

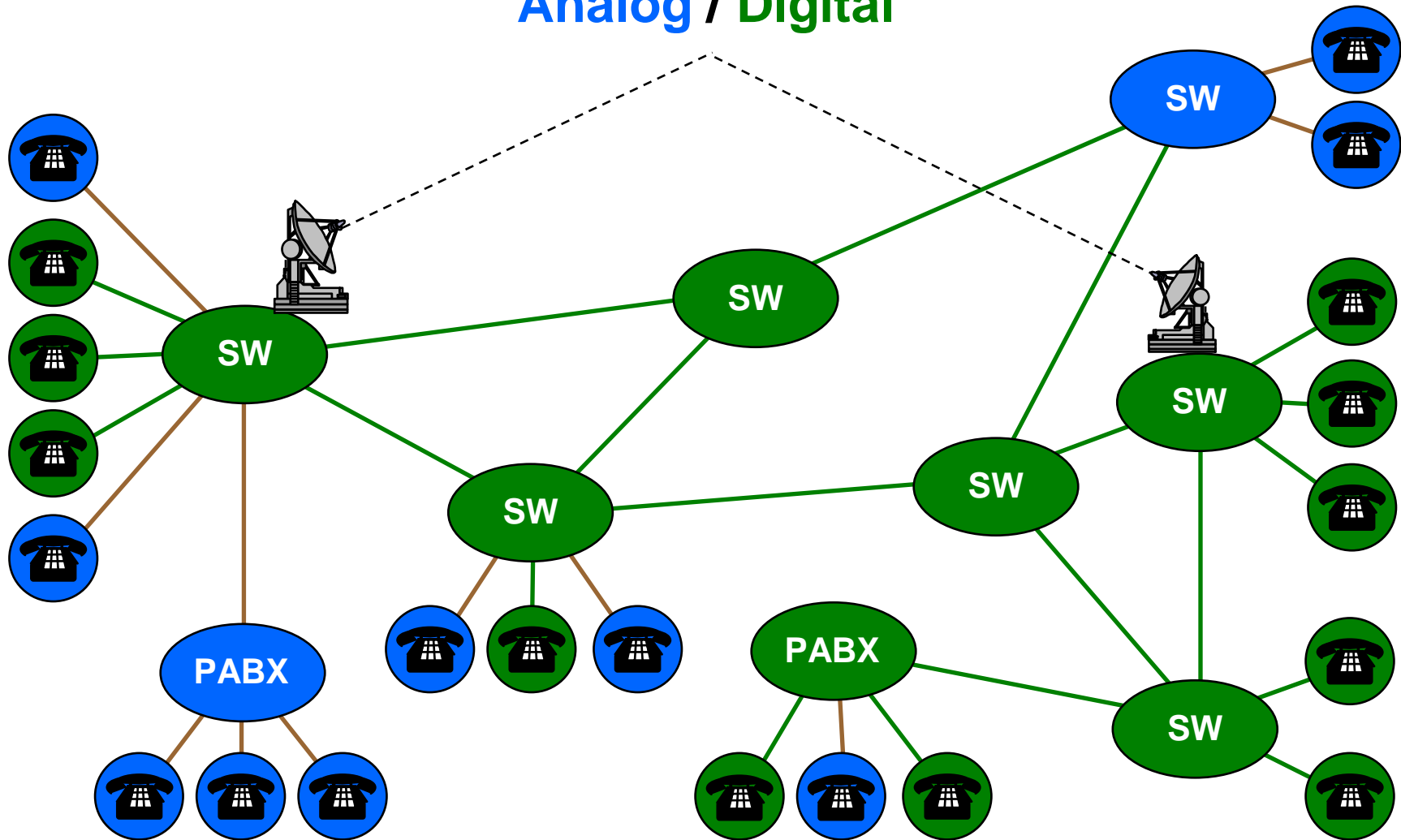
Τεχνολογίες και Λειτουργία της Τηλεπικοινωνιακής Αγοράς

Διάλεξη 2

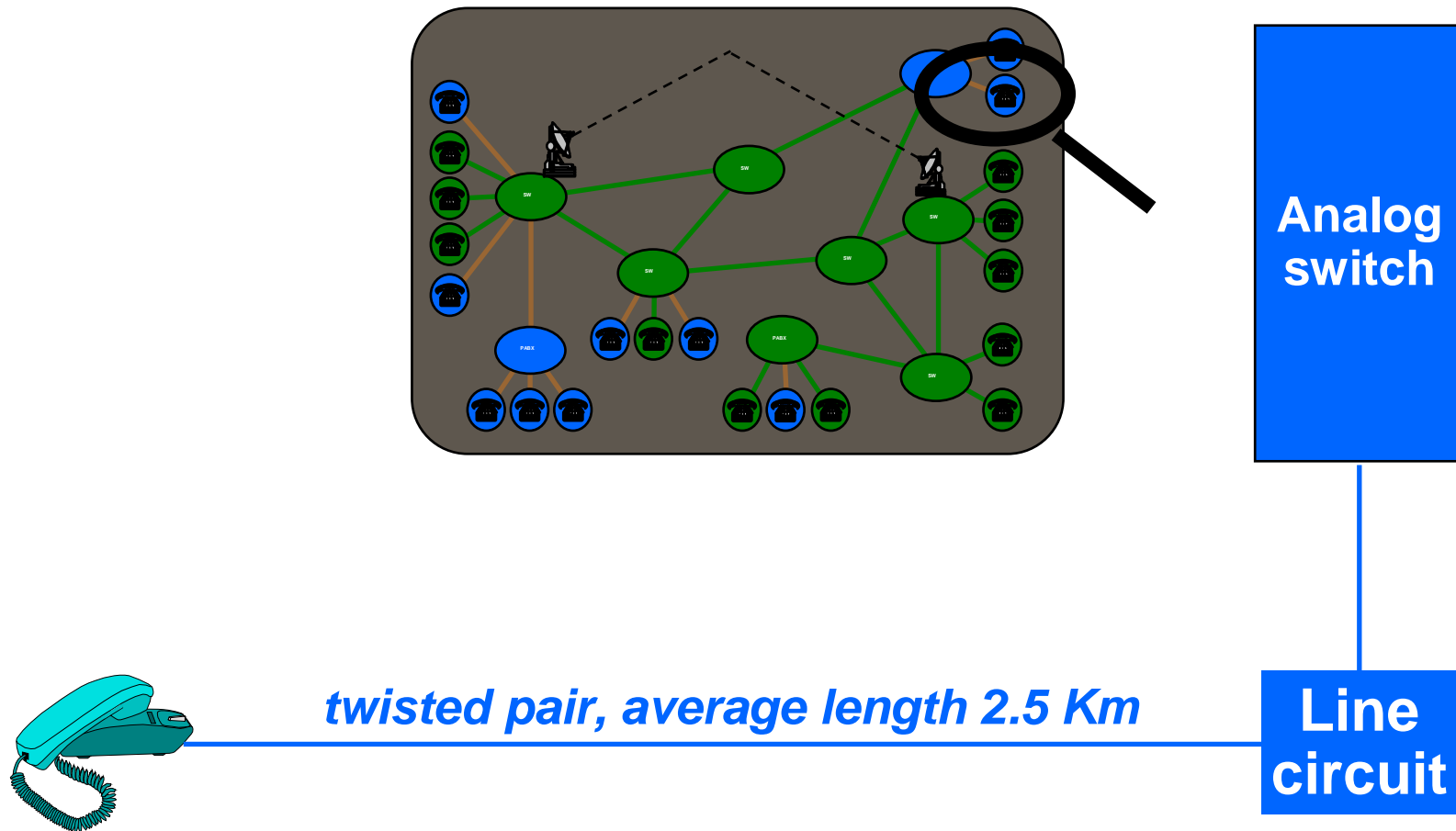
**Ψηφιακές και οπτικές
τεχνολογίες επικοινωνιών στα
δίκτυα κορμού**

Αρχιτεκτονική Τηλεφωνικού Δικτύου

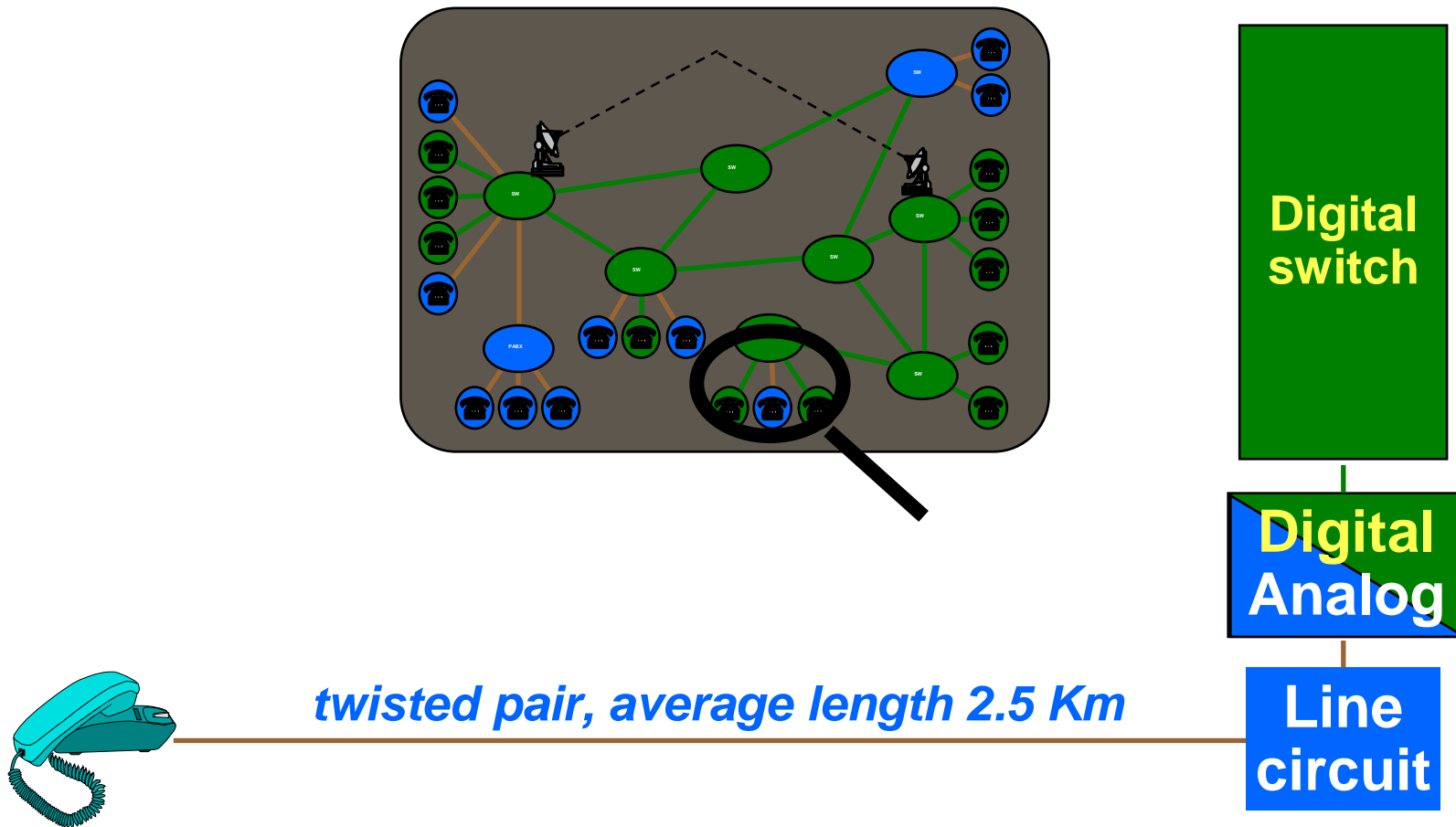
Analog / Digital



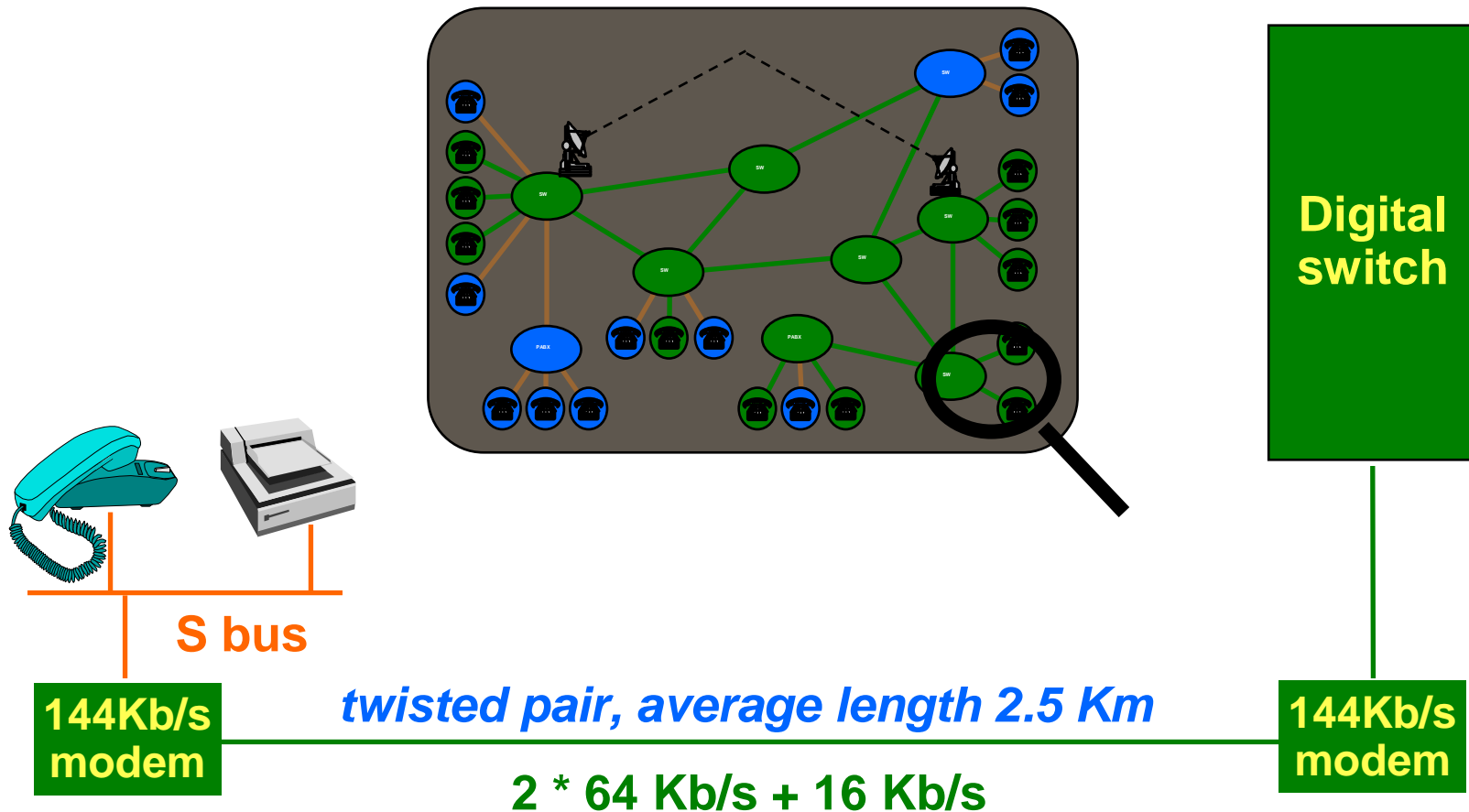
Αναλογικές Συσκευές σε Αναλογικά Κέντρα



Αναλογικές Συσκευές σε Ψηφιακά Κέντρα

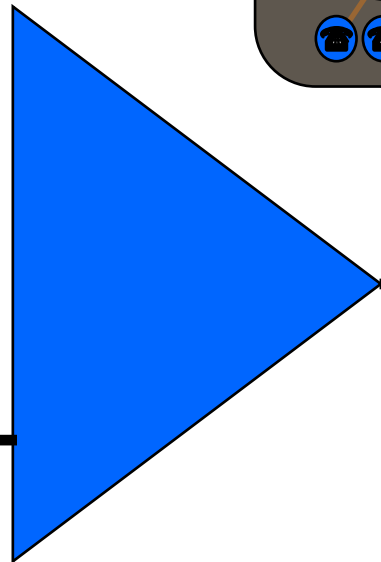
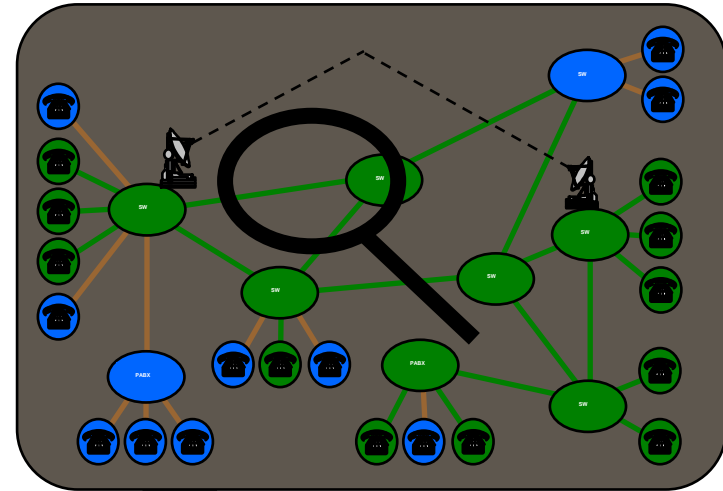


