

**Мрежи за достъп от следващо
поколение
Пасивни Оптични Мрежи (PON)**

маг. инж. Николай Милованов



Нов български университет

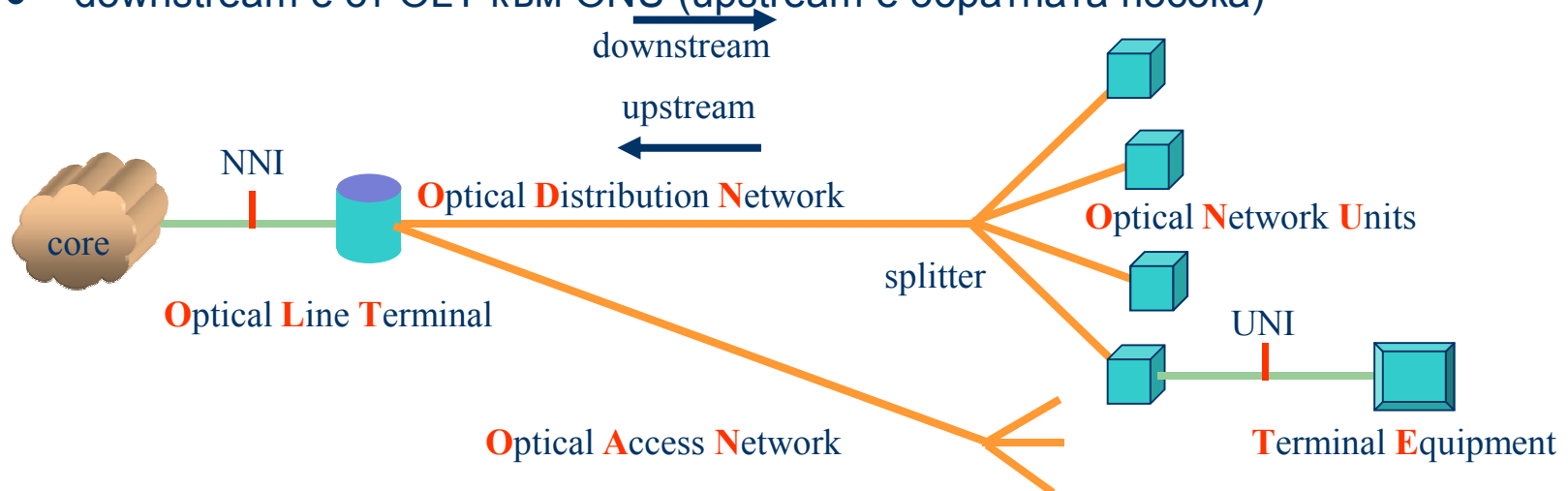
Съдържание

- Въведение в оптичните технологии и явления (PON-1)
- Предимства и недостатъци на PON (PON-1)
- Архитектура на PON (PON-1)
- Физически слой (PON-2)
- Потребителска равнина (PON-2)
- Контролна равнина (PON-3)

Терминология

Като всяка технология и PON се отличава със специфична терминология

- Оборудването в CO се нарича OLT (Optical Line Terminal)
- Клиентските устройства (CPE) се наричат ONU
- Оптичният тракт включва опорната оптика и сплитерите, агрегиращите влакна се наричат ODN
- Цялата мрежа се нарича OAN
- downstream е от OLT към ONU (upstream е обратната посока)





