

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

маг. инж. Николай Милованов



Нов български университет

# Съдържание

- Въведение в оптичните технологии и явления
- Предимства и недостатъци на PON
- Архитектура на PON
- Физически слой на PON
- Потребителска равнина
- Контролна равнина



# **Въведение в оптичните явления и технологии**



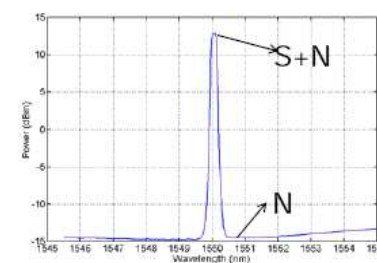
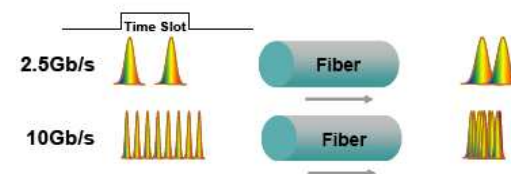
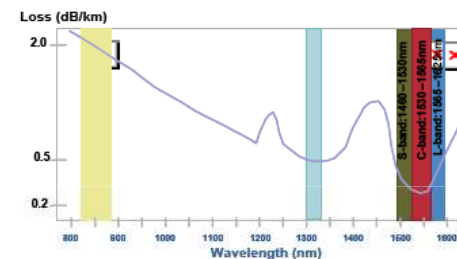
TCMM305 Feb-Jun 2010 г.

# Видове оптични влакна

- Материалът, от който се правят оптичните влакна е ултра чист силициев диоксид (SiO<sub>2</sub>) - силициево стъкло.
- Оптичните влакна се разделят на два типа многомодови (къси разстояния) и одномодови (дълги)
- Честотна ленти:
  - От 1260 nm до 1360 nm наречена още O (Original) банд
  - От 1360 nm до 1460 nm наречена още E (Extended) банд
  - От 1460 nm до 1530 nm наречена още S (Short wavelength) банд
  - От 1530 nm до 1565 nm наречена още C (Conventional) банд
  - От 1565 nm до 1625 nm наречена още L (Long wavelength) банд
  - От 1625 nm до 1675 nm наречена още U (Ultra Long wavelength)
- Видове влакна
- ITU-T G.652 (Nondispersion-Shifted Fiber) 1310 nm
- ITU-T G.652.C (Low Water Peak Nondispersion-Shifted Fiber) 1285 - 1625 nm
- ITU-T G.655/6 Влакно с ненулева, изместена дисперсия 1550nm / в широк честотен диапазон 1460-1625 nm

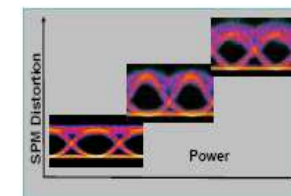
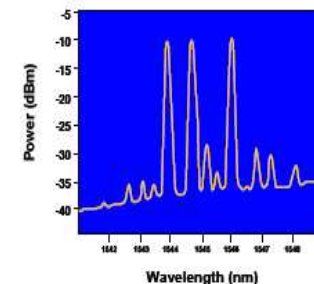
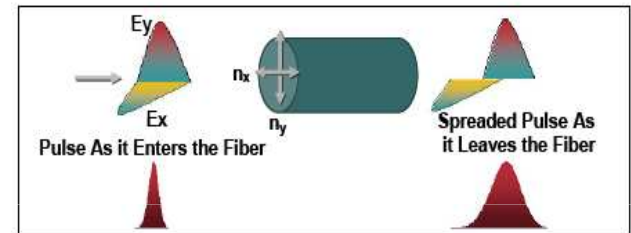
# Ефекти при оптичното предаване на сигнали

- Затихване - Attenuation
  - Намаляване силата на сигнала
  - Намалява разстоянието на предаване
- Хроматична дисперсия - Chromatic Dispersion (CD)
  - Разсейва импулсите
  - Намалява разстоянието на предаване
  - Пропорционална на скоростта
- Оптично отношение сигнал шум - Optical Signal to Ratio (OSNR)
  - С други думи и тук имаме шумове
  - Причиняват се от усилвателите
  - Лимитират броя усилватели по трасето

