είναι ένα sec με υπέρβαση ενός εσφαλμένου block (Errored Block Overstep, EBO) και / ή με υπέρβαση ενός σοβαρά εσφαλμένου block (Severely Errored Block Overstep, SEBO).

Severely Errored Second Ratio (SESR), είναι ο λόγος των SES προς τα συνολικά sec κατά τη διάρκεια της μέτρησης.

Background Block Error (BBE), είναι ένα εσφαλμένο block, μη συμπεριλαμβανόμενων των blocks κατά τη διάρκεια των SES και του μη διαθέσιμου χρόνου.

Background Block Error Ratio (BBER), είναι ο λόγος των εσφαλμένων blocks προς το σύνολο των blocks μη συμπεριλαμβανόμενων των blocks κατά τη διάρκεια των SES και του μη διαθέσιμου χρόνου.

Οι ανωτέρω παράμετροι βασίζονται στα εξής βασικά συμβάντα.

Error Free Block (EFB), (Block χωρίς σφάλμα), είναι ένα block με ένα ή περισσότερα εσφαλμένα bits, ή με έλλειψη bits εξαιτίας απώλειας του σήματος.

Error Block Overstep (EBO), (υπέρβαση εσφαλμένων block), έχουμε όταν το ποσοστό των εσφαλμένων block (EB) σε ένα sec, υπερβαίνει ορισμένο όριο.

Severely Errored Block Overstep (SEBO), (υπέρβαση σοβαρά, εσφαλμένων block), έχουμε όταν συνεχόμενα blocks με διάρκεια 1 msec ή περισσότερο είναι όλα σοβαρά εσφαλμένα SEB (Severely Errored Block). Απαιτούνται τουλάχιστον τρία συνεχόμενα blocks.

Severely Errored Block (SEB), (σοβαρά εσφαλμένο block), είναι ένα block όπου ο λόγος των εσφαλμένων ή ελλειπόντων bits υπερβαίνει το 10% του συνολικού αριθμού bits στο block.

ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ

Το SDH δίκτυο, όπως αναφέρθηκε και στην εισαγωγή, σχεδιάστηκε με εξελιγμένες δυνατότητες διαχείρισης και συντήρησης και ο έλεγχος του δικτύου με τη βοήθεια υπολογιστή είναι απαραίτητος, με τη δυνατότητα πολλές λειτουργίες που αφορούν τη διαχείριση και συντήρηση, να είναι αυτόνομες και ενσωματωμένες στο κάθε στοιχείο του δικτύου, ξεχωριστά.

Μία έρευνα που έγινε στις αρχές της δεκαετίας του '90 και αφορούσε την τηλεπικοινωνιακή υποδομή του υφιστάμενου συστήματος διαχείρισης της Ελλάδας από τον Ο.Τ.Ε., εντόπισε σημαντικά προβλήματα, τα σπουδαιότερα των οποίων ήταν :

- ✓ Χαμηλή ποιότητα του λειτουργούντος τηλεπικοινωνιακού δικτύου, ιδιαίτερα στην Αθήνα.
- ✓ Ύπαρξη σημείων « συνωστισμού » στο δίκτυο.
- ✓ Ύπαρξη λίστας αναμονής.
- ✓ Αδυναμία εξυπηρέτησης της ζήτησης, ιδιαίτερα σε ζωτικές για την οικονομία περιοχές.
- ✓ Σημαντική καθυστέρηση στην ανάπτυξη και παροχή προηγμένων τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών.

Έτσι η υλοποίηση του Επείγοντος Προγράμματος για την ανάπτυξη των Τηλεπικοινωνιακών (ΕΠΑΤ) κρίθηκε απαραίτητη. Το πρόγραμμα αυτό είχε σαν στόχους την επίλυση των άμεσων προβλημάτων και τη δημιουργία ενός υπόβαθρου για τη μελλοντική ανάπτυξη των τηλεπικοινωνιών της χώρας.

Έτσι ο Οργανισμός Τηλεπικοινωνιών Ελλάδος σχεδίασε και υλοποίησε κατά αρχήν τον τηλεπικοινωνιακό δακτύλιο Αττικής και το σύστημα διαχείρισης δικτύου NMS (Network Management System). Αργότερα ο Ο.Τ.Ε. σχεδίασε για τις ανάγκες διαχείρισης και συντήρησης δικτύου SDH που διαθέτει ένα γενικότερο δίκτυο διαχείρισης τηλεπικοινωνιών

(Telecommunications Management Network - TMN) μέσα από το οποίο εξυπηρετεί την διαχείριση και συντήρηση του υφιστάμενου δικτύου SDH.

Η ανάπτυξη του TMN βασίζεται σε τρία περιφερειακά κέντρα διαχείρισης (Regional Network Management Centers, R-NMS) που είναι στην Αθήνα , την Πάτρα και την Θεσσαλονίκη, τα οποία υποστηρίζουν τοπικά κέντρα διαχείρισης σε διάφορες πόλεις (Local Network Management Centers, L-NMS).

Τα κέντρα διαχείρισης υποστηρίζονται από τα συστήματα διαχείρισης (Network Management System, NMS). Τα συστήματα NMS επιβλέπουν τα στοιχεία δικτύου (κέντρα, δίκτυα, κ.τ.λ.) της περιοχής τους και αποτελούνται από δύο λογικά επίπεδα. Το επίπεδο στοιχείου (Element Layer) και το επίπεδο δικτύου (Network Layer).

Τα στοιχεία δικτύου συνήθως προέρχονται από περισσότερους του ενός κατασκευαστές για λόγους τεχνολογικής ισορροπίας. Για το επίπεδο στοιχείου επιλέγεται να υπάρχουν διαχειριστές δικτύου (Element Managers) της κάθε τεχνολογίας χωριστά, που θα διαχειρίζονται τα αντίστοιχα στοιχεία δικτύου. Η επιλογή αυτή εξασφαλίζει την καλύτερη επίβλεψη των στοιχείων δικτύου δεδομένου ότι γίνεται από τον κατασκευαστή του ίδιου του στοιχείου και λαμβάνει υπόψη τις ιδιαιτερότητες του εξοπλισμού.

Σε επίπεδο Network Management η επίβλεψη των στοιχείων δικτύου θα γίνεται μέσω κατάλληλης διασύνδεσης (Interface) με τους Element Managers της κάθε τεχνολογίας μέσω διεπαφών Q3 (Q3 interfaces). Το σύνολο των Element Managers ολοκληρώνεται από σύστημα Network Management.