PON

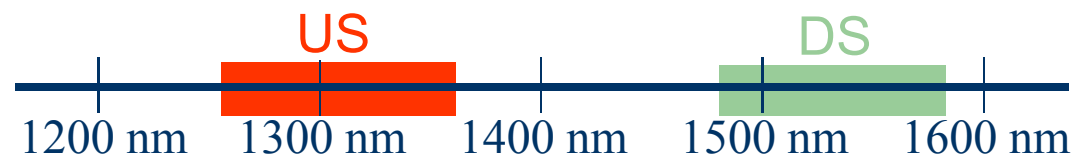
Физически слой



Разпределение на λ в PON - G.983.1

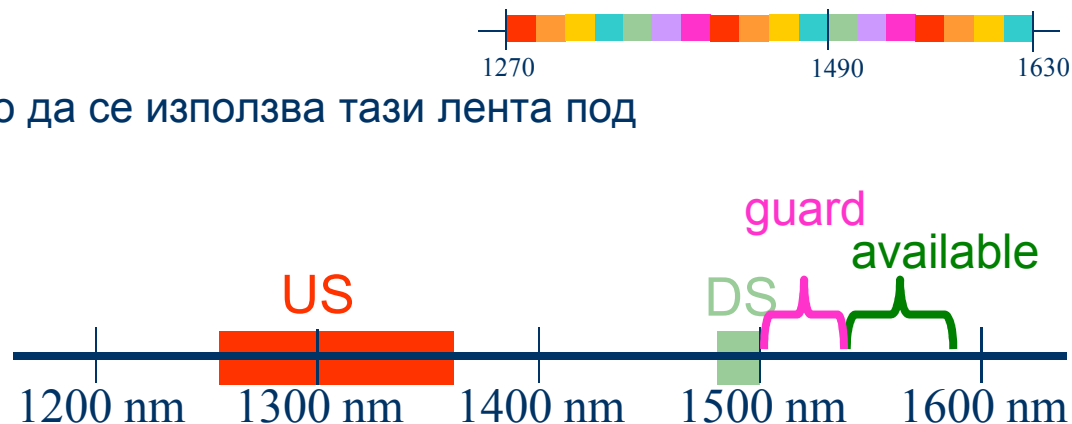
Факти

- Upstream = downstream.
- US N клиента, т.е трябва да се поддържа N пъти BW, необходима за всеки клиент, но всеки клиент ще предава $1/N$ от общото време.
- В APON и ранния BPON е решено да се използва 100ms
- Честотните ленти са разположени във втория и третия прозорец на диаграмата за затихването на оптичния сигнал.
- Upstream 1260 - 1360 nm (1310 ± 50) **second window**
- Downstream 1480 - 1580 nm (1530 ± 50) **third window**

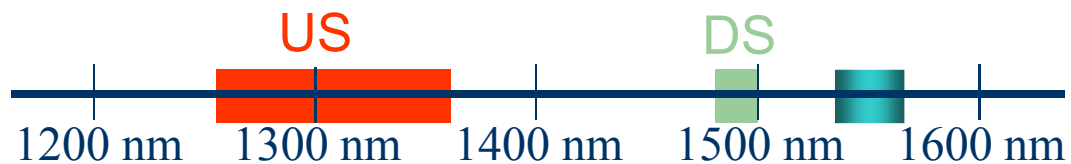


Разпределение на λ в PON - G.983.3

- Скоро станало ясно, че има и други възможности....
- Необходим бил по-голям капацитет...
- Проблемите с капацитета възникват обикновено в DS, така че защо да не добавим малко повече ресурс там....
- По същото време (горе долу) се появил и G.694.2. Това е стандарт дефиниращ 20 nm ленти за CWDM.
- Една от CWDM лентите е 1490 ± 10 nm т.е същата като долната част на G.983.1 DS
- В крайна сметка било решено да се използва тази лента под името G.983.3 DS.
- US си останал непроменен.



Разпределение на λ в PON - Финал



G.983.3 е интегриран в GPON и е приет за универсален план за разпределяне на λ в xPON.

- US 1260-1360 nm (1310 ± 50)
- DS 1480-1500 nm (1490 ± 10)
- Допълнителни ленти:
 - Видео 1550 - 1560 nm (ITU-T J.185/J.186)
 - Цифрови... 1539-1565 nm

Дефинирани скорости в PON (за сега ...)

PON	DS (Mbps)	US (Mbps)
BPON	155.52	155.52
Amd 1	622.08	155.52
	622.08	622.08
Amd 2	1244.16	155.52
	1244.16	622.08
	1244.16	155.52
GPON	1244.16	622.08
	1244.16	1244.16
	2488.32	155.52
	2488.32	622.08
	2488.32	1244.16
	2488.32	2488.32
	1250*	1250*
10GEPON†	10312.5*	10312.5*

* само 1G/10G са използваеми поради линийния код

TCMM305 Feb-Jun 2010 г.

