Αστικά δίκτυα και δίκτυα κορμού

Αλέξανδρος Σταυδάς
Τρίτος Κύκλος

Τα περιεχόμενα του SPE του SONET

Τι μεταφέρεται με πλαίσια SONET

- Virtual Tributaries (VTs): channelized 64 Kb/s DS-0s
- Ασύγχρονες ροές DS-3: αδόμητα DS-3 πλαίσια
- ATM cells: SONET ως μέσο μετάδοσης του B-ISDN
- Packet over SONET (POS): οποιοδήποτε πακέτο στρώματος 3 (αρά κυρίως προβλέπεται για το IP)

Virtual Tributaries (VTs)

- Στο SONET, τα VT παρέχουν συμβατότητα με τους προγενέστερους ρυθμούς «Τ» (T-carrier) της ιεραρχίας PDH

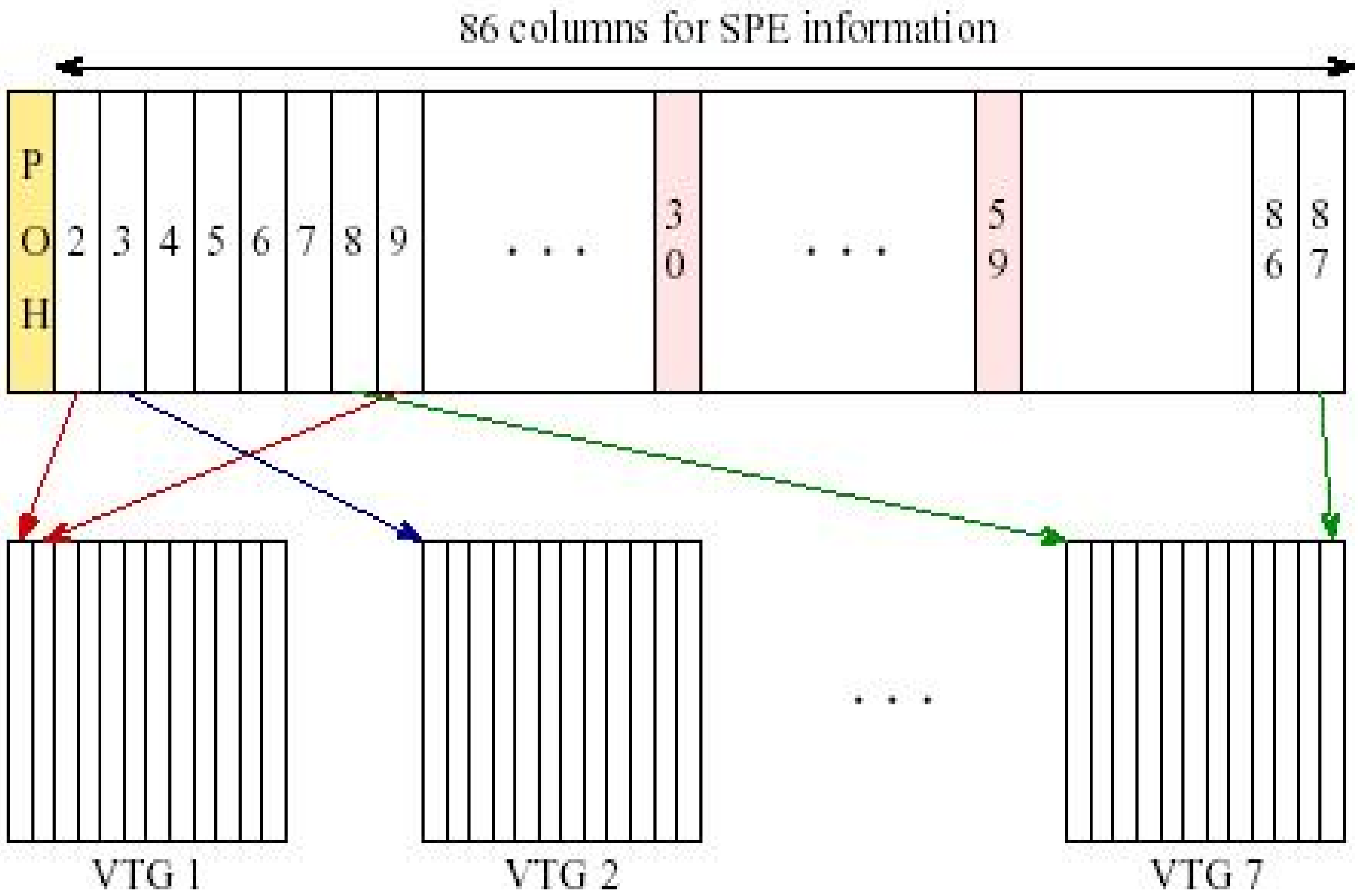
- Οι ζεύξεις SONET/SDH μεταφέρουν channelized DS-0s (κανάλια φωνής). Ως «κανάλια φωνής» μπορεί να νοούνται και ροές πακέτων IP

- Μια ροή DS-0 δεν έχει καμία φαινομενική διαφορά με ένα κανάλι φωνής για έναν πάροχο δικτύου

Virtual Tributary Groups (VTG)

- Κάθε SPE διαιρείται ακριβώς σε 7 VTGs
- Κάθε VTG καταλαμβάνει 12 στήλες, ήτοι 108 bytes
- Οι υπόλοιπες 2 στήλες (30, 59) αγνοούνται (δεν μεταφέρουν δεδομένα)
- byte-interleaved VTGs μέσα σε ένα SPE

VTGs μέσα σε ένα SPE



Δομή VTG

- Τα VTG δύνανται να φέρουν έναν εκ των επομένων 4 τύπων VTs:
  - 1. VT1.5 -> DS-1 transport (1.544 Mb/s)
  - 2. VT2 -> E-1 transport (2.048 Mb/s)
  - 3. VT3 -> DS-1C transport (3.152 Mb/s)
  - 4. VT6 -> DS-2 transport (6.312 Mb/s)

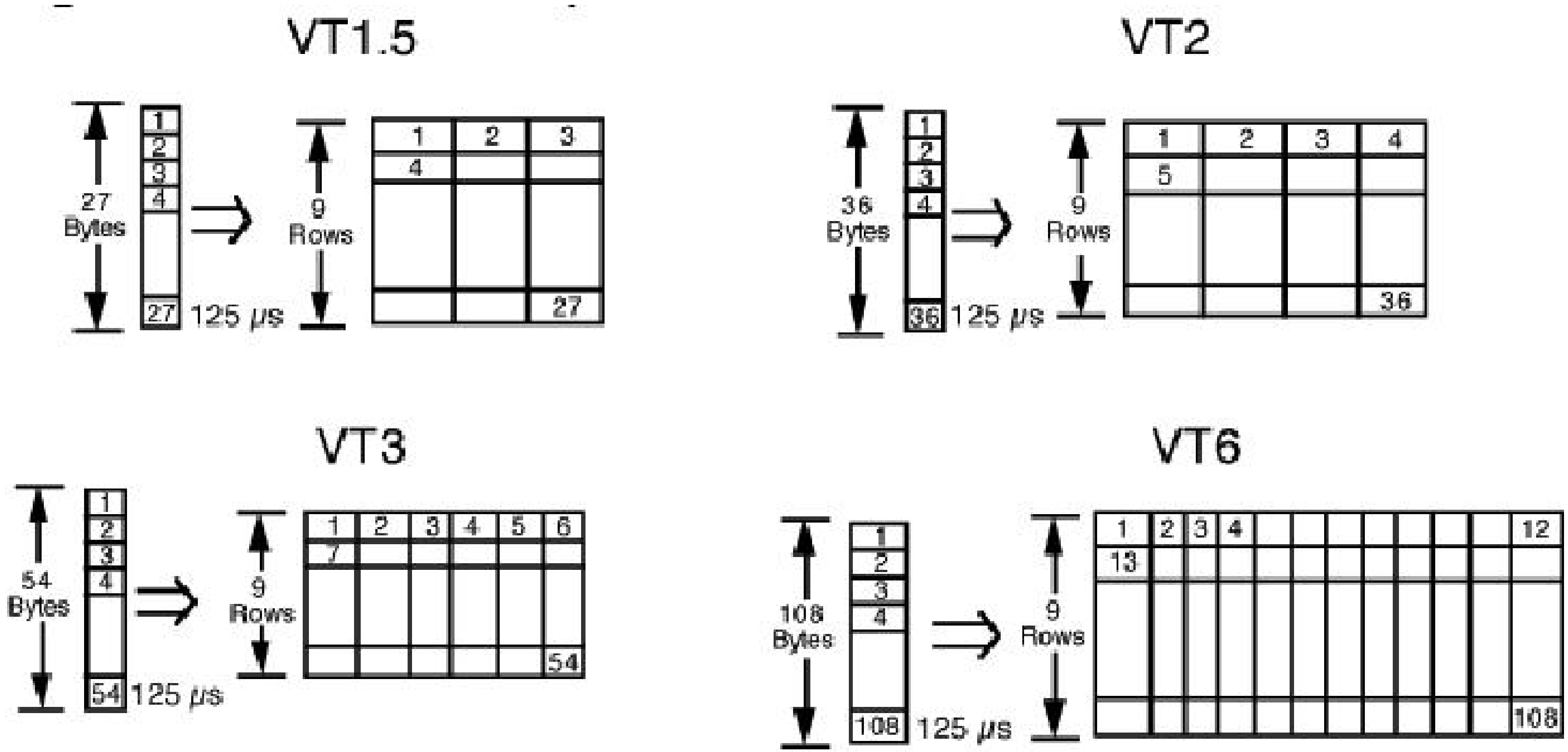
- Κάθε VTG μπορεί να φέρει μόνο ένα τύπο VT
- Κάθε ένα από τα 7 VTGs ενός SPE μπορεί να φέρει διαφορετικό τύπο VT (αν και σπάνια χρησιμοποιείται στην πράξη)

Virtual Tributaries (VTs)