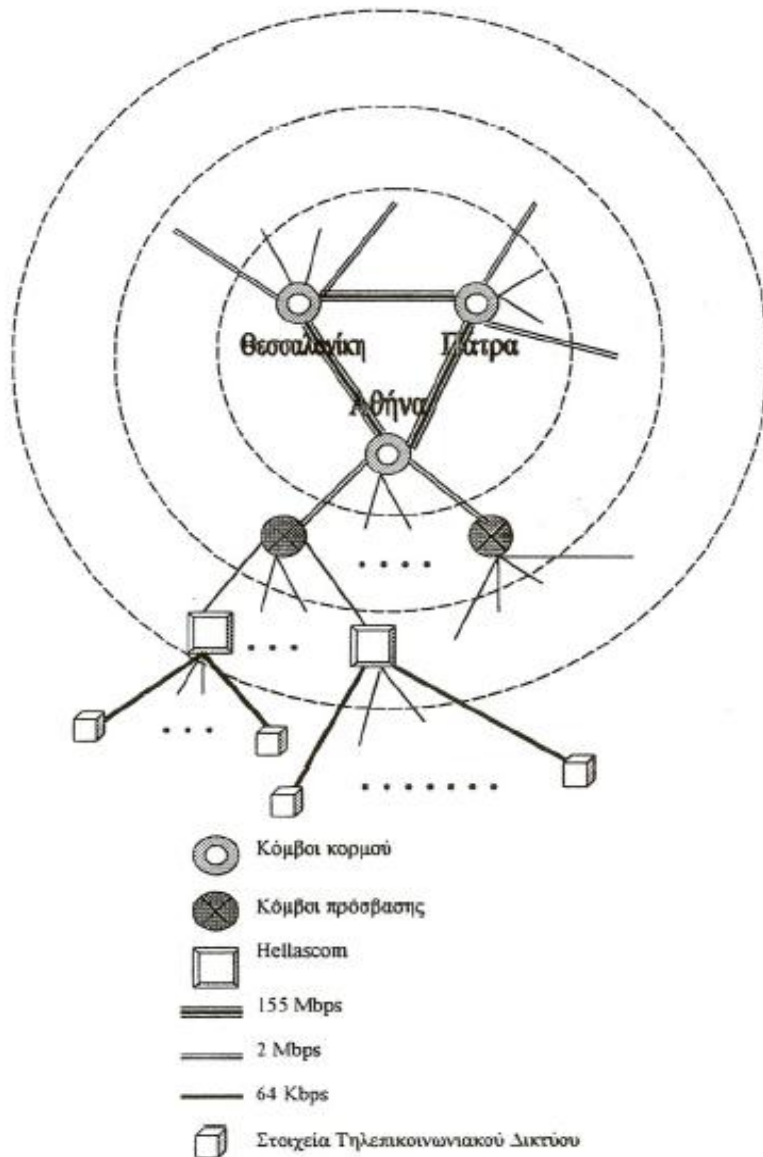
Με τον τρόπο αυτό δεν απαιτούνται πρωτόκολλα από τα στοιχεία δικτύου αλλά πρωτόκολλα από τον διαχειριστή στοιχείων δικτύου τα οποία κατά βάση είναι τυποποιημένα.

Στις λειτουργίες του Network Layer περιλαμβάνονται :

- ✓ Αναδρομολόγηση κυκλωμάτων μέσα από τα DXC.
- ✓ Αποκατάσταση (Restoration) των κυκλωμάτων μέσω εναλλακτικών εφεδρικών δρόμων.
- ✓ Παροχή και δρομολόγηση κυκλωμάτων μέσα στο υφιστάμενο δίκτυο.
- ✓ Έλεγχο και εποπτεία του συγχρονισμού του δικτύου.

Επίσης για τις ανάγκες της διαχείρισης και συντήρησης σχεδιάστηκε το δίκτυο επικοινωνίας δεδομένων DCN (Data Communication Network). Με το οποίο μεταφέρονται τα δεδομένα διαχείρισης από τα συστήματα λειτουργίας προς τα διάφορα διαχειριζόμενα στοιχεία και αντίστροφα καθώς και την αίθουσα ελέγχου με τις γιγαντοοθόνες (video wall) από την οποία γίνονται σε επιτελικό επίπεδο οι διάφορες λειτουργίες διαχείρισης του τηλεπικοινωνιακού δικτύου και την προστασία που έχει προβλεφθεί για το σύστημα διαχείρισης ώστε να εξασφαλιστεί η χωρίς διακοπή λειτουργία του.

Το δίκτυο DCN καλύπτει αποκλειστικά τις ανάγκες επικοινωνίας και διασύνδεσης των συστημάτων λειτουργίας, τω απομακρυσμένων τερματικών και των στοιχείων του δικτύου. Είναι ένα ιεραρχικό δίκτυο που λειτουργεί όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα σε τρεις ομόκεντρους κύκλους.



Το σύστημα διαχείρισης δικτύου SDH περιλαμβάνει :

- ✓ Διαχείριση βλαβών.
- ✓ Διαχείριση διάρθρωσης.
- ✓ Διαχείριση επίδοσης.
- ✓ Διαχείριση ασφαλείας.

Οι βασικές λειτουργίες που θα παρέχονται από το σύστημα είναι :

- ✓ Αναπαράσταση της τοπολογίας του δικτύου και των υποδικτύων που το αποτελούν.
- ✓ Διαχείριση των λειτουργικών συστατικών του δικτύου, όπως διασυνδέσεις και πόρτες.
- ✓ Δημιουργία και προστασία κυκλωμάτων.
- ✓ Συλλογή δεδομένων συναγερμών και ποιότητας που αφορούν τα διαχειριζόμενα κυκλώματα.
- ✓ Δυνατότητα ελέγχων ποιότητας.

ΣΥΓΧΡΟΝΙΣΜΟΣ

Συγχρονισμός είναι η εξασφάλιση της λειτουργίας σε μια κοινή συχνότητα ρολογιού, όλων των ψηφιακών συστημάτων ενός δικτύου τηλεπικοινωνιών.

Στην ψηφιακή μετάδοση, οι πληροφορίες είναι κωδικοποιημένες σε διακριτούς παλμούς. Όταν οι παλμοί μεταδίδονται μέσω ενός δικτύου ψηφιακών ζεύξεων και κόμβων επικοινωνίας, κάθε μονάδα του πρέπει να είναι συγχρονισμένη. Ο συγχρονισμός πρέπει να υπάρχει σε τρία επίπεδα : bit, χρονοθυρίδας (time slot), και πλαισίου (frame).

Ο συγχρονισμός bit απαιτεί, οι καταλήξεις της μετάδοσης και της λήψης της σύνδεσης να λειτουργούν στην ίδια συχνότητα ρολογιού, έτσι ώστε να μην διαβάζονται λάθος τα bits λόγω ολίσθησης του χρόνου δειγματοληψίας. Ο δείκτης μπορεί να συγχρονίζεται από την εισερχόμενη παλμοσειρά για να επιτύχει τον συγχρονισμό των bits. Ο συγχρονισμός των bits εμπλέκει θέματα συγχρονισμού όπως jitter στη γραμμή μετάδοσης και πυκνότητα λογικών “ 1 “. Αυτά τα θέματα αντιμετωπίζονται θέτοντας απαιτήσεις για το σύστημα του ρολογιού, των γραμμών μεταφοράς, καθώς και με τη χρήση ειδικής κωδικοποίησης (line codes).

Ο συγχρονισμός σε επίπεδο χρονοθυρίδας ευθυγραμμίζει τον πομπό και το δέκτη έτσι που τα time slots να μπορούν να προσδιοριστούν για την ανάκτηση δεδομένων.

Ένα ρολόι που βρίσκεται στον αρχικό (source) κόμβο ενός δικτύου, ελέγχει το ρυθμό με τον οποίο τα bits, τα πλαίσια, και τα time slots μεταδίδονται από αυτόν.