Обхват и разклоненост на дървото (1)

- Всеки иска максимален обхват и максимално голям брой ONUs. Дали е възможно това....
- Трябва да се има в предвид, че при PON всички ONU получават един и същи сигнал от OLT. Т.е не може за един да се излъчва с по-висока мощност на сигнала, а за друг с по-ниска.
- Дефинират се още:
 - “logical” reach ограничен по протоколни съоръжения
 - “*differential*” reach - разстоянието между най-близкото и най-далечното ONU.

Обхват и разклоненост на дървото (2)

- BPON 20 km и 32-64 ONUs
- GPON позволява 64-128 разклонения и обхват (обикновено) до 20 km
 - но има и по-евтин 10 km вариант (използват се лазери на Fabry-Perot ONUs)
 - и вариант за дълги разстояния - до 60 km с 20 km differential reach
- EPON позволява 16-256 разклонения и също има по-скъпа (покриваща по-широк обхват) и по-евтина версия.

Линийни кодове

BPON and GPON използват NRZ (високото ниво е 1, ниското 0)
Полезната информация се скрембилира.

EPON използва линейния код на 802.3z (1000BASE-X) - 8B/10B

- Всеки 8 бита се конвертират в 10 преди предаване
- В крайна сметка от 1000 Mbps се получават 1250 Mbps

При 10GbE се използва - 64B/66B

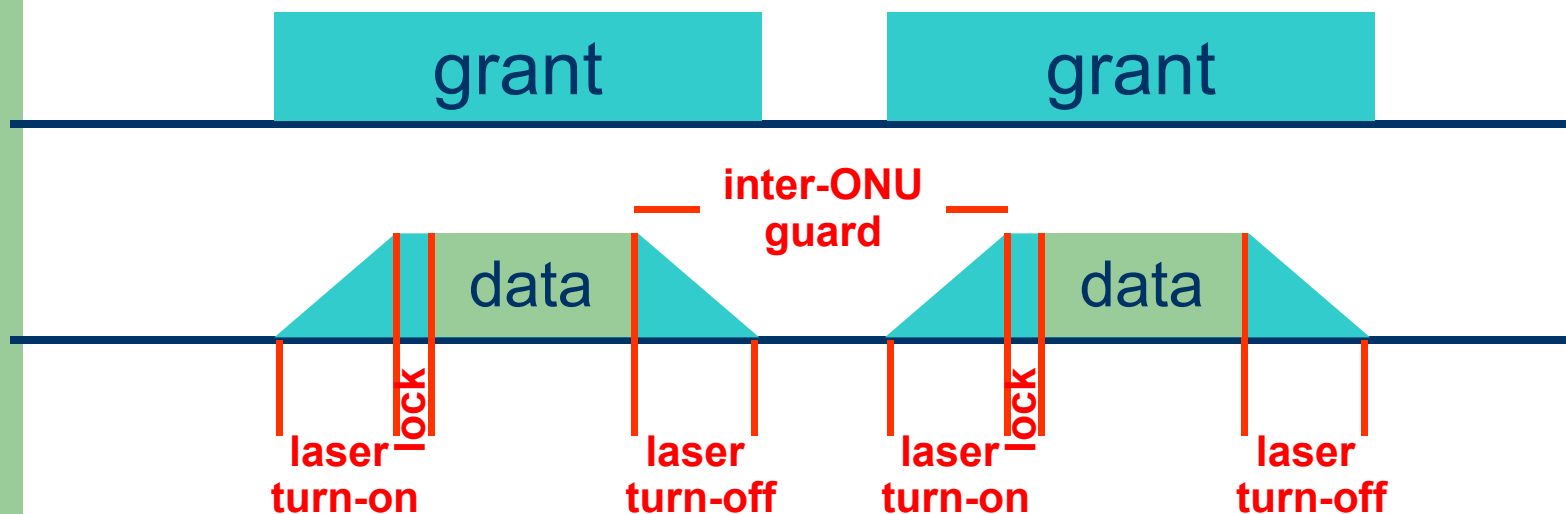
FEC - Forward Error Correction

- Могат да бъдат коригирани до 8 грешни байта.
- Това подобрява оптичния бюджет с 3 dB, позволява по-голям обхват и повече разклонения
- Използването на FEC се договаря между OLT и ONU
- Т.е може да имаме среда, в която за някои ONU е конфигуриран FEC, а за други не е