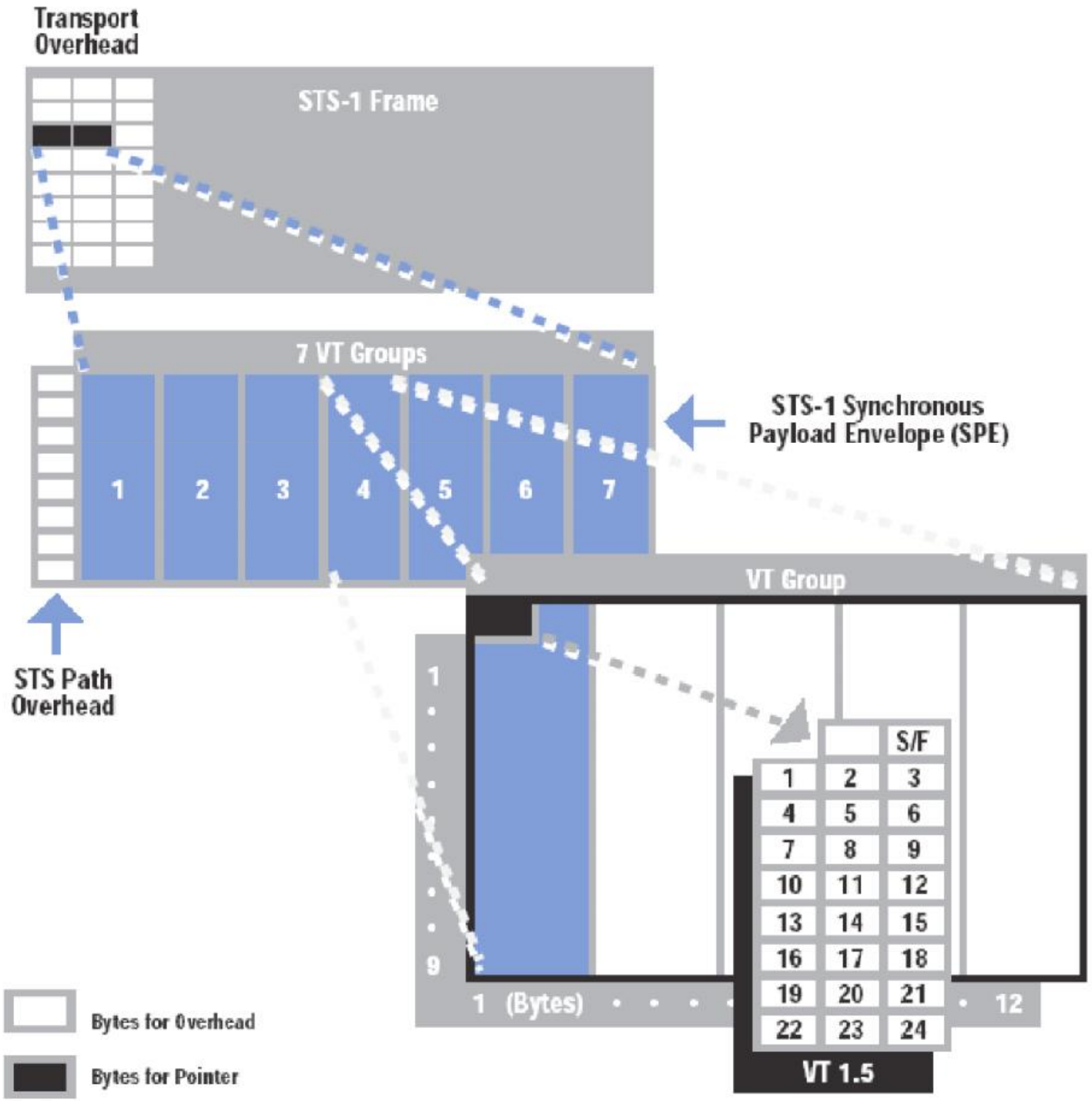
- Η τιμή 02H στο C2 byte του POH δηλώνει ότι το SPE περιέχει VT.
- Οι τέσσερις τύποι VT φαίνονται στον παρακάτω πίνακα

VT Type	Bitrate	Size of VT
VT 1.5	1.728	9 Rows, 3 Columns
VT 2	2.304	9 Rows, 4 Columns
VT 3	3.456	9 Rows, 6 Columns
VT 6	6.912	9 Rows, 12 Columns

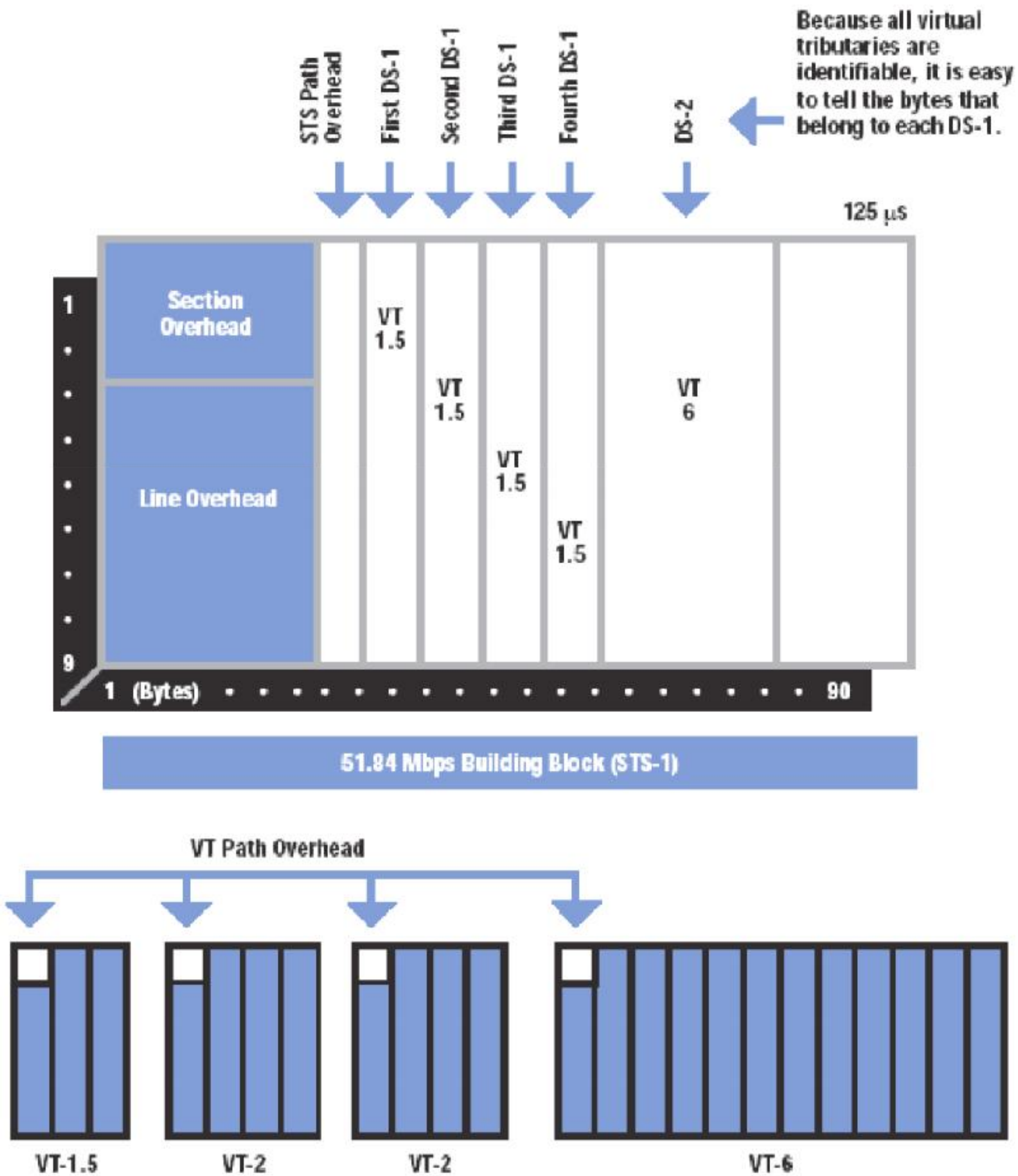
Η δομή των VT



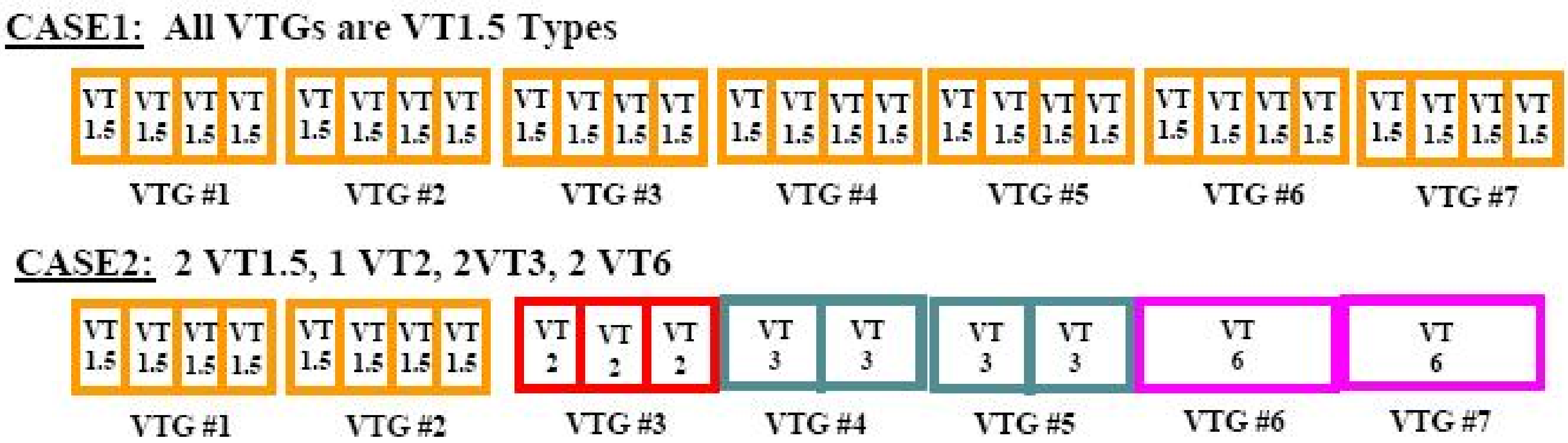
VT1.5
27 Bytes
9 Rows
125 μs
VT2
36 Bytes
9 Rows
125 μs
VT3
54 Bytes
9 Rows
125 μs
VT6
108 Bytes
9 Rows
125 μs



Transport Overhead
STS-1 Frame
7 VT Groups
1
2
3
4
5
6
7
STS-1 Synchronous Payload Envelope (SPE)
STS Path Overhead
VT Group
1
9
1 (Bytes)
12
S/F
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
VT 1.5
Bytes for Overhead
Bytes for Pointer


STS Path Overhead
First DS-1
Second DS-1
Third DS-1
Fourth DS-1
DS-2
Because all virtual tributaries are identifiable, it is easy to tell the bytes that belong to each DS-1.
125 µs
Section Overhead
Line Overhead
VT 1.5
VT 1.5
VT 1.5
VT 1.5
VT 6
1
9
1 (Bytes)
90
51.84 Mbps Building Block (STS-1)
VT Path Overhead
VT-1.5
VT-2
VT-2
VT-6

