

# Δίκτυα Πρόσβασης Ευρείας Ζώνης

## Ασκήσεις/Παραδείγματα Λειτουργίας Πρωτοκόλλων Κατωτέρων Στρωμάτων



Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου, Τμήμα Επιστήμης & Τεχνολογίας Τηλ/νιών

## PDH

- Το πλαίσιο του ρυθμού E1 αποτελείται από 32 κανάλια φωνής κάθε ένα εκ των οποίων φέρει δείγματα των 8 bit που προέρχονται από δειγματοληψία και ψηφιοποίηση κατά PCM (64Kbps)
  - ✓ Ποια η συχνότητα επανάληψης του πλαισίου
  - ✓ Ποια η διάρκειά του
  - ✓ Ποιος ο ρυθμός μετάδοσης

## PDH

---

- **64Kbit/sec => 8KB/sec => 1 Byte/ 125 μsec**
- **1 frame/ 125 μsec => 8Kframes/sec, f=8KHz**
- **32\*8 bits/125 μsec=2048 Kbit/sec (ή 32\*64 Kbit/sec)**

## SONET/SDH (I)

---

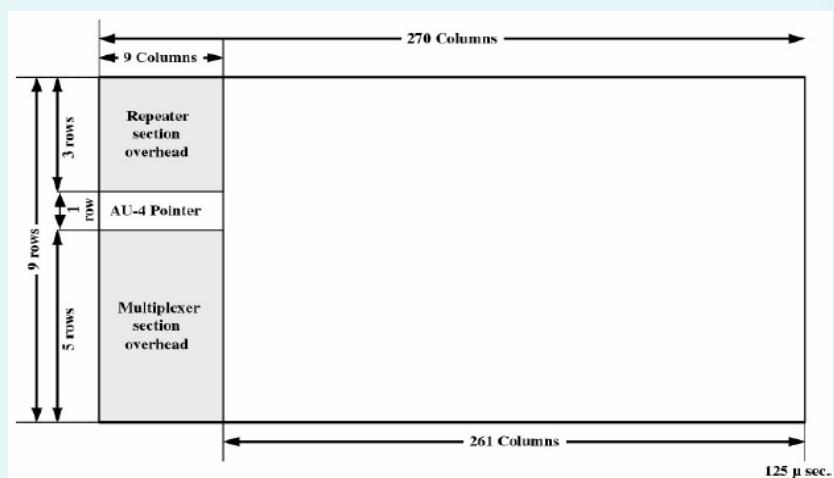
- **Πόσα Mb/sec (Mbps) μεταφέρει μία στήλη πλαισίου STS-1;**
- **Δίδονται οι ρυθμοί μετάδοσης DS1, CEPT-1, DS1C, DS2 (1,544 Mbps, 2,048 Mbps, 3,152 Mbps & 6,912 Mbps αντίστοιχα).**
  - ✓ *Ποιο πλήθος στηλών πλαισίου STS-1 θα κάλυπτε τις ανάγκες όλων των παραπάνω ρυθμών;*
  - ✓ *Πώς συσχετίζεται με τον αριθμό στηλών που επιλέχτηκε στο πρότυπο SONET?*