Ένα δεύτερο δικτυακό ρολόι βρίσκεται στον κόμβο λήψης, το οποίο ελέγχει τον ρυθμό με τον οποίο διαβάζονται οι πληροφορίες. Ο αντικειμενικός στόχος του συγχρονισμού του δικτύου είναι να φροντίζει ούτως ώστε τα ρολόγια της πομπού και της λήψης να συμβαδίζουν, έτσι ώστε ο κόμβος λήψης να ερμηνεύει σωστά το ψηφιακό σήμα. Οι διαφορές στο συγχρονισμό των κόμβων μέσα σε ένα δίκτυο θα κάνουν τον κόμβο λήψης

είτε να αγνοήσει, είτε να ξαναδιαβάσει μέρος των πληροφοριών που του έχουν σταλεί. Αυτό αναφέρεται ως slip.

Για παράδειγμα, αν ο εξοπλισμός που στέλνει πληροφορίες λειτουργεί με ένα ρυθμό (clock rate) που είναι γρηγορότερος από αυτόν τον εξοπλισμό του δέκτη, ο δέκτης δεν μπορεί να συμβαδίσει με τη ροή των πληροφοριών. Όταν ο δέκτης δεν μπορεί να ακολουθήσει τον πομπό, ο δέκτης θα “ απορρίπτει “ περιοδικά κάποιες από τις πληροφορίες που του στέλνονται. Η απώλεια πληροφοριών αναφέρεται ως slip απώλειας.

Παρομοίως, εάν ο δέκτης δουλεύει με ένα ρυθμό (clock rate) γρηγορότερο από αυτόν του πομπού, ο δέκτης θα αναπαράγει την πληροφορία, έτσι που να μπορεί να λειτουργεί στην ταχύτητά του και να μπορεί ακόμη να επικοινωνεί με τον πομπό. Αυτή η αναπαραγωγή της πληροφορίας αποκαλείται slip επανάληψης.

Ο βασικός αντικειμενικός στόχος του δικτύου συγχρονισμού είναι να περιορίσει την εμφάνιση των ελεγχόμενων slip. Τα slip μπορούν να εμφανιστούν για δύο βασικούς λόγους.

Ο πρώτος είναι η μη ταύτιση των ρολογιών που τροφοδοτούν τα δύο συστήματα, που έχει ως αποτέλεσμα διαφορές στις συχνότητες των ρολογιών τους.

Ο δεύτερος είναι η ολίσθηση φάσης είτε στη ζεύξη (όπως τα jitter και wander) είτε μεταξύ της κύρια πηγής και του καθ' ενός από τα συστήματα (εκπομπός – δέκτης).

Η απώλεια πλαισίων πληροφορίας δεν είναι το μόνο πρόβλημα που προκαλείται από έλλειψη συγχρονισμού. Στα δίκτυα SDH, ανεπαρκής συγχρονισμός μπορεί να οδηγήσει πρωτογενώς σε μεταβολή των pointer και δευτερογενώς σε jitter και wander των tributary σημάτων στις εξόδους από το δίκτυο.

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ ΣΤΙΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ

Η επίδραση ενός ή περισσοτέρων slip στις υπηρεσίες που υποστηρίζονται από ψηφιακά δίκτυα εξαρτάται από την εφαρμογή. Το

αποτέλεσμα ενός μοναδικού slip σε διάφορες υπηρεσίες περιγράφεται παρακάτω.

Για την φωνητική υπηρεσία, μελέτες υποδεικνύουν ότι τα slip μπορεί να προκαλέσουν ένα τυχαίο ακουστικό θόρυβο. Αυτός ο θόρυβος δεν ακούγεται πάντοτε και δεν είναι σοβαρό εμπόδιο στη συνομιλία. Έτσι οι φωνητικές υπηρεσίες είναι ανεκτικές στο slip. Ρυθμοί slip ως και αρκετά slip ανά λεπτό θεωρούνται αποδεκτοί.

ΑΝΑΓΚΕΣ ΣΥΓΧΡΟΝΙΣΜΟΥ ΔΙΚΤΥΩΝ SDH

Με την εισαγωγή των δικτύων SDH, τίθενται νέες απαιτήσεις για τα υποσυστήματα που εξασφαλίζουν τον συγχρονισμό.

Τα συστήματα των δικτύων SDH απαιτούν συγχρονισμό, καθώς το οπτικό σήμα που μεταδίδουν είναι σύγχρονο (synchronous). Αν τα δύο συστήματα ενός δικτύου SDH χάσουν τον ακριβή συγχρονισμό τους, δεν θα προκαλέσουν σφάλματα στην μεταξύ τους μετάδοση. Αυτό βέβαια αληθεύει για περιορισμένες αποκλίσεις συγχρονισμού, και οφείλεται στο γεγονός ότι το ωφέλιμο « φορτίο » πληροφορίας (payload) των πλαισίων SDH μεταδίδεται ασύγχρονα (asynchronously) με την βοήθεια δεικτών (pointers) που προσδιορίζουν την αρχή του « φορτίου ». Μια διαφορά ανάμεσα στους ρυθμούς εκπομπής και λήψης προκαλεί μια αλλαγή στον δείκτη, η οποία με τη σειρά της προκαλεί μεταβολές φάσης των μεταφερόμενων σημάτων, γνωστές ως jitter και wander. Το jitter είναι μία γρήγορη ($\geq 10\text{Hz}$) μεταβολή στη φάση ενός σήματος, ενώ το wander είναι μια σχετικά αργή μεταβολή φάσης ($< 10\text{Hz}$). Υπερβολικό jitter και wander προκαλεί BER ή και slips στα συστήματα που τροφοδοτούνται από τα σήματα-φορτία (payload), των σύγχρονων δικτύων. Έτσι, ο στόχος των δικτύων συγχρονισμού σε ένα δίκτυο SDH, είναι να περιορίσει τον αριθμό των μεταβολών των δεικτών που γίνονται από τα συστήματα του δικτύου SDH. Αυτό επιτυγχάνεται περιορίζοντας τον βραχύχρονο θόρυβο ($< 100\text{ second}$) στο δίκτυο συγχρονισμού χρησιμοποιώντας καλύτερα (δηλ. ακριβέστερα και σταθερότερα) ρολόγια σε όλα τα συστήματα του δικτύου.

ΒΑΣΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΥΓΧΡΟΝΙΣΜΟΥ

Υπάρχουν αρκετές βασικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για να συγχρονίζονται τα ψηφιακά δίκτυα : πλησιόχρονη (plesiochronous) λειτουργία, ιεραρχική λειτουργία πομπού – δέκτη, αμοιβαίος συγχρονισμός, pulse stuffing και δείκτες (pointers). Αυτές προσδιορίζονται παρακάτω.

Πλησιόχρονη (plesiochronous)

Κάθε κόμβος λαμβάνει μία αναφορά από μία διαφορετική και ανεξάρτητη πηγή ρολογιού. Οι ρυθμοί σφαλμάτων διατηρούνται ανεκτοί λόγω εξαιρετικά αυστηρής χρονικής ακρίβειας της κάθε πλευρά της σύνδεσης.

