

Τεχνολογίες Μεταγωγής Κυκλώματος & Μεταγωγής Πακέτου (2ου στρώματος)

Σύγχρονα ψηφιακά δίκτυα πρόσβασης
ενοποιημένων υπηρεσιών



Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου, Τμήμα Επιστήμης & Τεχνολογίας Τηλ/νιών

Δομή της Διάλεξης

- Πρωτόκολλα 2ου στρώματος
 - ✓ ISDN
 - ✓ B-ISDN & ATM

Τεχνολογίες Μεταγωγής Κυκλώματος & Μεταγωγής Πακέτου (2ου στρώματος)

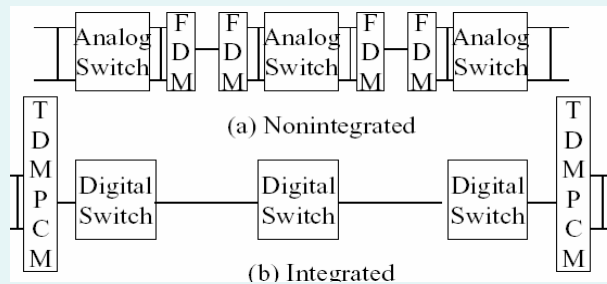
Integrated Services Digital Network (ISDN)



Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου, Τμήμα Επιστήμης & Τεχνολογίας Τηλ/νιών

ISDN

- “a network ... evolving from a telephony **integrated digital network** that provides end-to-end digital connectivity to support... voice and non-voice... by a limited set of interfaces...” (CCITT Rec. I.110, 1998)
- Χρησιμοποιεί το PSTN με κάποια αναβάθμιση
- Αποτελεί ένα ψηφιακό δίκτυο για την ενοποίηση των υπηρεσιών



Ψηφιοποίηση του PSTN

- **Αρχικά: IDN = Integrated Digital Network**
 - ✓ Ψηφιακές τεχνικές μετάδοσης & μεταγωγής (T1 κλπ)
- **1980: ISDN = Ενοποιημένη πρόσβαση σε όλες τις υπηρεσίες**
 - ✓ Ένα σύνολο διεπαφών για όλες τις υπηρεσίες/πολλαπλοί ρυθμοί
 - ✓ Υποστηρίζει και τις δύο τεχνικές μεταγωγής (circuit /packet)
 - ✓ Σηματοδοσία εκτός ζώνης (Out-of-band)
 - Εξελιγμένες λειτουργίες με βάση το Signaling System 7 (SS7)
 - ✓ Ιεραρχία πρωτοκόλλων
- **Ιστορική αναδρομή**
 - ✓ 1968: CCITT Study Group D μελετά την ψηφιακή μετάδοση φωνής
 - ✓ 1972: G.702 Integrated digital switching and transmission (IDN)
 - ✓ 1976: Digital switching and signaling (SS7) spec.
 - ✓ 1980: G.705 – One page recommendation on ISDN
 - ✓ 1984: Πρώτο σύνολο προδιαγραφών (ατελής)
 - ✓ 1988: Πρώτη επανέκδοση (δυνατή υλοποίηση)
 - ✓ 1992: Νεότερες επανεκδόσεις.

Διεπαφές ISDN: BRI & PRI

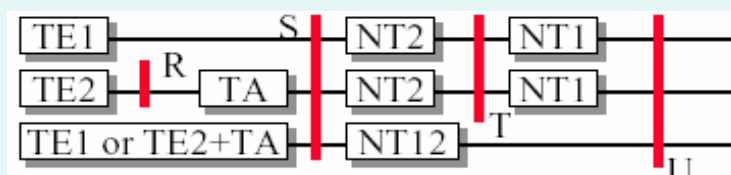
- **Δύο τύποι διεπαφών:**
 - ✓ Primary Rate Interface - PRI. 23 B κανάλια & 1 D ή 24 B (23B+D ή 24B)
 - ✓ Basic Rate Interface - BRI. 2 B κανάλια & 1 D (2B+D)
- **B channels ⇔ bearer channels.**
 - ✓ Μεταφορά δεδομένο (φωνή, data). Πάντα 64 kbps.
- **D channel (delta channel)**
 - ✓ Σηματοδοσία out-of-band.
 - ✓ 16 kbps στο BRI & 64 kbps στο PRI.

