

# Τεχνικές Χρήσης Οπτικών Ινών στο Δίκτυο Πρόσβασης

## Παραδείγματα/Εφαρμογές



Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου, Τμήμα Επιστήμης & Τεχνολογίας Τηλ/νιών

## DOCSIS HFC (I)

- Ένα DOCSIS 1.1 modem μεταδίδει στο κανάλι ανόδου με ρυθμό 1,280 Ksymbol/sec, διαμόρφωση QPSK και διάρκεια μικροσχισμών ίση με  $2 \cdot 6.25 \mu\text{sec}$ 
  - ✓ Ποιο το μέγιστο πακέτο που μπορεί να μεταδοθεί κατόπιν αιτήσεως χωρίς την ανάγκη τεμαχισμού
  - ✓ Να περιγραφεί το μήνυμα Request Frame που θα αποστείλει για να κάνει αίτηση για μετάδοση ενός πλαισίου Ethernet 256 Bytes που βρίσκεται σε αναμονή στην ουρά με SID 15
  - ✓ Ποια θα ήταν η αντίστοιχη αίτηση εάν το πακέτο IP από το οποίο προήλθε το πλαίσιο είχε μήκος 256 Bytes;

## DOCSIS HFC (I)

Frame Control	MAC_PARM number of minislots	SID	Header CRC
1byte	1byte	2byte	2byte

- Το μέγιστο μήκος πακέτου είναι αυτό που μπορεί να μεταδοθεί στον μέγιστο αριθμό μικροσχισμών (πεδίο MAC\_PARM) που μπορεί να αιτηθεί ένα CM με μήνυμα Request Frame

- ✓ πεδίο MAC\_PARM 1 Byte=> 256 minislots (max)
- ✓ 1,280 Ksymbol/sec, QPSK=>2 bits/symbol,  
2\*6,25μsec/minislot=> 32 bit/minislot=4B/mslot  
=> 256\*4=1024 Bytes
- ✓ Max pkt= 1024 -6 (MAC O/H)

## DOCSIS HFC (I)

Frame Control	MAC_PARM number of minislots	SID	Header CRC
1byte	1byte	2byte	2byte

- ✓ FC
  - FC TYPE=11
  - FC PARM=00010 (minislot request)
  - EHDR\_ON=0
- ✓ MAC\_PARM
  - Συνολικός αριθμός μικροσχισμών (minislots) που αιτείται το CM.  
 $\lceil (256+6)*8/32 \rceil_{<10>} = 66_{<10>} = 01000010$
- ✓ SID=15<sub><10></sub>=0x000F<sub><16></sub>=00000000 00001111
- ✓ HCS...
  
- ✓ 256 Bytes IP=>256+(6B SA+6B DA+2B Len+4B CRC) Eth

## DOCSIS HFC (II)

- Ένα DOCSIS modem μεταδίδει στο κανάλι ανόδου με ρυθμό 1,280 Ksymbol/sec και διαμόρφωση QPSK και στο κανάλι καθόδου με ρυθμό μετάδοσης 5.056941 megasymbols/second και διαμόρφωση 64-QAM
- Στο κανάλι ανόδου μεταφέρονται πακέτα δεδομένων εφαρμογής VoIP τα οποία παράγονται από φωνητική συνομιλία (εύρος σήματος 4KHz, κωδικοποίηση 8 bit/sample) με πρόσθετη επιβάρυνση λόγω ενθυλάκωσης σε πακέτα IP 15%.
  - ✓ Με τί ρυθμό θα πρέπει να προγραμματίζει άδειες και τί μεγέθους θα πρέπει να είναι αυτές για μετάδοση μικρών πακέτων δεδομένων μεγέθους 64 Bytes το CMTS (υπηρεσία Unsolicited Grant – σταθερού ρυθμού);
  - ✓ Κάθε πόσα Byte κατά μέσο όρο θα εμφανίζονται άδειες για το συγκεκριμένο CM στο κανάλι καθόδου (αν θεωρήσουμε ότι είναι ομοιόμορφα κατανεμημένες στο χρόνο);

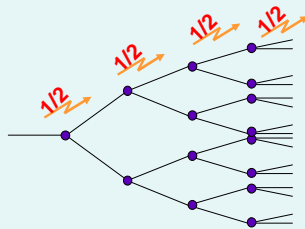
## DOCSIS HFC (II)