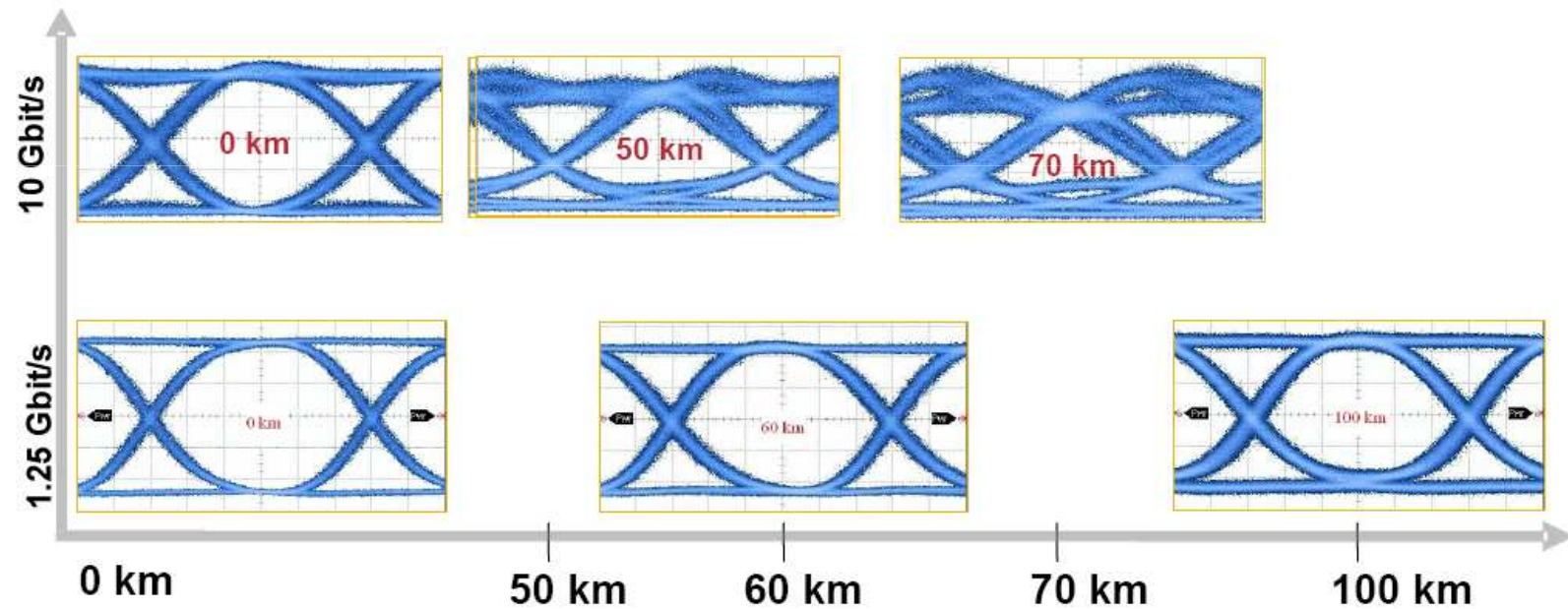


# Нелинейни ефекти

- **Поляризационна дисперсия - Polarization Mode Dispersion (PMD)**
  - Причинява се от нелинейността на влакната
  - Проявява се при високи скорости (bit rates) (10G)
- **Четривълново смесване - Four Wave Mixing (FWM)**
  - Проявява се при наличието на повече от един сигнал
  - Проявява се при високи скорости (bit rates) (10G)
  - Решения
    - NZDSF
    - Различни отстояния между каналите
- **Модуляции - Self/Cross Phase Modulation**
  - SPM/XPM
  - Появява се при високи нива на излъчваните сигнали
  - Получават се негативни явление между съседните канали



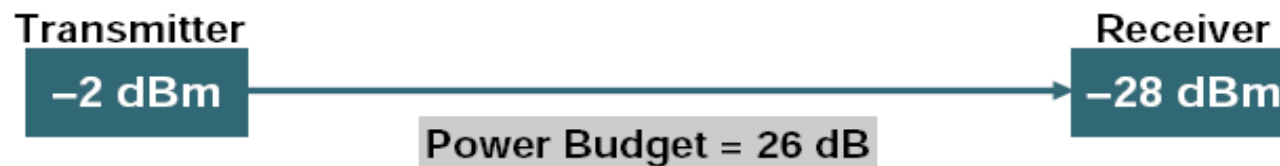
# По – висока скорост по-малко разстояние



# Optical Power Budget

**Optical Power Budget = Power Sent – Receiver Sensitivity**

- Calculate using minimum transmitter power and minimum receiver sensitivity
- Attenuation/loss in the link, greater than the power budget, causes bit errors (dB)
- Allow for two to three dBm power loss budget;  
So if the power budget is 15 dB, design for 12
- Design networks with power budgets, not distances





# Видове дисперсии

- Хроматична



- Различните вълни се придвижват с различна скорост
- Причинява разпръскване на светлинните импулси

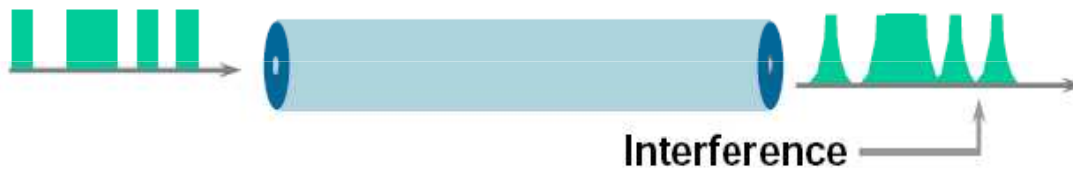
- Поляризационна



- Single mode fiber поддържат две поляризирани състояния (оси)
- По различните оси сигнала се движи с различна скорост
- Причинява разпръскване на светлинните импулси