## Το σήμα SONET

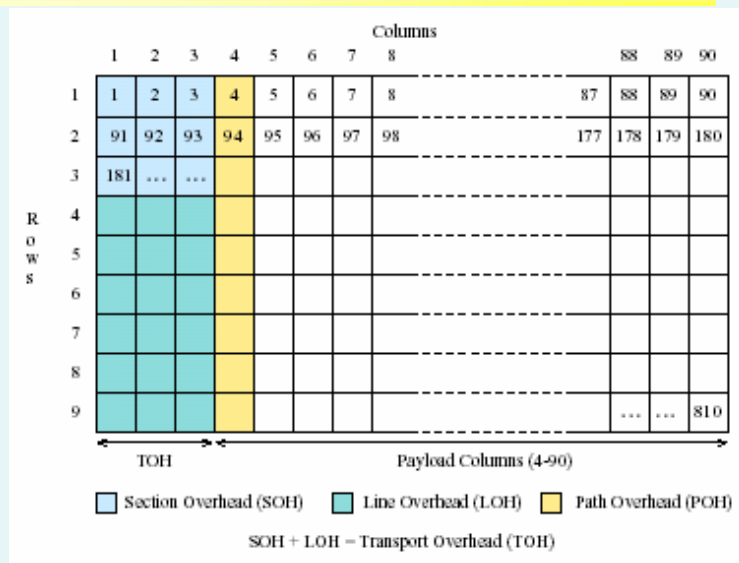
		Η ιεραρχία SONET	
Ηλεκτρικό σήμα	Οπτική τιμή	Ταχύτητα	Χωρητικότητα
<b>STS-1</b>	<b>OC-1</b>	<b>51.84 Mbps</b>	<b>28 DS-1 ή 1 DS-3</b>
<b>STS-3</b>	<b>OC-3</b>	<b>155.520 Mbps</b>	<b>84 DS-1 ή 3 DS-3</b>
<b>STS-12</b>	<b>OC-12</b>	<b>622.08 Mbps</b>	<b>336 DS-1 ή 12 DS-3</b>
<b>STS-24</b>	<b>OC-24</b>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

## SDH (Synchronous Digital Hierarchy)

- Το STM-1 πλαίσιο



## Δομή πλαισίου STS-1 (I)



Ορφανουδάκης Θεοφάνης

Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου

## Απαντήσεις

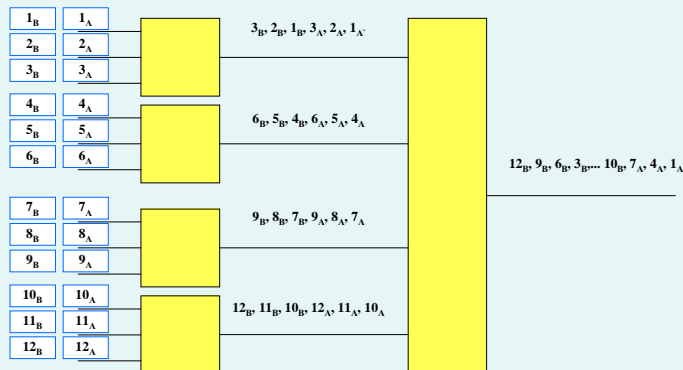
- 1 στήλη STS-1 =  $1 \times 9 \text{ Bytes} \Rightarrow 64 \text{ Kbps} \times 9 = 576 \text{ Kbps}$
  - DS1  $\Rightarrow \lceil 1544 / 576 \rceil = 3$  στήλες STS-1
  - CEPT-1  $\Rightarrow 4$  στήλες,
  - DS1C  $\Rightarrow 6$  στήλες,
  - DS2  $\Rightarrow 12$  στήλες
  - ✓ Το Ε.Κ.Π. Όλων των ρυθμών = 12 στήλες
  - ✓ Για να ικανοποιείται και ο μέγιστος ρυθμός DS3 (44,736Mbps) απαιτούνται  $7 \times 12 = 84$ .
- Το SONET επέλεξε 86 στήλες SPE (δύο μένουν αχρησιμοποίητες για μελλοντική επέκταση)

Ορφανουδάκης Θεοφάνης

Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου

## SONET/SDH (II)

- Για τον παρακάτω πολυπλέκτη 2 επιπέδων σημάτων STS-1 σε STS-12 να αναπαρασταθούν οι ακολουθίες οκτάδων σε κάθε έξοδο για την ακολουθία εισόδου που σημειώνεται στο σχήμα.

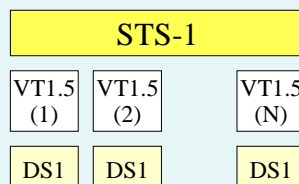


Οργανισμός Θεοφάνης

Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου

## SONET/SDH (III)

- Δεδομένου ότι η πολυπλεξία των εικονικών δομών (Virtual Tributaries) VT1.5 στο SPE του STS-1 γίνεται σε ομάδες των 4 να παρασταθεί η δομή του πλαισίου που προκύπτει από τον παρακάτω πολυπλέκτη.



