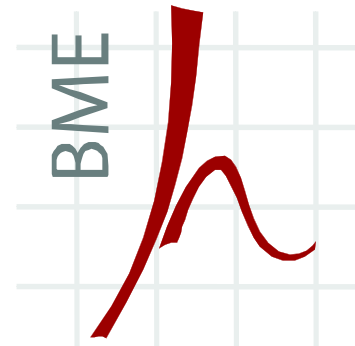


Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Villamosmérnöki és Informatikai Kar

Mérnök informatikus szak, mesterképzés – Hírközlő rendszerek biztonsága szakirány
Villamosmérnöki szak, mesterképzés - Újgenerációs hálózatok szakirány

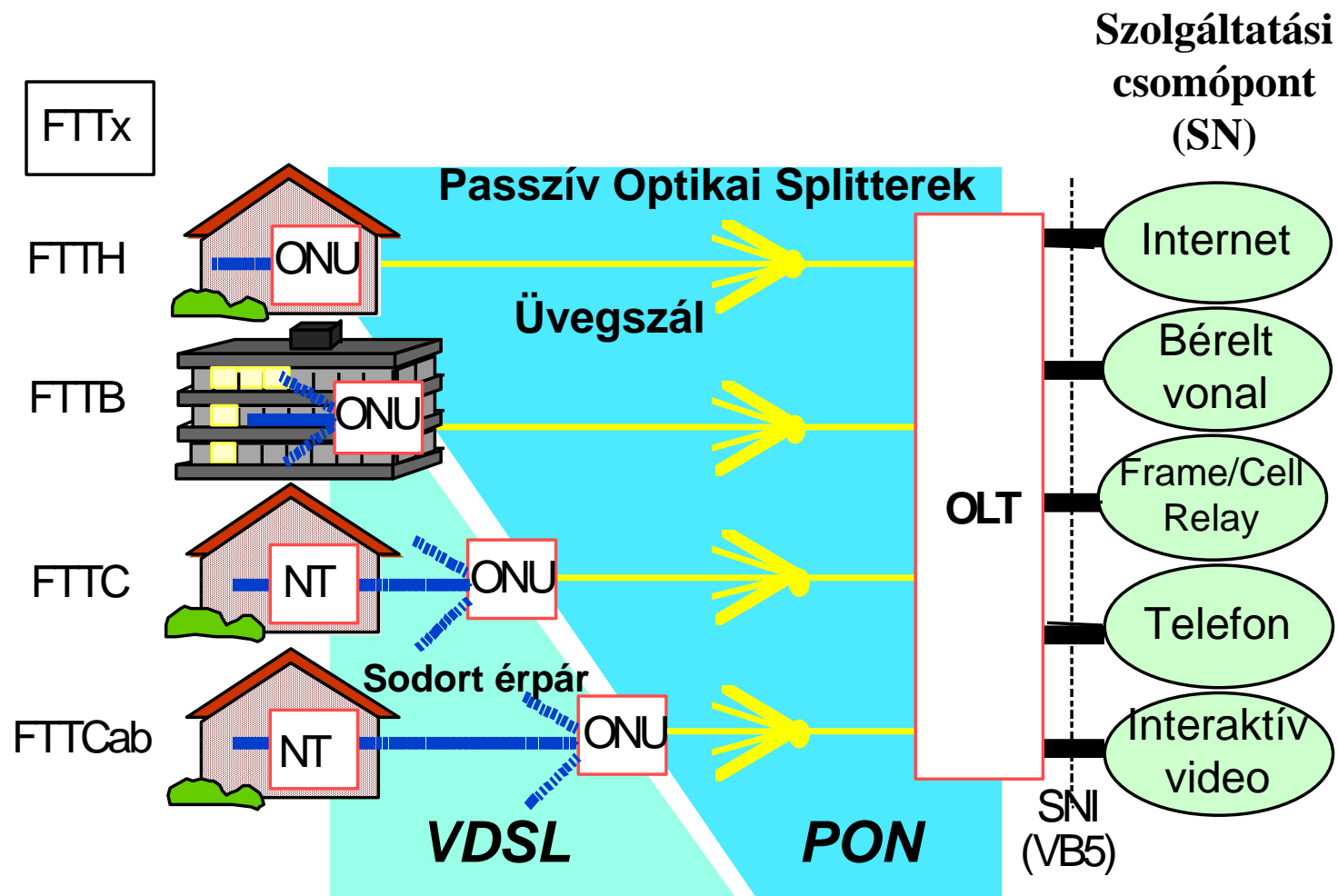


BMEVIHIM134 Hálózati architektúrák Az újgenerációs hálózati (NGN) konceptió: Követelmények – hozzáférési technológiák III. PON