Λειτουργικές Μονάδες

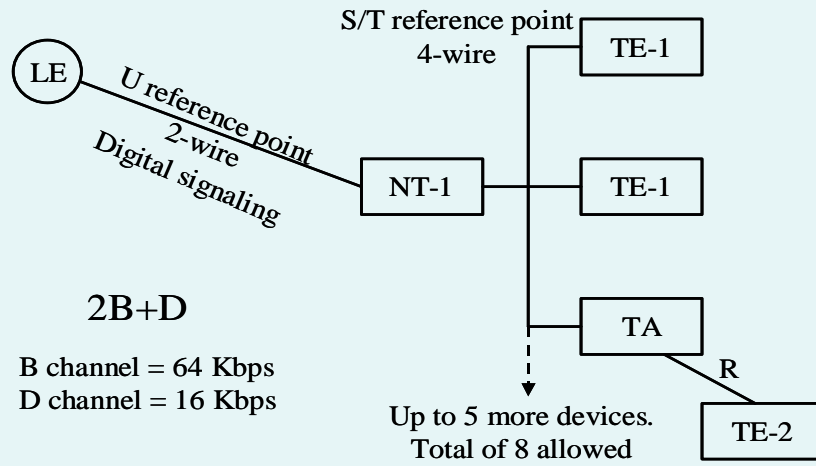
- ✓ Terminal Equipment 1 (TE1) : ISDN τερματικό
- ✓ Terminal Equipment 2 (TE2) : Non-ISDN
- ✓ Terminal Adapter (TA) : Προσαρμογέας TE2 σε δίκτυο ISDN
- ✓ Network Termination 1 (NT1): Συσκευή φυσικού στρώματος
 - Πολύπλεξη σε επίπεδο Bit καναλιών B & D
- ✓ Network Terminator 2 (NT2): OSI layer 2-3 (PBX, LAN)
- ✓ Network Terminator 1,2 (NT12): NT1 + NT2

Σημεία Αναφοράς (Reference Points)

- Προσδιορίζουν τις συνδέσεις μεταξύ συσκευών ISDN και τις προδιαγραφές τους
 - ✓ Χρησιμοποιούνται λατινικά γράμματα, (R, S, T, S/T, U ...)
 - ✓ U σημείο αναφοράς μεταξύ τερματισμού γραμμής & συνδρομητή
 - ✓ R σημείο αναφοράς μεταξύ non-ISDN & Terminal Adaptor
 - ✓ S σημείο αναφοράς μεταξύ συσκευών ISDN & NT2
 - ✓ T σημείο αναφοράς μεταξύ NT2 & NT1