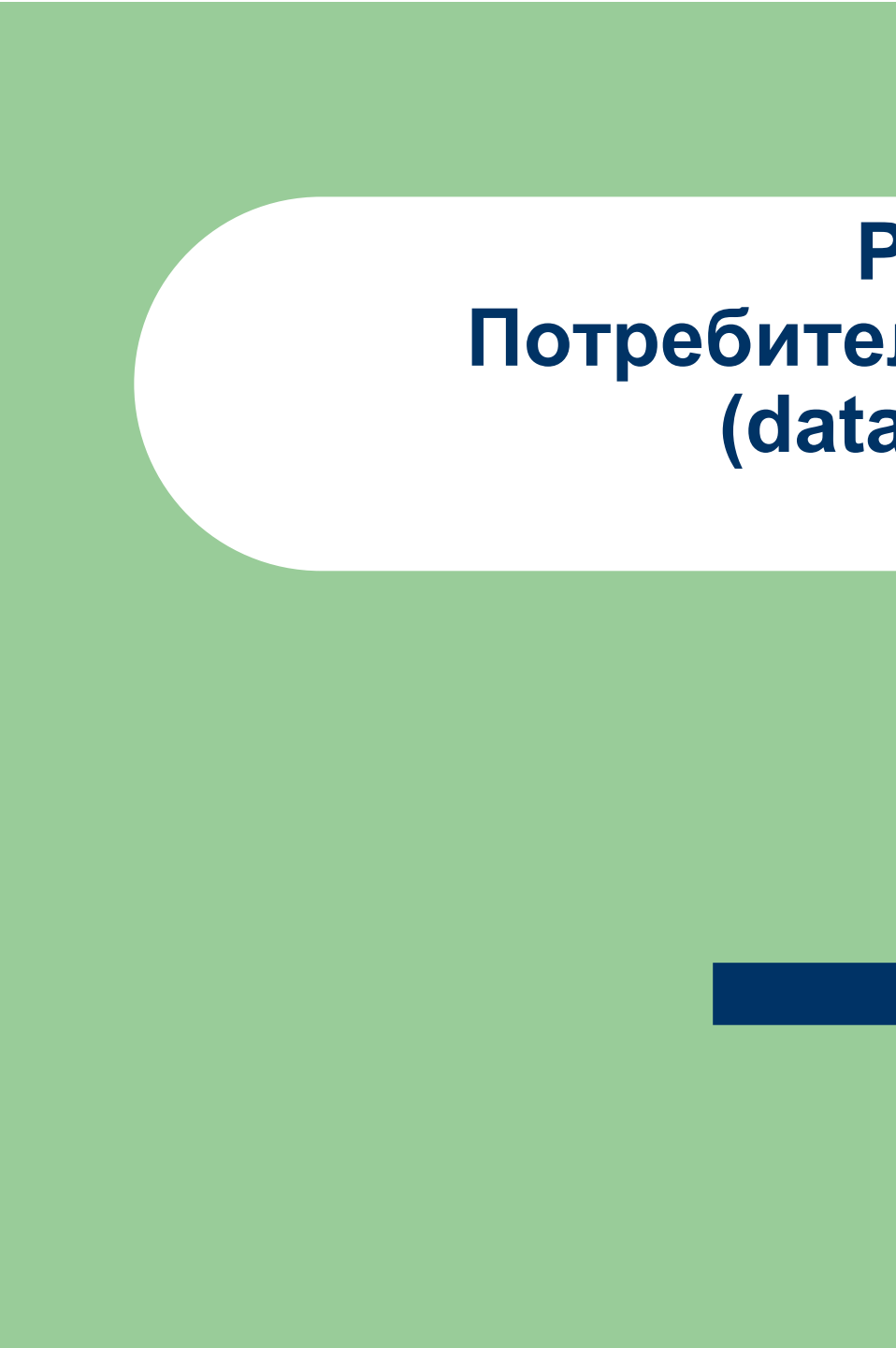
Проблеми свързани с физическия слой при PON