- **Sampling rate(SR)=2\*4KHz=8KHz**
- **Bitrate(BR)=1,15\*8\*SR=1,15\*64Kbps=73,6Kbps**
  - ✓ =>  $73,6/(8*64)$  Kpackets/s= $143,75$  pkts/sec => Grant rate= $143,75$  grants/sec
- **QPSK, 1,280 Ksym/s=> 32bit/minislot**
  - ✓ #minislots/grant= $64*8/32=16$
- **64-QAM, 5.056941 Msym/s => ~30Mb/sec downstream**  
**BR =3,75MByte/s**
- **Grant rate=143,75 grants/sec**
  - ✓ =>  $(3750KB/s)/(143,75$  grants/s) $=>1$  grant every ~26KB downstream

## Διαστασιολόγηση PON (I)

- Ένα δίκτυο PON με λόγο διαμοιρασμού (split ratio) 1:16 χρησιμοποιεί laser 1550 nm και οπτική ίνα με τυπική απώλεια 0.25 dB/km. Οι κατασκευαστικές προδιαγραφές των παθητικών διχαστών (splitters) προβλέπουν απώλειες λόγω ατελειών προσαρμογής 0,5 dB.
  - ✓ Ποια είναι η μέγιστη απόσταση στην οποία μπορεί να τοποθετηθεί μία ONU προδιαγραφών Class B ODN – 10dB min - 25 dB Max loss
  - ✓ Ποια η ποσοστιαία αύξηση της μέγιστης δυνατής κάλυψης (reach) στην παραπάνω περίπτωση αν ο λόγος διαμοιρασμού ήταν 1:8

## Διαστασιολόγηση PON (I)



- Power budget: 25 db
- Split ratio 1:16 =>
  - ✓ μακρύτερος κλάδος 4 splitters σε σειρά
  - ✓ Απώλειες  $4*(3+0,5)=14$  dB
- Μέγιστο μήκος ίνας (Class B ODN):
  - ✓  $(25-14)/0,25 = 44$  Km
- Split ratio 1:8 =>
  - ✓ μακρύτερος κλάδος 3 splitters σε σειρά
  - ✓ Απώλειες  $3*(3+0,5)=10,5$  dB
- Μέγιστο μήκος ίνας (Class B ODN):
  - ✓  $(25-10,5)/0,25 = 58$  Km
- Ποσοστιαία αύξηση reach
  - ✓  $100*(58-44)/44 \sim 31,2\%$

## Διαστασιολόγηση PON (II)

- Σε ένα APON 155Mbps η μακρυνότερη ONU βρίσκεται τοποθετημένη σε απόσταση 50Km από την OLT. Πόση πρόσθετη καθυστέρηση ( $t_r$ ) θα πρέπει να υποδείξει η OLT να εισάγει μία ONU η οποία βρίσκεται σε απόσταση 30Km, εάν αυτή την εκφράζει σε Bytes? (η ταχύτητα διάδοσης του φωτός στην οπτική ίνα θεωρείται ίση με  $2 \cdot 10^8$  m/sec)
- Υποθέστε ότι εφαρμοζόταν ένα MAC πρωτόκολλο που υποστήριζε απ'ευθείας τυχαία προσπέλαση των δεδομένων στο upstream κανάλι και τυχόν συγκρούσεις γίνονται αντιληπτές στην OLT ή οποία ανακοινώνει τη σύγκρουση με κατάλληλο μήνυμα στο κανάλι downstream για να ενημερώσει τις ONU που συμμετείχαν στη σύγκρουση. Ποια θα ήταν η μέγιστη απώλεια δεδομένων μέχρι να επιλυθεί η σύγκρουση;