# SPM & XPM

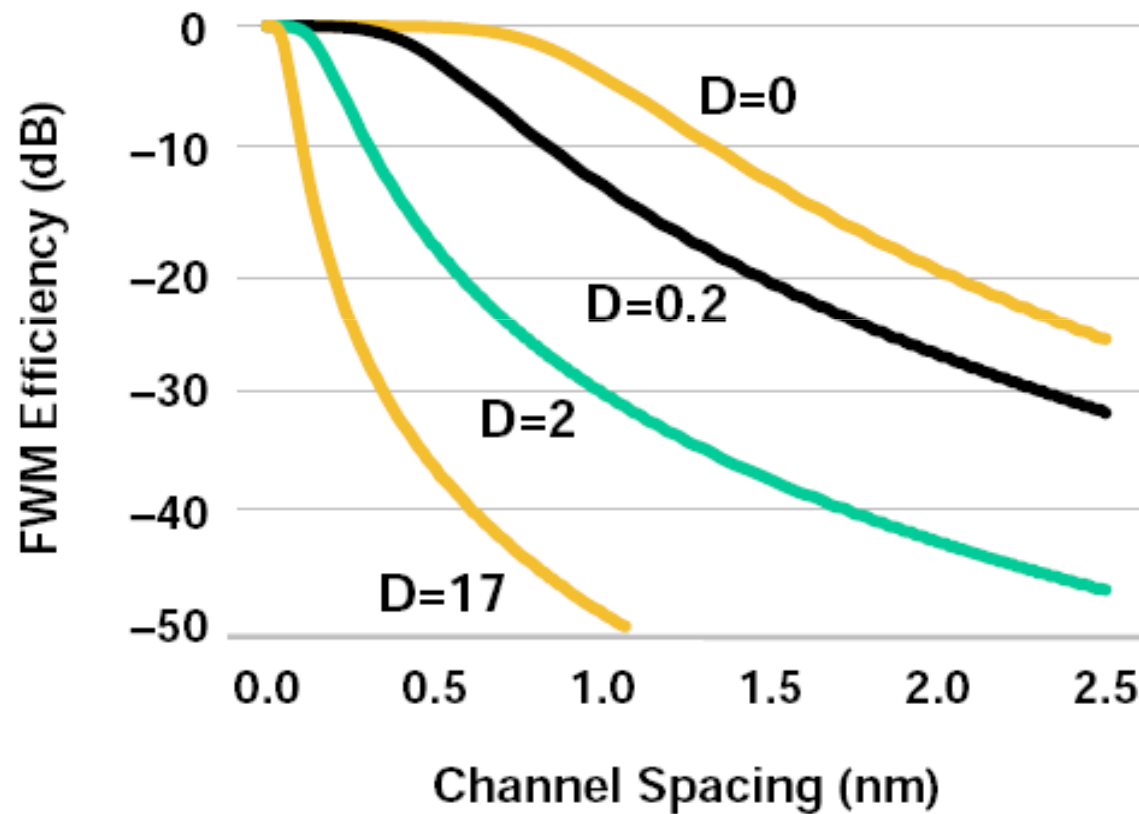
A Single Channel's Pulses Are Self-Distorted as They Travel (SPM)



Multiple Channels Interact as They Travel (XPM)

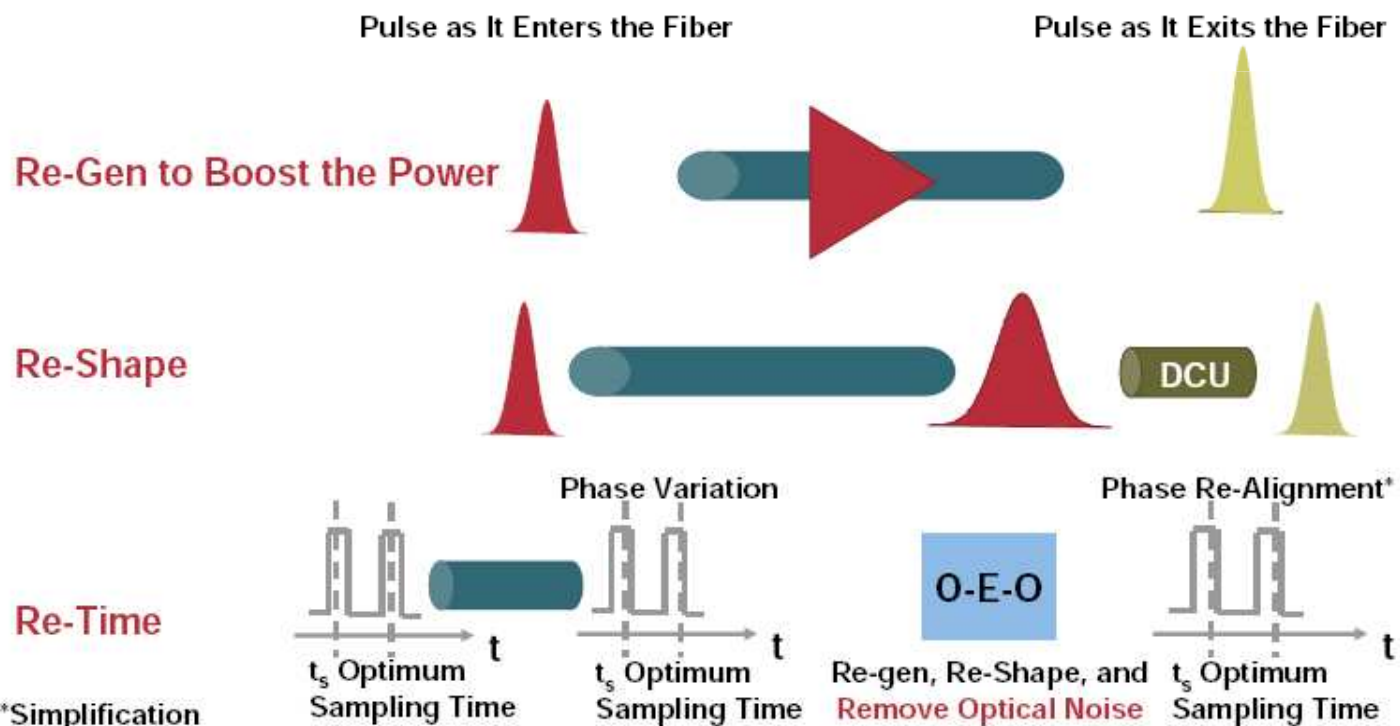


## Dispersion Washes Out FWM Effects



# ЗтеР на оптичните сигнали

The Options to Recover the Signal from Attenuation/Dispersion/Jitter Degradation Are:



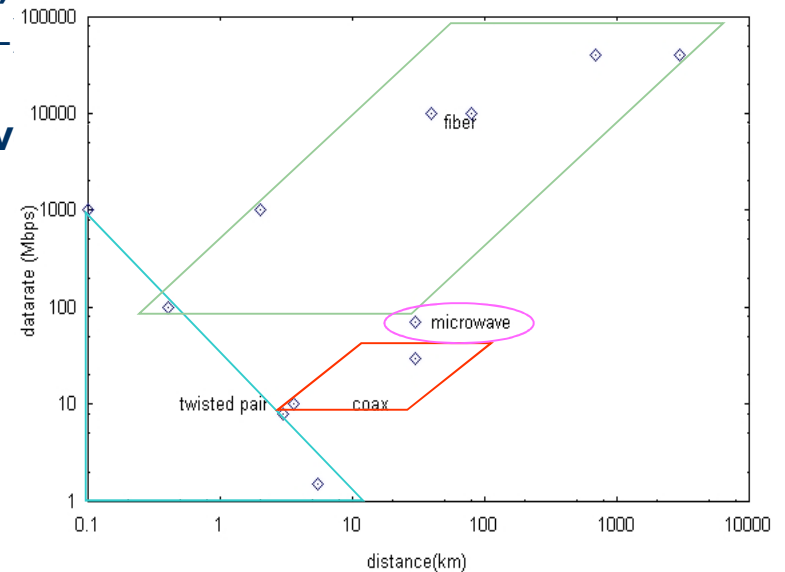
\*Simplification

# Предимства и недостатъци на PON

# Защо оптика?

## А защо не ???

- **Усукани двойки - twisted copper pair(s)**
  - 8 Mbps @ 3 km, 1.5 Mbps @ 5.5 km (ADSL)
  - 1 Gb @ 100 meters (802.3ab)
- **Радио релейни технологии - microwav**
  - 70 Mbps @ 30 km (WiMax)
- **Коаксиален кабел - coax**
  - 10 Mbps @ 3.6 km (10BROAD36)
  - 30 Mbps @ 30 km (cable modem)
- **Оптични влакна - optical fiber**
  - 10 Mbps @ 2 km (10BASE-FL)
  - 100 Mbps @ 400m (100BASE-FX)
  - 1 Gbps @ 2km (1000BASE-LX)
  - 10 Gbps @ 40 (80) km (10GBASE-E(Z)R)
  - 40 Gbps @ 700 km [Nortel] or 3000 km [Verizon]



# Защо оптиката е по-добра ?

- **Затихвания по дължината на трасето (attenuation per unit length)**
  - Причини за загубите породени от затихването
    - copper: resistance, skin effect, radiation, coupling
    - fiber: internal scattering, imperfect *total* internal reflection
  - По просто обяснено затихването е dB/km при коаксиалните линии при 50MHz, а при оптиката 0.15 dB/km  $\lambda = 1550\text{nm}$
- **Шумове (noise) и прислушвания (crosstalk)**
  - При медта ги има (усукани двойки, коаксиални кабели)
  - При оптиката ги няма
- **Заземяване, защита от мълнии, електро проводимост**
  - При медта ги има
  - При оптиката не

# Недостатъци на оптиката

Оптиката е по-добра от всички останали технологии на тема достъп и разстояние  
Но си има и недостатъци

- Трудна е за работа (трудно се сплайсва, по-трудно се отстраняват проблеми, изисква се по-скъпо оборудване и по-голямо внимание от страна на поддържащия персонал).
- Регенераторите и усилвателите са по-сложни за изработка и по-скъпи
- В крайна сметка се налага преобразуване на сигнала от оптичен в електронен
  - Конверторите обикновено се наричат *optical transceiver*
  - Те са скъпи в сравнение с електрическите интерфейси
- Комутацията на сигналите е по-лесна за изпълнение при електрическите такива.

Това донякъде лимитира топологиите на оптичните мрежи. Те са основно:

- От точка до точка
- Ринг



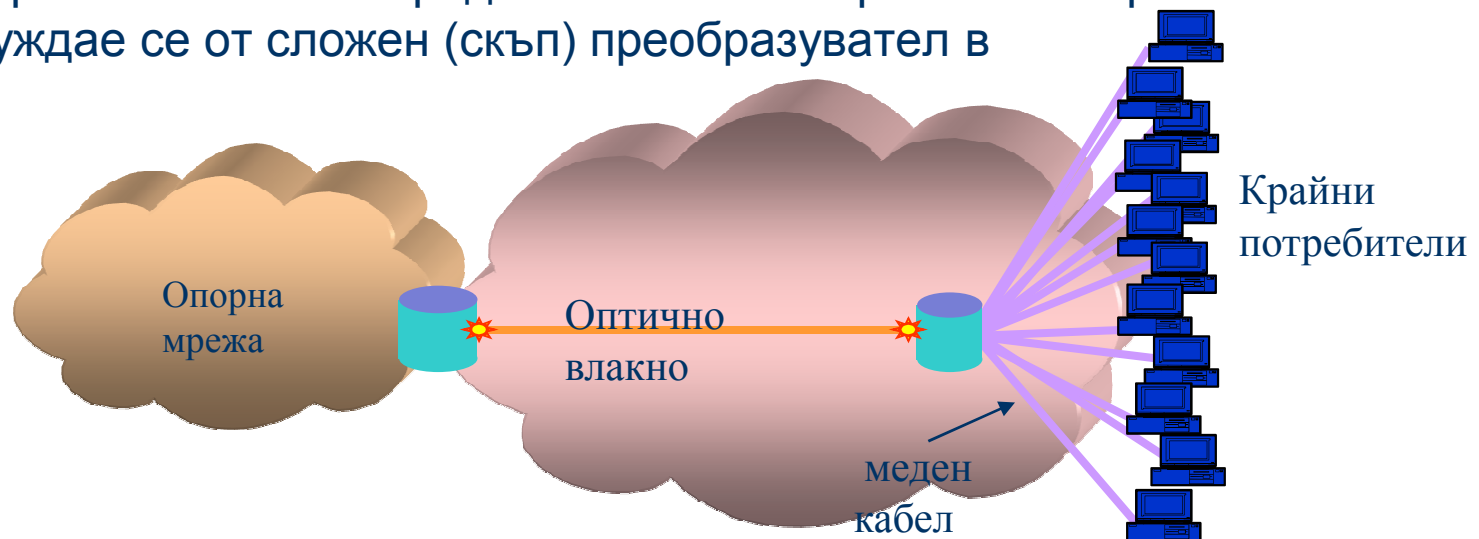
# Fiber To The Curb

## Постига се чрез Hybrid Fiber Coax или VDSL

- Изисква наличието на switch/transceiver/miniDSLAM в сградата
- Изисква само два оптични интерфейса

Но не е чисто оптично решение

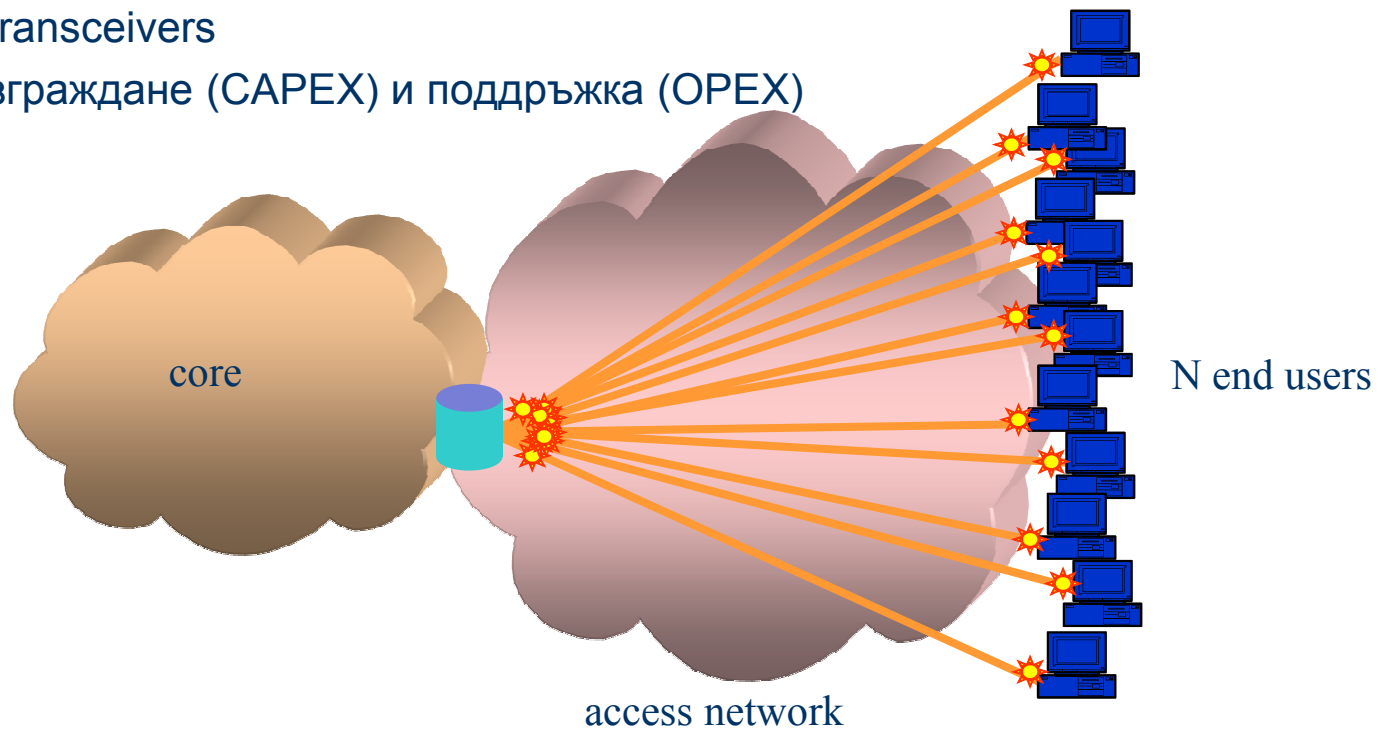
- Ограничава BW от предавателите към крайните потребители
- Нуждае се от сложен (скъп) преобразувател в