- **Ефект “близо” и “далеч”**
 1. OLT трябва да може да определи силата на сигнала, за да определи границата, при която взема решения дали даден символ е 1 или 0.
 2. Ако има устройства разположени на близки и далечни разстояния, то те ще имат много различни затихвания.
 3. Т.е няма как да се използва една и съща граница.
 - EPON: измерва се мощността на получения сигнал от ONU в началото на серията
 - GPON: OLT си “говори” с ONUs, за да определи излъчващата мощност.
- **Интерференция, породена от близко разположените лазерните излъчватели**
 1. Лазерите също внасят шумове. Особено лазерите на тези ONU, които са близко до OLT.
 2. Т.Е добре е да са изключени, когато не предават.
 3. Но лазерите загряват бавно.....


Времева диаграма на трансмисията в US посока



- GPON
 - ONU съобщават turn-on и turn-off времената на OLT
 - Дължината на ONU preamble се определя от OLT
- EPON – по-продължително lock време
 - Ethernet preamble



PON
Потребителска равнина
(data plane)



Принципи

Upstream

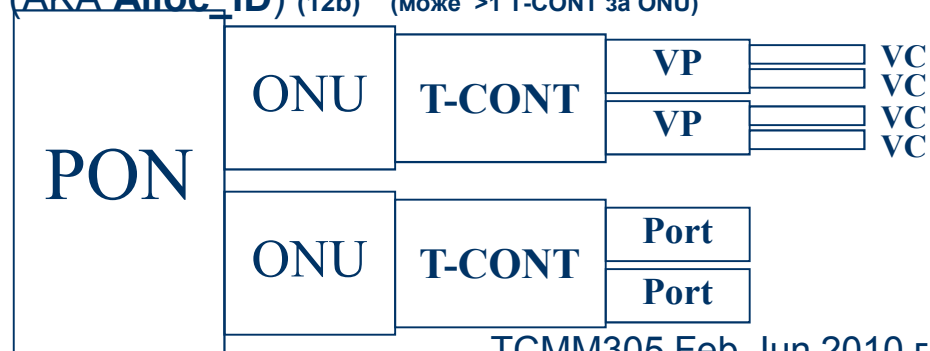
- ONU получава данните от клиентското устройство и ги съхранява в своята входяща опашка
- ONU изпраща данните към OLT, използвайки максималния капацитет на канала в своя времеви интервал
- OLT идентифицира рамките получени от отделните ONU по етикета, с който са маркирани
- OLT обработва PON рамката и я препраща към останалата част на мрежата в подходящ формат

Downstream

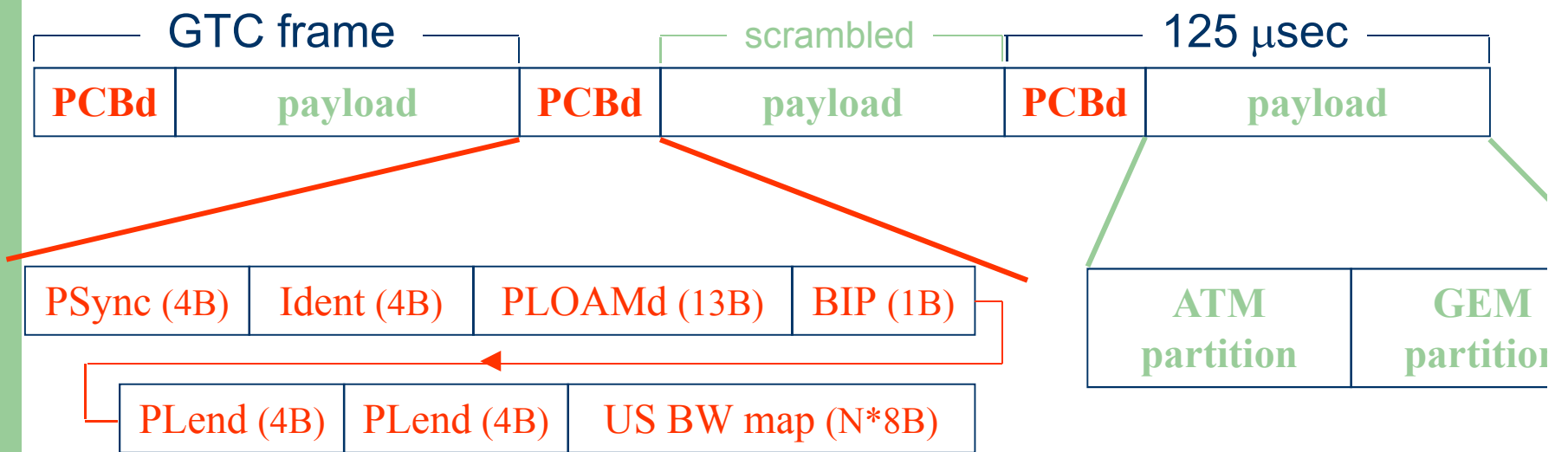
- OLT получава данни от мрежата, определя за кое ONU са предназначени и ги енкапсулира в PON рамки
- OLT поставя етикет на рамката и я broadcast-ва към дървото от ONU
- ONU прочита всички рамки и определя своите по етикета
- ONU деенкапсулира рамката и я препредава към крайното клиентско устройство