Πλήρως Ψηφιακό Δίκτυο (ISDN)

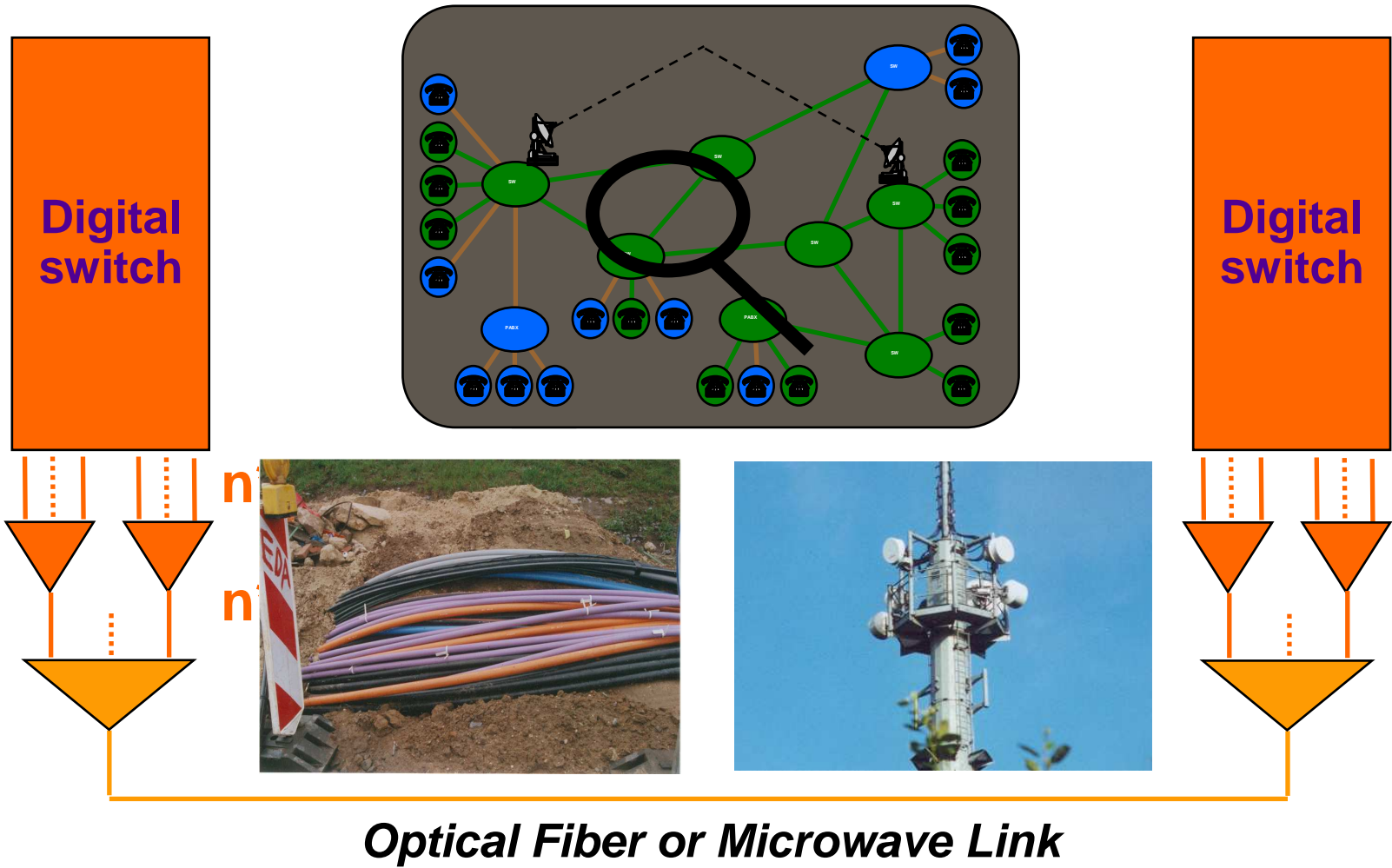


Πολύπλεξη με Διαίρεση Χρόνου (TDM)

Σύγχρονη
Πολύπλεξη



Κορμός του Τηλεφωνικού Δικτύου



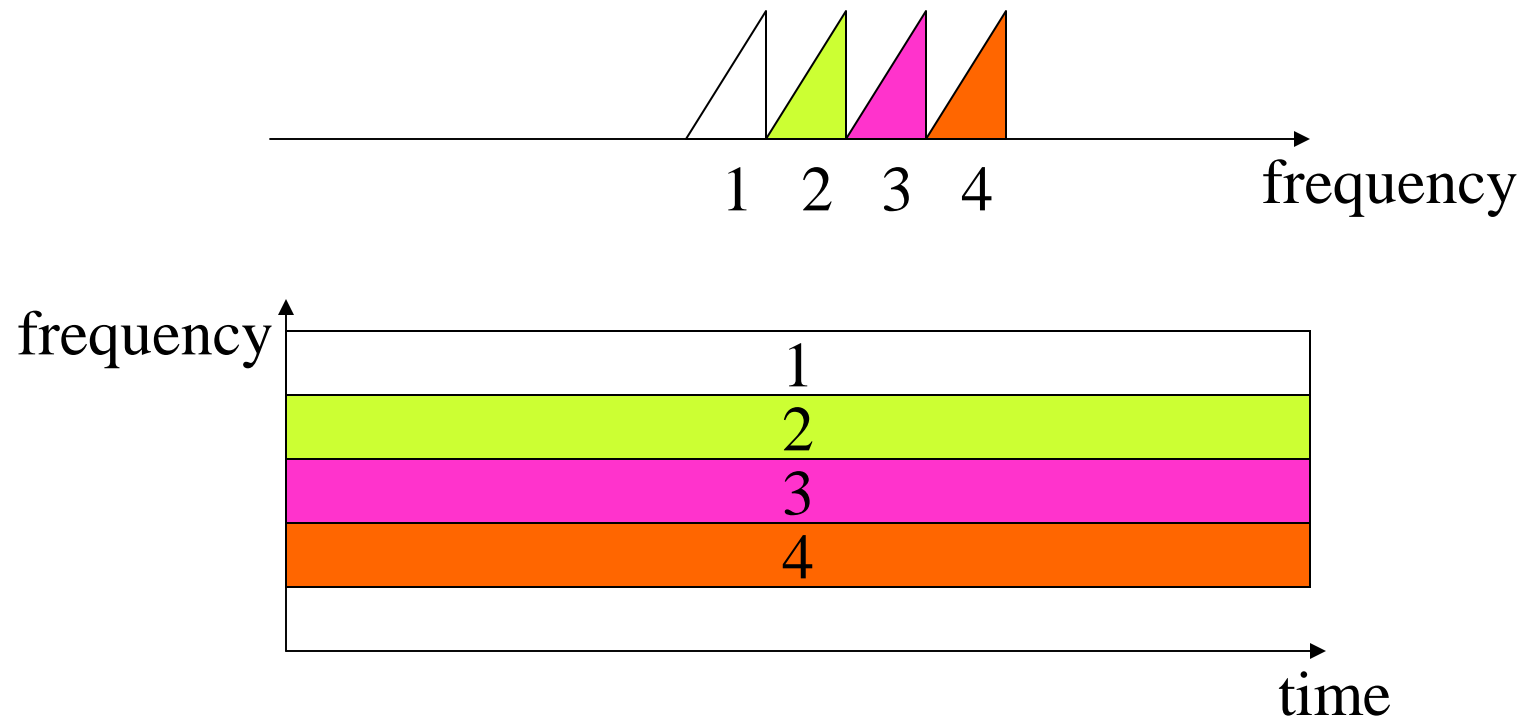
Σταθμοί εξέλιξης στην τηλεφωνία

- Telex (Germany 1935) first digital network
- Digitalization (France 1942)
- Fax (Japan 1950)
- Integration (USA 50's) of transmission and switching
- Digital switching AT&T (USA 1962)
- T-Carrier (USA 1965) CM 24 channels Western Electric
- RSAN (Spain 1968) first public packet Network Telefonica
- PDH (Europe 1975)
- IDN (USA 70s) first full digital network
- ISDN (Europe 1984) standardized voice and data network
- SONET (USA 1988) first installations
- B-ISDN (Europe 1990) SDH+ATM broadband networks
- GSM (France 1994) digital wireless telephony
- UMTS (Europe 2001) broadband wireless network

Βασικές Τεχνικές Πολύπλεξης

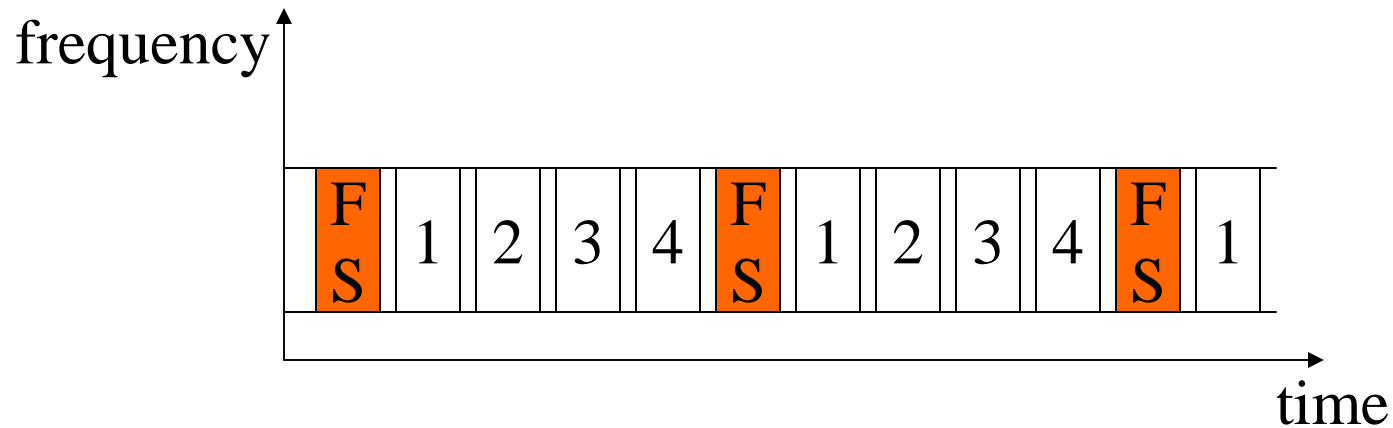
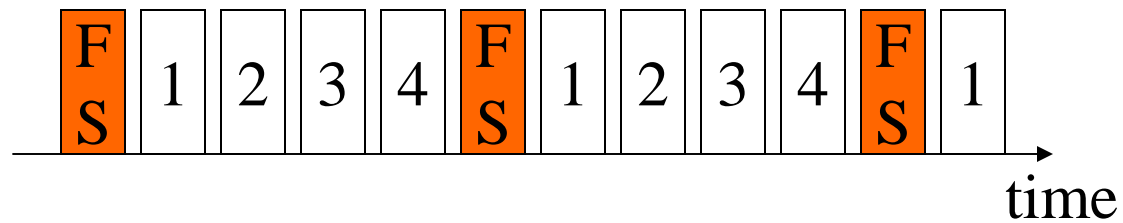
- Frequency Division Multiplexing (FDM)
- Time Division Multiplexing (TDM)

Frequency Division Multiplexing

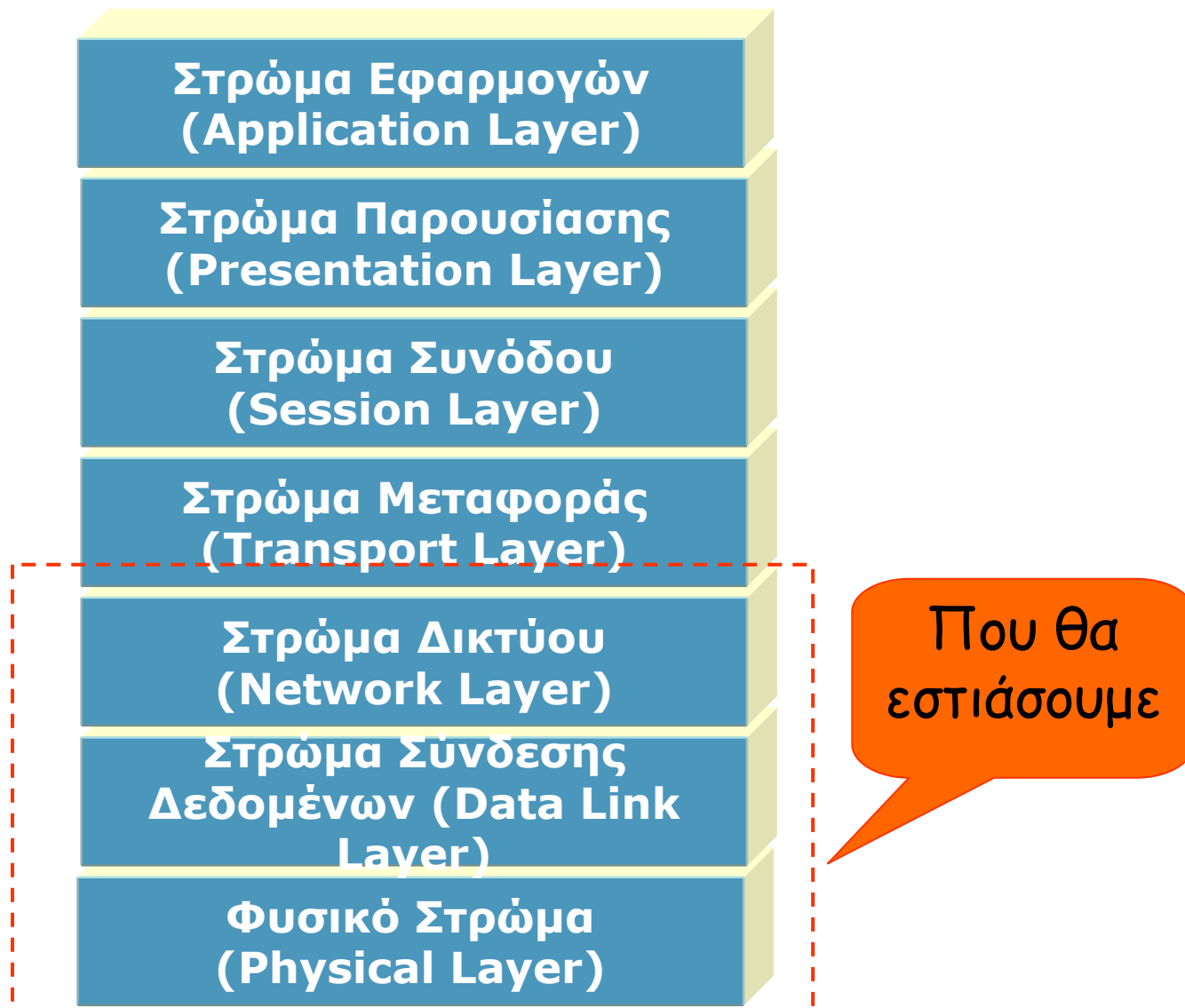


Παράδειγμα: ραδιοφωνικοί σταθμοί

Time Division Multiplexing



Αρχιτεκτονική Δικτύων OSI



Τεχνολογίες πρώτου επιπέδου

- PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy)
- SDH (Synchronous Digital Hierarchy) / SONET (Synchronous Optical NETWORK)
- DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing)