Στα δίκτυα που χρησιμοποιούν πλησιόχρονες μεθόδους τα ρολόγια ελέγχου πρέπει να διατηρούν μακρόχρονη ακρίβεια συχνότητας 1×10^{-11} .

Ιεραρχία Δέκτη – Πηγή

Μία βασική πηγή αναφοράς σε ένα κόμβο master παράγει ένα ρολόι αναφοράς το οποίο είναι κοινό και διανέμεται στους υπόλοιπους κόμβους του δικτύου. Ο κόμβος πομπού στέλνει την αναφορά του σε κόμβους λήψης.

Αμοιβαίος συγχρονισμός

Στον αμοιβαίο συγχρονισμό, οι πληροφορίες ρολογιού μοιράζονται σε όλους τους κόμβους στο δίκτυο. Κάθε ρολόι στέλνει και λαμβάνει αναφορά χρονισμού προς (από) όλα τα άλλα ρολόγια στο δίκτυο.

Το τελικό σήμα συγχρονισμού προσδιορίζεται από κάθε ρολόι βγάζοντας τον μέσω όρο των σημάτων συγχρονισμού που λαμβάνει από όλα τα άλλα ρολόγια στο δίκτυο.

Pulse stuffing

Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται για τη μετάδοση ασύγχρονων δεδομένων. Τα κανάλια που πρόκειται να πολυπλεχθούν, συμπληρώνονται ξεχωριστά το καθένα με πρόσθετους παλμούς. Αυτό αυξάνει τους ρυθμούς τους σε εκείνους ενός ανεξάρτητου τοπικού ρολογιού.

Pointers (Δείκτες)

Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται στα δίκτυα SDH και SONET για τη μετάδοση « φορτίων » τα οποία δεν είναι απαραίτητα συγχρονισμένα με το ρολόι SDH / SONET. Οι δείκτες χρησιμοποιούνται για να υποδείξουν την αρχή ενός « φορτίου ». Οι διαφορές συχνότητας ανάμεσα στα στοιχεία των

δικτύων SDH / SONET ή ανάμεσα στο «φορτίο » και τα συστήματα SDH / SONET ρυθμίζονται προσαρμόζοντας την τιμή του δείκτη.

Έτσι, το « φορτίο » δεν χρειάζεται να είναι συγχρονισμένο με τα συστήματα SDH / SONET. Αυτά είναι συνήθως συγχρονισμένα έτσι ώστε ο αριθμός των προσαρμογών του δικτύου να παραμένει σε μια ελάχιστη τιμή. Αυτό είναι το επιθυμητό, καθώς κάθε προσαρμογή δείκτη θα προκαλέσει jitter και wander στα « φορτία ».

Συγχρονισμός Τηλεπικοινωνιών

Οι περισσότεροι τηλεπικοινωνιακή οργανισμοί χρησιμοποιούν την ιεραρχική μέθοδο πομπού – δέκτη για να συγχρονίσουν το δίκτυό τους. Το βασικό ρολόι (PRS) για ένα δίκτυο είναι μία ή περισσότερες βασικές πηγές αναφοράς. Αυτή η αναφορά ρολογιού διανέμεται μέσω ενός δικτύου ρολογιών – δεκτών.

Ο κόμβος με το πιο σταθερό και αξιόπιστο ρολόι καθιερώνεται σαν κόμβος – πηγή. Ο κόμβος – πηγή μεταδίδει μια χρονική αναφορά σε έναν ή περισσότερους κόμβους – δέκτες. Οι κόμβοι – δέκτες συνήθως έχουν ίση ή χειρότερη απόδοση από τον κόμβο – πηγή. Ο κόμβος – δέκτη κλειδώνει στην αναφορά χρονισμού του κόμβου – πηγή και μετά παρέχει την αναφορά σε άλλους κόμβους – δέκτες. Έτσι, ο συγχρονισμός διανέμεται μέσω μιας ιεραρχίας κόμβων. Οι κόμβοι – δέκτες είναι συνήθως σχεδιασμένοι να δέχονται δύο ή περισσότερες αναφορές.

Μόνο μία αναφορά χρονισμού είναι **ενεργός**. Όλες οι άλλες εναλλακτικές αναφορές βρίσκονται σε αναμονή. Στην περίπτωση που χαθεί η ενεργός αναφορά, οι κόμβοι – δέκτης μπορεί να κλειδώσει σε μία εναλλακτική αναφορά.

Έτσι κάθε κόμβος – δέκτης έχει πρόσβαση στο συγχρονισμό του δικτύου από δύο ή περισσότερους κόμβους – πηγές. Τα περισσότερα δίκτυα είναι έτσι δομημένα, ώστε να δίνονται δύο ή περισσότερες διαφορετικές αναφορές σε όλα τα ρολόγια λήψης. Στα ιδιωτικά δίκτυα, αυτό μπορεί να μην είναι δυνατόν, εξαιτίας του περιορισμένου αριθμού των συνδέσεων μεταξύ των κόμβων.

Τα ρολόγια είναι τοποθετημένα στην ιεραρχία με τη λογική των επιπέδων ποιότητας.

Η ITU καθορίζει τέσσερα επίπεδα απόδοσης :

- Την πρωταρχική πηγή αναφοράς (Primary Reference Source)
- Τον κόμβο διέλευσης (Transit Node)
- Τον τοπικό κόμβο (Local Node)
- Τον τερματικό (terminal) ή SEC κόμβο

ΡΟΛΟΓΙΑ ΠΗΓΗΣ : ΠΡΩΤΑΡΧΙΚΗ ΠΗΓΗ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

Ως πρωταρχική πηγή αναφοράς ενός δικτύου (PRS) , ορίζεται το ρολόι το οποίο είναι ικανό να διατηρήσει μία ακρίβεια στη συχνότητα που παράγει, καλύτερη από 1×10^{-11} .

Το ρολόι PRS, εξ' ορισμού, τρέχει ελεύθερα. Δεν χρησιμοποιεί χρονική αναφορά για να παράγει ή να καθοδηγήσει το χρονοισμό του. Τα ρολόγια τύπου PRS συνήθως αποτελούνται από ένα σύνολο ατομικών ταλαντωτών Καισίου. Ωστόσο, ένα PRS δεν είναι απαραίτητο να υλοποιηθεί με τοπικούς ταλαντωτές. Άλλα παραδείγματα PRS είναι τα ρολόγια Global Positioning System (GPS) και τα LORAN-C. Αυτά τα συστήματα χρησιμοποιούν τοπικούς ταλαντωτές Ρουβιδίου ή Κρυστάλλους (Quartz) οι οποίοι είναι καθοδηγούμενοι από σήματα χρονοισμού που παίρνονται από GPS ή LORAN-C. Δεν θεωρούνται PRS, καθώς η συχνότητα τους δέχεται εξωτερική αναφορά, αλλά είναι καταχωρημένα ως πρωταρχικές πηγές αναφοράς. Αυτά τα ρολόγια έχουν την δυνατότητα να διατηρούν μία ακρίβεια της τάξης $10^{-13} - 10^{-12}$.