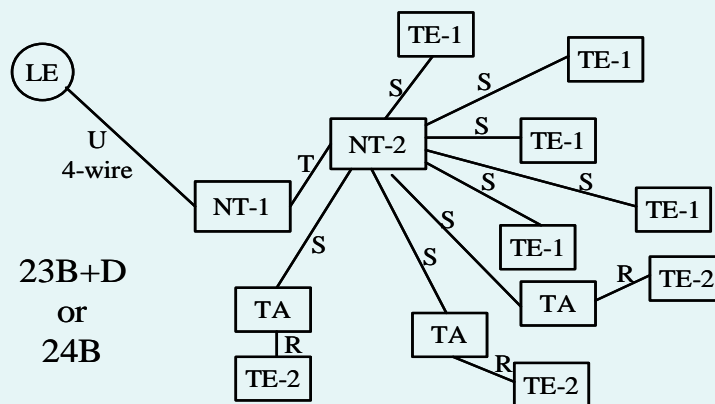
Basic Rate Interface - BRI



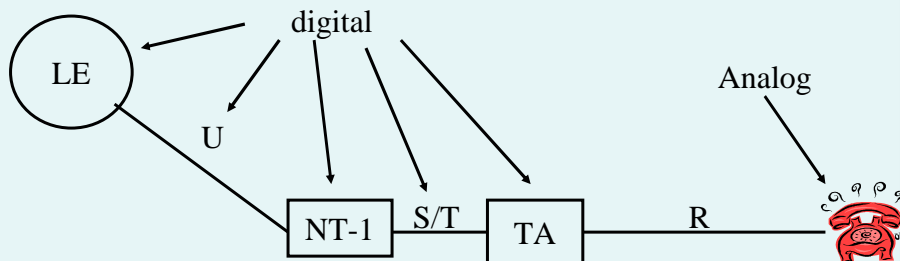
Primary Rate Interface - PRI

D channel 64 Kbps,

Ένα D κανάλι μεταφέρει σηματοδότηση για πολλά B channels



Πλήρως Ψηφιακή Μετάδοση



LE επικοινωνεί
TA με πακέτα μέσω του
D channel

TA παρέχει dialtone
TA συλλέγει τον αριθμό κλήσης
TA ψηφιοποιεί τη φωνή
TA προσφέρει παλμούς
κουδουνίσματος (ringtone)

Πρωτόκολλα ISDN

Application	End-to-end user signaling			
Presentation				
Session				
Transport				
Network	Q.931	X.25 packet		X.25 packet
Datalink	LAPD		I.465/V.120	LAPB
Physical	I.430 basic or I.431 Primary			

LAPD

- **Link access protocol for D-channel**

- ✓ Παρόμοια με HDLC και LAPB
- ✓ LAPD χρησιμοποιείται μόνο για σηματοδότηση
- ✓ LAPD πλαίσια χρησιμοποιούνται και για την μετάδοση πακέτων X.25 πάνω από το κανάλι D.

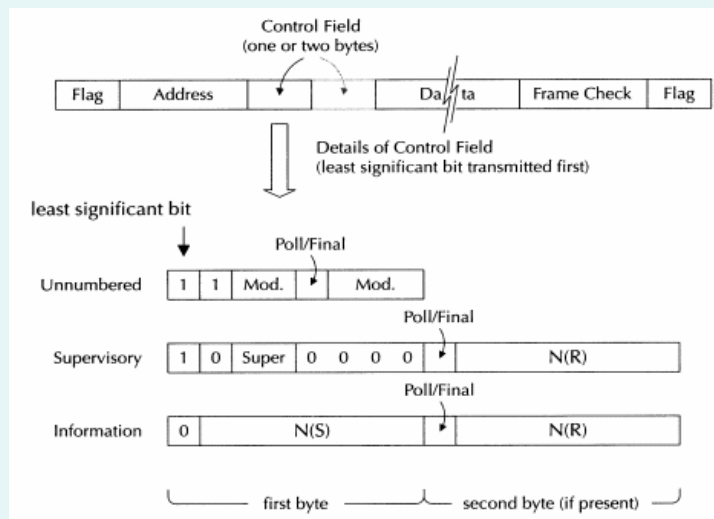
8	7	6	5	4	3	2	1
Flag							
0	1	1	1	1	1	1	0
Address (SAPI, TEI)							
Control							
Information (Q.931/X.25)							
FCS							
Flag							

Πεδίο Διευθύνσεως

- ✓ EA1: First Address Extension bit (τίθενται πάντα 0).
- ✓ C/R: Command/Response bit. Πλαίσια ελέγχου από τον χρήστη φέρουν την τιμή 0, ενώ πλαίσια ελέγχου από το δίκτυο την τιμή 1. Αλλιώς πρόκειται για απαντήσεις/επιβεβαιώσεις.
- ✓ EA2: Second Address Extension bit (τίθενται πάντα 1).
- ✓ TEI: Terminal Endpoint Identifier:
 - 0-63 non-automatic TEI assignment user equipment.
 - 64-126 automatic TEI assignment equipment.
 - 127 broadcast connection (απευθύνεται σε όλα τα TE).