# Fiber To The Premises

Предоставя изцяло оптична point-to-multipoint топология, за изграждането на която са необходими:

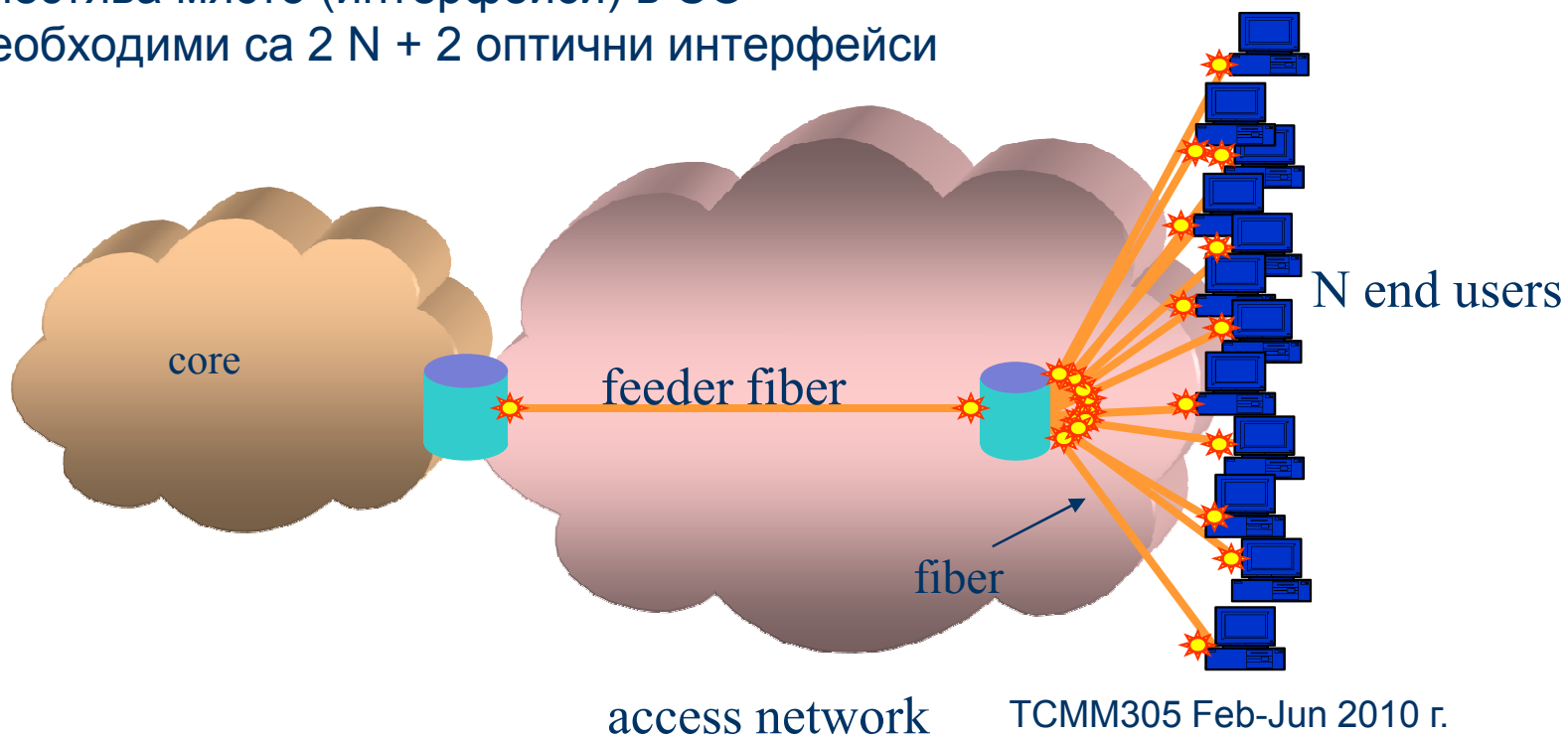
- 2 N optical transceivers
- Скъпа за изграждане (CAPEX) и поддръжка (OPEX)