## Διαστασιολόγηση PON (II)

- $t_{\max} = (50 \cdot 10^3 \text{ m}) / (2 \cdot 10^8 \text{ m/sec}) = 25 \cdot 10^{-5} \text{ sec} = 250 \text{ } \mu\text{sec}$
- $t_{\text{ONU}} = (30 \cdot 10^3 \text{ m}) / (2 \cdot 10^8 \text{ m/sec}) = 15 \cdot 10^{-5} \text{ sec} = 150 \text{ } \mu\text{sec}$
- $t_r = t_{\max} - t_{\text{ONU}} = 100 \text{ } \mu\text{sec}$
- $B_r = (155 \text{ Mb/sec}) \cdot 0,1 \text{ msec} = (155/8 \text{ KB/msec}) \cdot 0,1 \text{ msec} = 1,9375 \text{ KB}$
- Η χειρότερη περίπτωση είναι να συμμετέχει στη σύγκρουση η μακρυνότερη ONU η οποία έχει συνεχώς δεδομένα να μεταδώσει.
  - ✓ Η αναγνώριση της σύγκρουσης θα γίνει  $RTT = 2 \cdot 250 = 0,5 \text{ msec}$  χρόνο μετά
  - ✓ Σε αυτό το διάστημα θα έχει μεταδώσει  $= (155 \text{ Mb/sec}) \cdot 500 \mu\text{sec} = 155 \cdot 500 \text{ B} = 77500 \text{ B} = 77,5 \text{ KB}$

## Ρυθμός Μετάδοσης PON

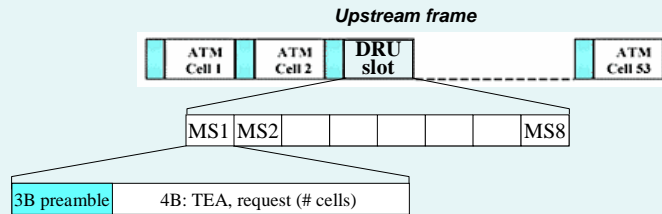
- Σε ένα APON 155Mbps μία ONU έχει αρχικοποιήσει μια σύνδεση CBR 2,9Mbps. Κάθε πόσα PLOAM cells στο downstream κανάλι θα περιέχουν άδειες για αυτήν;

## Ρυθμός Μετάδοσης PON

- CBR 2,9Mbps =>  
 $(2900\text{Kbit/sec}) / (8 * 53\text{bits/cell}) = 6,84\text{Kcells/sec} \Rightarrow$   
1cell/146μsec
- Upstream frame duration 152,67 μsec
- => ~1cell/ US frame => 1grant per DS frame => 1 grant every 2 PLOAM cells

## APON MAC

- Σε ένα APON 155Mbps συνδέονται 64 ONUs και χρησιμοποιούνται μικροσχισμές μεγέθους 7Bytes στη διάρκεια ειδικά αφιερωμένων σχισμών στο κανάλι upstream για δυναμική συλλογή αιτήσεων (DRU-Dynamic Request Upstream) ως ακολούθως:

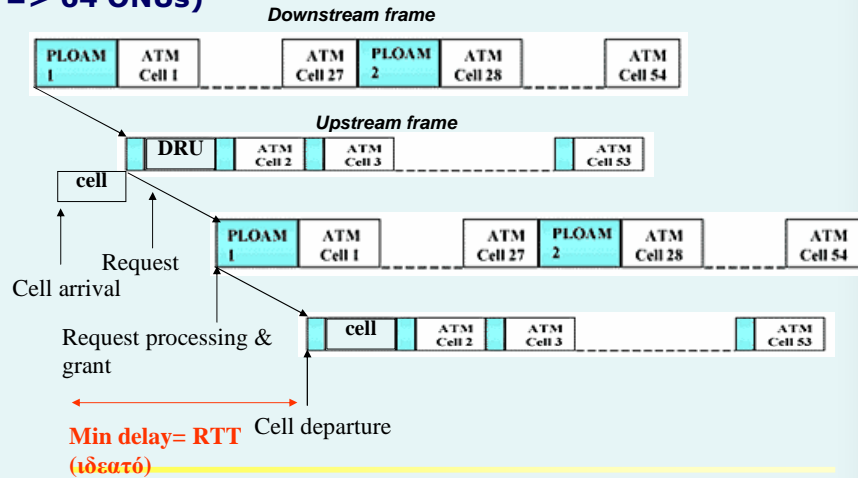


## APON MAC (συνέχεια...)

- ✓ Εάν για κάποιο διάστημα όλες οι ONU παραμένουν ανενεργές ποιος ο ελάχιστος αριθμός σχισμών DRU που θα πρέπει να προγραμματίζει ο ελεγκτής MAC, για να ενημερωθεί για νέες αφίξεις σε όλες τις ONU και να επιτρέψει τη μετάδοση σε μελλοντικές σχισμές, με την ελάχιστη καθυστέρηση;
- ✓ Ποια η ελάχιστη και ποια η μέγιστη καθυστέρηση (πρόσβασης) που θα εισάγει το πρωτόκολλο MAC, στην περίπτωση νέων αφίξεων (cells) στην προηγούμενη περίπτωση;
- ✓ Εάν για κάποιο διάστημα η ONU1 μόνο έχει μονίμως γεμάτη ουρά αναμονής για μετάδοση (και έχει ήδη ανακοινώσει τις αντίστοιχες αιτήσεις στην OLT) ενώ ταυτόχρονα η OLT πρέπει να εξασφαλίσει την ελάχιστη καθυστέρηση πρόσβασης στις υπόλοιπες ONU, ποιο το μέγιστο διαθέσιμο εύρος ζώνης που μπορεί να διατεθεί για την μετάδοση από την ONU1;
- ✓ Πώς μεταβάλλονται τα αποτελέσματα του προηγούμενου ερωτήματος εάν δεν χρησιμοποιούνταν μικροσχισμές;

## APON MAC (I)

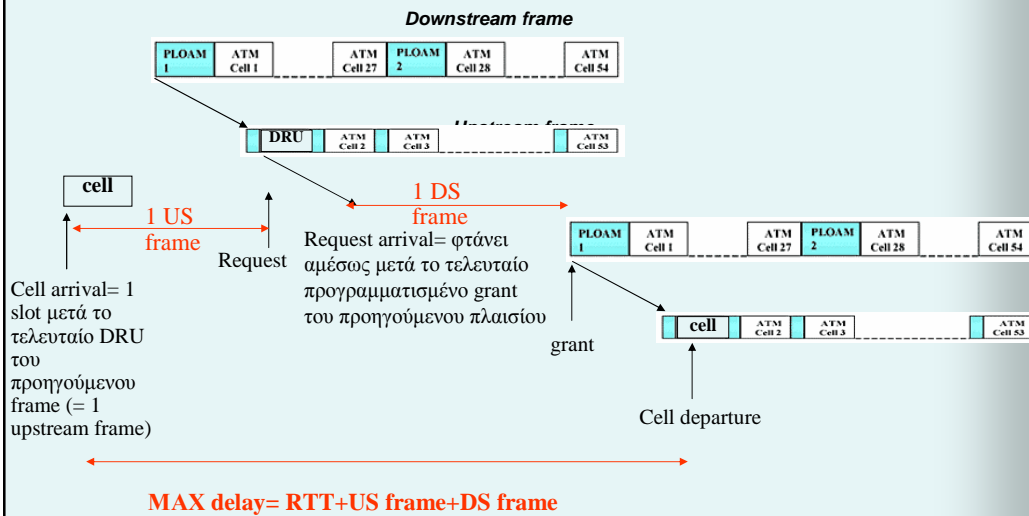
- Πρέπει να δίνει min 8 DRU/frame (8\*8 ONU requests/DRU => 64 ONUs)



Οργανισμός Θεωρίας

Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου

## APON MAC (I)



Οργανισμός Θεωρίας

Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου



## APON MAC (I)

- Πρέπει να δίνει άδειες για 8 τουλάχιστον DRU άρα χάνονται 8/53 slots upstream (~15%)
- Αν δεν χρησιμοποιούνταν μικροσχισμές θα έπρεπε να αφιερώνει από ένα slot σε κάθε upstream frame σε κάθε ONU ενώ θα μετέδιδε μόνο η μία άρα 63/64 απώλεια !!

## APON MAC (II)

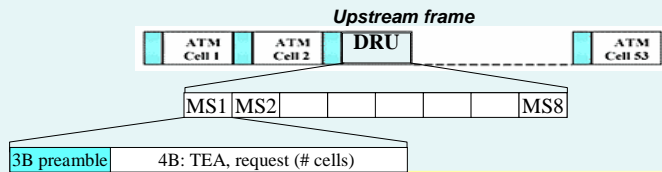
- Σε ένα APON βρίσκονται συνδεδεμένες 16 ONU.
  - ✓ Εάν για κάποιο διάστημα όλες οι ONU παραμένουν ανενεργές ποιο μπορεί να είναι το περιεχόμενο των αδειών (PLOAM cells) στα πλαίσια καθόδου;