Ο ρυθμός σφαλμάτων που προκύπτει εξ' αιτίας της ακρίβειας ενός PRS είναι συνήθως αμελητέος. Ένα δίκτυο το οποίο εξάγει το χρονοισμό από δύο ρολόγια PRS θα έχει τουλάχιστον πέντε σφάλματα το χρόνο, που προκαλούνται από την ανακρίβεια των ρολογιών. Αυτό είναι αμελητέο συγκριτικά με την απόδοση των ρολογιών λήψης. Έτσι, οι operators των τηλεπικοινωνιακών δικτύων στηρίζονται περισσότερο σε ρολόγια PRS και χρησιμοποιούν πολλά από αυτά για να συγχρονίσουν το δίκτυό τους.

ΡΟΛΟΓΙΑ ΛΗΨΗΣ

Ο κύριος ρόλος ενός ρολογιού λήψης είναι να ανακτά το χρονοισμό από ένα σήμα αναφοράς και να διατηρεί το χρονοισμό όσο το δυνατόν πιο κοντά σε αυτό του κόμβου – πηγής. Αυτό απαιτεί από το ρολόι πομπού να κάνει δύο βασικές λειτουργίες. Πρώτα, θα πρέπει να αναπαράγει το χρονοισμό του ρολογιού λήψης από ένα αναφορικό σήμα, ακόμη και αν η αναφορά είναι λαθεμένη. Δεύτερον, θα πρέπει να διατηρεί επαρκή συγχροισμό κατά την απουσία του ρολογιού αναφοράς (λειτουργία holdover)

Ο συνήθης τρόπος λειτουργίας ενός ρολογιού λήψης είναι να « εξάγει » χρονοισμό από την αναφορά του ρολογιού – πηγής. Κατ' αυτό τον τρόπο, το ρολόι λήψης, πρέπει να μπορεί να ‘ απορροφήσει ’ σύντομα σφάλματα αναφοράς τα οποία μπορεί να προκύψουν. Αυτά τα σφάλματα μπορεί να είναι αστάθειες χρονοισμού « jitter » ή σύντομες διακοπές αναφοράς. Αυτά τα σφάλματα συνήθως προκαλούνται από το σύστημα που μεταφέρει την αναφορά από το ρολόι – πηγή, στο ρολόι λήψης.

Ένα ρολόι λήψης χρησιμοποιεί φίλτρα low-pass για να ‘ απορροφήσει ‘ βραχύχρονες αστάθειες χρονοισμού. Για σύντομες διακοπές, τα ρολόγια λήψης είναι σχεδιασμένα για να έχουν δύο ή περισσότερες αναφορές έτσι ώστε να μπορούν να αλλάζουν αναφορές σε περιπτώσεις σύντομων βλαβών.

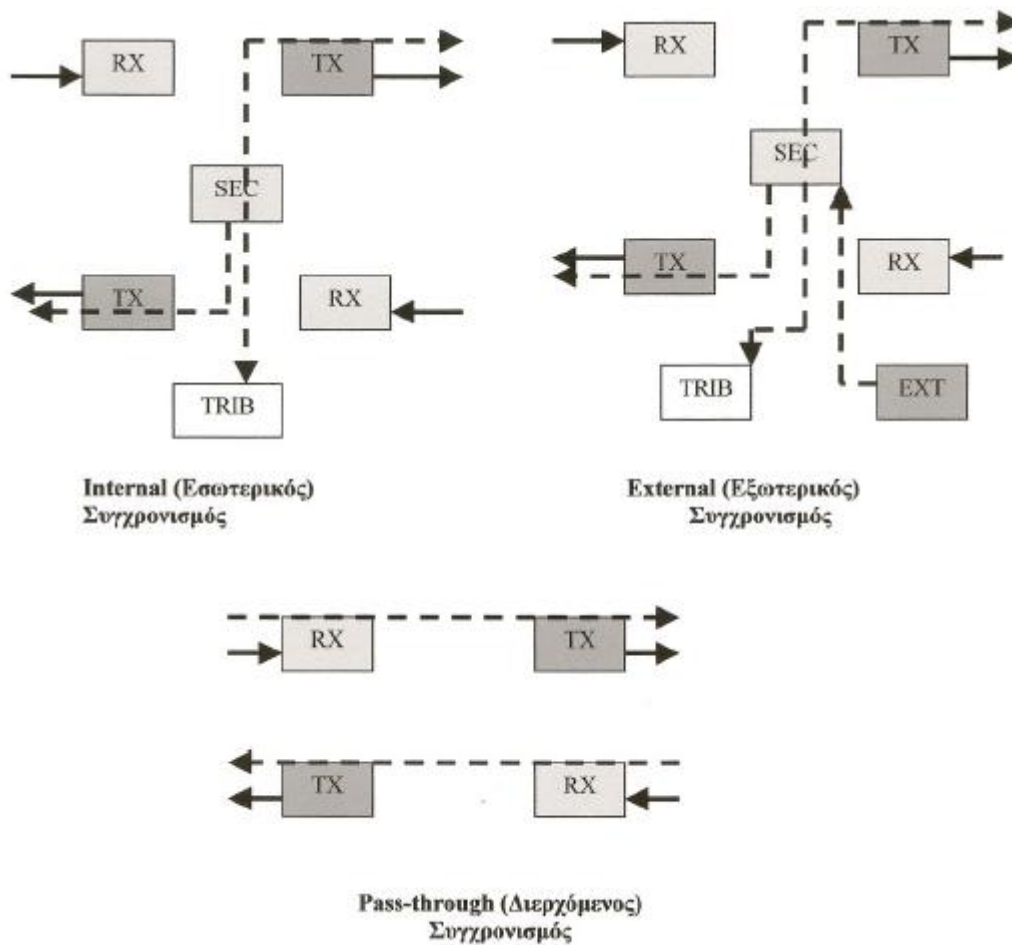
Τα περισσότερα ρολόγια είναι σχεδιασμένα έτσι ώστε να μην προκαλούν πάνω από 1000 nanoseconds σφάλμα διατήρησης του χρονοισμού με κάθε αλλαγή αναφοράς ή άλλου μεταβατικού γεγονότος. Επιπρόσθετα, τα δικτυακά ρολόγια είναι σχεδιασμένα να κρατούν το ημερήσιο σφάλμα χρονοισμού ανάμεσα σε 1 και 10 nanoseconds σε περίπτωση απουσίας διακοπών.