VT Mapping

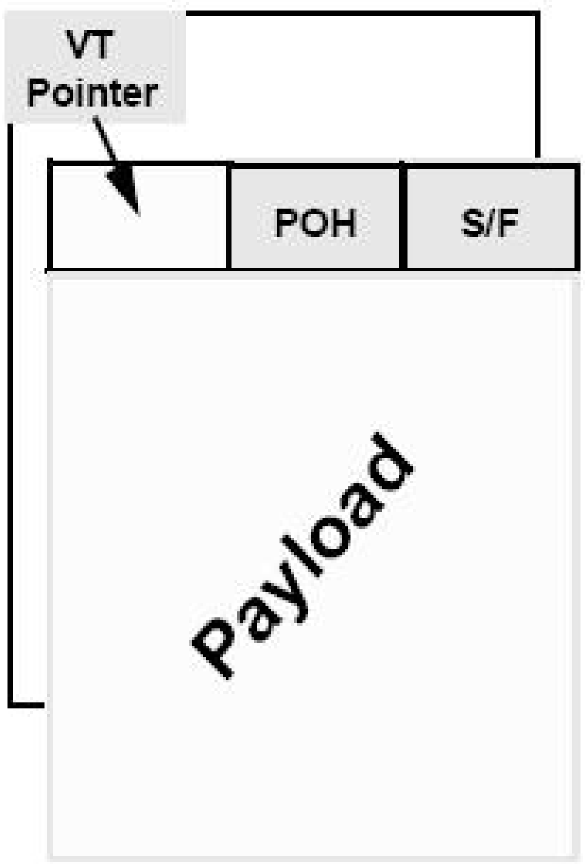


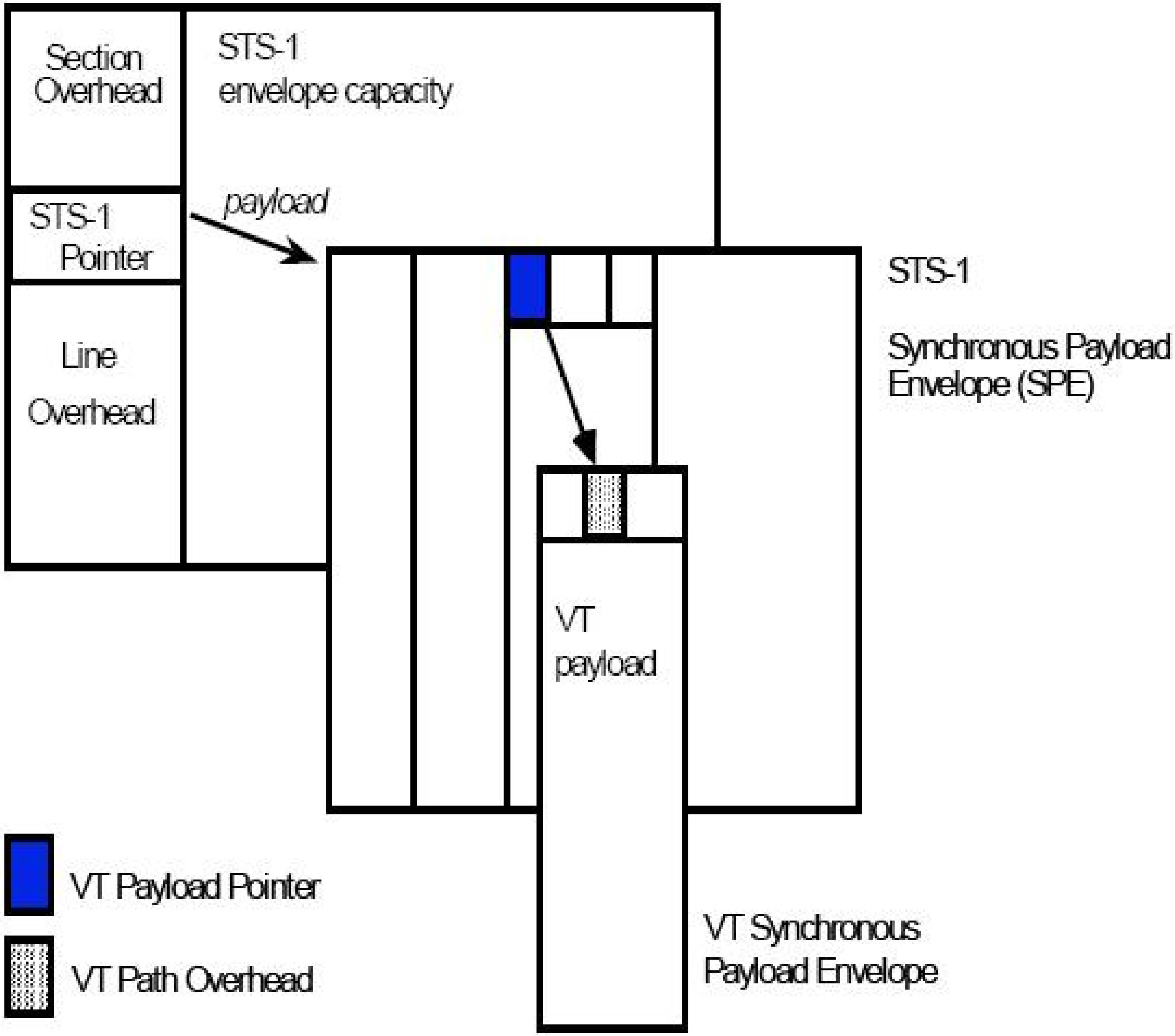
- Flexible VTG mapping within the STS-1 SPE
- Note that VTGs are represented above as being in block sequence for ease of conceptualization
- Actual physical configuration in the SPE is that of interleaved columns from each VTG group

Virtual Tributary

- ❑ Used for DS-1s
- ❑ VT Payload “floats”
- ❑ 3 bytes of VT Overhead

- VT Pointer
- VT Path Overhead (POH)
- Signaling byte (S/F)




Section Overhead
STS-1 envelope capacity
STS-1 Pointer
payload
Line Overhead
STS-1
Synchronous Payload Envelope (SPE)
VT payload
VT Payload Pointer
VT Path Overhead
VT Synchronous Payload Envelope

Other VT Features

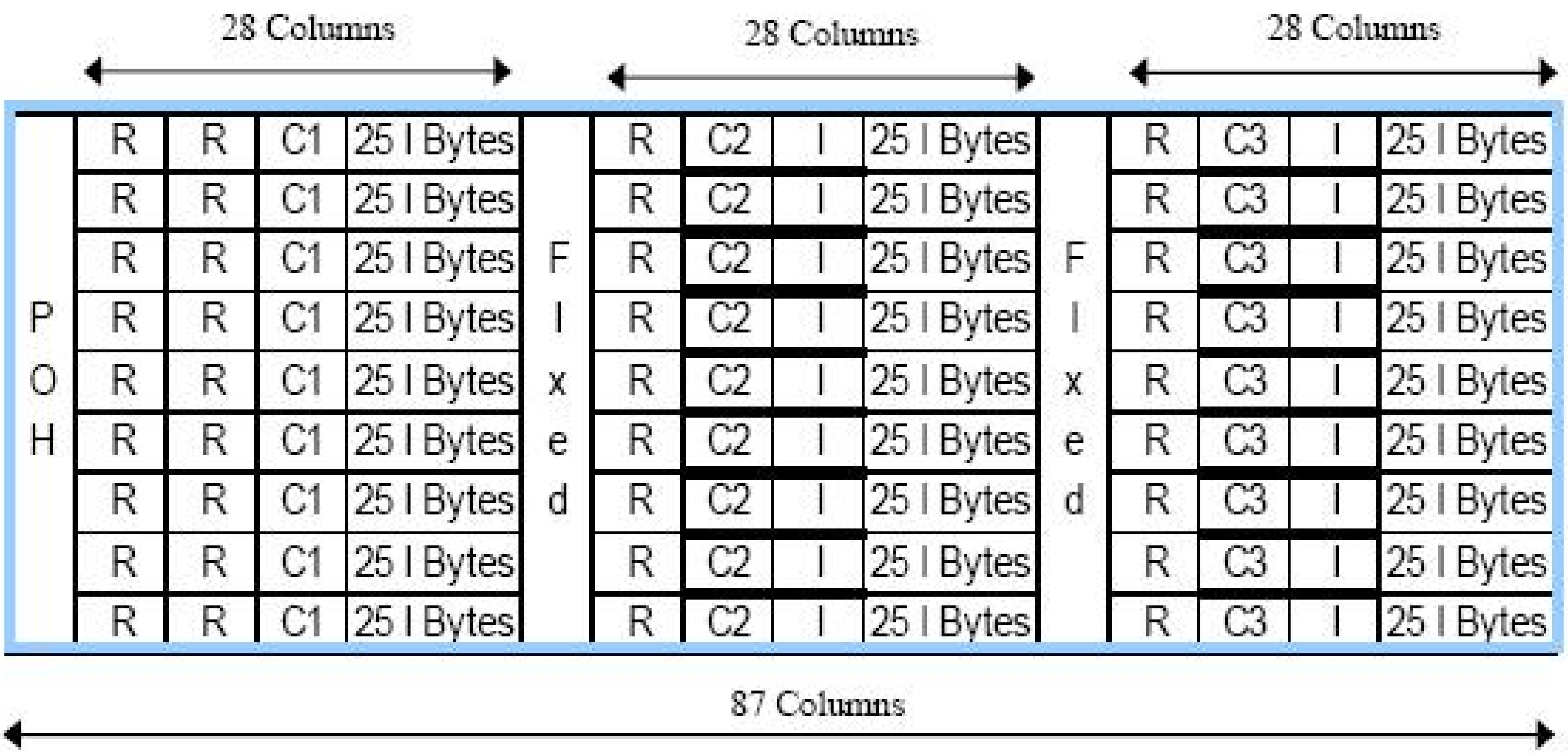
- VT Overhead
  - Τα VT περιέχουν πλεονάζουσα πληροφορία παρόμοια με το POH
- VT Mapping Modes
  - Locked mode
    - Καθορισμένες θέσεις των byte
    - Δεν είναι ιδιαίτερα ευέλικτο
  - Floating Mode
    - Η χρήση δεικτών επιτρέπει στην πληροφορία να μετακινείται μέσα στο VT
    - Επιτρέπει την πρόσβαση σε μεμονωμένα κανάλια φωνής

DS-3 Traffic

- Το DS-3 (45 Mb/s) μεταφέρεται κατευθείαν μέσα στο STS-1 SPE
- Η τιμή 04H στο C2 byte του POH δηλώνει ότι το SPE περιέχει ένα ασύγχρονο DS-3
- Δεν υπάρχει απευθείας πρόσβαση στα DS-1 or DS-0 που περιέχονται
- Συνήθως χρησιμοποιείται για την μεταφορά DS-3 για μεγάλες αποστάσεις