# Едно логично решение

Ще вкараме един междинен комутатор (switch) в сградата

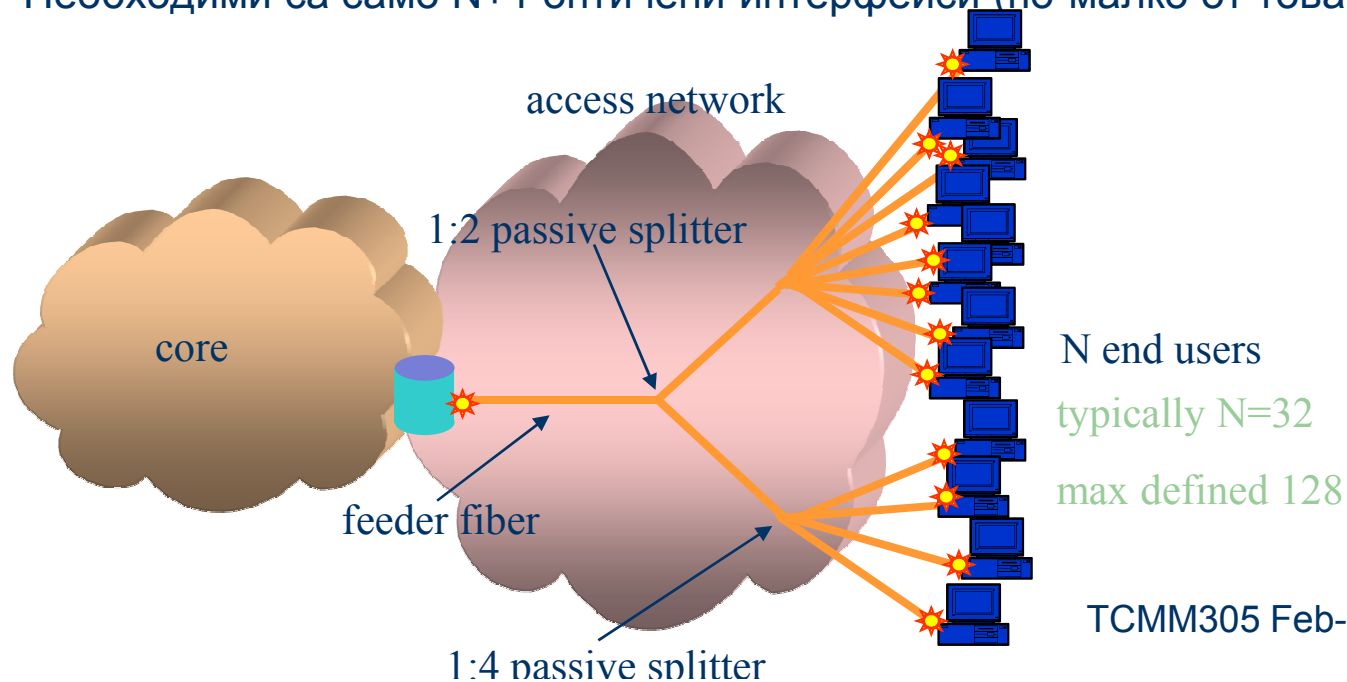
- Спестява място (интерфейси) в СО
- Необходими са  $2N + 2$  оптични интерфейси



# Пасивна оптична мрежа - PON

Въвежда point-to-multipoint топология изцяло изградена върху оптика.

- Избягваме скъпия комутатор и нямаме едно излишно опто-електронно преобразуване
- Използва пасивни сплитери не ни е необходимо захранване (много по-висок MTBF)
- Необходими са само N+1 оптични интерфейси (по-малко от това няма накъде)!!!



# Предимствата на PON

- Споделената инфраструктура кореспондира в по-ниски разходи за свързване на крайните абонати:
  - Използваме минимален брой оптични интерфейси (CAPEX)
  - Разходите за основното влакно и цената на предавателите за по-дълги разстояния се разпределят между N клиента (CAPEX)
  - Първоначална инвестиция съпоставима с тази за изграждането на LAN оператор (по-нисък CAPEX)
- Пасивните устройства кореспондират в по-ниски разходи
  - Могат да бъдат инсталирани навсякъде
  - Не е необходимо електрическо захранване и/или вентилация (OPEX)
  - В крайна сметка имаме по-висок MTBF (надеждност)
  - И по-ниски разходи по-поддръжка и е необходим по-малко персонал (по-нисък OPEX)
- Скоростите се увеличават с напредването на технологията
  - първоначално 155 Mbps
  - след това 622 Mbps
  - сега 1 Gbps, скоро 10 Gbps



# Архитектурата на PON

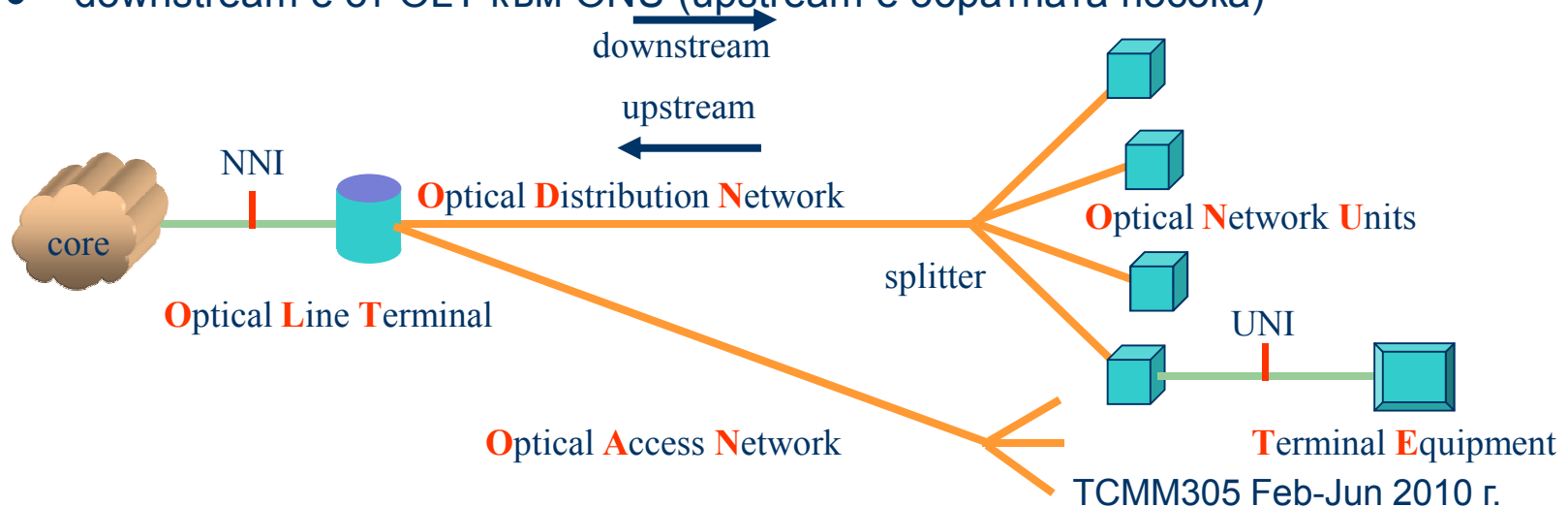


TCMM305 Feb-Jun 2010 г.