8	7	6	5	4	3	2	1
SAPI						C/R	EA1
TEI							EA2
<i>LAPD address field</i>							

Το Πεδίο Ελέγχου του ISDN



Ορφανουδάκης Θεοφάνης

Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου

Χρήση/Κωδικοποίηση του Πεδίου Ελέγχου

Control Field	Frame	Usage
Unnumbered Format		
1100P000	UI	Unnumbered Information
1100P010	DISC	Disconnect
1100F110	UA	Unnumbered Acknowledgment
1110F001	FRMR	Frame Reject
1111F000	DM	Disconnect Mode
1111x101	XID	Exchange Information
1111P110	SABME	Set Asynchronous Balanced Mode
Supervisory Format		
10000000	RR	Receiver Ready
10100000	RNR	Receiver Not Ready
10010000	REJ	Reject
Information Format		
0xxxxxxx	I	Information Transfer

Ορφανουδάκης Θεοφάνης

Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου

Τεχνολογίες Μεταγωγής Κυκλώματος & Μεταγωγής Πακέτου (2ου στρώματος)

Ασύγχρονος Τρόπος Μεταγωγής (ATM)



Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου, Τμήμα Επιστήμης & Τεχνολογίας Τηλ/νιών

Δημιουργία ATM

- **Asynchronous Transfer Mode**
- Το 1988 η ITU-T (πρώην CCITT) εισήγαγε την ATM τεχνολογία ως το μηχανισμό μεταφοράς για το Broadband ISDN
- Αναφέρεται και ως "cell relay"
 - ✓ χρησιμοποιεί μικρά πακέτα σταθερού μεγέθους (κυψελίδες – cells)
- **ATM Forum: 80 μέλη το 2004**

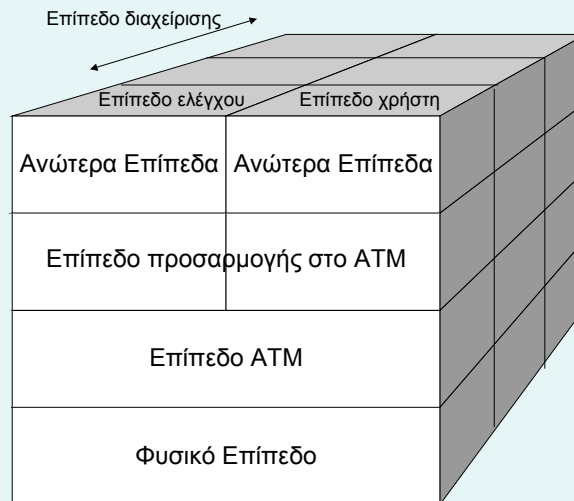
Στόχοι & χαρακτηριστικά ATM

- **Υποστήριξη υπηρεσιών όπως:**
 - ✓ Φωνή
 - ✓ Πακέτα δεδομένων (SMDS, IP, FR)
 - ✓ Video
 - ✓ Εφαρμογές εικόνας (imaging)
 - ✓ Εξομίωση κυκλωμάτων (circuit emulation)
- **Συνδυάζει πλεονεκτήματα:**
 - ✓ μεταγωγής πακέτου
 - πολύπλεξη διάφορων ροών κίνησης από διάφορες πηγές πάνω από συγκεκριμένες φυσικές γραμμές
 - ✓ μεταγωγής κυκλώματος
 - γρήγορη επεξεργασία των πακέτων – κυψελίδων (cells), αποδίδοντας τον ρόλο του ελέγχου και διόρθωσης σφαλμάτων στα δύο άκρα επικοινωνίας