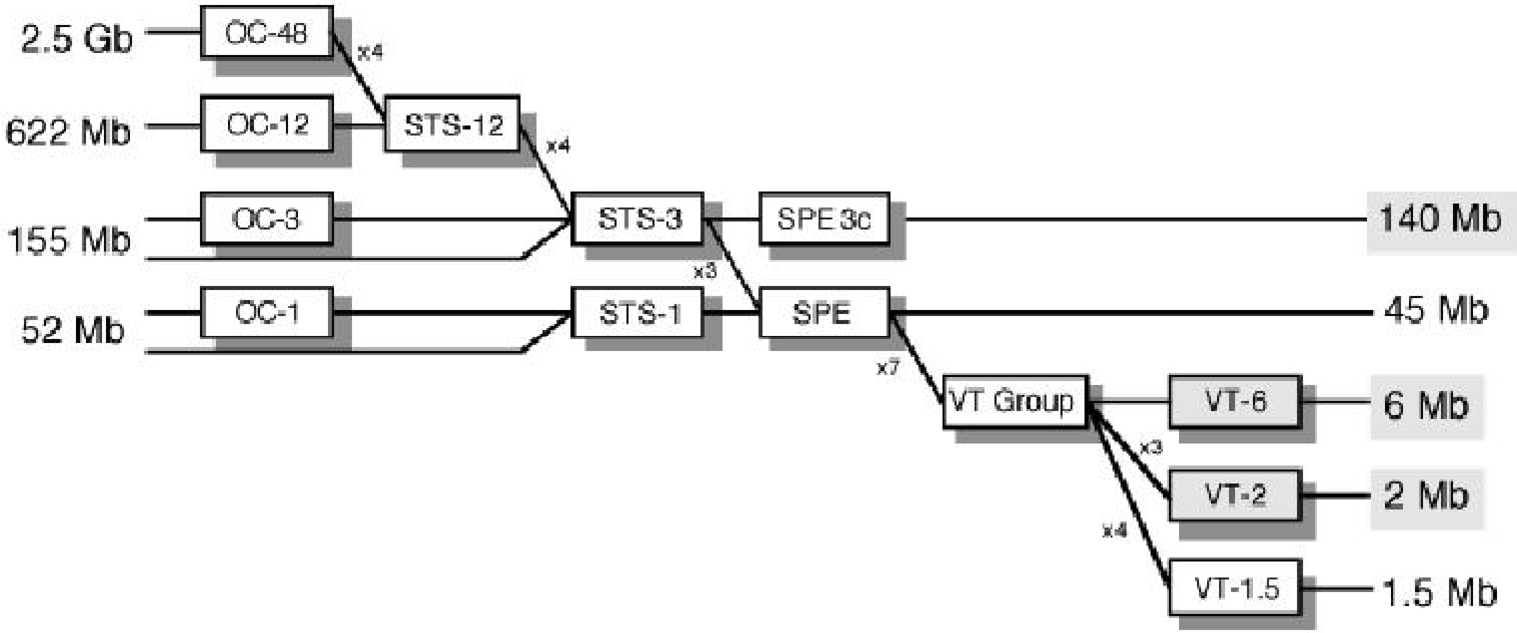
DS-3 SPE

- 75 Columns of data (I Bytes) + 9 additional columns of Overhead (R, I, C1, C2, C3) besides POH and Fixed

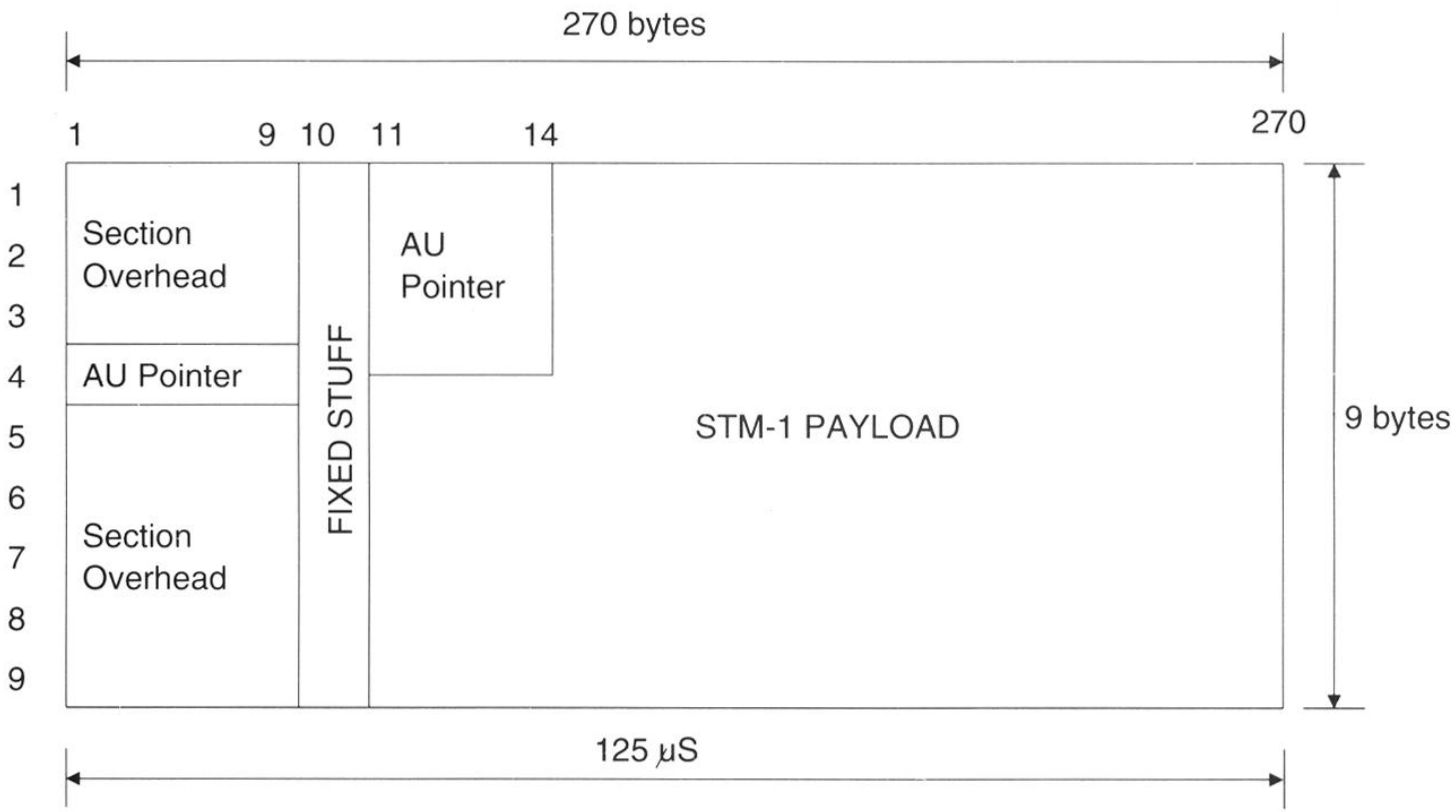


SONET/SDH ιεραρχία

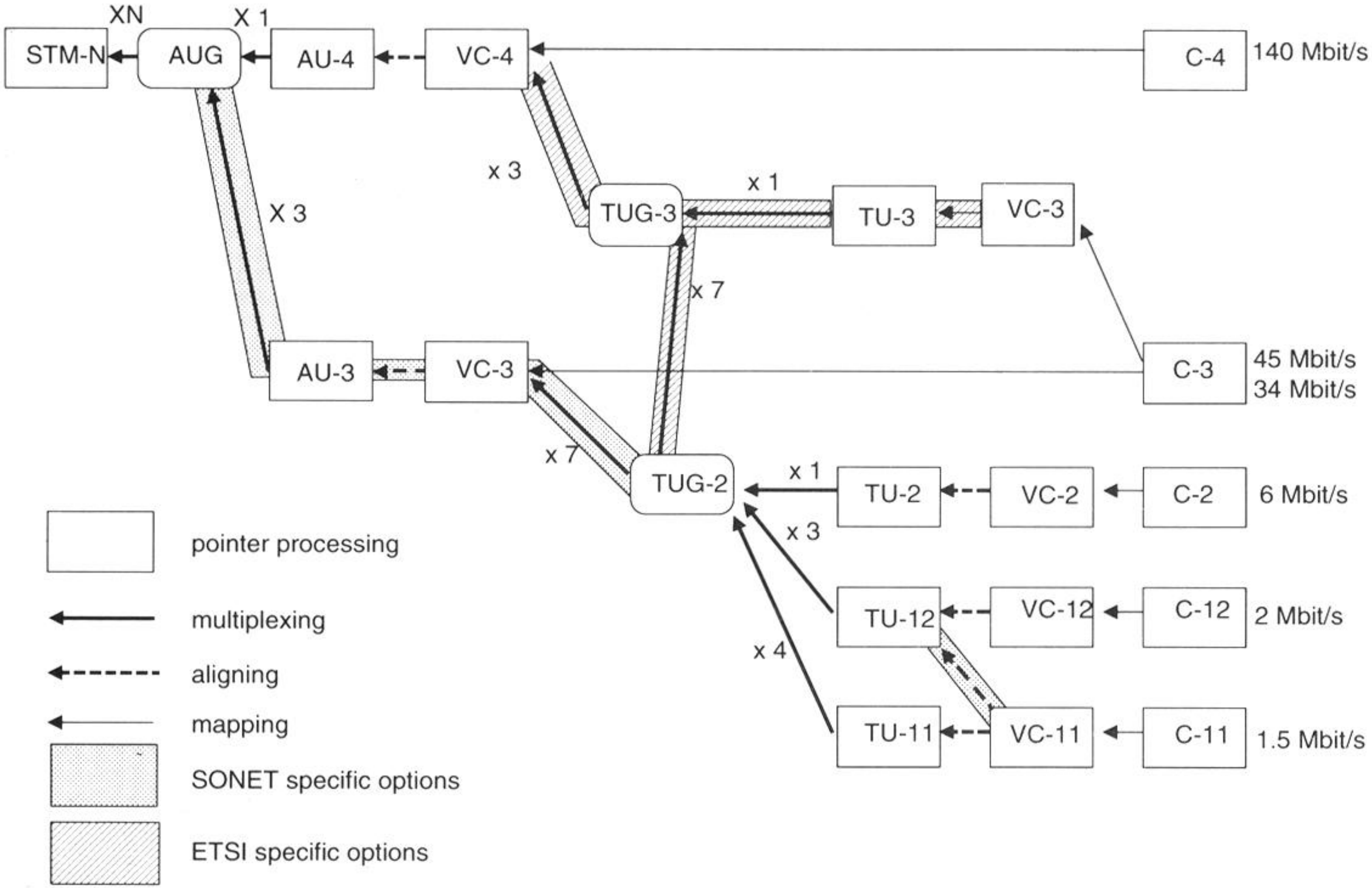
Επίπεδα πολυπλεξίας SONET



Δομή SDH Frame



Επίπεδα πολυπλεξίας SDH



Πολυπλεξία SDH

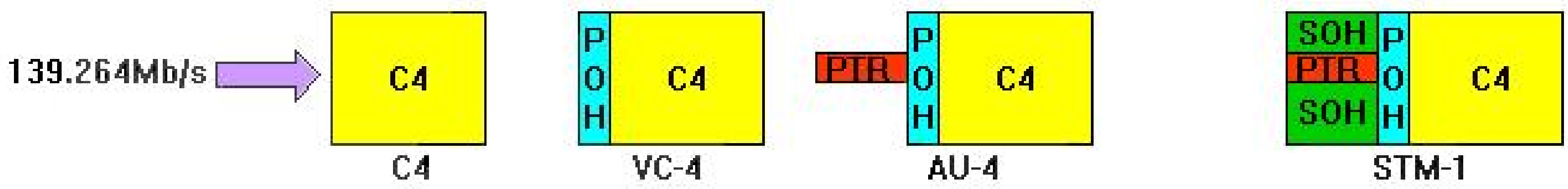
- 140 Mb/s (E4) σε C-4 (Container 4)
- Το C-4 είναι 9 γραμμές 260 στήλες = 2340 bytes
- 8000 frame/sec x 9 γραμμές x 260 στήλες x 8 bits = 149.76 Mb/s