Етикети

- ODN е дървовидна структура (1 OLT, множество ONU)
- Защо са ни необходими етикети???
 - От една страна OLT трябва да идентифицира ONUs
 - ONU трябва да определи кои рамки са за него
- EPON използва точно определен етикет, наречен **Logical Link ID** за всяко ONU
- GPON използва няколко йерархии от етикети
 - ONU_ID (1B) (1B)
 - **Transmission-CONTainer (AKA Alloc_ID) (12b)** (може >1 T-CONT за ONU)
 - For ATM mode
 - **VPI**
 - **VCI**
 - For GEM mode
 - **Port_ID (12b) (12b)**



DS GPON формат



DS GPON формат

- GPON Transmission Convergence frames са винаги 125 msec
 - 19440 bytes / рамка = скорост 1244.16
 - 38880 bytes / рамка = скорост 2488.32
- GTC се състоят от Physical Control Block downstream + полезен товар
- PCVd съдържа служебна информация като sync, OAM, DBA info.
- Полезната информация може да има ATM и/или GEM части

GPON полезна информация



ATM

- Alen (12 bits) е специфициран в PCBd
- Alen дефинира колко 53B клетки има в ATM
 - Ако Alen=0 то нямаме ATM част
 - Ако $Alen = \text{payload length} / 53$ то нямаме GEM
- ONUs разпознава кои клетки са за него по идентификатора на виртуалния път VPI в ATM заглавната част