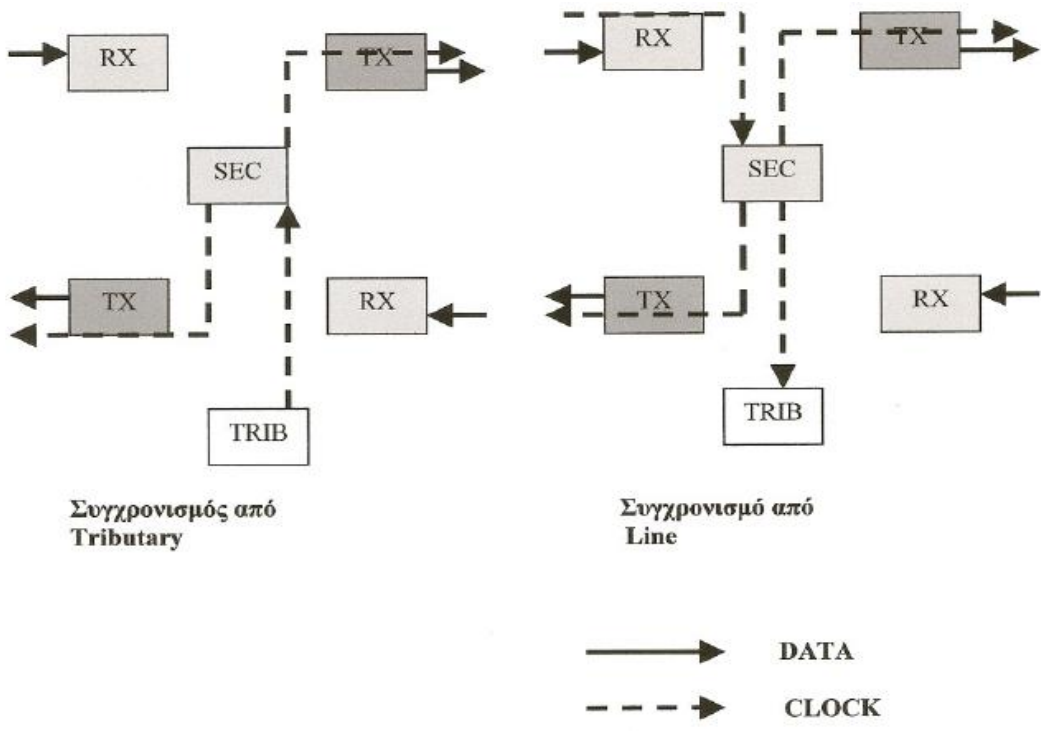
Τα ρολόγια SEC δεν έχουν κάποιες προδιαγραφές για τον τρόπο λειτουργίας τους όσον αφορά την ανάκτηση χρονοισμού. Η αντίδραση ενός ρολογιού SEC σε σύντομες διακοπές, τυπικά είναι ένα σφάλμα ίσο με 10 – 100 microseconds. Επιπρόσθετα, μια σειρά από λάθη θα συνοδέψει αυτή την υπερπήδηση φάσης.

Ο δεύτερος τρόπος λειτουργίας είναι ένα ρολόι λήψης που λειτουργεί έχοντας χάσει όλες του τις αναφορές. Holdover, είναι η δυνατότητα του ρολογιού να διατηρεί με ακρίβεια τη συχνότητα αναφοράς εφόσον χαθεί. Όλα

τα συστήματα χρονισμού, εκτός από τα SEC, απαιτείται να έχουν δυνατότητα holdover. Τα SECs επιτρέπεται να έχουν ελεύθερη λειτουργία όταν χάνουν κάθε χρονική αναφορά. Η ελεύθερη λειτουργία αναφέρεται σε ένα τρόπο λειτουργίας όπου ο χρονισμός του ρολογιού ελέγχεται από τον τοπικό ταλαντωτή και δεν χρησιμοποιείται καθόλου μνήμη εξωτερικής αναφοράς για να διορθώσει τη συχνότητα του ταλαντωτή.

Τα παρακάτω σχήματα δείχνουν διάφορους τρόπους συγχρονισμού που χρησιμοποιούνται για συγχρονισμό του δικτύου SDH του O.T.E.





SDH ΔΙΚΤΥΩΣΗ

Οι λειτουργίες της σύγχρονης πολυπλεξίας, της ψηφιακής μεταγωγής και της υποστήριξης ζεύξης, σε ένα μόνον στοιχείο δικτύου (Network Element, NE), οδηγούν σε ένα ισχυρότατο πολυπλέκτη απομάστευσης - επανεισαγωγής, ADM (Add Drop Multiplexer).

Το SDH υποστηρίζει την κλασική τοπολογία (από σημείο σε σημείο) για τηλεπικοινωνιακή δικτύωση.

Η πρωτοποριακή αρχιτεκτονική όμως, που εξαντλεί το σύνολο των δυνατοτήτων του πολυπλέκτη ADM, είναι η αρχιτεκτονική δακτυλίου. Εξασφαλίζει μεγαλύτερη ευελιξία στη διαχείριση της χωρητικότητας και επιτρέπει την ύπαρξη εναλλακτικών δρόμων μετάδοσης, σε περίπτωση βλάβης των κύριων.

Η αποκατάσταση καναλιών συγκεκριμένης χωρητικότητας, μεταξύ δύο πολυπλεκτών του δακτυλίου ή ενός ευρύτερου δικτύου, γίνεται πλέον ρεαλιστική προσέγγιση.

Για περιορισμένη χρονική διάρκεια ή σε περιοδική χρονική βάση, υπηρεσίες αυτού του είδους μπορεί να προσφέρονται στους πελάτες, έχοντας πρόσβαση μόνον στον Η/Υ διαχείρισης του δικτύου. Αυτό σημαίνει ότι είναι εφικτή μία χρονικά μεταβαλλόμενη κατανομή, της χωρητικότητας του δικτύου.

Ο πολυπλέκτης ADM, σαν μέρος ενός σύγχρονου δικτύου, υποστηρίζει διάφορες λειτουργίες, οι οποίες προσδιορίζουν το ρόλο του στη συγκεκριμένη τοπολογία.

1. ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΣ ΓΡΑΜΜΗΣ (Line Terminal)

Η τοπολογία στην οποία χρησιμοποιείται ο τερματικός γραμμής πολυπλέκει ένα συνδυασμό από πλησιόχρονα σήματα σε ένα σήμα της σύγχρονης ιεραρχίας και αντίστροφα (STM-n, n=1,4,16).

2. ΠΟΛΥΠΛΕΚΤΗΣ ΑΠΟΜΑΣΤΕΥΣΗΣ – ΕΠΑΝΕΙΣΑΓΩΓΗΣ (Add Drop Multiplexer)

Ο ADM βρίσκεται πάντα μεταξύ δύο άλλων πολυπλεκτών. Λαμβάνοντας κάποιο STM-1 σήμα, από τη μία κατεύθυνση, απομαστεύει κάποια από τα συνεισφέροντα σήματα και επανεισάγει κάποια άλλα της ίδιας χωρητικότητας. Το νέο πλαίσιο STM-1 δρομολογείται προς την αντίθετη κατεύθυνση.

3. ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗΣ (Cross Connect)

Είναι κόμβος στον οποίο καταλήγουν δύο ή τέσσερα STM-n ($n=1,2$) πλαίσια. Κάνει αναδρομολόγηση των σημάτων που μεταφέρονται, από κάποιο STM-n σε άλλο STM-n. Χαρακτηριστικό είναι ότι σε ένα τέτοιο κόμβο δε γίνεται απομάστευση.

4. ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΗΣ

Ο συγκεντρωτής είναι κόμβος μίας τοπολογίας αστέρα. Έχει δυνατότητα εισαγωγής – συμπύκνωσης τεσσάρων STM-n σημάτων των οποίων το συνολικό φορτίο (payload), δεν ξεπερνά το μέγιστο φορτίο ενός πλαισίου STM-n. Το αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας είναι ένα σήμα STM-n, που μεταφέρει το συνολικό φορτίο των τεσσάρων σημάτων εισόδου.