Ασύγχρονη – σύγχρονη μετάδοση

- **Σύγχρονη μετάδοση:** το ψηφιακό σήμα είναι στενά συνδεδεμένο με κάποιου είδους ρολόι
- Τα ασύγχρονα σήματα δεν χρησιμοποιούν ρολόι, αλλά έχουν συνήθως ένα bit έναρξης και λήξης ή κάποια σειρά από bits που καθορίζει μοναδικά πότε αρχίζει και πότε σταματάει ένας χαρακτήρας ή ένα πακέτο
- **Ασύγχρονη:** πιο αποδοτική δεδομένης μιας σταθερής ροής δεδομένων
 - ✓ οι περισσότερες σειριακές επικοινωνίες και όλες πρακτικά οι δικτυακές επικοινωνίες σε ένα LAN
- **Σύγχρονη:** πιο ευέλικτη και πιο ανθεκτική
 - ✓ οι μεταφορές δεδομένων από και προς τον επεξεργαστή καθώς και στις παράλληλες θύρες

Αρχιτεκτονική ATM



Κατακόρυφο Επίπεδο Χρήστη

- Παρέχεται για τη μεταφορά της εφαρμογής του τελικού χρήστη
- Περιλαμβάνει μηχανισμούς που χρειάζονται για την υποστήριξη του χρήστη
 - ✓ έλεγχο συμφόρησης
 - ✓ επαναφορά από λάθη

Κατακόρυφο Επίπεδο Ελέγχου

- Φροντίζει για την ανταλλαγή πληροφορίας σηματοδοσίας μεταξύ ATM τελικών σημείων ώστε να πραγματοποιηθούν οι ρυθμίσεις για την σύνδεση
- Παρέχει βασικές λειτουργίες για τις υπηρεσίες μεταγωγής
- Μετέχει στις διαδικασίες σηματοδοσίας και δρομολόγησης
- Μοιράζεται με το επίπεδο χρήστη τις διευκολύνσεις που παρέχουν το ATM Επίπεδο και το Φυσικό Επίπεδο

Κατακόρυφο Επίπεδο Διαχείρισης

- Παρέχει τη δυνατότητα ανταλλαγής πληροφοριών μεταξύ των επιπέδων χρήστη και ελέγχου
- Αποτελείται από δύο επιμέρους τμήματα:
 - ✓ Η διαχείριση στρωμάτων περιλαμβάνει πληροφορίες και μηχανισμούς ελέγχου για τα πρωτόκολλα που υπάρχουν σε κάθε ξεχωριστό στρώμα (οριζόντιο επίπεδο)
 - ✓ Η διαχείριση των κατακόρυφων επιπέδων περιλαμβάνει διαδικασίες διαχείρισης και συντονισμού που σχετίζονται με τη συνολική λειτουργία του συστήματος

Οριζόντιο Φυσικό Επίπεδο

- **Παρέχει πρόσβαση στο φυσικό μέσο με σκοπό τη μεταφορά των ATM κυψελίδων. Αποτελείται από δύο υποεπίπεδα:**

- ✓ *Υποεπίπεδο Σύγκλησης Μεταφοράς (Transport Convergence – TC)*
 - εισαγωγή και την εξαγωγή άχρηστων κυψελίδων
 - ανίχνευση λαθών με χρήση του Header Error Control (HEC)
 - ανίχνευση ορίων των κυψελίδων
 - προσαρμογή της ροής ανάλογα με το είδος του πλαισίου που χρησιμοποιείται στο φυσικό επίπεδο (π.χ. SDH)
 - παραγωγή πλαισίων φυσικού επιπέδου στον αποστολέα και εξαγωγή των ATM cells από τα πλαίσια φυσικού επιπέδου στον παραλήπτη
- ✓ *Υποεπίπεδο Φυσικού Μέσου (Physical medium – PM)*
 - εισαγωγή και εξαγωγή της πληροφορίας χρονισμού των bit, σχηματισμός ηλεκτρικών κυματομορφών ή οπτικού σήματος

Οριζόντιο Επίπεδο ATM

- **Εκτελεί τις εξής λειτουργίες:**
 - ✓ *Μεταβιβάζει τις εξερχόμενες ATM κυψελίδες από το AAL στο φυσικό επίπεδο ώστε να μεταφερθούν μέσω του δικτύου στο τελικό ATM σημείο προορισμού*
 - ✓ *Μεταβιβάζει τις εισερχόμενες ATM κυψελίδες από το φυσικό επίπεδο στο AAL κάθε φορά που λαμβάνονται κυψελίδες από ένα τελικό ATM σημείο «πηγή»*
- **Παρέχει λειτουργίες διαχείρισης**
- **Έχει μηχανισμούς διαχείρισης ουρών (buffering) και αντιμετώπισης των κυκλοφοριακών συμφορήσεων**