Οργανισμός Θεοφάνης

Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου

## Δυνατά Περιεχόμενα Πλαισίων SONET

- **Virtual Tributaries (VTs): channelized 64 Kbps 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 (αλλά κυρίως προβλέπεται για το IP)**

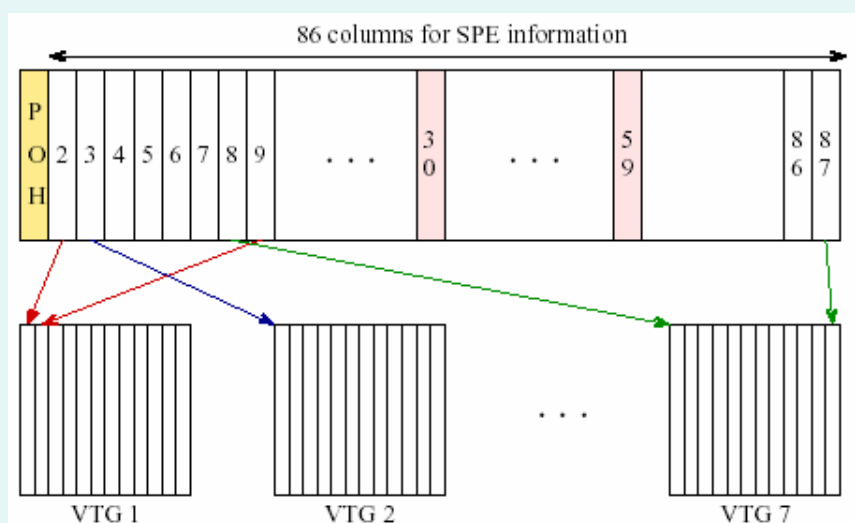
## Virtual Tributaries (VTs)

- Τα VT παρέχουν συμβατότητα με τους προγενέστερους ρυθμούς «T» της ιεραρχίας PDH
- Συχνά 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 Mbps)
  2. VT2 -> E-1 transport (2.048 Mbps)
  3. VT3 -> DS-1C transport (3.152 Mbps)
  4. VT6 -> DS-2 transport (6.312 Mbps)
- 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)

## SONET/SDH (IV)

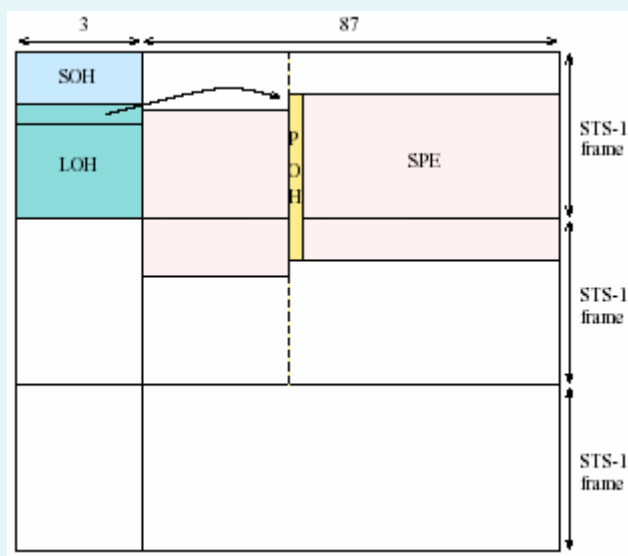
- Να υπολογιστεί η τιμή του πεδίου BIP-8 της επικεφαλίδας στρώματος τμήματος εάν το πλήθος των bit όλων των οκτάδων του SPE του πλαισίου είναι:
  - ✓ Bit στη θέση 1: 211
  - ✓ Bit στη θέση 2: 132
  - ✓ Bit στη θέση 3: 151
  - ✓ Bit στη θέση 4: 167
  - ✓ Bit στη θέση 5: 188
  - ✓ Bit στη θέση 6: 60
  - ✓ Bit στη θέση 7: 199
  - ✓ Bit στη θέση 8: 157
- Ποιο το μέγιστο πλήθος Bit με τιμή 1 σε κάθε θέση;