Jakab Tivadar BME Híradástechnikai tanszék

2015

Fényvezető végpontja szerinti megoldási változatok

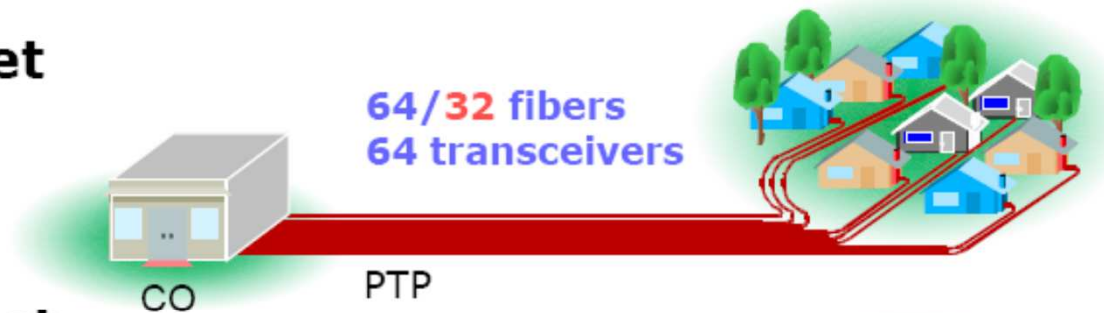


Optikai alapú Ethernet-hozzáférés

N=32 háztartás

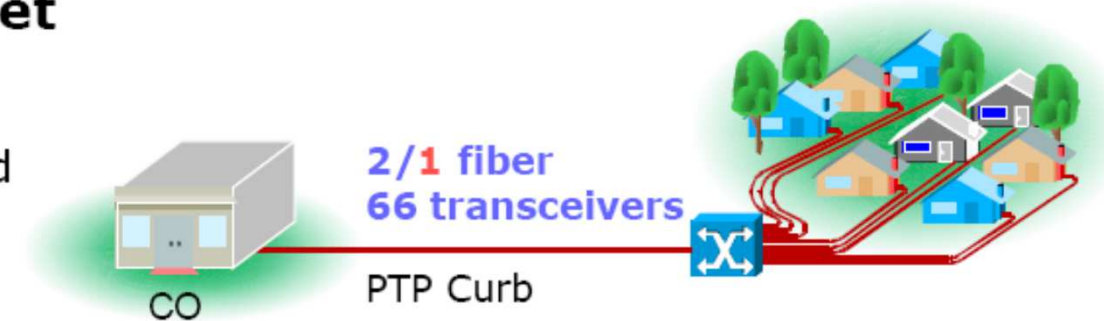
Point-to-point Ethernet

- 2N fibers
- 2N optical transceivers



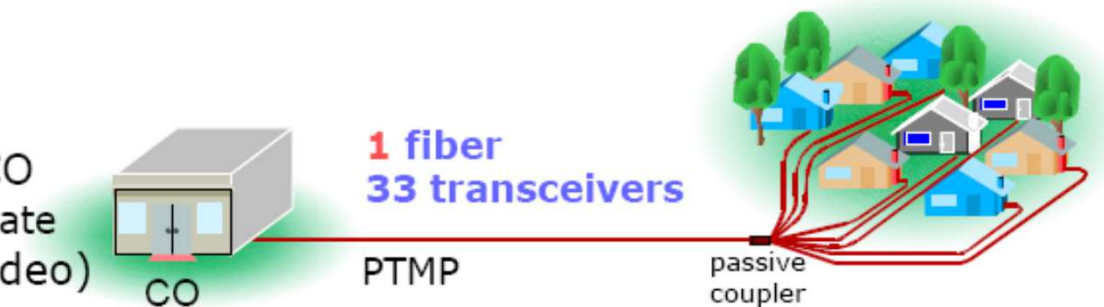
Curb Switched Ethernet

- Minimum Fiber
- 2N+2 optical transceivers
- Electrical power in the field



Ethernet PON (EPON)