GEM

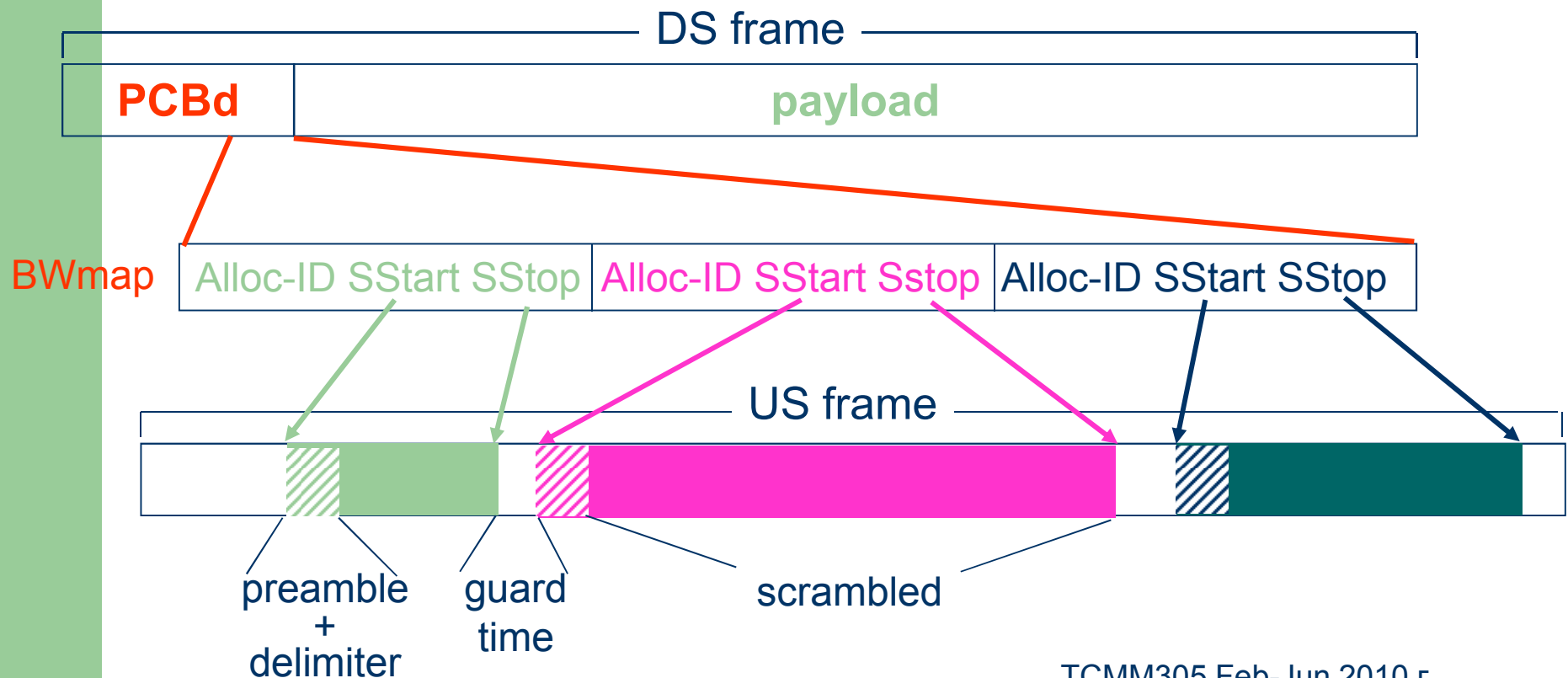
- При GEM нямаме точно определен размер на клетката
- Етикета се нарича Port-ID
- Поддържа всякакви видове трафик (данни, телефония, видео)

GPON US рамка и полета

PLOu	PLOAMd	PLSu	DBRu	payload
------	--------	------	------	---------

- GTC рамките също са 125 μ сес, но се споделят между всички ONUs в дървото
- Всяко ONU предава серия от данни в своята рамка
- Physical Layer Overhead upstream
 - Изпраща се от ONU в момента, в които взема “контрол” от друго ONU
- PLOAM upstream (13B) – OAM
- Power Leveling Sequence upstream (120B)
 - Използва се за нагласяне на силата на сигнала
- Dynamic Bandwidth Report upstream
 - Използва се за пресмятане на скоростта м/у ONU и OLT

Пример за алокация в US посока



Формат на рамката в EPON

Енкапсулацията при EPON, с малки изключения, се базира на тази при Ethernet.

- clause 64 - **MultiPoint Control Protocol PDUs**
Протокол, описващ контролната информация свързана с p-to-mp и mp-to-p
- clause 65 – емуляция на point-to-point

EPON MACs също си има своите ограничения

- вместо CSMA/CD, ONU предават само тогава, когато е настъпил техния времеви интервал
- Има синхронизация по време