## SONET/SDH (V)

- Ποια η μέγιστη τιμή που μπορεί να πάρει ο δείκτης περιεχομένου (bits 7-16 δεικτών H1, H2);
- Για ποιες τιμές αυτού του δείκτη το SPE είναι παραλληλόγραμμο;
- Για ποιες τιμές αυτού του δείκτη το SPE εκτείνεται εντός ενός και μόνο πλαισίου;

## Αποτύπωση της Πληροφορίας Χρήστη στο Πλαίσιο



## Χαρτογράφηση περιεχομένου

- μετράει σε οκτάδες απόσταση 1ης οκτάδας SPE από H3
  - ✓  $Max = 87 * 9 = 783$
  - ✓ Παραλληλόγραμμο για  $H1,2\_ptr = N * 87$ ,  $N = 0, 1, 2, \dots, 9$
  - ✓ Ένα πλαίσιο για  $H1,2\_ptr = 6 * 87 = 522$

## X.25/Frame Relay/ATM

- Ποιες καινοτομίες/πλεονεκτήματα εισήγαγε η τεχνολογία Frame Relay (FR) σε σχέση με την παλαιότερη ψηφιακή τεχνολογία μεταγωγής πακέτου X.25;
- Ποια τα κοινά χαρακτηριστικά και ποιες οι διαφορές FR & ATM;

## X.25/Frame Relay/ATM

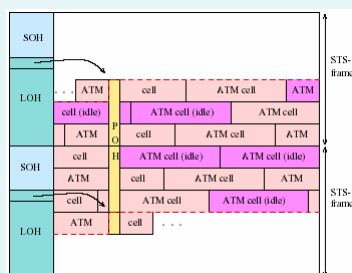
- **Ποιες καινοτομίες/πλεονεκτήματα εισήγαγε η τεχνολογία Frame Relay (FR) σε σχέση με την παλαιότερη ψηφιακή τεχνολογία μεταγωγής πακέτου X.25;**
  - ✓ Μεγαλύτερο πλήθος και ευελιξία συνδέσεων (SVCs)
  - ✓ Έλεγχο ροής & συμφόρησης
  - ✓ Ποιότητα Υπηρεσίας (QoS – Traffic Management)
  - ✓ Υψηλότερους ρυθμούς μετάδοσης
- **Ποια τα κοινά χαρακτηριστικά και ποιες οι διαφορές FR & ATM;**
  - ✓ VC based (ATM δύο επιπέδων)
  - ✓ Signalled VCs – SVCs (FR Q.933, Q.921 – ATM :Q.2931)
  - ✓ ATM παρέχει πλήρες επίπεδο διαχείρισης
  - ✓ ATM παρέχει πληρέστερους μηχανισμούς Traffic Management
  - ✓ ATM σταθερού μήκους cell

## ATM (I)

- **Ποιος ο ρυθμός μετάδοσης (bit/sec) αν μεταδίδονται 23 ATM cells/μsec;**
- **Ποιος ο αντίστοιχος ρυθμός μετάδοσης στο επίπεδο AAL;**
- **Σε τι ρυθμό μετάδοσης αντιστοιχεί η μετάδοση κάθε ATM cell μέσα σε ένα πλαίσιο STS-1 στην περίπτωση ενθυλάκωσης ATM/SONET;**

## ATM (I)

- **23 cells/μsec = 23\*53\*8 Mbit/sec = 9,752 Mbps**
- **48/53\*9,752 Mbps**
- **STS-1 51.84Mbps**
  - ✓  $1\text{Byte} \Rightarrow 64\text{kbps} \Rightarrow 1\text{ ATM cell} = 53\text{B} * 64\text{Kbps} = 3,392\text{Mbps}$
  - ✓  $(51.84\text{Mbps} * 86/90) / (86 * 90/53)$