Downstream frame



## APON MAC (II)

- ✓ Εφόσον δεν έχει αιτήσεις θα μοιράζει ομοιόμορφα τον χρόνο στις 16 ONU, άρα οι άδειες θα περιλαμβάνουν κυκλική επανάληψη των
  - 1ο πλαίσιο: 1, 2, ...16, 1,...16, 1,...16, 1,...5
  - 2ο πλαίσιο: 6, 7,...16,1,...16,1...16,1,...10
  - κ.ο.κ
- ✓ Αν χρησιμοποιούνται ειδικά cells με μικροσχισμές του προηγούμενου τύπου, τότε απαιτούνται τουλάχιστον 2 άδειες για  $2*8=16$  τέτοιων κελιών αιτήσεων. Οι υπόλοιπες  $53-2=51$  θα μοιράζονται ομοιόμορφα όπως προηγουμένως στις 16 ONU



Οργανωδίκης Θεωρίας

Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου

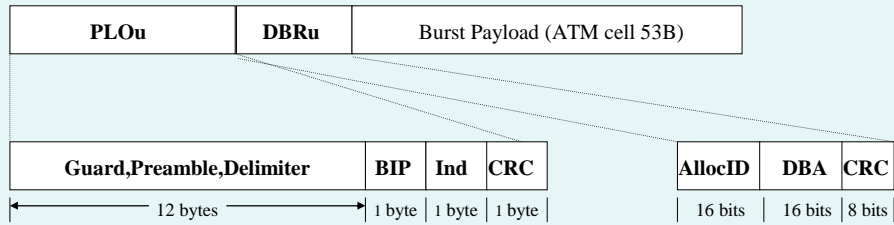
## GPON MAC

- Ποιο ποσοστό του upstream bandwidth σπαταλιέται εάν ο MAC controller επιλέγει να επιτρέψει DBA (Dynamic Bandwidth Allocation) μετάδοση αιτήσεων με χρήση του πεδίου DBRu (μήκους 5 Byte), εάν θεωρήσουμε αποκλειστικά μετάδοση ATM cells στο κανάλι ανόδου (και θεωρώντας ότι δεν γίνεται χρήση πεδίων PLOAMu και PLSu);

Οργανωδίκης Θεωρίας

Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου

## GPON MAC



- **Upstream frame=(15B+5B+53B)**
- **BW overhead = 5B/(15B+5B+53B)**

## EPON MAC

- Πόσα Bytes ανταλλάσσονται για την ολοκλήρωση της εγγραφής μιας νέας ONU σε ένα δίκτυο EPON;
- Περιγράψτε συγκεκριμένες ακολουθίες ανταλλαγής μηνυμάτων που θα οδηγήσουν σε αποτυχία της διαδικασίας Auto Discovery

## EPON MAC

---

- **5 μηνύματα x 64Bytes**
- **Μη επιτρεπτές ακολουθίες:**
  - ✓ *OLT=>ONU: DISCOVERY GATE(ONU Broadcast)*
  - ✓ *ONU=>OLT: REGISTER\_REQUEST(ONU MAC)*
  - ✓ *OLT=>ONU: REGISTER(ONU MAC)*
  - ✓ *OLT=>ONU: GATE(ONU MAC)*
  - ✓ *ONU=>OLT: REPORT(ONU MAC)*
    - (Αναμένεται REGISTER\_ACK)
  
  - ✓ *OLT=>ONU: DISCOVERY GATE(ONU Broadcast)*
  - ✓ *ONU=>OLT: REGISTER\_REQUEST(ONU MAC)*
  - ✓ *OLT=>ONU: DISCOVERY GATE(ONU Broadcast)*
    - (Αναμένεται REGISTER)
  
  - ✓ *OLT=>ONU: DISCOVERY GATE(ONU Broadcast)*
  - ✓ *ONU=>OLT: REGISTER\_REQUEST(ONU MAC)*
  - ✓ *OLT=>ONU: REGISTER(ONU MAC)*
  - ✓ *OLT=>ONU: GATE(ONU MAC)*
  - ✓ *ONU=>OLT: REGISTER\_ACK(ONU MAC)*
  - ✓ *OLT=>ONU: DISCOVERY GATE(ONU Broadcast)*
    - (Αναμένεται "Normal GATE")