5. ΚΥΡΙΟΣ ΔΑΚΤΥΛΙΟΥ

Κύριος δακτυλίου είναι κόμβος μίας τοπολογίας δακτυλίου. Δέχεται εξωτερικά χρονισμό και τροφοδοτεί με αυτόν τους υπόλοιπους κόμβους του δακτυλίου, μέσα σε SDH σήματα.

6. ΠΥΛΗ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ

Ο πολυπλέκτης πύλη, έχει το κατάλληλο interface μέσα από το οποίο ελέγχεται το δίκτυο από το κέντρο ελέγχου του δικτύου (Network Management Center).

Ένας πολυπλέκτης μπορεί να χαρακτηρίζεται με παραπάνω από μία ιδιότητες, π.χ. ένας πολυπλέκτης απομάστευσης – επανεισαγωγής μπορεί να είναι ταυτόχρονα και πύλη ελέγχου και κύριος δακτυλίου. Δεν μπορεί, όμως, να έχει παραπάνω από μία από τις τρεις πρώτες ιδιότητες.

ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΝΕΣ

Τα προτυποποιημένα πακέτα πληροφοριών SDH μεταδίδονται πάνω σε κατάλληλα προσαρμοσμένα δίκτυα εκπομπής. Συνήθως συστήματα οπτικών ινών.

Η οπτική ίνα είναι είδος κυματοδηγού με κυλινδρική συμμετρία. Αποτελείται από δύο ή περισσότερα διηλεκτρικά στρώματα (συνήθως από γυαλί ή πλαστικό) με διαφορετικούς δείκτες διάθλασης, με σκοπό να παγιδεύει τις ακτίνες φωτός κατά μήκος του άξονα συμμετρίας τους.

Ο πιο απλός τύπος ίνας αποτελείται από δύο στρώματα :

- Το κεντρικό στρώμα που λέγεται **πυρήνας** (core) με δείκτη διάθλασης n_{co} .
- Το εξωτερικό στρώμα που λέγεται **περίβλημα** (cladding) με δείκτη διάθλασης $n_{cl} < n_{co}$.

Η διαφορά μεταξύ των δεικτών διάθλασης $\Delta n = n_{co} - n_{cl}$ είναι γενικά μικρή.

Ανάλογα με τις διαστάσεις του πυρήνα της ίνας έχουμε :

- Μονορυθμική ίνα (το φως κυματοδηγείται μόνο με ένα ρυθμό και η διάμετρος του πυρήνα είναι της τάξης 1-5 μm).
- Πολυρυθμική ίνα (το φως κυματοδηγείται με περισσότερους ρυθμούς και η διάμετρος του πυρήνα είναι της τάξης των 100 μm).

Εξαιτίας του υψηλού δείκτη διάθλασης του πυρήνα οι ακτίνες ανακλούνται εσωτερικά στο περίβλημα του πυρήνα (cladding). Για να γίνει αυτό, υπάρχει ένας κώνος που καθορίζεται από τη **γωνία αποδοχής θ_0** του φωτός στην ίνα και προκύπτει από τον **νόμο του Snell**.



Η **εξασθένηση** είναι ο κυριότερος παράγοντας υποβάθμισης στην μετάδοση σημάτων μέσω οπτικών ινών. Διάφορα φαινόμενα συνεισφέρουν στην υποβάθμιση της μετάδοσης μέσα από την ίνα. Η ελάχιστη εξασθένηση στην τυπική τηλεπικοινωνιακή ίνα συμβαίνει γύρω στα **1500 nm** και είναι της τάξης των **0,2 dB / Km**. Η επόμενη μικρότερη εξασθένηση συμβαίνει γύρω στα 1300 nm και κατόπιν στα 850 nm. Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο στις οπτικές επικοινωνίες, χρησιμοποιούμε τα παραπάνω μήκη κύματος που ανήκουν στο **υπέρυθρο**.

Όταν ένα οπτικό σήμα διαδίδεται κατά μήκος μιας οπτικής ίνας, τότε το πλάτος των οπτικών παλμών πλαταίνει. Το φαινόμενο προκαλεί περιορισμό στο εύρος ζώνης της ίνας και καλείται διασπορά.

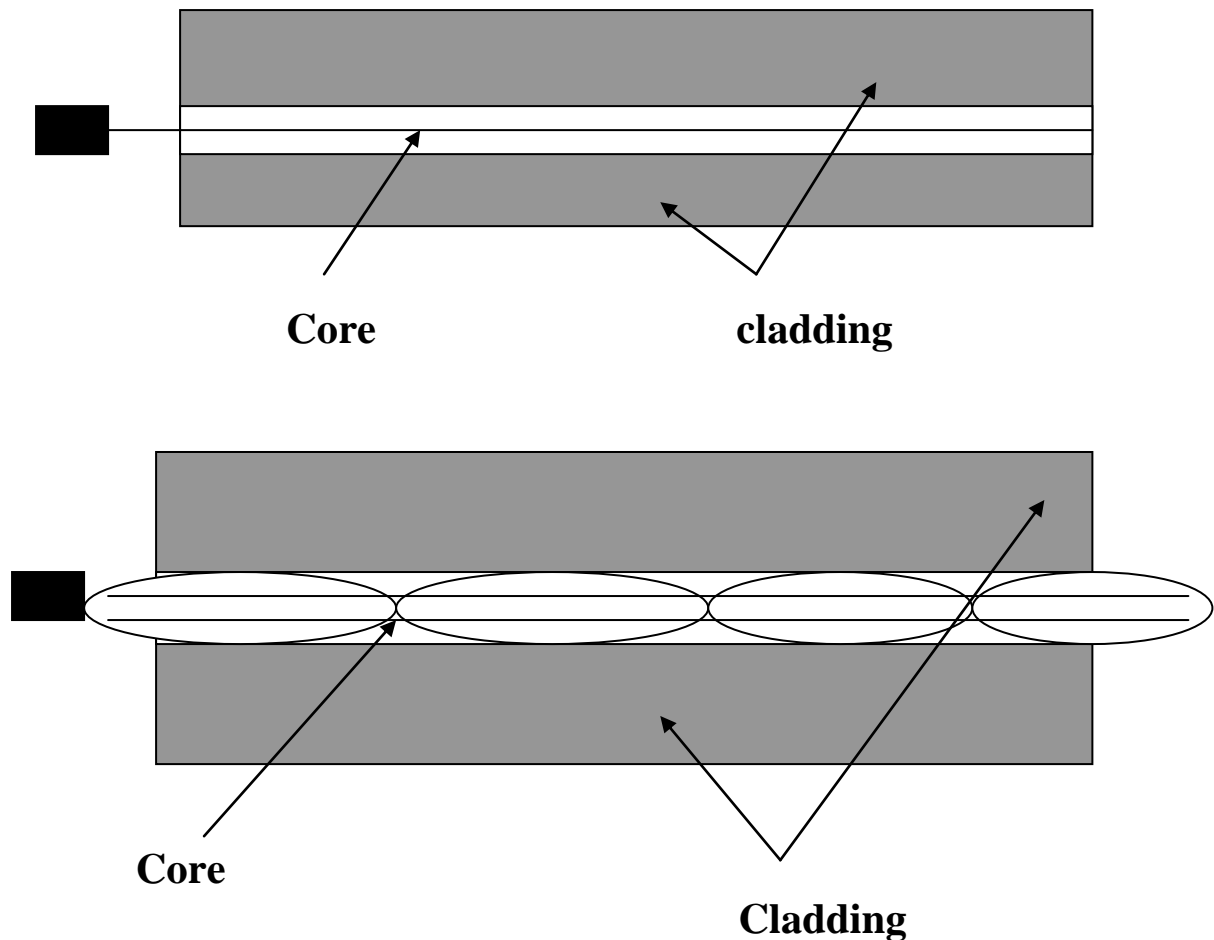
Η συνολική διασπορά στο σύστημα είναι το τετραγωνικό άθροισμα δύο επιδράσεων :

- Της **πολυρυθμικής διασποράς** (modal dispersion).
- Της **χρωματικής διασποράς** (chromatic dispersion).