- Προσθέτουμε το POH (9 bytes ανά frame) και έχουμε το VC-4 (Virtual Container 4)
- 8000 frame/sec x 9 γραμμές x 261 στήλες x 8 bits = 150.336 Mb/s

- VC-4 + AU-PTR = AU-4 (Administrative unit 4)

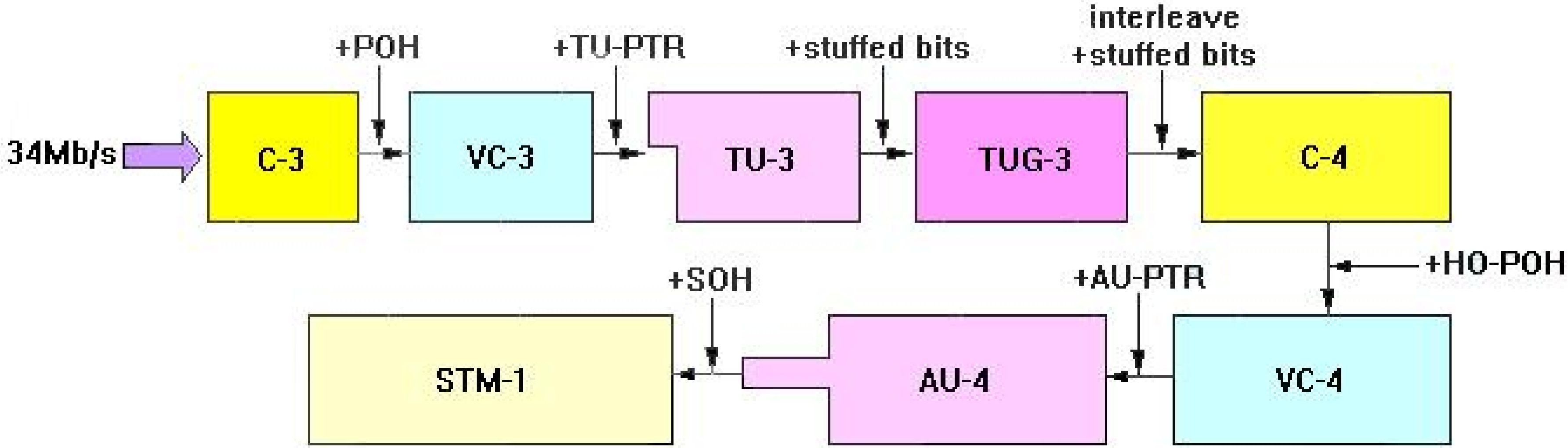
Πολυπλεξία 140 Mb/s (E4)

- 140 Mb/s (E4) σε C-4 (Container 4)
- 8000 frame/sec x 9 γραμμές x 260 στήλες x 8 bits = 149.76 Mb/s
- Προσθέτουμε το POH (9 bytes ανά frame) και έχουμε το VC-4 (Virtual Container 4)
- 8000 frame/sec x 9 γραμμές x 261 στήλες x 8 bits = 150.336 Mb/s
- VC-4 + AU-PTR = AU-4 (Administrative unit 4)



Πολυπλεξία 34 Mb/s

- Το C3 έχει 9 γραμμές και 84 στήλες = 756 bytes
- Μαζί με τα 9 byte POH έχουμε το VC3
- Προσθέτουμε 3 byte Tributary Unit Pointer (TU-PTR) που επιτρέπουν στο VC3 να μετακινείται και έχουμε το TU-3 (Tributary Unit 3)
- 6 τυχαία bytes συμπληρώνουν την στήλη κάτω από το TU-PTR
- Το αποτέλεσμα είναι ένα Tributary Unit Group 3 (TUG-3)
- Τρία TUG-3 με byte interleaving και δύο στήλες με τυχαίες τιμές μας δίνουν ένα C-4

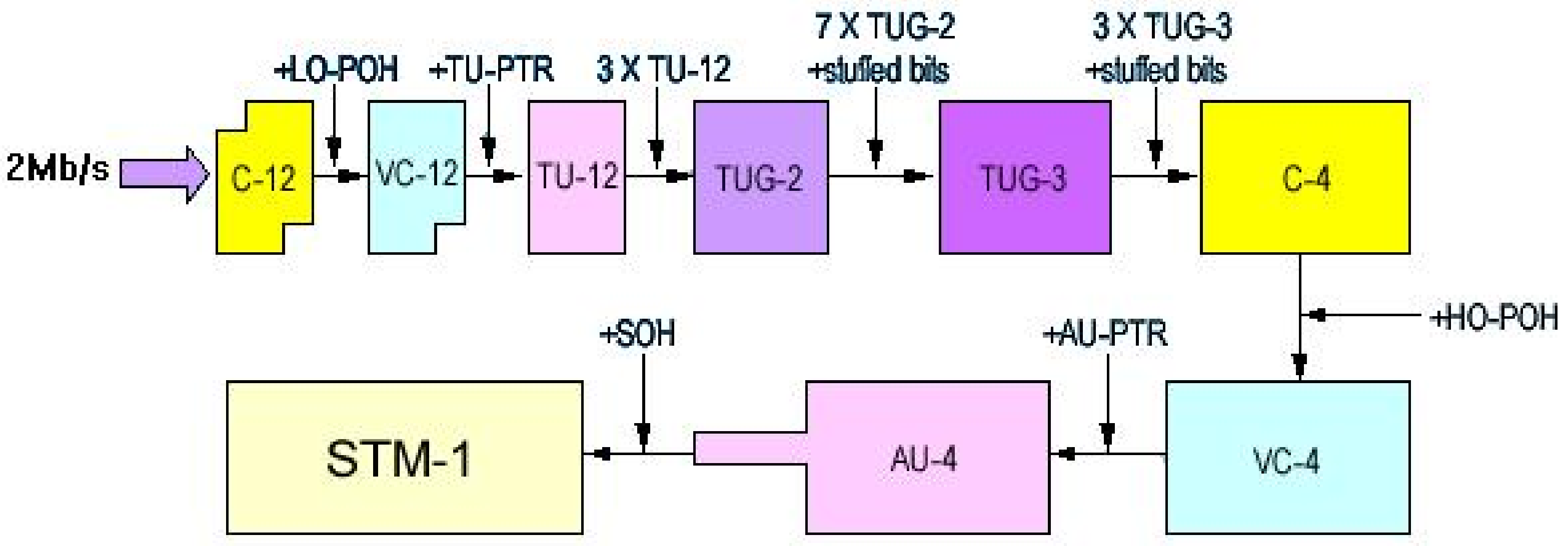


Πολυπλεξία SDH

- 34 Mb/s σε C-3 (Container 3)
- Το C3 έχει 9 γραμμές και 84 στήλες = 756 bytes
- Μαζί με τα 9 byte POH έχουμε το VC3
- Προσθέτουμε 3 byte Tributary Unit Pointer (TU-PTR) που επιτρέπουν στο VC3 να μετακινείται και έχουμε το TU-3 (Tributary Unit 3)
- TU-PTR δείχνει την αρχή του VC-3
- 6 τυχαία bytes συμπληρώνουν την στήλη κάτω από το TU-PTR
- Το αποτέλεσμα είναι ένα Tributary Unit Group 3 (TUG-3)

Πολυπλεξία 2 Mb/s

- Το κάθε κανάλι των 2Mb/s προσαρμόζεται σε ένα C-12
- Το VC-12 προσθέτει 1 byte (LO-POH) στο C-12
- LO-POH: lower order path overhead
- Το TU-12 προσθέτει 1 byte (LO-POH) στο VC-12
- 3 TU-12 πολυπλέκονται σε ένα TUG-2 (Tributary Unit Group 2)
- Επτά TUG-2 γίνονται byte interleave σε ένα TUG-3 μαζί με δύο τυχαίες στήλες



Πολυπλεξία SDH

- Τρία TUG-3 με byte interleaving μας δίνουν ένα C-4
- Τρία TUG-3 έχουν 258 στήλες
- Δύο στήλες με τυχαίες τιμές προστίθενται για να συμπληρώσουν το C-4
- Το C-4 πολυπλέκεται σε ένα VC-4 όπως προηγουμένως

Πολυπλεξία SDH

- 63 κανάλια των 2 Mb/s μπορούν να πολυπλεχτούν σε ένα STM-1
- Το κάθε κανάλι των 2 Mb/s προσαρμόζεται σε ένα C-12
- Το C-12 έιναι 34 bytes
- 4 στήλες x 9 γραμμές = 36 bytes
- 2 byte περιέχουν πλεονάζουσα πληροφορία, οπότε το ωφέλιμο φορτίο είναι 34 bytes
- 4 c-12 σχηματίζουν ένα multiframe
- Πολυπλέκονται σε 4 συνεχόμενα STM-1 frame
- 2000 multiframes ανά δευτερόλεπτο

- Το VC-12 προσθέτει 1 byte (LO-POH) στο C-12
- LO-POH: lower order path overhead
- Ένα byte σε κάθε C-12 του multiframe
- Αυτά είναι τα V5, J2, N2, K4

- Το TU-12 προσθέτει 1 byte (LO-POH) στο VC-12
- Ένα byte σε κάθε VC-12 του multiframe TU-PTR: V1, V2, V3 and V4
- Τα V1, V2 δείχνουν την αρχή του VC-12 στο multiframe

- 3 TU-12 πολυπλέκονται σε ένα TUG-2
- Αυτά προέρχονται από διαφορετικά multiframe
- TUG-2: Tributary Unit Group 2
- 9 γραμμές 12 στήλες