# Терминология

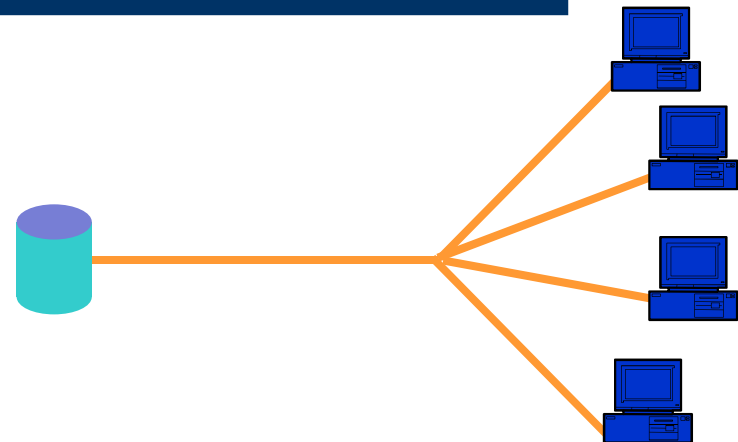
Като всяка технология и PON се отличава със специфична терминология

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



# Видове PON

- **APON** ATM PON
- **BPON** Broadband PON
- **GPON** Gigabit PON
- **EPON** Ethernet PON
- **GEPON** Gigabit Ethernet PON
- **CPON** CDMA PON
- **WPON** WDM PON



В лекцията ще се фокусираме върху **GPON** и **EPON** (вкл GEPON)



# Стандартизация

- ВРОН е стандартизиран в ITU-T G.983.x
- GPON е стандартизиран в ITU-T G.984.x
- EPON е стандартизиран в IEEE 802.3-2005 алинея 64 и 65

# Основни принципи на PON

Почти всички видове PON следват следните основни принципи

- OLT и ONU се състоят от
  - Layer 2 (Ethernet MAC, ATM adapter)
  - Оптичните трансивъри използват различни  $\lambda$  (дължини на вълните) за предаване и приемане
- downstream
  - OLT разпространява данните като *broadcast* към всички ONU в ODN
  - ONU приема само данните предназначени за неговия адрес и дискардва останалите данни.
  - *Данните се криптират*
- upstream
  - ONUs споделят канала използвайки *Time Division Multiple Access*
  - OLT управлява времевите интервали предназначени за всяко ONU
- Допълнителни функционалности
  - Поддържа OAM на физическия слой
  - Поддържа Autodiscovery
  - Използва **D**ynamic **B**andwidth **A**llocation

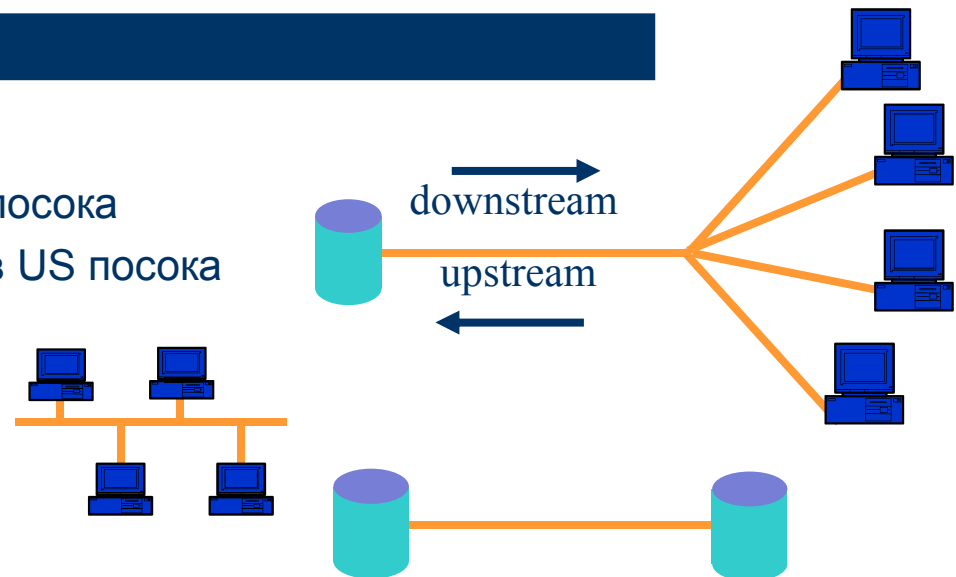
# Защо е необходима нова технология???

PON има уникална архитектура

- (broadcast) point-to-multipoint в DS посока
- (multiple access) multipoint-to-point в US посока

За сравнение

- Ethernet - multipoint-to-multipoint
- ATM - point-to-point



Т.е съществуващите технологии не предоставят подобна функционалност!

???

**Мрежи за достъп от следващо поколение**

инж. Николай Милованов  
email: [nmil@niau.org](mailto:nmil@niau.org)  
Skype: niau33



Нов български университет