Δομή & τύποι ATM κυψελίδων (cells)

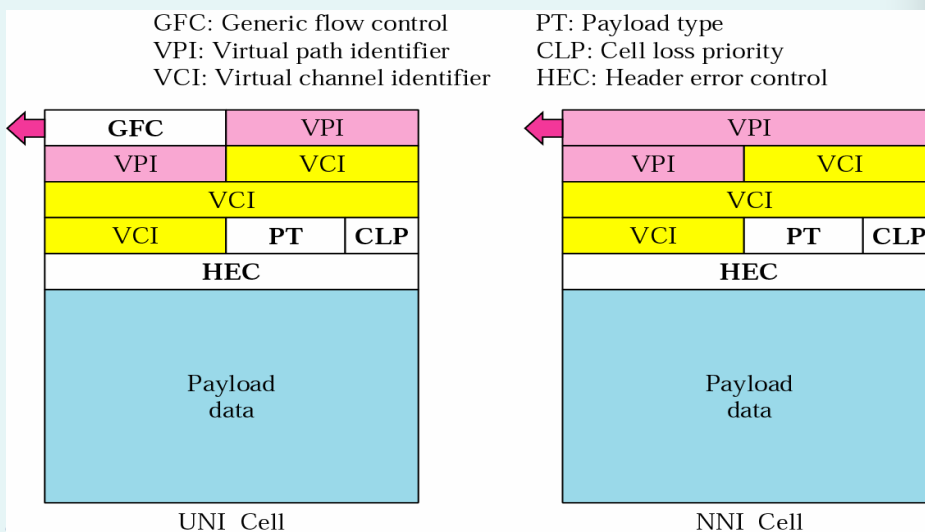
- Η ATM κυψελίδα αποτελεί το σημαντικότερο δομικό στοιχείο του ATM πρωτοκόλλου, καθώς είναι η βασική μονάδα ενθυλάκωσης και μεταφοράς πληροφορίας
- Αποτελείται από 53 bytes
 - ✓ 48 χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά πληροφορίας του χρήστη
 - ✓ 5 bytes αποτελούν την επικεφαλίδα
- Υπάρχουν δύο τυποποιημένες δομές για τις κυψελίδες του ATM
 - ✓ για το User to Network Interface – UNI
 - ✓ για το Network to Network Interface – NNI
- Παρουσιάζουν διαφορές ως προς τον τρόπο δόμησης της επικεφαλίδας της ATM κυψελίδας

Ορφανουδάκης Θεοφάνης

Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου

ATM Επικεφαλίδα (UNI & NNI περίπτωση)

Μορφή Πακέτου



Διαφορές ATM επικεφαλίδας μεταξύ UNI - NNI

- Στην περίπτωση NNI (δίκτυο με δίκτυο) δεν υπάρχει το GFC πεδίο και το VPI πεδίο καταλαμβάνει τα πρώτα 12 bits
 - ✓ επιτρέπει στα switches να αναθέτουν μεγαλύτερες τιμές για νοητά μονοπάτια

Πεδία Επικεφαλίδας (I)

- GFC – 4-bits
- VPI – 8-bits / 12-bits (at network-network I/F)
- VCI – 12-bits
- PT – 3-bits
- CLP – 1-bit
- HEC – 8-bits

Πεδία Επικεφαλίδας (II)

- **Generic flow control (GFC)**
 - ✓ Μόνο στη διεπαφή UNI (*user-to-network interface*)
 - ✓ Χρήσιμο μόνο για έλεγχο ροής σε αυτό το τμήμα της σύνδεσης (π.χ. υποστήριξη QoS)
- **Virtual path identifier (VPI)**
 - ✓ αναγνωριστικό δρομολόγησης στο δίκτυο κορμού
- **Virtual channel identifier (VCI)**
 - ✓ αναγνωριστικό δρομολόγησης στο δίκτυο πρόσβασης (προς/από τον χρήστη)
- **Payload type (PT)**
 - ✓ Τύπος δεδομένων που περιέχονται (π.χ. Δεδομένα χρήστη ή για διαχείριση δικτύου -OAM)