Οι παραπάνω επιδράσεις εξαρτώνται από τον τύπο της ίνας που χρησιμοποιείται στο οπτικό σύστημα μετάδοσης. Οι οπτικές ίνες συχνά διαχωρίζονται από τον αριθμό των ρυθμών που κυματοδηγούνται μέσα σε αυτές. Έτσι έχουμε δύο κατηγορίες ινών :

- Πολυρυθμικές ίνες που κυματοδηγούνται πολλοί ρυθμοί.
- Μονορυθμικές ίνες όπου κυματοδηγείται μόνο ένας ρυθμός, ο βασικός.

Στο πιο κάτω σχήμα φαίνεται πως ταξιδεύουν οι ρυθμοί σε μία ίνα GI / MM και σε μία μονορυθμική ίνα (Single Mode Fiber).



Light Propagation in Fiber

Ο πυρήνας στις μονορυθμικές ίνες έχει αρκετά μικρή διάμετρο ώστε μόνο ο ένας ρυθμός να μπορεί να κυματοδηγηθεί. Αυτό μηδενίζει το πρόβλημα της **πολυρυθμικής διασποράς**. Στις μονορυθμικές ίνες όπως είπαμε, επικρατούσα διασπορά είναι η χρωματική.

Επομένως εφόσον έχουμε εξάρτηση από το λ , η διασπορά στις μονορυθμικές ίνες μετριέται σε **ps / Km per nm**.

Η εξασθένιση και η διασπορά πρέπει να λαμβάνονται υπόψη όταν σχεδιάζουμε συστήματα για δίκτυα υψηλών ταχυτήτων.

Όπως έχουμε είδη αναφέρει σε μήκος κύματος γύρω στα **1300 nm** έχουμε τη δεύτερη μικρότερη εξασθένιση (περίπου $0,35 \text{ dB / Km}$) ενώ η

χρωματική διασπορά (υποθέτουμε μετάδοση σε μονορυθμική ίνα) σε αυτό το μήκος κύματος είναι σχεδόν 0 ($< 3,5 \text{ ps / Km / nm}$).

Στα 1550 nm η εξασθένιση είναι στο χαμηλότερο σημείο της, η χρωματική διασπορά είναι όμως αρκετή.

Για να αντιμετωπίσουμε το πρόβλημα της διασποράς στα 1550 nm, δύο λύσεις μπορούμε να ακολουθήσουμε :

- Η πρώτη λύση είναι να χρησιμοποιήσουμε για την μετάδοση του οπτικού σήματος DFB LASER, το οποίο έχει πολύ στενό φασματικό περιεχόμενο, επομένως η διασπορά υλικού (Material Dispersion) σχεδόν μηδενίζεται και απομένει μόνο η διασπορά κυματοδότησης (Wave guide Dispersion).
- Η δεύτερη λύση είναι να χρησιμοποιήσουμε ένα είδος μονορυθμικής ίνας που λέγεται ίνα μετατοπισμένης διασποράς (Dispersion Shifted Fiber). Σε αυτή την ίνα το ελάχιστο της διασποράς έχει μετατοπιστεί από τα 1300 nm στα 1550 nm μέσω ενός ειδικού προφίλ δείκτη διάθλασης του πυρήνα αρκετά διαφορετικού από το προφίλ του βηματικού δείκτη διάθλασης.

Στην τηλεπικοινωνιακή ορολογία των οπτικών πομποδεκτών έχει επικρατήσει να συμβολίζουμε τις οπτικές κάρτες ανάλογα με το μήκος κύματος λειτουργίας τους, την τάξη του SDH και τη ισχύ εκπομπής ως εξής :

S ή L ή JE-τάξη του SDH. Παράθυρο λειτουργίας.

Π.χ. S-4.1 σημαίνει Short Haul με FC/PC συνδετήρα, για σήμα STM-4 στα 1310 nm.

L-16.2 σημαίνει Long Haul με FC/PC συνδετήρα για σήμα STM-16 στα 1550 nm.

Η τυπική τιμή εκπομπής για της κάρτες S (Short Haul) είναι -10 dBm , ενώ για της κάρτες L (Long Haul) είναι 0 dBm .

ΣΥΝΤΟΜΕΥΣΕΙΣ

ADM	:	Add / Drop Multiplexer
ANSI	:	American National Synchronous Institute
APS	:	Automatic Protection Switching
ATM	:	Asynchronous Transfer Module
AU-n	:	Administrative Unit
AUG	:	Administrative Unit Group
BIP-X	:	Bit – Interleaved Parity – X
C	:	Container
CCITT	:	Comite Consultatif International Telegraphique et Telephonique
DCC	:	Data Communications Channel
DCN	:	Data Communication Network
DQDB	:	Distributed Queue Dual Bus
DXC	:	Digital Cross – Connect Equipment
EA	:	External Access Equipment
ECC	:	Embedded Control Channel
EO	:	Embedded Overheads
ETSI	:	European Telecommunication Standards Institute
FEBE	:	Far End Black Error
FERF	:	Far End Receive Failure
FFDI	:	Fiber Distributed Interface
ISDN	:	Integrated Services Digital Network
LAN	:	Local Area Network

L-NMS	:	Local Area Management Centers
MLM	:	Multi – Longitudinal Mode
MS-AIS	:	Multiplex Section Alarm Indication Signal
MS-FERF	:	Multiplex Section Far End Receive Failure
MSOH	:	Multiplexer Section
MSP	:	Multiplexer Section Protection
NE	:	Network Element
NM	:	Network Management
NMS	:	Network Management System
NNI	:	Network Node Interface
PAM	:	Pulse Amplitude Modulation
PCM	:	Pulse Code Modulation
PDH	:	Plesiochronous Digital Hierarchy
POH	:	Path Overhead
REI	:	Remote Error Indication
R-NMS	:	Regional Network Management Centers
RSOH	:	Regenerator Section
SDH	:	Synchronous Digital Hierarchy
SDXC	:	Synchronous Digital Cross – Connect
SLM	:	Single – Longitudinal Mode
SM	:	Synchronous Multiplexer
SOH	:	Section Overhead
SONET	:	Standard Optical Network
STM-n	:	Synchronous Transport Module – n
TMN	:	Télécommunications Management Network
TR	:	Tributary
TU-n	:	Tributary Unit – n
TUG	:	Tributary Unit Group

VC : **Virtual Container**