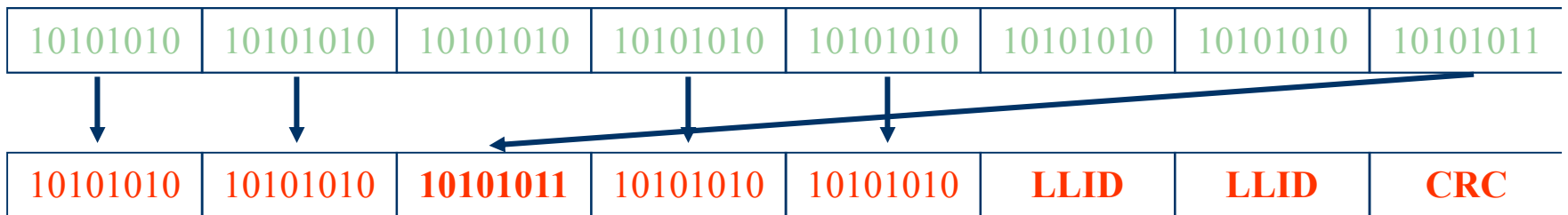
EPON header

Ethernet рамката започва с 8B preamble

- 7B 10101010
- 1B 10101011

При EPON имаме нов header. Този header се скрива в част от Ethernet preamble

- LLID съдържа:
 - MODE (1b)
 - Винаги е 0 за ONU
 - 0 for OLT unicast, 1 за OLT multicast/broadcast
 - Logical Link ID (15b)
 - Идентифицира ONUs
 - 7FFF за broadcast
- CRC



MPC PDU формат

DA	SA	L/T	Opcode	timestamp	data / RES / pad	FCS
----	----	-----	--------	-----------	------------------	-----

Протоколът използва стандартни MAC рамки с формат като на ETH PAUSE рамките

Ethertype = 8808

Opcodes (2B):

GATE/REPORT/REGISTER_REQ/REGISTER/REGISTER_ACK

Timestamp е 32b

Data field използва се от някои от съобщенията в протокола

Сигурност

- DS е осъществен като broadcast към всички ONUs.
 - Ако трафика не е криптиран, ще бъде сравнително лесно някой да се възползва и да прихване трафик, който не е за него
- US трафика е mp-to-p, т.е не може да бъде прихванат и криптиране не е необходимо.
- EPON не предоставя и не специфицира каквито и да е методи за криптиране на трафика
- Може да бъде допълнен с IPsec или MACsec
 - Много производители използват свои методи
 - В Китай се използва специален протокол (Не всеки може да криптира данни в Китай)
- В BPON се използва механизъм наречен churning
 - Churning е ниско бюджетно хардуерно решение, което криптира на базата на 24b ключ
- В крайна сметка в G.983.3 се появява поддръжка на AES – използва се в GPON

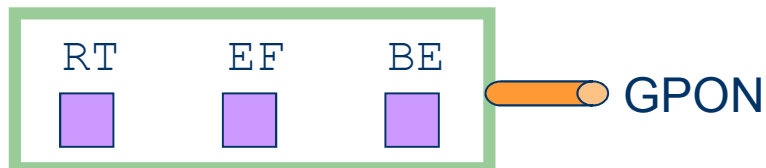
GPON encryption

- OLT криптира с AES-128
- Криптира се само полезната информация
- OLT и всяко ONU трябва да се договорят уникален симетричен ключ
- OLT “пита” ONU за парола (в PLOAMd)
- ONU изпраца паролата в US в clear text (в PLOAMu)
- OLT информира ONU за времето, през което ще се използва ключа



QoS - EPON

- Някои PON приложения/услуги имат високи изисквания за QoS (e.g. IPTV)
- EPON не се занимава с QoS и оставя тази задача на горните мрежови слоеве
 - VLAN tags
 - P bits or DiffServ DSCP
- В допълнение има разлика при имплементацията на LLID и Port-ID
 - Всяко ONU има едно 1 LLID
 - Port-ID се раздава на входящ порт – може да има повече от едно на ONU
 - Това дава възможност да се разграничават различни трафици на ниво порт и да се имплементира QoS на базата на входящи портове (GPON)



QoS - GPON

GPON прилага QoS:

- На базата на различни видове контейнери, например всеки контейнер се предава в различен времеви интервал (Познато ли не Някои да е чувал за Sonet/SDH?!?)
- Има 5 вида трансмисионни контейнери
 - type 1 - fixed BW
 - type 2 - assured BW
 - type 3 - allocated BW + non-assured BW
 - type 4 - best effort
 - type 5 - superset of all of the above

GEM добавя още няколко вида PON-layer QoS

- Фрагментацията позволява подредба на фреймове (например по-високо приоритетни се предават преди по-ниско приоритетните)
- PLI – изрична големина на пакета (използва се от алгоритми, обслужващи опашки – BE, RED, WRED, LLQ)
- PTI bits - носят информация за задръствания по мрежата

???

Мрежи за достъп от следващо поколение

инж. Николай Милованов
email: nmil@niau.org
Skype: niau33



Нов български университет