## ATM (II)

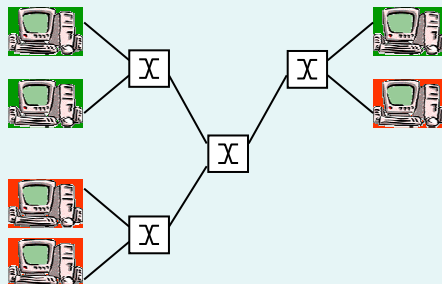
- **Ποια θα έπρεπε να είναι η δομή της ATM επικεφαλίδας για να υποστηρίζεται μια ιεραρχία τριών επιπέδων**
  - ✓ Δυναμικά ανοιγόμενα κυκλώματα στο δίκτυο πρόσβασης
  - ✓ Στατικά ή δυναμικά κυκλώματα σε επίπεδο μητροπολιτικών δικτύων
  - ✓ Στατικά κυκλώματα στο δίκτυο κορμού (π.χ. SONET δακτύλιοι και provisioning ρυθμών STS-N)
- **Τι μεγέθη θα επιλέγατε και γιατί;**

## ATM (II)

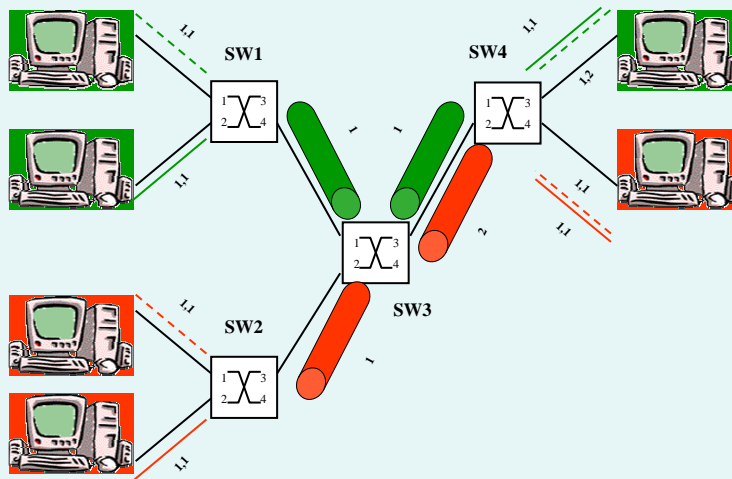
- **3 πεδία**
  - ✓ Δυναμικά ανοιγόμενα κυκλώματα στο δίκτυο πρόσβασης
    - VCI
  - ✓ Στατικά ή δυναμικά κυκλώματα σε επίπεδο μητροπολιτικών δικτύων
    - VLI (Έστω «Virtual Link Connections»)
  - ✓ Στατικά κυκλώματα στο δίκτυο κορμού (π.χ. SONET δακτύλιοι και provisioning ρυθμών STS-N)
    - VPI
- **Τι μεγέθη θα επιλέγατε και γιατί;**
  - ✓ Αναλόγως της διαστασιολόγησης του δικτύου (πλήθος VLs)
    - Μία «λογικοφανής» κατανομή 12bit VCI, 8 bit VLI, 8 bit VPI

## ATM (III)

- **Δίνεται η παρακάτω τοπολογία ATM δικτύου όπου οι υπολογιστές που χρειάζεται να επικοινωνούν μεταξύ τους διακρίνονται με ξεχωριστά χρώματα.**
  - ✓ Να βρεθεί αν είναι δυνατή η επικοινωνία και μέσω ποιών νοητών καναλιών, αν οι ATM κόμβοι υποστηρίζουν μόνο μέχρι δύο διακριτές τιμές VPI και μέχρι δύο διακριτά VCI