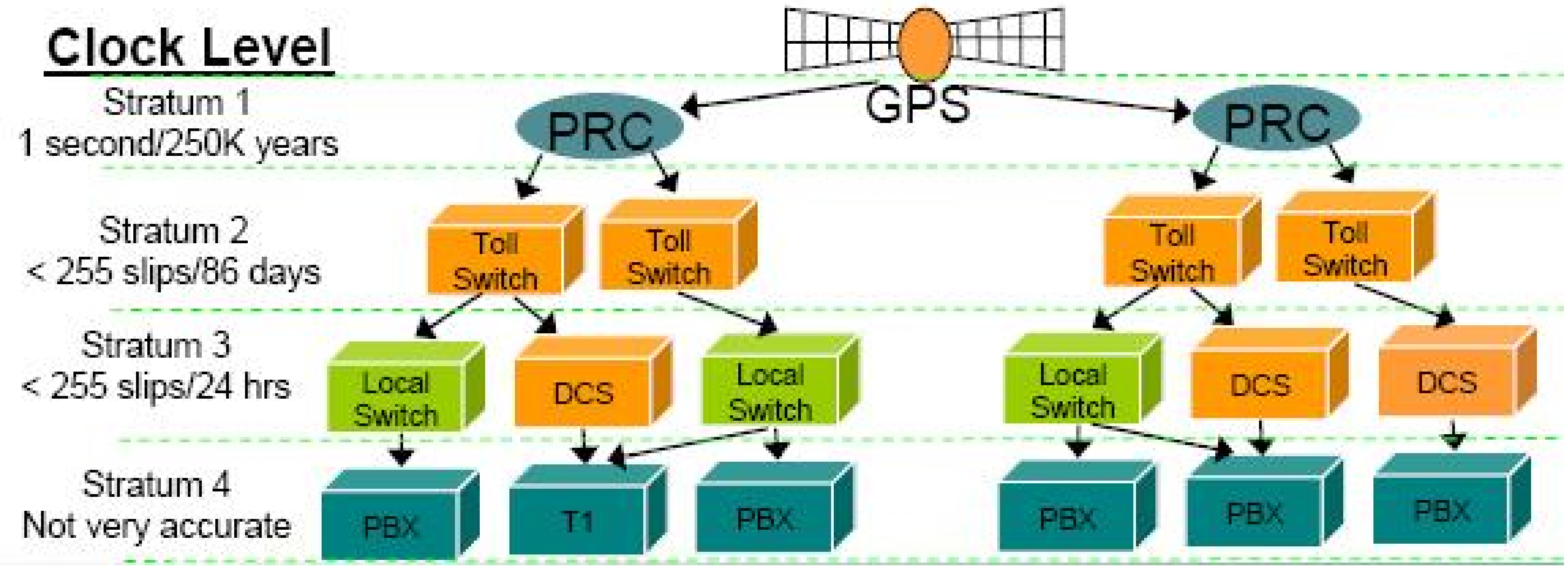
- Επτά TUG-2 γίνονται byte interleave σε ένα TUG-3
- μαζί με δύο τυχαίες στήλες
- Σχηματίζουν το τμήμα των 86 στηλών και 9 γραμμών

PDH σήματα σε ένα STM-1

- 1 x 140Mb/s
- 3 x 34 Mb/s
- 2 x 34 Mb/s + 21 x 2 Mb/s
- 1 x 34 Mb/s + 42 x 2 Mb/s
- 63 x 2 Mb/s

SONET Synchronization

- ❑ Ορίζονται διάφορα επίπεδα ακρίβειας χρονισμού ("stratum")
- ❑ Tiered timing model defines "stratum"levels
  - - GPS timing propagates from stratum 1 Primary Reference Clocks (PRC) all the way down to stratum 4 Toll Switches
- ❑ Less accurate timing for lower Stratum values Toll



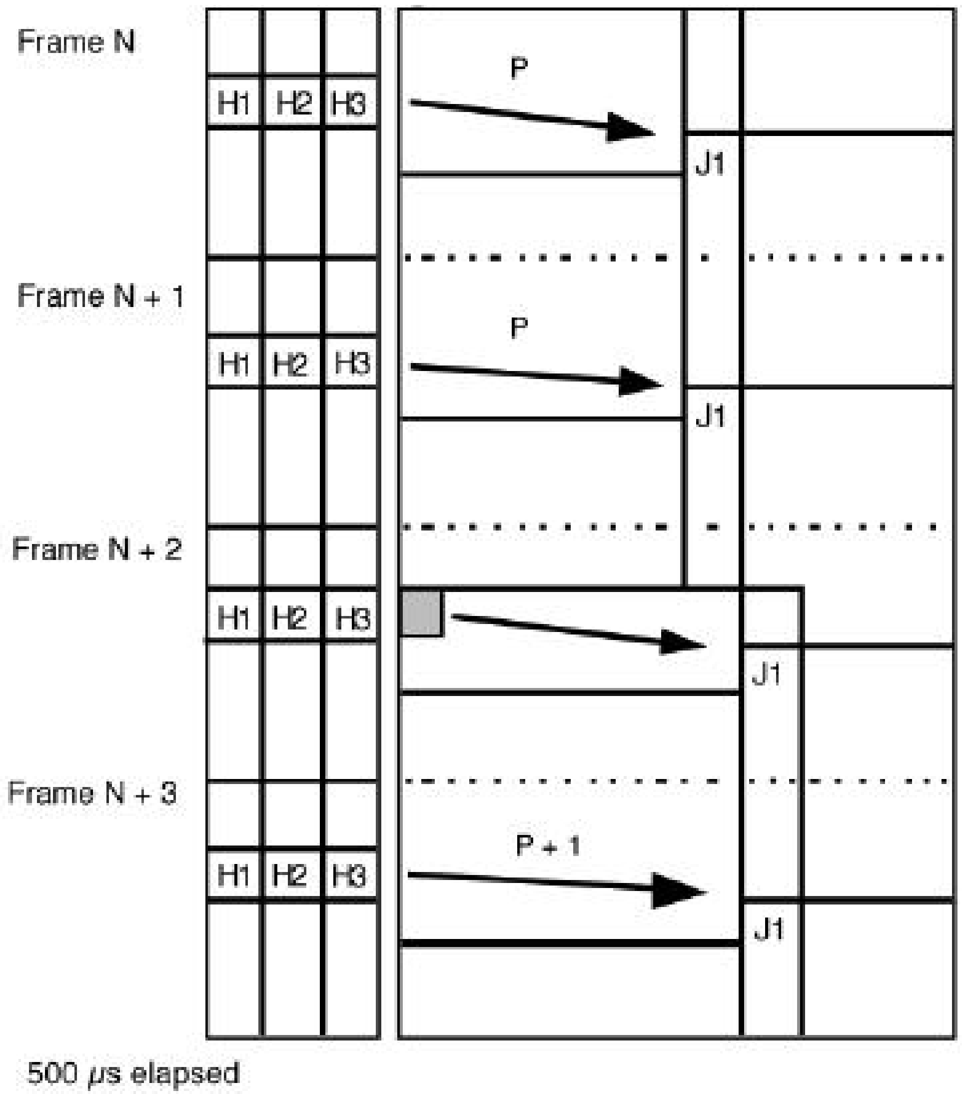
Συγχρονισμός SONET

- Βασικά χαρακτηριστικά του συγχρονισμού στο SONET:
  - -Τα ρολόγια του SONET έχουν ακρίβεια τουλάχιστον Stratum 3
  - -Με τη χρήση δεικτών επιτρέπεται μεταβολή +/-1 byte στην θέση του SPE
- Το SONET δεν είναι απόλυτα σύγχρονο, αλλά πλησιάζει αρκετά ώστε το bit-stuffing να μην είναι απαραίτητο
  - -Όπως έχει αναφερθεί, το bit-stuffing οδηγεί σε σπατάλη bandwidth όπως π.χ. όταν πολυπλέκονται DS-3 σε ένα DS-4 όπου οι απώλειες μπορούν να φτάσουν τα 5 Mb/s

Συγχρονισμός

- Όταν ο δείκτης στο SPE πρέπει να αυξηθεί, αυτό υποδηλώνεται από 5 bit στα πεδία H1 και H2.
- Αυτό γίνεται έτσι ώστε τα bit 7, 9, 11, 13 και 15, να αναστρέφονται.
- Ονομάζονται i-bits / increment bits
- Είναι πέντε ώστε να αποφεύγονται λάθη: τρία σωστά αρκούν στον δέκτη.
- Προστίθεται ένα byte μετά το H3 (στο SPE).
- Ο δείκτης αυξάνεται κατά 1
- Το SPE προχωράει αργότερα από το STS frame.