Πλησιόχρονη Ψηφιακή Ιεραρχία -PDH

- Εισαγωγή
- Επίπεδα Ψηφιακού Σήματος
- Πλαισίωση
 - E1 Πλαισίωση
 - T1 Πλαισίωση
- Περιορισμοί

Εισαγωγή-PDH

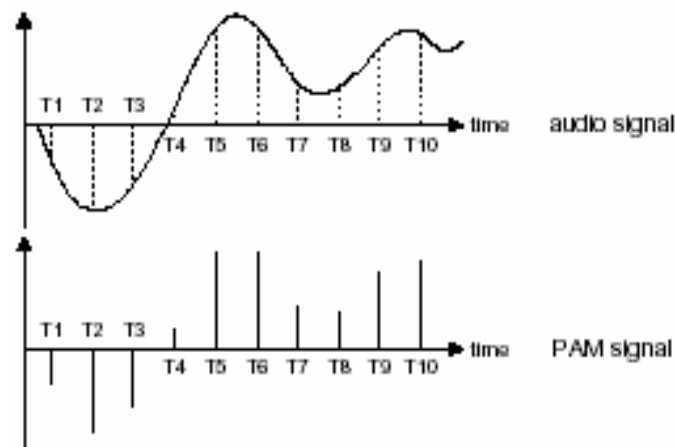
- Δημιουργήθηκε το 1960 για να αντικαταστήσει την αναλογική τηλεφωνική υποδομή.
- Βασίζεται στο TDM.
- Χρησιμοποιείται ευρέως ακόμα και σήμερα
 - Επίπεδο τηλεφωνικής Πρόσβασης
 - ISDN PRI
 - Μισθωμένες Γραμμές (leased lines)

Εισαγωγή-PDH

- Γιατί Πλησιόχρονη?
 - Απαίτηση :Γρήγορη μετάδοση, πολύ μικρές καθυστερήσεις
 - Τεχνολογικοί περιορισμοί για αποθήκευση των πλαισίων
 - Λύση :Άμεση προώθηση των bits; bit stuffing
- Γιατί Ιεραρχική?
 - Ανάγκη για σύνδεση εκατομμυρίων χρηστών χαμηλής ταχύτητας από διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές.

Τηλεφωνία: το πρώτο σήμα πληροφορίας

- Φωνή=αναλογικό ζωνοπερατό σήμα
 - Δειγματοληψία κατά PAM (Pulse Analogue Modulation)
 - Ψηφιοποίηση αναλογικών σημάτων με δειγματοληψία και κωδικοποίηση δείγματος με 8 bit PCM (Pulse Coded Modulation)
 - Εύρος ζώνης φωνής: 300-3400Hz=> συχνότητα δειγματοληψίας (Nyquist) 8000Hz ή 1 sample/125μsec = 8bits/125μsec = **64Kbit/sec**



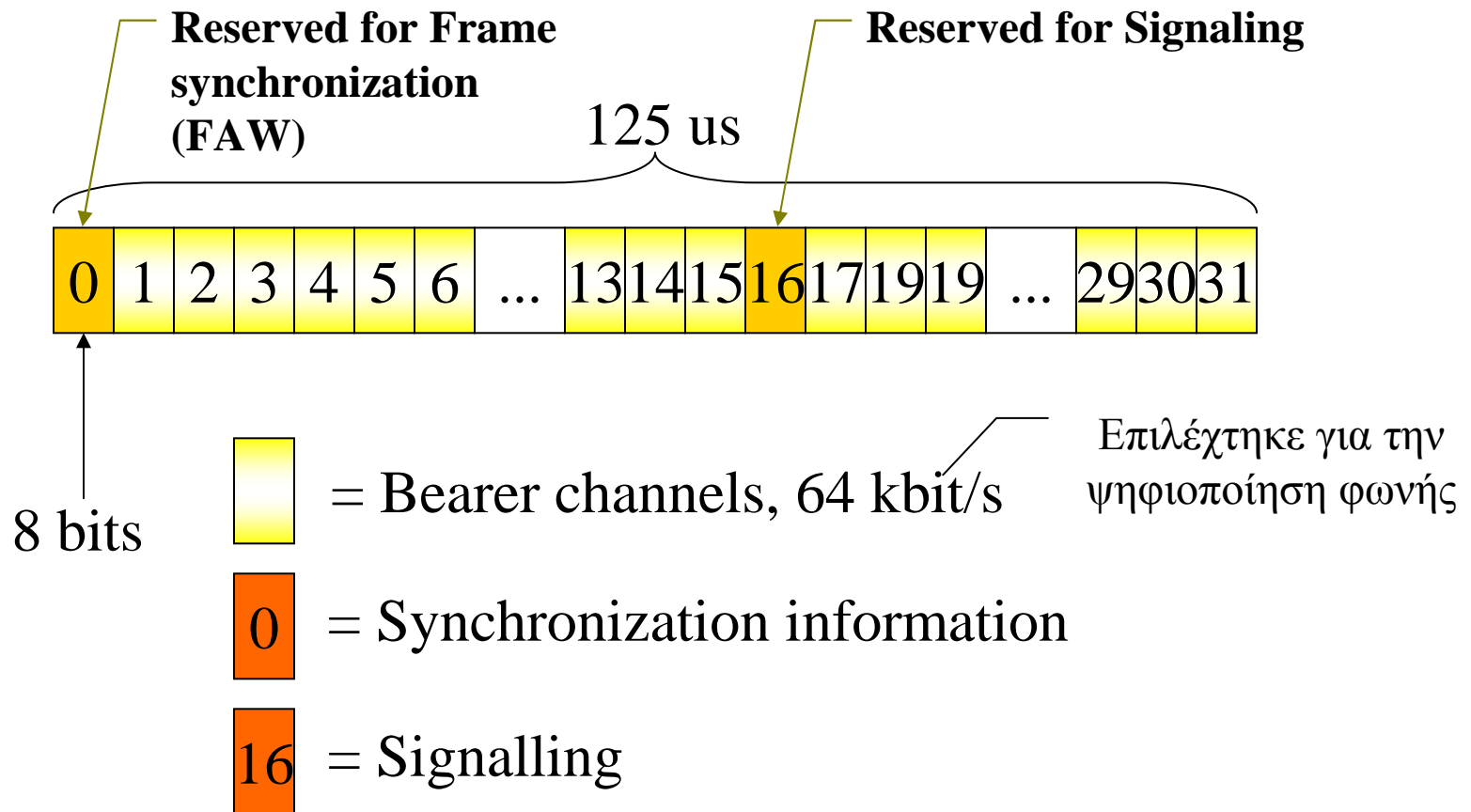
2 Mbit/s PCM frame : E-1

- Πολύπλεξη περισσότερων βασικών σημάτων οδηγεί σε σήματα & αντίστοιχα πλαίσια (frames) ανωτέρων ρυθμών με χαρακτηριστικότερο τον ρυθμό E1
 - Παλμοκωδική Διαμόρφωση (Pulse Coded Modulation)
 - Η πιο διαδεδομένη μέθοδος TDM
 - Ψηφιοποίηση αναλογικών σημάτων με δειγματοληψία και κωδικοποίηση δείγματος με 8 bit
 - 30 κανάλια (bearer channels)
 - κανάλια φωνής, τηλεφωνικές συνδιαλέξεις,...
 - ISDN-B channels
- E1 πλαίσιο 2048Mbps
 - 32 χρονοθυρίδες ανά πλαίσιο
 - Ρυθμός δειγματοληψίας πλαισίου: 8000Hz
 - $32 * 8 * 8000 = 2.048$ Mbps

T1 Πλαισίωση

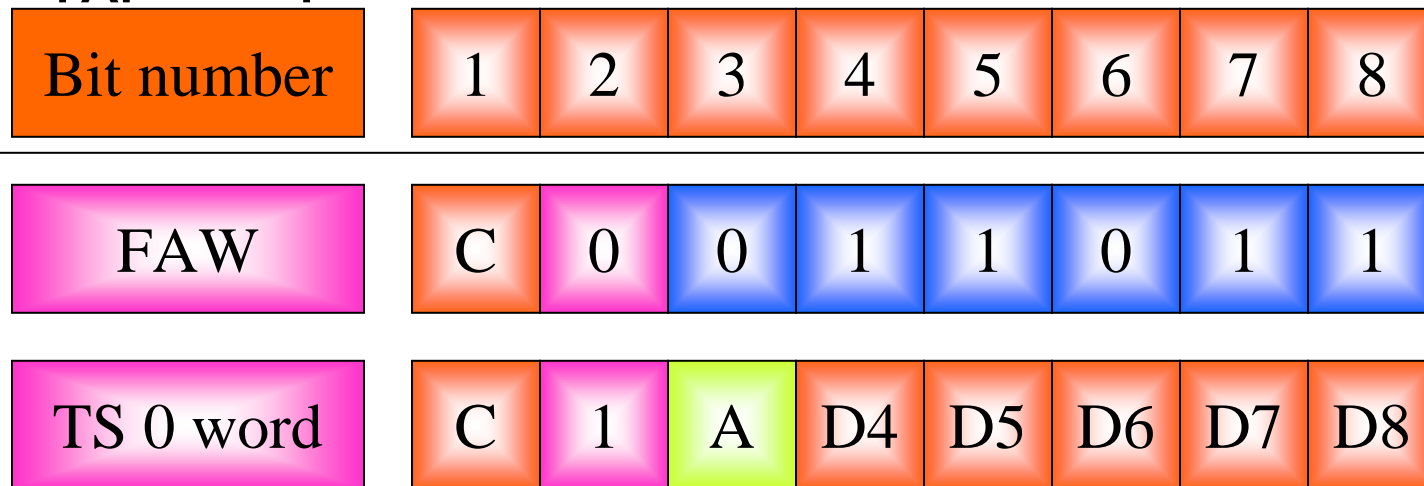
- T1 πλαίσιο
 - 24 χρονοθυρίδες ανά πλαίσιο (1-24)
 - Ένα επιπρόσθετο bit για τον έλεγχο
 - Προφανής διαφοροποίηση από την δομή του σήματος E1 σύμφωνα με τα Ευρωπαϊκά πρότυπα
 - Μήκος πλαισίου 193 bit ($=24*8+1$)
 - Ρυθμός δειγματοληψίας πλαισίου: 8000Hz
 - Μεικτός ρυθμός Δεδομένων: 1544 Mbps

Πλαίσιο (Frame) PCM ιεραρχίας E1



TS 0: Frame Synchronization Timeslot

- Η πρώτη χρονοσχισμή κάθε πλαισίου δεσμεύεται για τη μετάδοση της λέξης/σημαίας συγχρονισμού



FAW = Frame Alignment Word

C for CRC-4 = Cyclic Redundancy Check 4, four bit error check

A = far end Alarm

TS 16: Signaling Timeslot

- Η 16^η χρονοσχισημή κάθε πλαισίου δεσμεύεται για τη μετάδοση σημάτων σηματοδοσίας
- Συνηθέστερα συστήματα σηματοδοσίας
 - CAS Channel Associated Signaling
 - CCS-7 Common Channel Signaling 7

CAS: Channel Associated Signaling

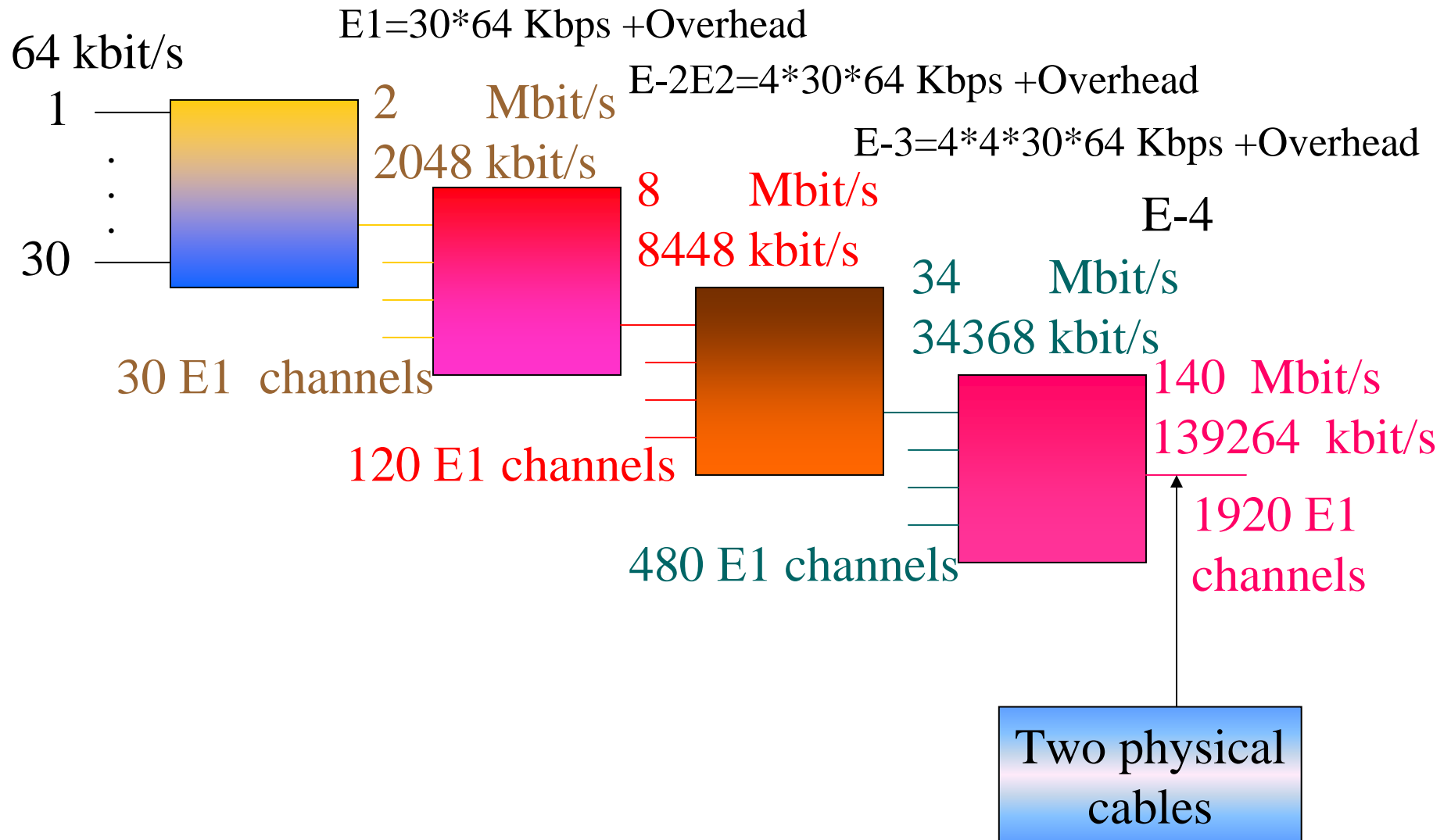
- Σταθερή θέση σχισμών σηματοδοσίας για όλα τα κανάλια σε διαδοχικές σχισμές TS 16s