Πεδία Επικεφαλίδας (III)

- **Cell loss priority (CLP)**
 - ✓ Διάκριση προτεραιοτήτων ως προς την πιθανότητα απόρριψης (*discard policy*) για τη διαχείριση των ενταμιευτών των κόμβων (*Active Queue Management*)
 - ✓ 0 → υψηλή προτεραιότητα, να μην απορριφθεί
 - ✓ 1 → μπορεί να απορριφθεί, εάν απαιτείται
- **Header error control (HEC)**
 - ✓ *error control*
 - ✓ *synchronization*

Ρυθμοί Μετάδοσης ATM

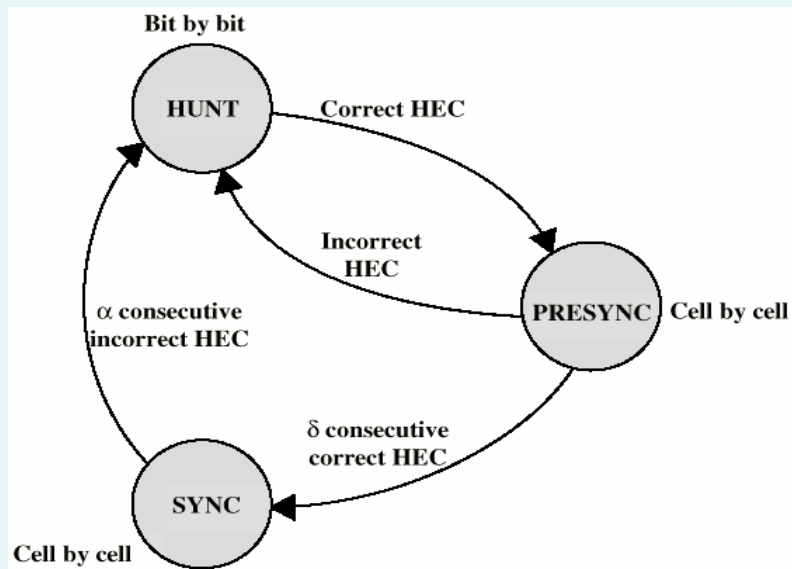
- **622.08Mbps**
- **155.52Mbps**
- **51.84Mbps**
- **25.6Mbps**

- **Δύο μέθοδοι μετάδοσης (φυσικό στρώμα):**
 - ✓ *Raw Cell Transport*
 - ✓ *SDH based physical layer*

Raw Cell Transport

- **Δεν εφαρμόζεται άλλου είδους πλαισίωση**
- **Συνεχής ροή 53 octet cells**
- **Ευθυγράμμιση πλαισίων (Cell delineation) με χρήση του πεδίου HEC (header error control)**

Cell Delineation State Diagram



Ορφανουδάκης Θεοφάνης

Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου

ATM/SDH (I)

Transmission Convergence (TC) Sublayer	HEC generation/verification	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="border-left: 1px solid black; border-right: 1px solid black; height: 100px; margin: 0 10px;"></div> <div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="margin-bottom: 5px;">↑</div> <div style="margin-top: 5px;">↓</div> </div> </div>	B-ISDN Specific functions
	Cell scrambling/descrambling		
	Cell delineation (HEC)		
	Path signal identification (C2)		
	Frequency justification/Pointer processing		Synchronous
	Multiplexing		Digital
Physical Media Dependent (PMD) Sublayer	Scrambling/descrambling	Hierarchy (SDH or SONET)	
	Transmission frame generation/recovery		
	Bit timing, Line coding		
	Physical medium		

Ορφανουδάκης Θεοφάνης

Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου

ATM/SDH (II)