## ATM (III) – Μία πιθανή υλοποίηση



Ορφανουδάκης Θεοφάνης

Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου

## ATM (III) – Μία πιθανή υλοποίηση

Port_in	(VPin, VCin)	Port_out	(VPout, VCout)
1	1,1	4	1,1
2	1,1	4	1,2
3	X	X	X
4	1,1	1	1,1
	1,2	2	1,1

SW1

Port_in	(VPin, VCin)	Port_out	(VPout, VCout)
1	1,1	3	1,1
	1,2	3	1,2
2	2,1	4	1,1
	2,2	4	1,2
3	1,1	1	1,1
	1,2	1	1,2
4	1,1	2	2,1
	1,2	2	2,2

SW4

Port_in	(VPin)	Port_out	(VPout)
1	1	3	1
2	1	3	2
3	1	1	1
	2	2	1
4	X	X	X

SW3: VP switch

Port_in	(VPin, VCin)	Port_out	(VPout, VCout)
1	1,1	3	1,1
2	1,1	3	1,2
3	1,1	1	1,1
	1,2	2	1,1
4	X	X	X

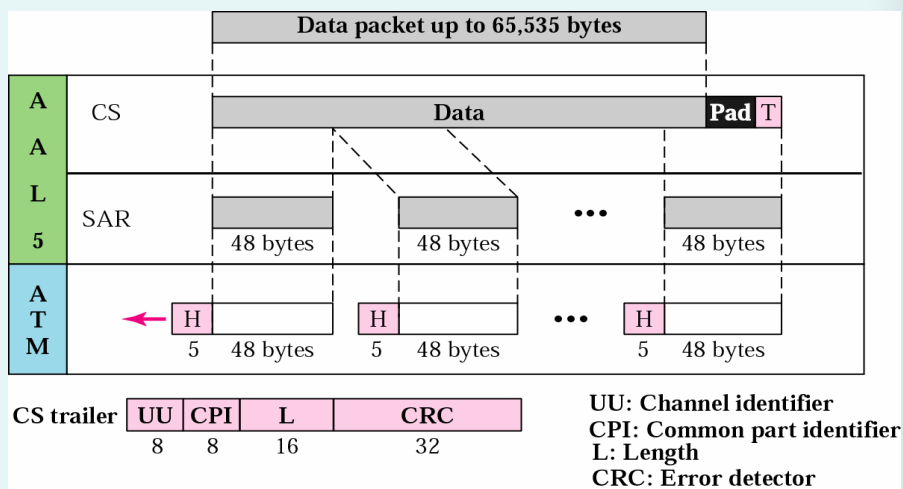
Ορφανουδάκης Θεοφάνης

Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου

## AAL/ATM

- Τα πακέτα μιας εφαρμογής ενθυλακώνονται σε πακέτα που πρόκειται να μεταδοθούν πάνω από AAL5 μέσω οπτικής ίνας και ρυθμού μετάδοσης OC-3 (155 Mbps)
  - ✓ Αν τα πακέτα που παραδίδονται στο στρώμα AAL (στρώματος 3) έχουν σταθερό μέγεθος 1500 Bytes ποιος ο ρυθμός μετάδοσης στο επίπεδο αυτό (3<sup>ο</sup>);
  - ✓ Ποιο ποσοστό του εύρους ζώνης της γραμμής θα μπορούσε να αξιοποιηθεί σε αυτό το επίπεδο εάν τα πακέτα που μεταδίδονταν ήταν μεγέθους 64 Byte;

## AAL5



## AAL5

---

- **SAR PDU = Packet + 8B AAL5 trailer =>**
- **#ATM cells =  $\lceil (1500+8)/48 \rceil = 32=>$** 
  - ✓  $L3 \text{ rate} = [1500/(32*53)]*155=(1500/1696)*155=137Mbps$
- **#ATM cells =  $\lceil (64+8)/48 \rceil = 2=>$** 
  - ✓  $L3 \text{ rate} = [64/(2*53)]*155=(64/106)*155=93,5Mbps$