TS 16 of frame 0	TS 16 of frame 1	TS 16 of frame 2	TS 16 of frame 3
0000XAXX	abcd abcd Ch 1 Ch 16	abcd abcd Ch 2 Ch 17	abcd abcd Ch 3 Ch 18

CCS-7: Common Channel Signaling 7

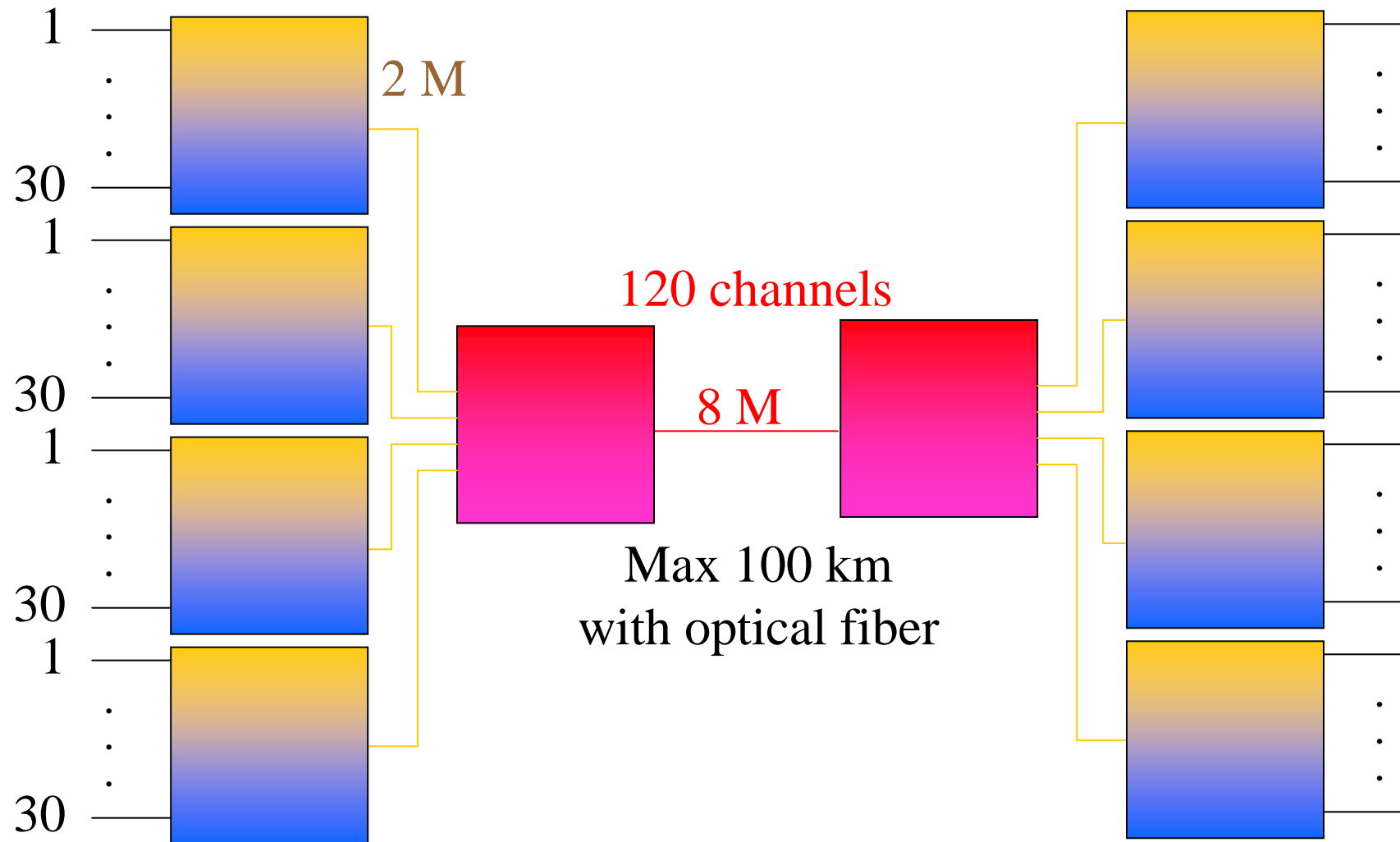
- Σηματοδοσία με δομημένα μηνύματα
- Δυνατότητα επέκτασης των μηνυμάτων εκτός των σχισμών TS 16s

Ιεραρχία PDH (I)



Ιεραρχία PDH (II)

64 kbit/s



Ψηφιακά Επίπεδα Σήματος

- Β.Αμερική
 - ANSI
 - DS-n=Ψηφιακό Σήμα Επιπέδου n
 - Φορέας Συστήματος:T1,T2...
- Ευρώπη
 - ETSI
 - CEPT-n= ITU-T Ψηφιακό Σήμα Επιπέδου n
 - Φορέας Συστήματος:E1,E2...

Ψηφιακά Επίπεδα Σήματος

Βόρεια Αμερική

Σήμα	Φορέας	Κανάλια	Ρυθμός Μετάδοσης
DS0		1	0.064
DS1	T1	24	1.544
DS1C	T1C	48	3.152
DS2	T2	96	6.312
DS3	T3	672	44.736
DS4	T4	4032	246.176

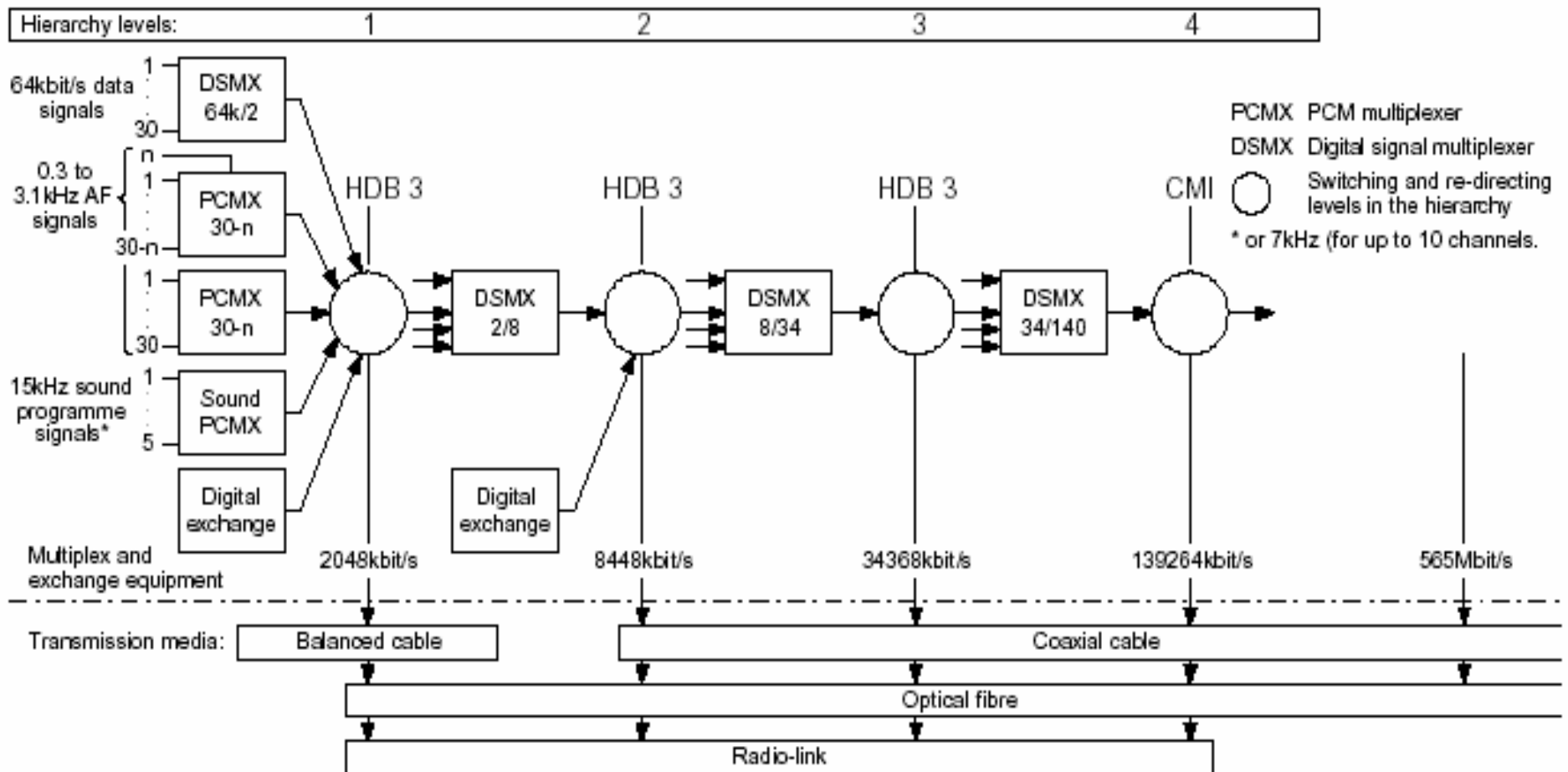
Ευρώπη

Σήμα	Φορέας	Κανάλια	Ρυθμός Μετάδοσης
DS0	E0	1	0.064
CEPT-1	E1	32	2.048
CEPT-2	E2	128	8.448
CEPT-3	E3	512	34.368
CEPT-4	E4	2048	139.264
CEPT-5	E5	8192	565.148

Ιεραρχικά Επίπεδα

- ANSI Ιεραρχία
 - $DS1C = 2 * DS1$
 - $DS2 = 4 * DS1$
 - $DS3 = 7 * DS2$
 - $DS4/NA = 3 * DS3$
 - $DS4 = 6 * DS3$
- ITU-T Ιεραρχία
 - $E_{n+1} = 4 * E_n$

Ιεραρχία PDH (III)



Μειονεκτήματα PDH

- Μειωμένη απόδοση σε διαβίβαση ωφέλιμης πληροφορίας
- Σταθερή σύνδεση που η ενεργοποίησή της απαιτεί χειροκίνητη διασύνδεση PDH .
- Πολύπλοκα συστήματα & Έλλειψη κοινώς αποδεκτών και εφαρμόσιμων προτύπων
- Εξειδικευμένες διεπαφές
 - Οπτικών ινών
 - Συστημάτων διαχείρισης
- Αδυναμία απόπλεξης μίας επιλεγμένης ροής.
 - Κάθε υποροή έχει το δικό της ρολόι
 - Κάθε επίπεδο πολύπλεξης έχει δικό του ρολόι
 - Υποχρεωτική απόπλεξη του συνόλου σε κάθε κόμβο
- Έλλειψη επαρκούς μηχανισμού μεταφοράς υποστηρικτικών πληροφοριών, ελέγχου, συντήρησης και διαχείρισης.

SONET/SDH

- Εισαγωγή
- Δομή Δικτύου SONET/SDH
- Πλαισίωση
 - Πλαισίωση SONET
 - Πλαισίωση SDH
- Τοπολογίες SONET/SDH

Εισαγωγή-SONET/SDH

- Τι είναι τα SONET /SDH?
 - Πρότυπα Οπτικών Συστημάτων
 - Υλοποίηση και σε άλλα φυσικά μέσα
- SONET - Synchronous Optical Network
 - 1985 αναπτύχθηκε από την Bellcore το Synchronous Optical Network (SONET).
 - Υιοθετήθηκε από τον ANSI
- SDH- Synchronous Digital Hierarchy
 - Αντίστοιχο πρότυπο για την Ευρώπη από την CCITT
- SONET vs SDH
 - Διαφέρουν μόνο σε δευτερεύοντα χαρακτηριστικά
 - Ίδιες υποδομές

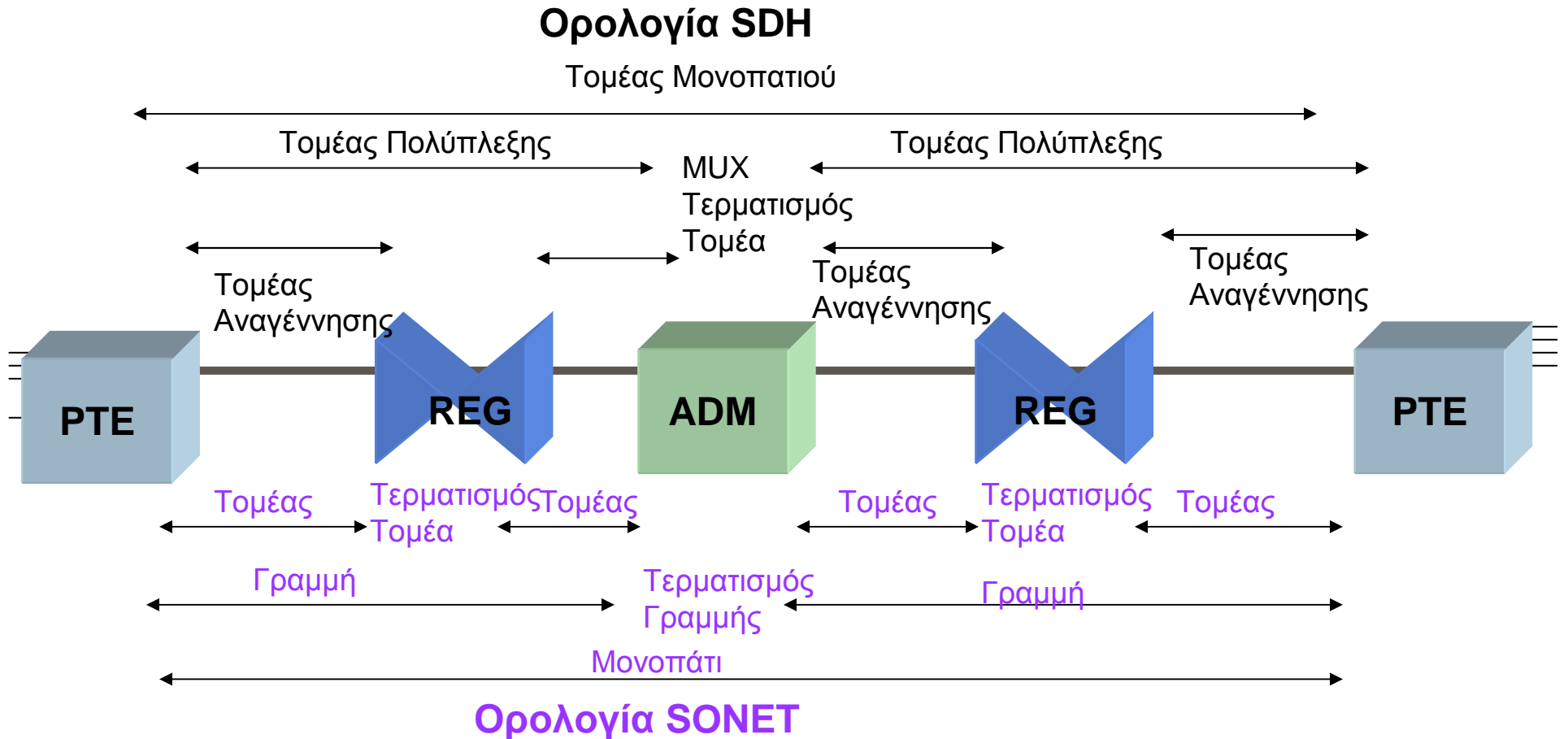
Βασικά Χαρακτηριστικά

- Οπτικό δίκτυο πρώτης γενιάς
- Τοπολογία συγκέντρωσης κίνησης σημείο-προς-σημείο (Point-to-point trunking)
- Αντικαταστάτης της ιεραρχίας PDH
- Σύγχρονη (synchronous) μετάδοση
- Λειτουργίες διαχείρισης (OAM)