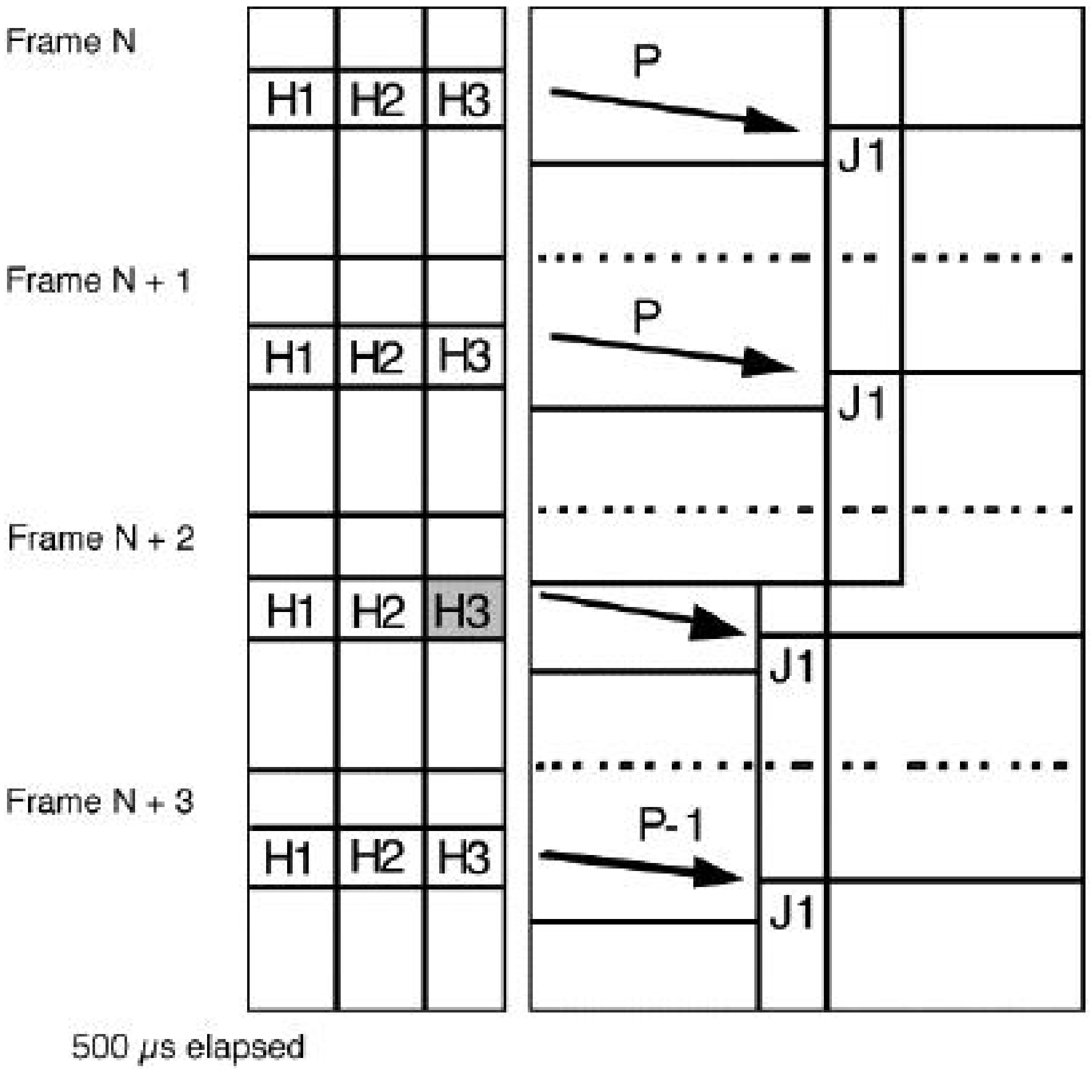
Συγχρονισμός



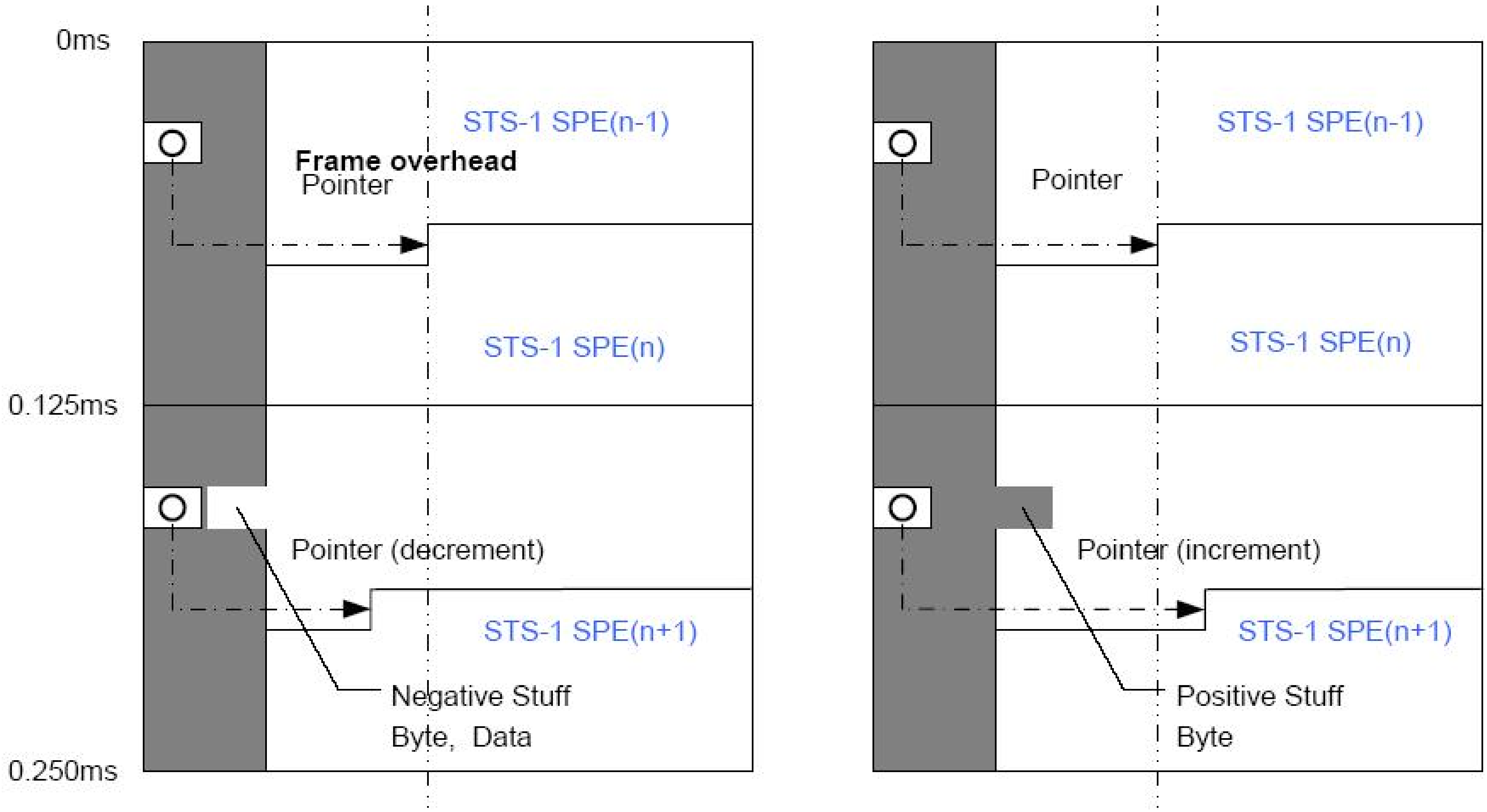
Συγχρονισμός

- Όταν ο δείκτης στο SPE πρέπει να μειωθεί, αυτό υποδηλώνεται από 5 διαφορετικά bit στα πεδία H1 και H2.
- Είναι τα bit 8, 10, 12, 14 και 16 που αναστρέφονται.
- Ονομάζονται d-bits / decrement bits
- Είναι πέντε ώστε να αποφεύγονται λάθη: τρία σωστά αρκούν στον δέκτη.
- Ένα byte πληροφορίας μεταδίδεται στη θέση του H3.
- Ο δείκτης μειώνεται κατά 1
- Το SPE προχωράει γρηγορότερα από το STS frame.
- Ο δείκτης πρέπει να μείνει σταθερός για τουλάχιστον 3 frame μέχρι την επόμενη αλλαγή

Συγχρονισμός



Συγχρονισμός



Alarms

- Υπάρχουν διάφοροι τύποι Alarms που περιέχονται στο SONET overhead.
- Χωρίζονται σε τρείς βασικές κατηγορίες
  - Anomaly:Υποδηλώνει μικρή διαφορά ανάμεσα στα επιθυμητά και πραγματικά χαρακτηριστικά. Δεν υποδηλώνει την διακοπή της ικανότητας παροχής της ζητούμενης διεργασίας.
  - Defect: Η συχνότητα των ανωμαλιών έχει φτιάσει στο επίπεδο που διακόπτεται η ικανότητα παροχής των ζητούμενων διεργασιών.
  - Failure:Όταν η ικανότητα παροχής μιας διεργασίας έχει διακοπεί για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα από το επιτρεπτό πάνω όριο.

Loss of signal (LOS)

- Όταν η ισχύς του σήματος πέφτει κάτω από το επιτρεπτά όρια
- Όταν λαμβάνονται «μηδέν» για μεγάλο χρονικό διάστημα
- Πιθανές αιτίες
  - Κομμένη ίνα
  - Υπερβολική εξασθένηση σήματος
  - Βλάβη σε κάποια συσκευή
- Σταματάει όταν πραγματοποιηθεί λήψη δύο συνεχόμενων κανονικών πλαισίων

Frame alignment

- Out of frame alignment (OOF)
  - Όταν τέσσερα ή πέντε συνεχόμενα πλαίσια έχουν λάθος A1 ή A2 πεδία
  - Σταματάει όταν πραγματοποιηθεί λήψη δύο συνεχόμενων κανονικών πλαισίων

- Loss of frame alignment (LOF)
  - Όταν το OOF διαρκεί πέρα από ένα προκαθορισμένο διάστημα
  - Καθαρίζει όταν δεν υπάρχει OOF για ένα προκαθορισμένο διάστημα

Loss of pointer (LOP)

- Όταν υπάρχουν 8-10 συνεχόμενοι λανθασμένοι δείκτες
- Καθαρίζει όταν έρθουν 3 ίδιοι σωστοί δείκτες ή 3 συνεχόμενοι AIS (Alarm indication signal).
- Χωρίζεται σε δύο κατηγορίες:
  - STS path loss of pointer (SP-LOP)
  - VT path loss of pointer (VP-LOP)

Alarm indication signal (AIS)

- Αντικαθιστά το συνηθισμένο σήμα όταν έχουν εντοπιστεί προβλήματα για να αποτρέψει περεταίρω προβλήματα και alarm στα επόμενα συστήματα

- Χωρίζεται σε:
  - line alarm indication signal (AIS-L)
  - STS path alarm indication signal (SP-AIS)
  - VT path alarm indication signal (VP-AIS)

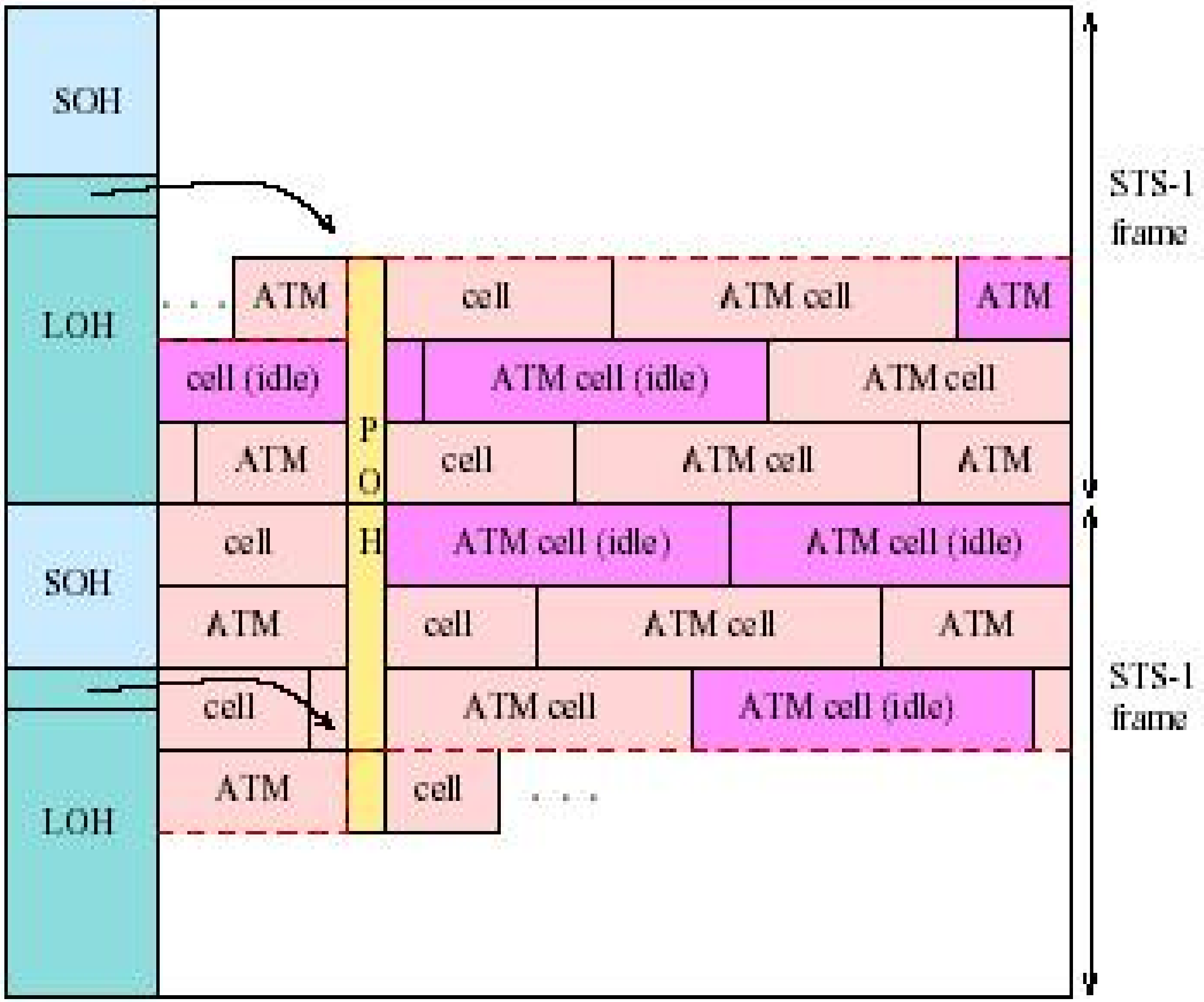
Remote indications

- Επιστρέφονται στο αρχικό τερματικό για να υποδηλώσουν την ανίχνευση της αντίστοιχης κατάστασης
  - Remote error indication (REI)
  - Remote defect indication (RDI)
    - σε περίπτωση LOS, LOF, AIS
  - Remote failure indication (RFI)
    - ενεργοποιεί διαδικασίες protection
- Χωρίζονται σε:
  - line remote ___ indication (RxI-L)
  - STS path remote ___ indication (RxI-P)
  - VT path remote ___ indication (RxI-V)