Στοιχεία Δικτύου SONET/SDH

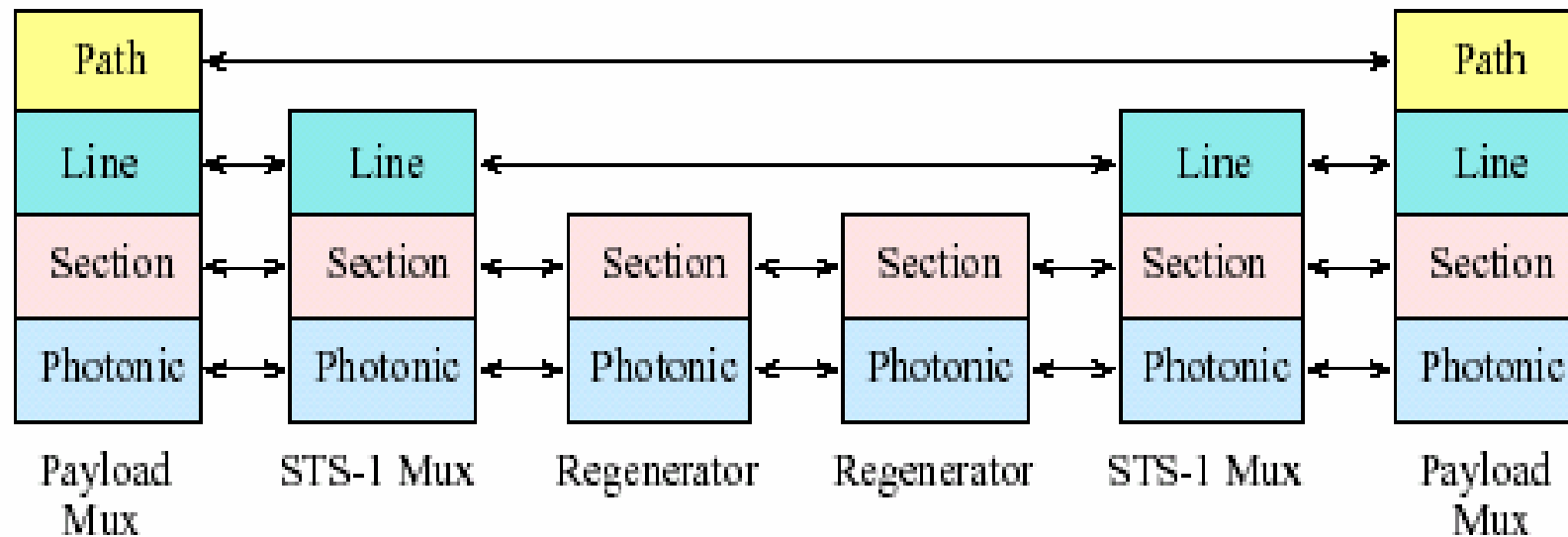
- Τερματικά και Τερματικοί Πολυπλέκτες
- Αναγεννητές σήματος
- Add/Drop Πολυπλέκτες
- Digital cross-connect system (DCS ή DXC)

Δομή Δικτύου SONET/SDH



Διαστρωμάτωση κατά SONET

- Το SONET είναι τεχνολογία φυσικού στρώματος κατά OSI



Οπτικό Στρώμα (Photonic Layer)

- Ρόλος: Μετάδοση bits δια μέσω της οπτικής ίνας
- Βασική λειτουργία: μετατροπή STS frames σε οπτικά OC bit σήματα
- Δεν χρησιμοποιείται πλεονάζουσα πληροφορία (overhead) απλώς ψηφιακός συρμός από 0 και 1

Στρώμα Τμήματος (Section Layer)

- Τμήμα αναγέννησης σήματος επάνω στη γραμμή ζεύξης (Regenerator section of transmission link)
- Λειτουργικότητα:
 - Παρακολούθηση σφαλμάτων τμήματος (section error monitoring)
 - Πλαισίωση (framing)
 - Αναδιάταξη (signal scrambling)
- 9-byte SOH: όλη η πληροφορία που απαιτείται για την εκτέλεση των παραπάνω λειτουργιών
- Η πληροφορία SOH δημιουργείται/χρησιμοποιείται από συσκευές τερματισμού τμημάτων (section-terminating equipment -STE)

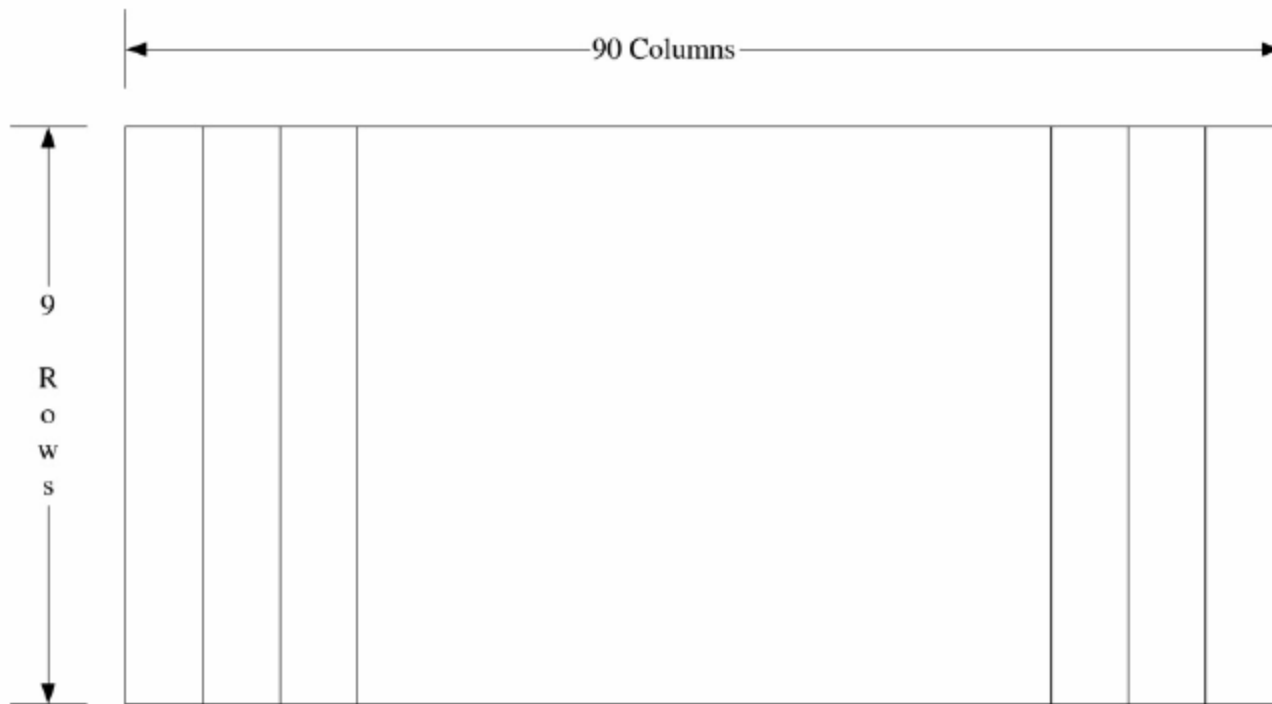
Στρώμα Γραμμής (Line Layer)

- Εκτείνεται μεταξύ των ορίων διαχείρισης και συντήρησης δύο ανεξάρτητων συσκευών SONET (π.χ. ADMs), εκτός αναγεννητών (regenerators)
- Διαχειρίζεται τη μετάδοση φορτίου SONET (payloads) ενθυλακωμένων σε συρμούς πλαισίων STS
- Παρέχει
 - πολύπλεξη και συγχρονισμό (π.χ. πολλαπλά STS-1s σε ένα STS-N)
 - Λειτουργίες προστασίας και συντήρησης
 - Χρήση 18-byte LOH δημιουργείται/χρησιμοποιείται από συσκευές τερματισμού γραμμών (line-terminating equipment - LTE)

Στρώμα Μονοπατιού (Path Layer)

- Αφορά τη μετάδοση απ'άκρου σε άκρο (end-to-end) π.χ. πελάτη-προς-πελάτη
- Μεταφέρει ολόκληρες υπηρεσίες δικτύου (DS-3s, ATM cells, κλπ)
- Χρησιμοποιεί το πεδίο 9-byte POH μέρος του SPE, το οποίο διέρχεται αναλοίωτο απο τα στρώματα γραμμής και τμημάτων (τα χαμηλότερα στρώματα το μεταχειρίζονται ως "data")
- Οι αντίστοιχες συσκευές που το υλοποιούν (Path-terminating equipment -PTE) ανήκουν συνήθως στους χρήστες/πελάτες (customer's premises - CPE)

Το πλαίσιο του SONET



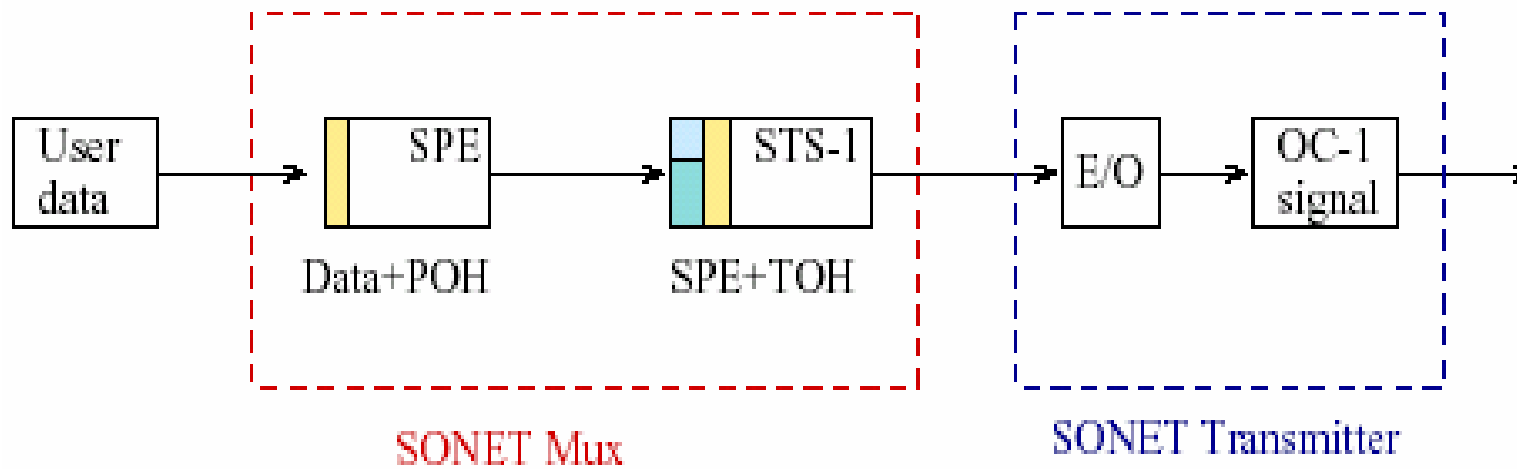
Το σήμα SONET

		Η ιεραρχία SONET	
Ηλεκτρικό σήμα	Οπτική τιμή	Ταχύτητα	Χωρητικότητα
STS-1	OC-1	51.84 Mbps	28 DS-1 ή 1 DS-3
STS-3	OC-3	155.520 Mbps	84 DS-1 ή 3 DS-3
STS-12	OC-12	622.08 Mbps	336 DS-1 ή 12 DS-3
STS-24	OC-24	1.244 Gbps	672 DS-1 ή 24 DS-3
STS-48	OC-48	2.488 Gbps	1344 DS-1 ή 48 DS-3
STS-192	OC-192	9.95 Gbps	5376 DS-1 ή 192 DS-3
STS-768	OC-768	40 Gbps	21504 DS-1 ή 768 DS-3

Διαφορές STS/OC

- Synchronous Transport Signal N (STS-N):
 - Δομή πλαισίου SONET ζεύξης μετάδοσης N-επιπέδων
 - Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά SONET (ιεραρχία πολύπλεξης, δομή πλαισίου, πλεονάζουσες λειτουργίες)
- Optical Carrier N (OC-N):
 - Χαρακτηριστικά μετάδοσης σε ζεύξη μετάδοσης N-επιπέδων
 - Επιπλέον προδιαγραφές πομπού-δέκτη
 - Οπτικό μέρος των προδιαγραφών SONET
- Synchronous Transport Module (STM): αναφέρεται και στην ηλεκτρική και στην οπτική εκδοχή των προδιαγραφών SDH

Διαφορές STS/OC



Δομή πλαισίου STS-1 (I)

		Columns											
		1	2	3	4	5	6	7	8	88	89	90	
R O W S	1	1	2	3	4	5	6	7	8	87	88	89	90
	2	91	92	93	94	95	96	97	98	177	178	179	180
	3	181									
	4												
	5												
	6												
	7												
	8												
	9									810	

TOH

Payload Columns (4-90)

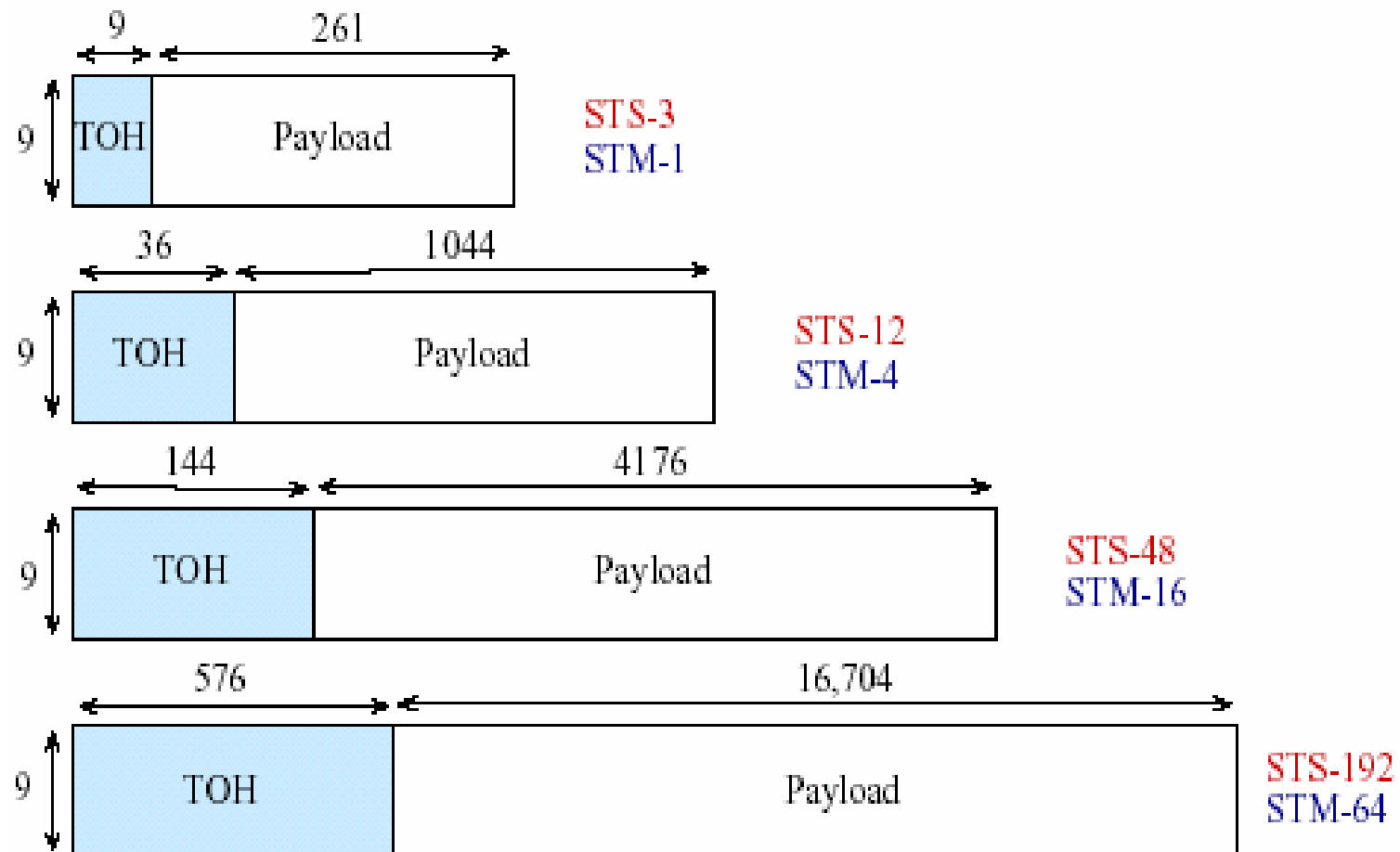
Section Overhead (SOH)
 Line Overhead (LOH)
 Path Overhead (POH)

SOH + LOH = Transport Overhead (TOH)

Δομή πλαισίου STS-1 (II)

- 810 bytes, (λογικά) οργανωμένα σε 9 γραμμές των 90 bytes
- Ένα πλαίσιο (frame) αποστέλλεται κάθε 125 sec
- $8 \times 810 \text{ bits/frame} \times 8000 \text{ frames/sec} = 51.84 \text{ Mbps}$
- Transport Overhead (TOH): 27 bytes (πρώτες 3 στήλες)
- 9 bytes section overhead (SOH) (πρώτες 3 γραμμές)
- 18 bytes line overhead (SOH) (τελευταίες 6 γραμμές)
- Synchronous Payload Envelop (SPE): 783 bytes (τελευταίες 87 στήλες)
- 9 bytes path overhead (POH) (πρώτη στήλη)
- 774 bytes user data (τελευταίες 86 στήλες)

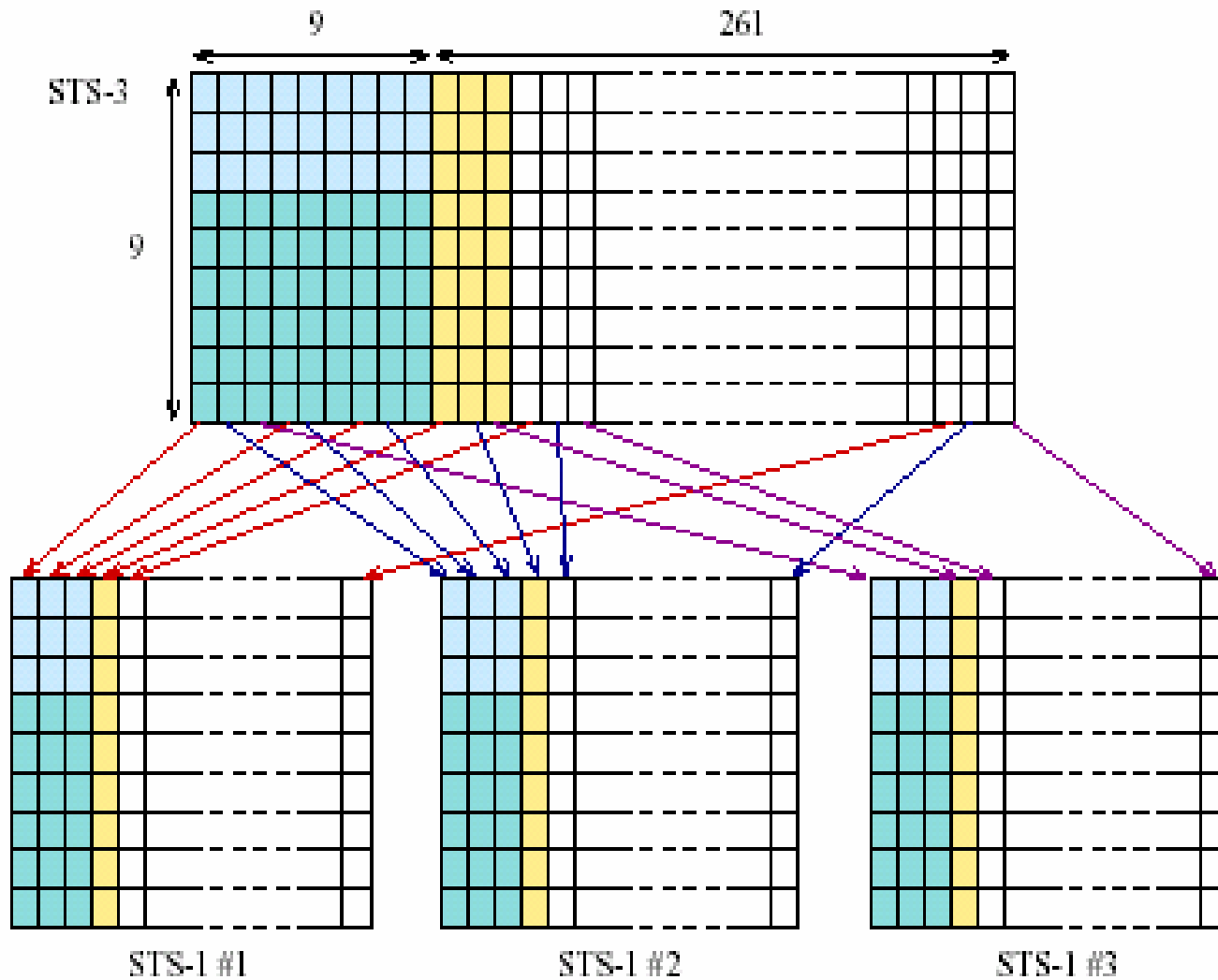
Δομή πλαισίου STS-N



Channelized STS-1N

- Ένα STS-N frame πολυπλέκει N ανεξάρτητα STS-1 frames
 - N overhead bytes
 - N payloads
- Πολύπλεξη με τεχνική Byte-interleaving των STS-1 frames
 - direct add/drop multiplexing
 - Αποφεύγει τη συσσώρευση καθυστέρησης για σήματα φωνής

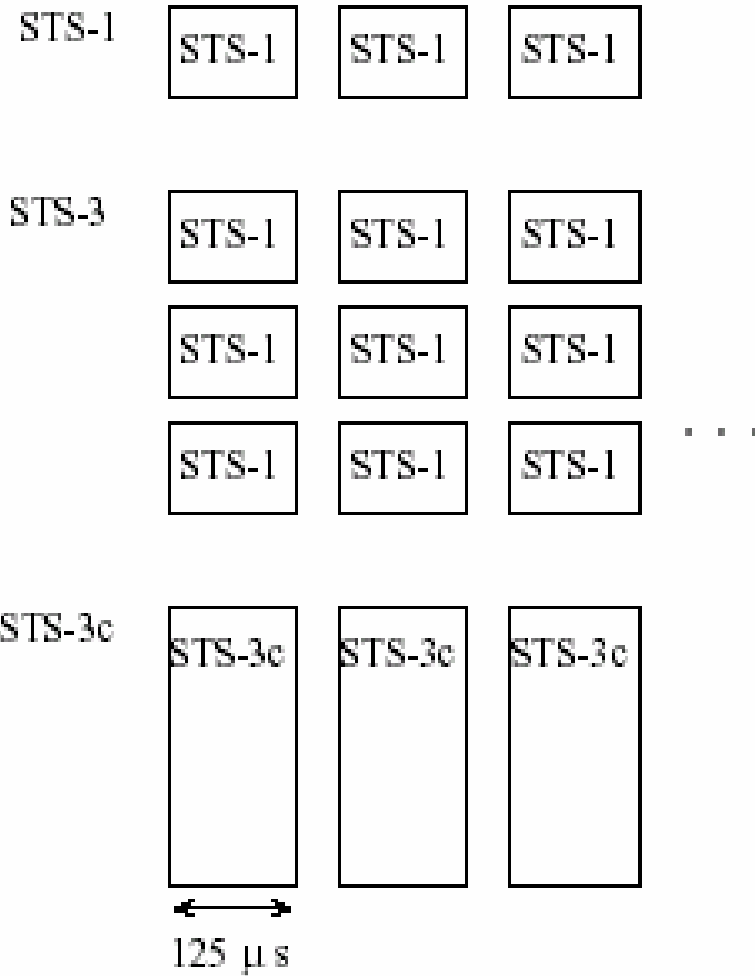
Δομή πλαισίου STS-3



Unchannelized STS-1N

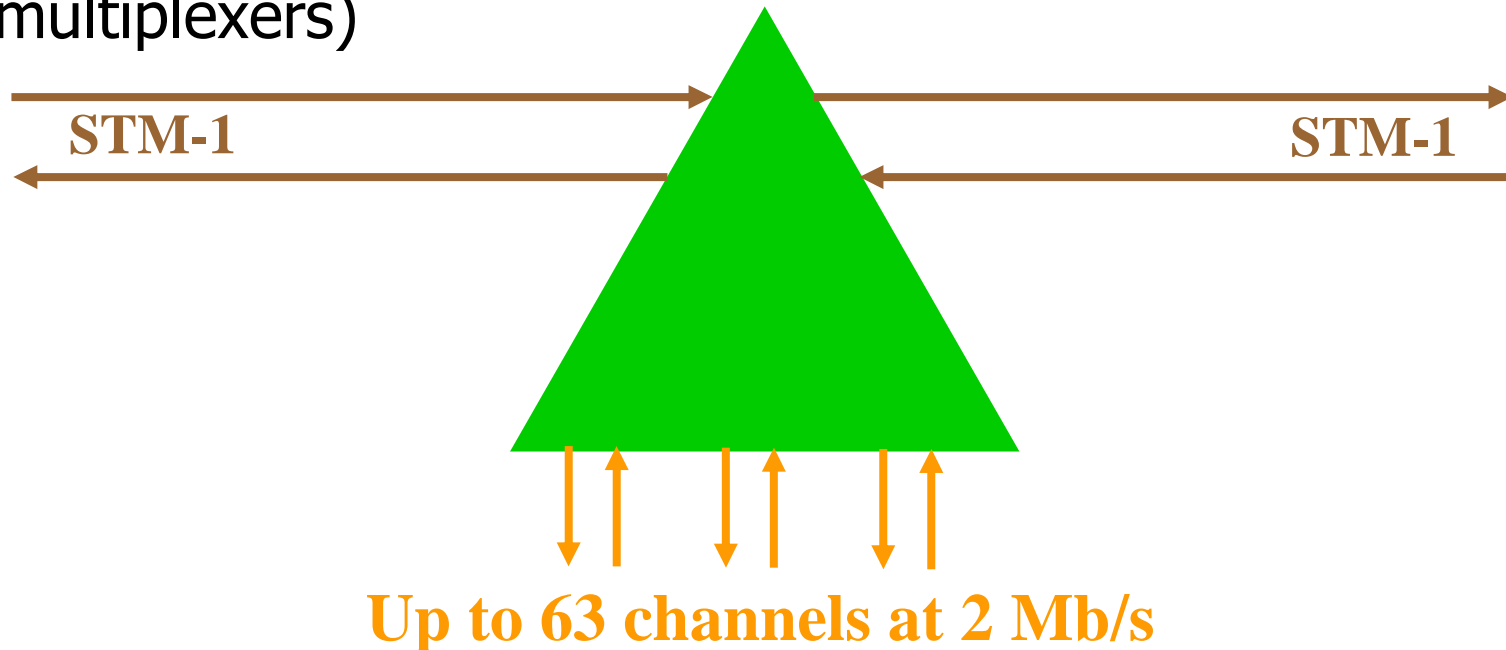
- Παρέχει τον ισοδύναμο STS-N ρυθμό χωρίς να πολυπλέκει N STS-1 frames
- “Concatenation”! STS-3c (OC-3c), STS-12c (OC-12c),
- Π.χ.: STS-3c
 - 9 bytes TOH (TOH παραμένει ανεξάρτητα)
 - Μονό SPE στο εύρος στηλών 10-270
 - Μόνο μία στήλη POH

Σύγκριση STS-3 με STS-3c

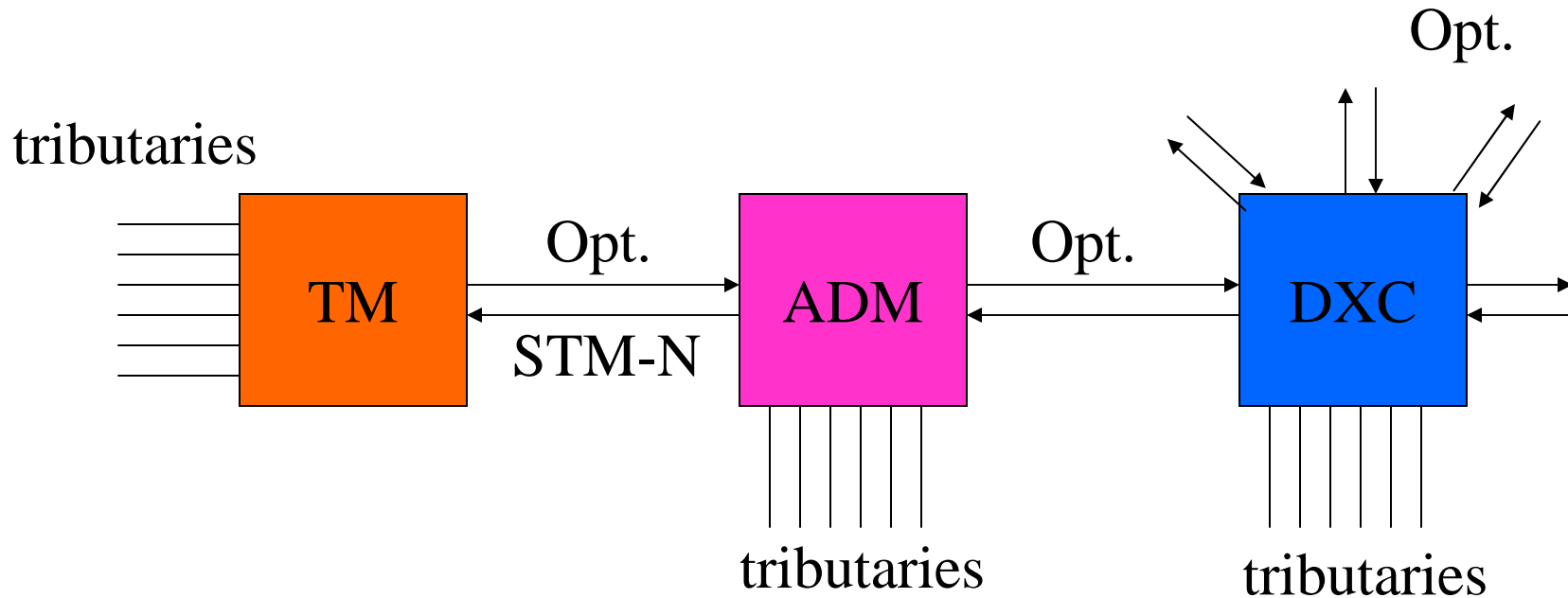


Synchronous Digital Hierarchy

- Όλοκληρο το δίκτυο λειτουργεί με κοινό ρολόι
- Πολύπλεξη ροών με πλαίσια διάρκειας 125 μ S
- Κάθε κανάλι σε κάθε ροή μπορεί να διατηρεί το δικό του ρολόι (πολύπλεξη σημάτων PDH πάνω από SDH)
- Βασική αρχιτεκτονική με χρήση των ADM (Add-drop multiplexers)