Το SONET ως Φυσικό Στρώμα του ATM

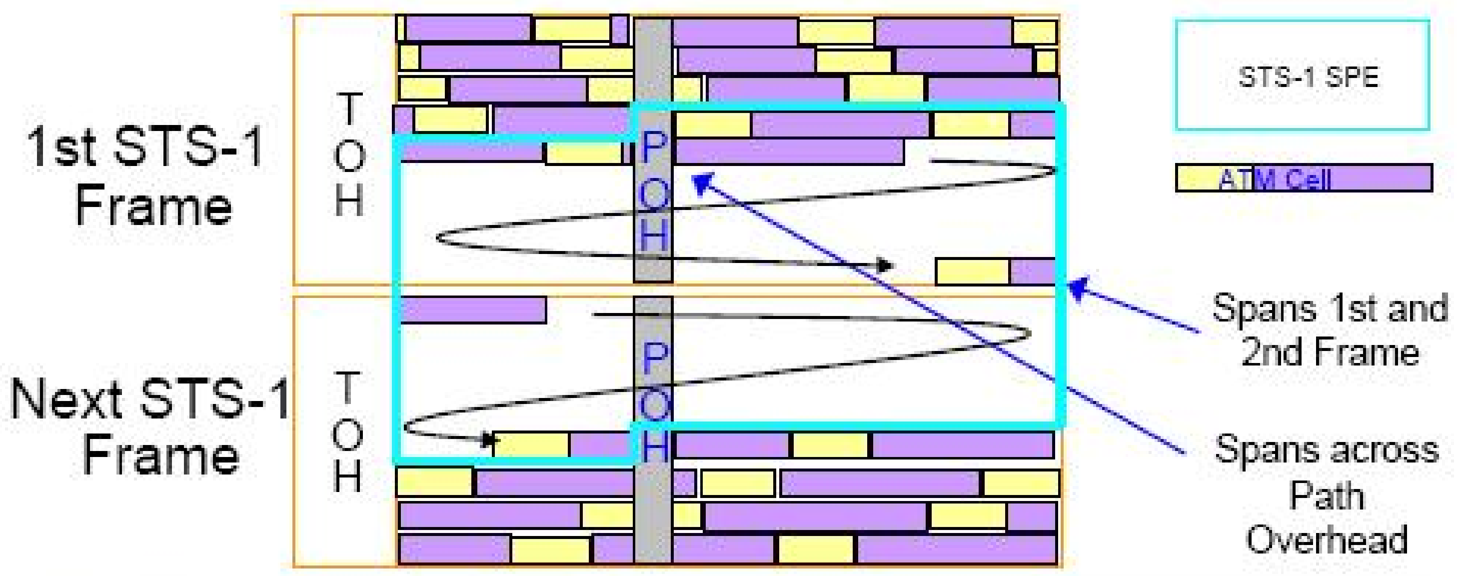
- Το ATM προβλέπεται να λειτουργεί απ'ευθείας πάνω από οπτικά τηλεπικοινωνιακά κανάλια (Raw cell transport)
  - Εισαγωγή κενών κελιών (idle cell insertion) για αποδέσμευση του ρυθμού μετάδοσης της πληροφορίας (cell rate decoupling)
  - Καμία πλεονασματική πληροφορία και ενθυλάκωση (προβλέπεται από τους μηχανισμούς του στρώματος ATM - cell delineation)
  - Αλλά τα κελιά ATM δεν μπορεί να τα επεξεργαστεί ο πάροχος του δικτύου ως μέσο μεταφοράς πληροφορίας ελέγχου/συντήρησης (OAM)
- Εναλλακτικά Direct cell mapping: ATM cells μέσα σε SPE πλαισίων SONET
  - Καμία πλεονασματική πληροφορία στο SPE πέραν του POH
  - Το πλαίσιο SONET χρησιμοποιείται για OAM

Direct cell mapping



STS-1 SPE w/ ATM Cells

- 774 usable bytes (86*9) in an STS-1 SPE
- 774/53 = 14.6 => 14 complete ATM cells/SPE
- Cells can have data or be idle (no information)
- ATM cells are mapped row-wise into the SPE



Packet over SONET (PoS)

- Have alternative ways to send packets over SONET, but some issues
  - Packets mapped column-wise into a DS-0 or VT1.5 is not as efficient as PoS in terms of SPE utilization
  - IP over ATM has issue of additional overhead
  - PoS is roughly 20 Mb/s more efficient than ATM over SONET

Το SONET ως Φυσικό Στρώμα Δικτύων Μεταγωγής Πακέτων

- Θα μπορούσαν και τα IP πακέτα (όπως στο ATM) να μεταδίδονται απ'ευθείας πάνω από το SONET?
  1. Απαιτείται ενθυλάκωση σε πλαίσια HDLC/PPP των οποίων η ουρά (trailer) μεταφέρει πληροφορία ελέγχου σφαλμάτων (error checking)
  2. Το πλαίσιο αυτό επιτρέπει ευθυγράμμιση του πακέτου εντός των ορίων του
  3. Το πλαίσιο λειτουργεί ανεξαρτήτως του πρωτοκόλλου που χρησιμοποιεί το πακέτο που φέρει (χρήση για πολλαπλά πρωτόκολλα)
- PPP (μηχανισμός πλαισίωσης)παρόμοιο με απλοποιημένο HDLC
- RFC 1619: PPP over SONET/SDH

Τί προσφέρει η πλαισίωση;

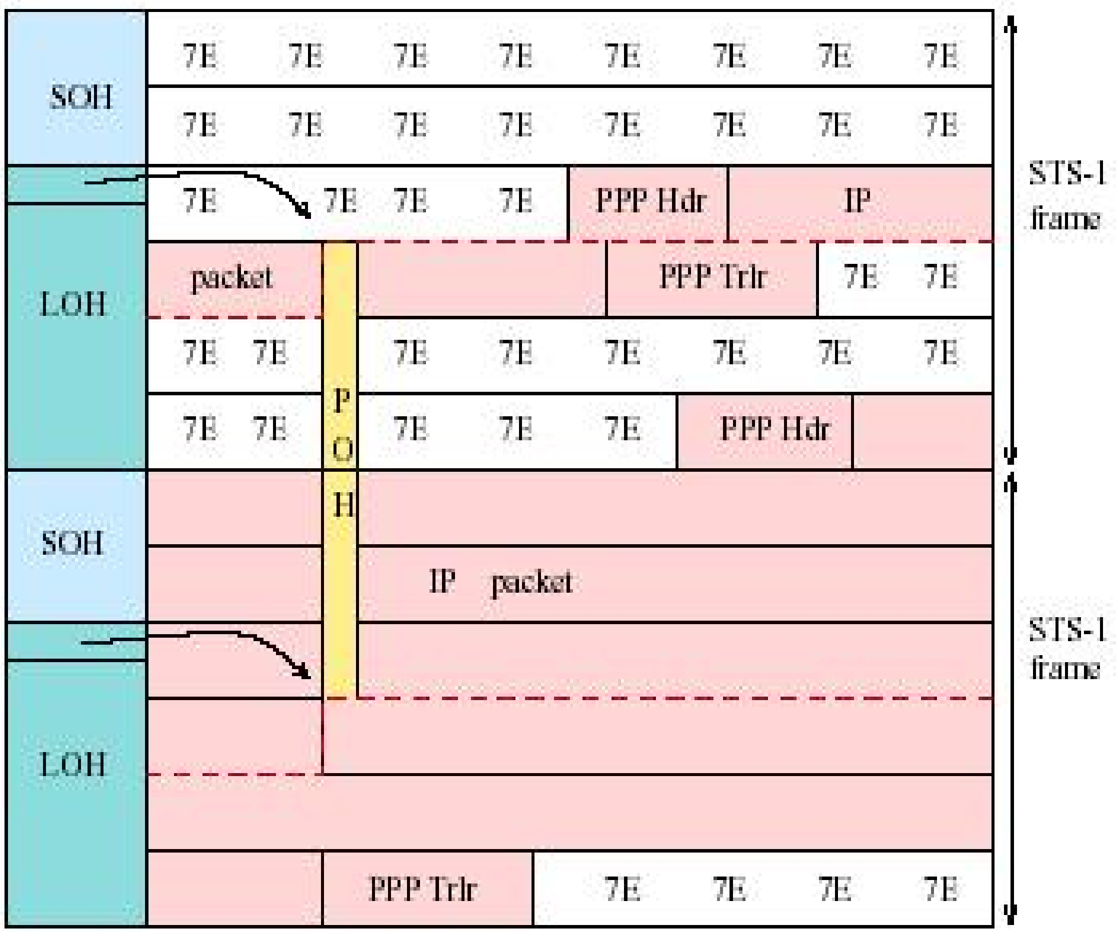
- Η ουρά (trailer) μεταφέρει πληροφορία ελέγχου σφαλμάτων (error checking)
  - Βασική λειτουργία για την σωστή μεταφορά των πακέτων
- Το πλαίσιο επιτρέπει ευθυγράμμιση των πακέτων μεταβλητού μήκους
  - Το PPP και το HDLC μεταφέρουν την τιμή 7E στα ενδιάμεσα κενά
- Το πλαίσιο λειτουργεί ανεξαρτήτως του πρωτοκόλλου που χρησιμοποιεί το πακέτο που φέρει (χρήση για πολλαπλά πρωτόκολλα)
  - Επίσης μπορεί να διαχωρίζει τις κατηγορίες πακέτων του ίδιου πρωτόσκολου

Χαρακτηριστικά μεταφοράς HDLC και PPP

- Χαρακτηριστικά HDLC
  - Διεθνές πρότυπο
  - Υποστηρίζεται από τα STS-1, STS-3c (STM-1) και STS-12c (STM-4)
  - Η τιμή 16H του C2 Byte στο SONET POH υποδηλώνει ότι το SPE περιέχει πλαίσια HDLC.
- Χαρακτηριστικά PPP
  - Πρότυπο της IETF
  - Υποστηρίζεται από το SONET σε ρυθμούς STS-1, STS-3, STS-9, STS-12, STS-18, STS-24, STS-36 και STS-48
  - Υποστηρίζεται από το SDH σε ρυθμούς STM-1, STM-4 και STM-16
  - Η τιμή CFH του C2 Byte στο SONET POH υποδηλώνει ότι το SPE περιέχει πλαίσια PPP

PPP over SONET

- Τα πακέτα είναι μεταβλητού μήκους και έτσι δεν υπάρχει συγκεκριμένος αριθμός μέσα στο SPE



PoS SPE (Using PPP)

- Row-wise mapping of PPP frames into SPE
  - Same concept for HDLC version of PoS
- Frames are of variable length so could have any number within the SPE