Στοιχεία Δικτύου SDH



Tributaries =
lower levels

TM = Terminal Multiplexer
ADM = Add/Drop Multiplexer
DXC = Digital Cross Connect

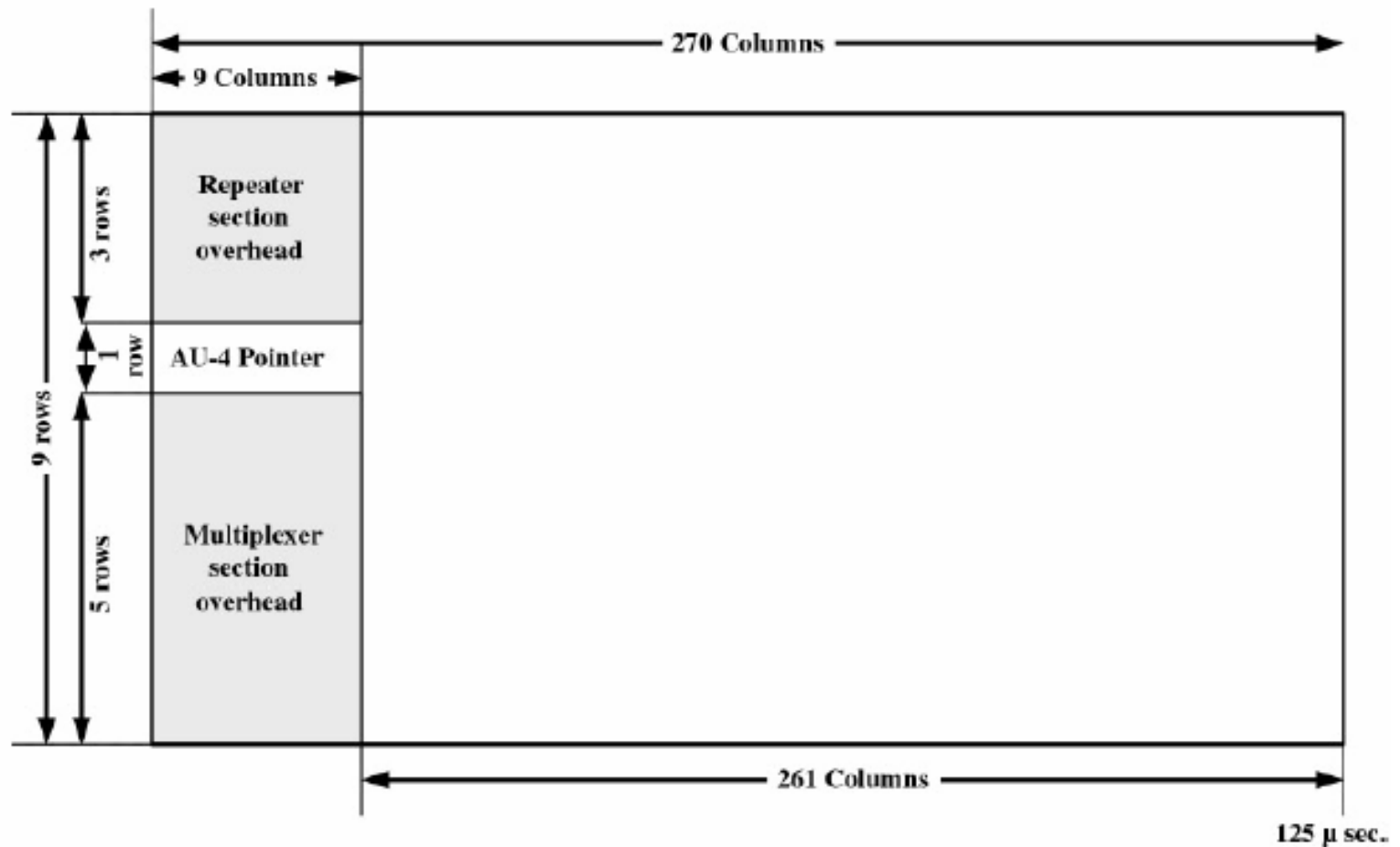
Επίπεδα SDH/SONET

- SONET: Synchronous Optical Network
 - Η Αμερικάνικη εκδοχή της SDH

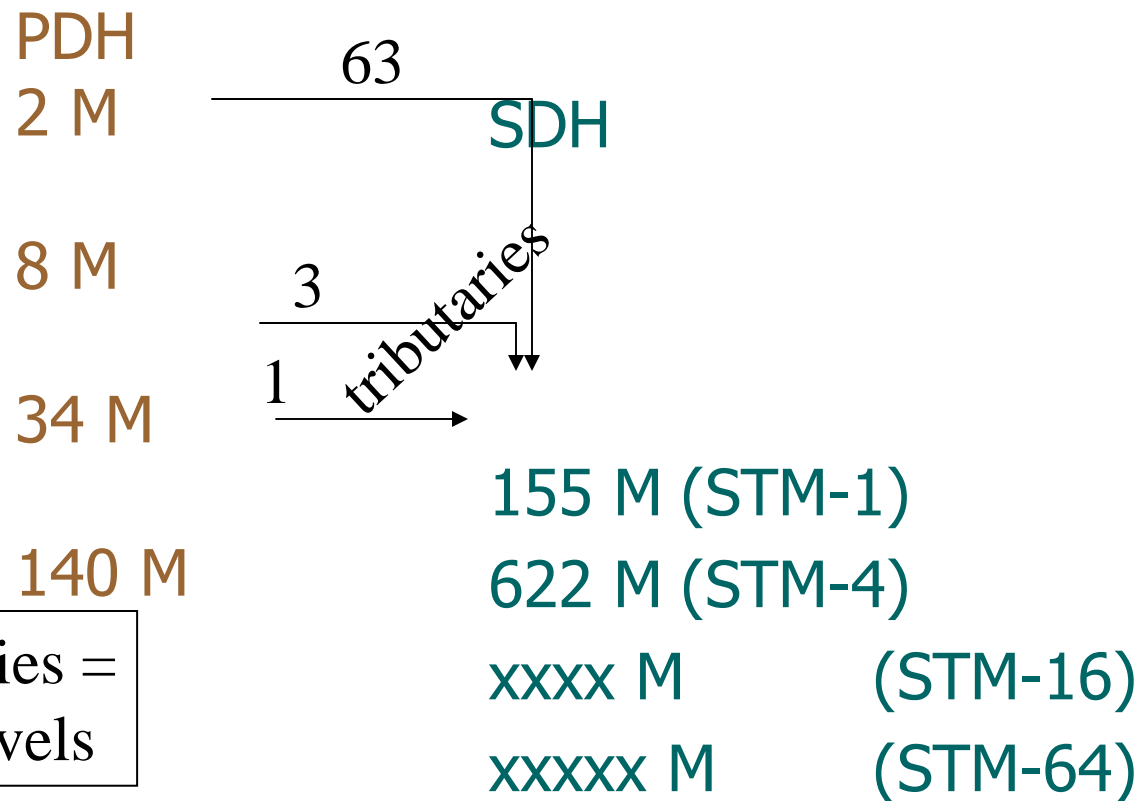
Data rate	ITU	USA-Elec.	USA-Opt.
51.84		STS-1	OC-1
155.52	STM-1	STS-3	OC-3
466.56	STM-3	STS-9	OC-9
622.08	STM-4	STS-12	OC-12
933.12	STM-6	STS-18	OC-18
1244.16	STM-8	STS-24	OC-24
1866.24	STM-12	STS-36	OC-36
2488.32	STM-16	STS-48	OC-48

SDH (Synchronous Digital Hierarchy)

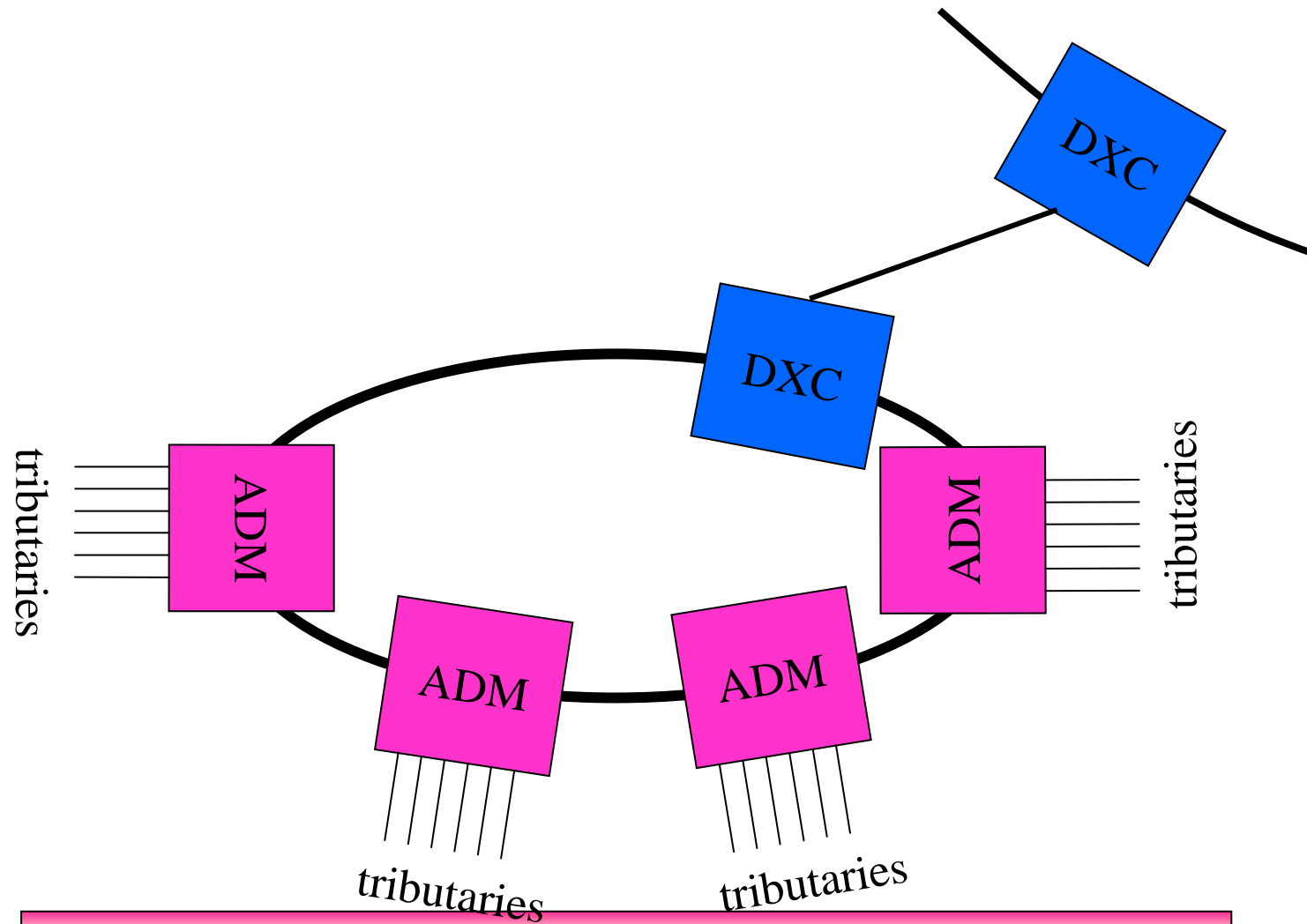
- Το STM-1 πλαίσιο



Σύζευξη PDH & SDH

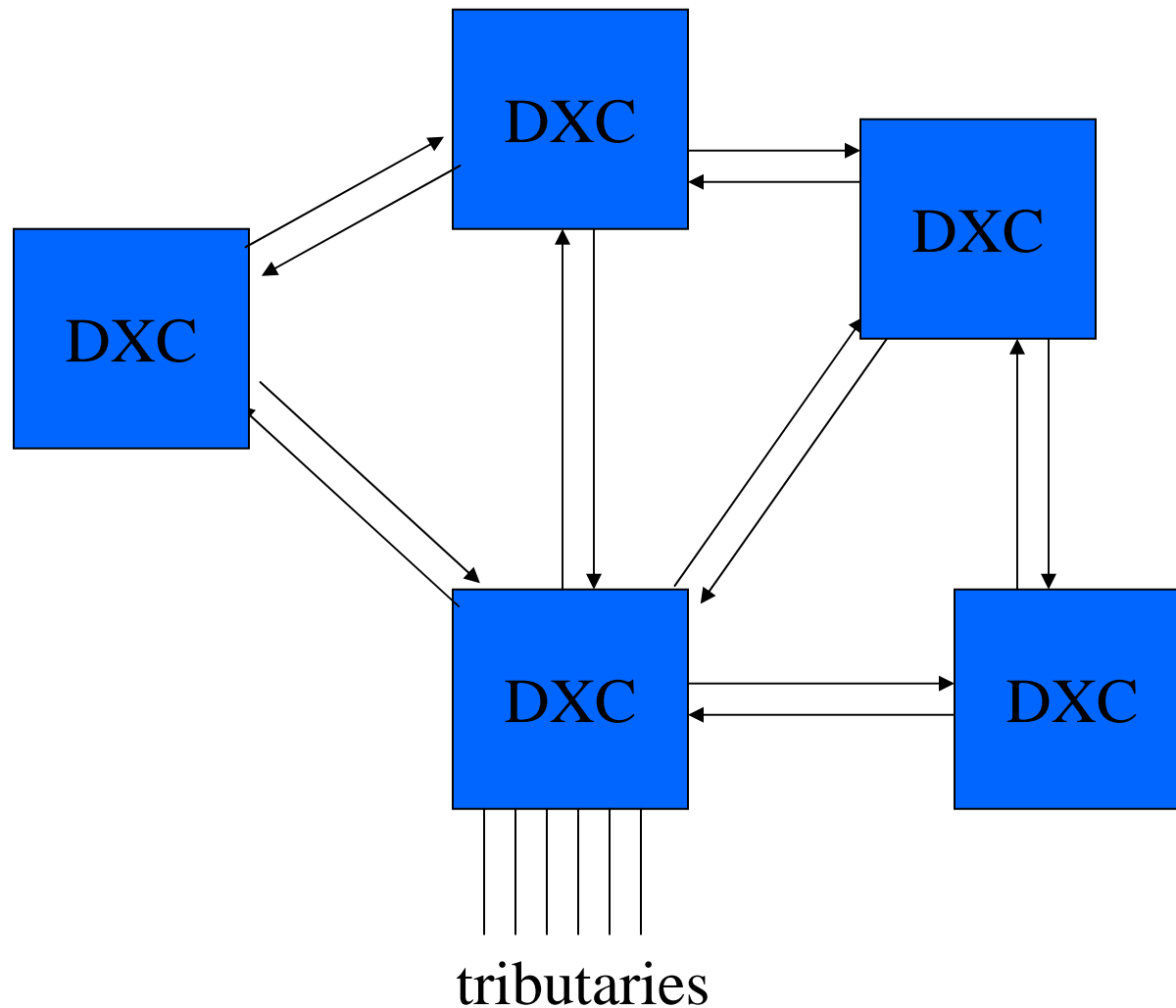


Δακτύλιοι SDH ADM



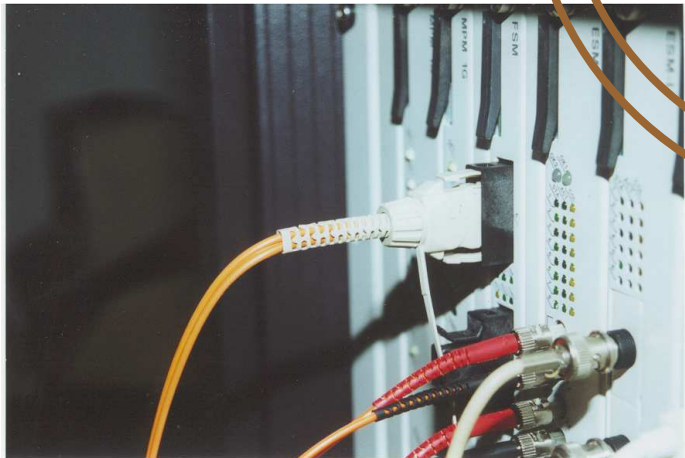
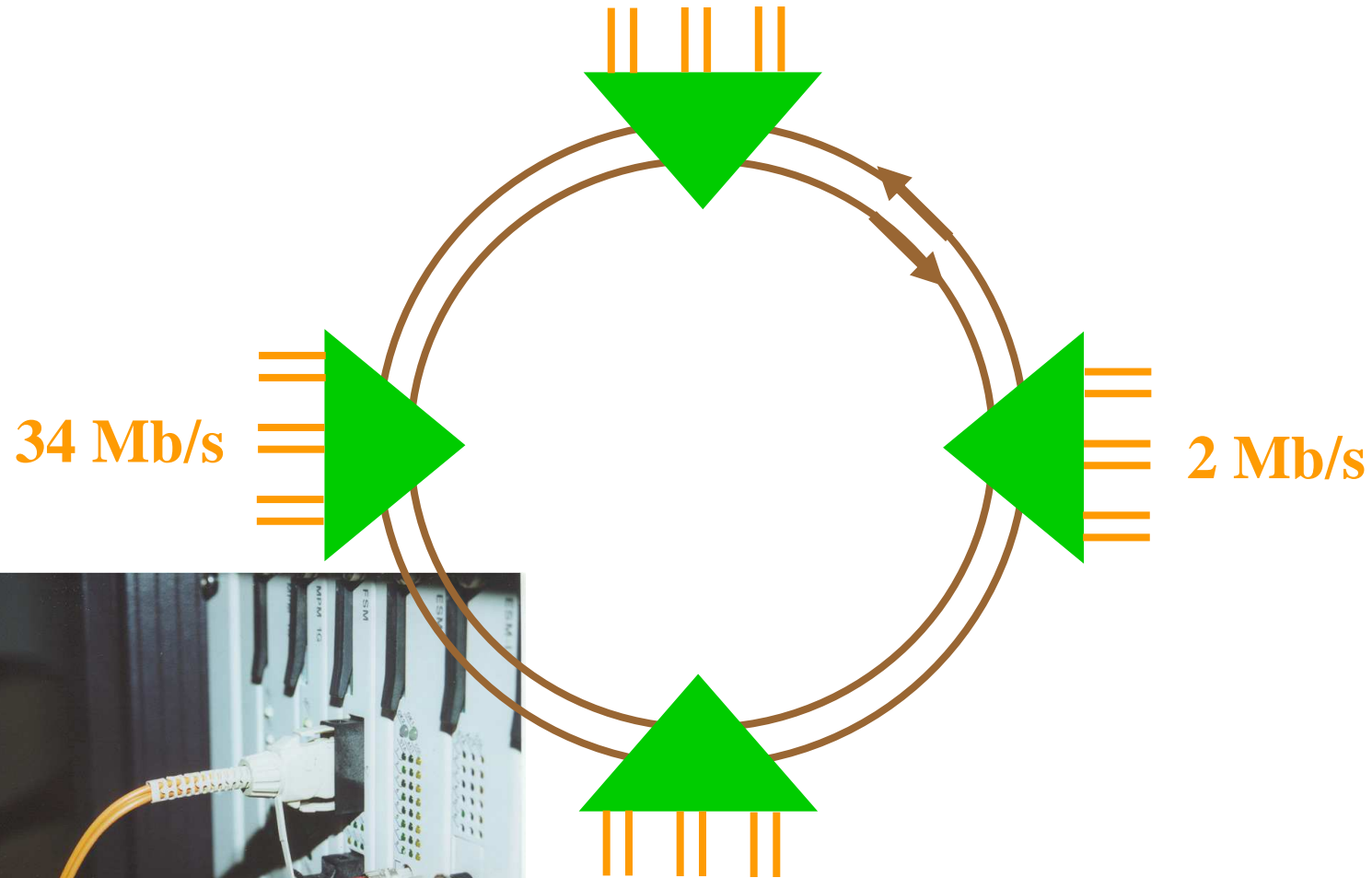
ADM = Add/Drop Multiplexer DXC= Digital Cross Connect

Τοπολογία “Mesh” με Χρήση Διακοπών DXC

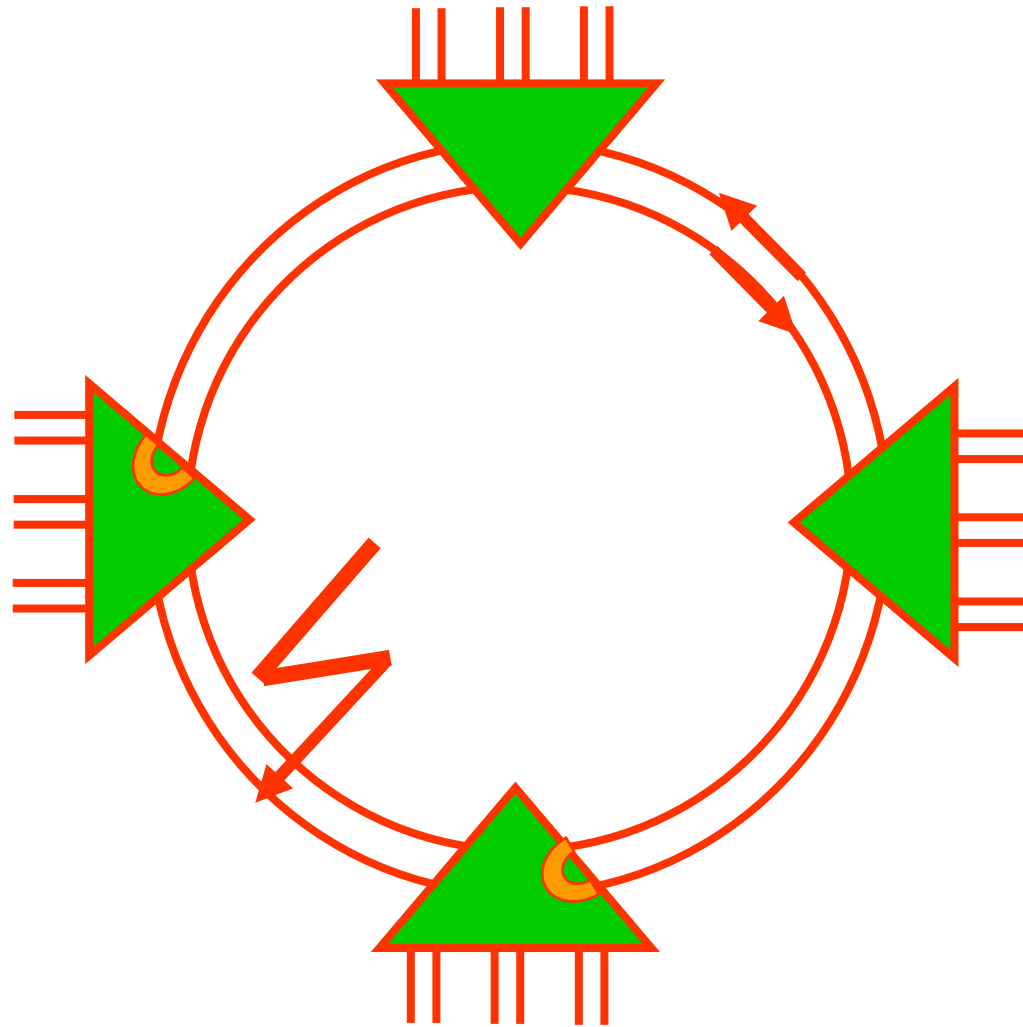


DXC = Digital Cross Connect

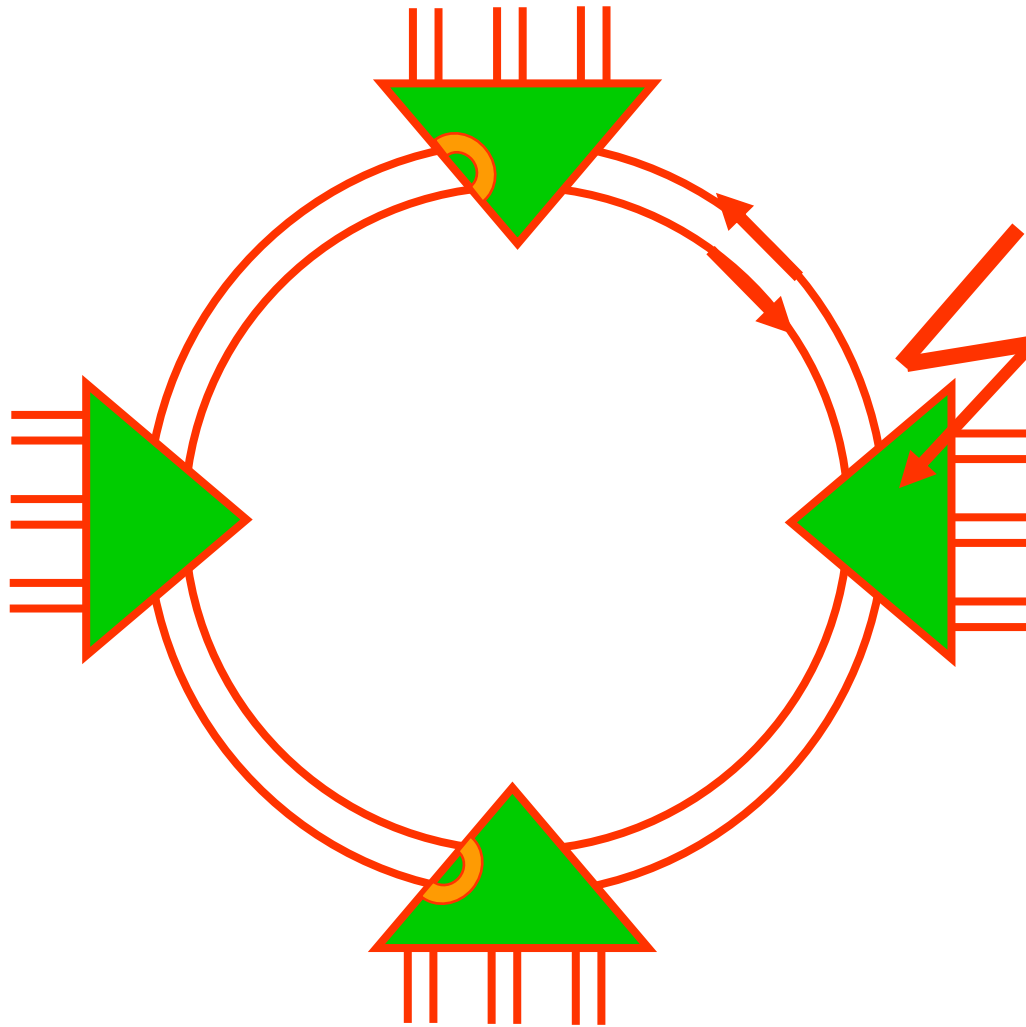
Δακτύλιοι SDH



Ασφάλεια SDH (I)

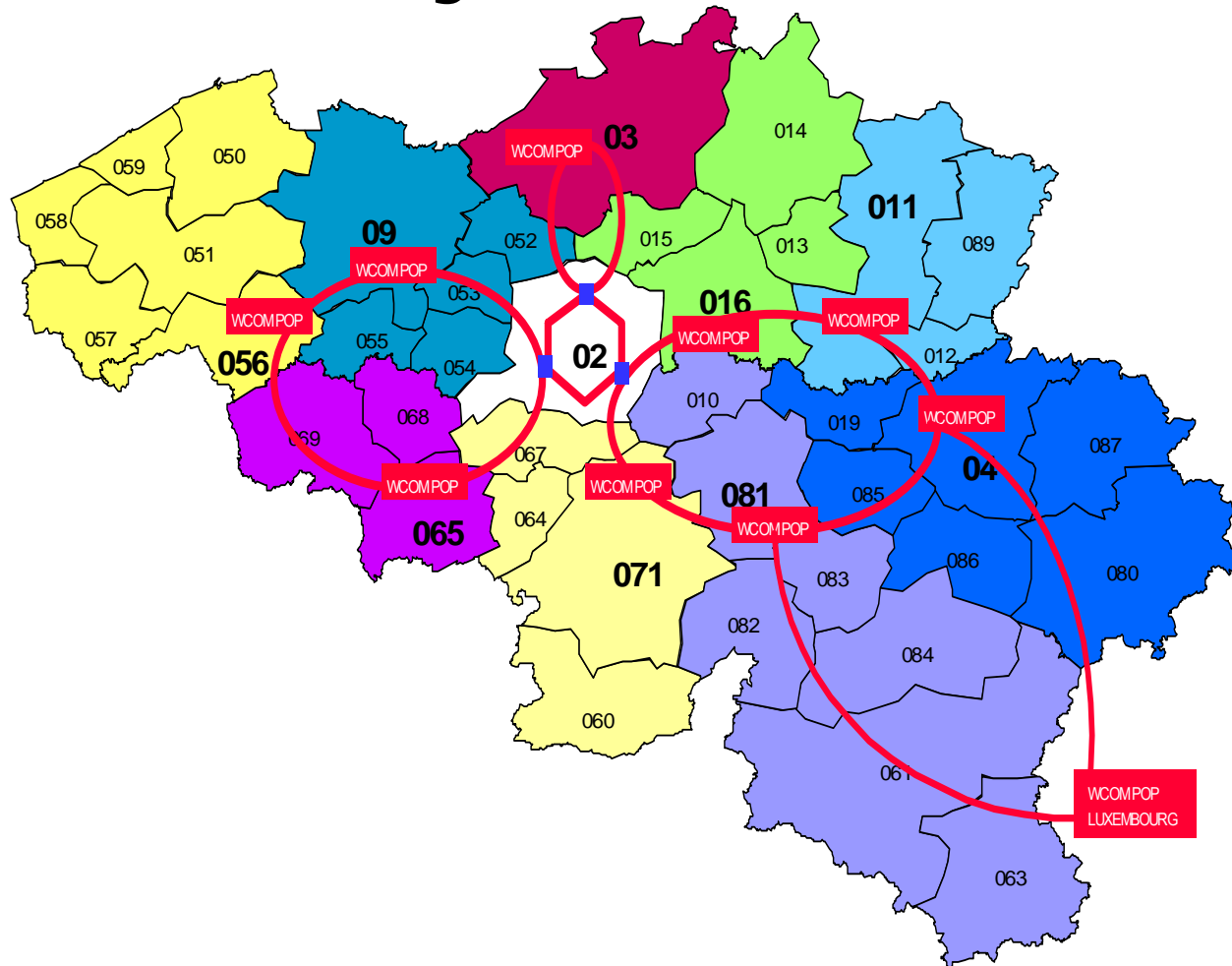


Ασφάλεια SDH (II)



Παράδειγμα Γεωγραφικής Κάλυψης με SDH

- The Worldcom Belgian Network



Βιβλιογραφία

1. Telecommunications Essentials by Lillian Goleniewski, Publisher: Addison Wesley Professional; ISBN: 0201760320; 1st edition (December 26, 2001)
2. Δίκτυα Ευρύας Ζώνης, Συγγραφέας: Ι., Βενιέρης Εκδότης: ΤΖΙΟΛΑΣ