- Minimum fiber
- N+1 optical transceivers
- No electrical power in field
- Minimum fibers/space in CO
- Drop throughput up to trunk rate
- Downstream broadcast (video)



Egy perspektivikus technológia - PON

- passzív optikai hálózat (TDM, WDM)
- magas induló beruházásigény, kulcskérdés az infrastruktúra (community networks)
- jelenleg az üzleti szolgáltatásokban (bérelt sötét szál/optikai csatorna, OVPN)
- fokozatos megvalósulás (hibrid architektúrák CTTx)
- Előnyök
 - kiváló minőségi és rendelkezésre állási jellemzők
- Hátrányok
 - skálázhatóság (költség, sáv szélesség)

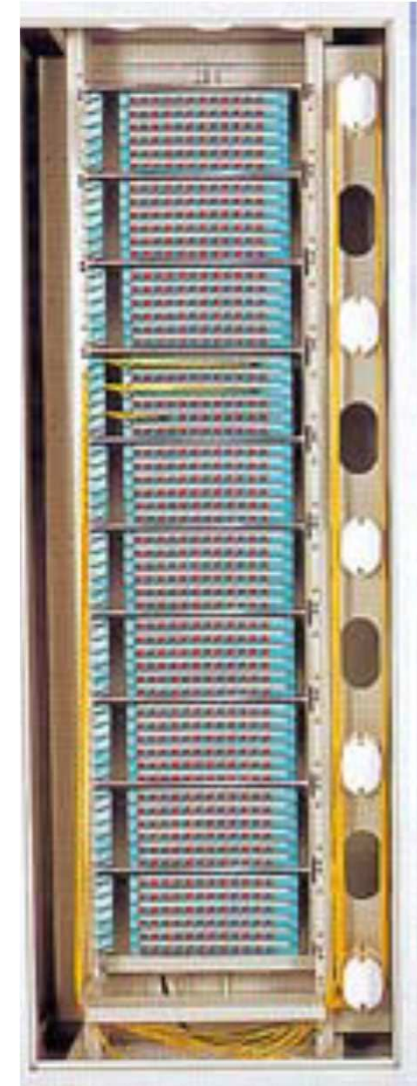
PON

- **TDM PON**
 - összesen 1-1 hullámhossz
 - letöltés üzenetszórás
 - feltöltés TDM (dedikált időrések)
- **WDM PON**
 - felhasználónként 1-1 hullámhossz

PON (Google)

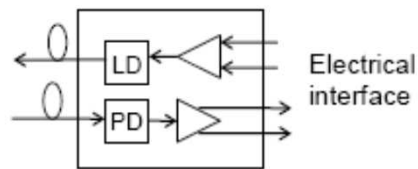


Largest fiber cable available in NA has only 864 cores.
 State-of-the-art fiber patch panel can terminate ~6300 fibers
 with LC connectors on a standard 7-foot telecom
 Rack—30k users require 35 cables & 5 racks



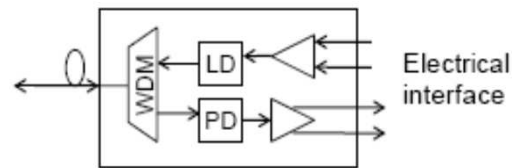
PON

- SFP
- 1Gbps
 - 2 fibers tx/rx



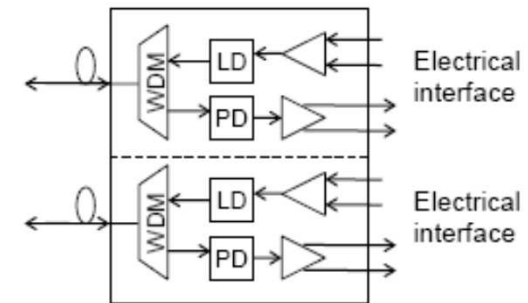
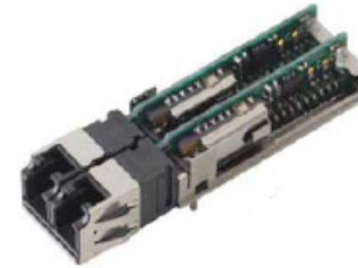
SFP

- SFP - BiDi
- 1Gbps
 - 1 fiber tx/rx



SFP-BiDi

- CSFP - BiDi
- 2 Gbps
 - 1 fiber tx/rx

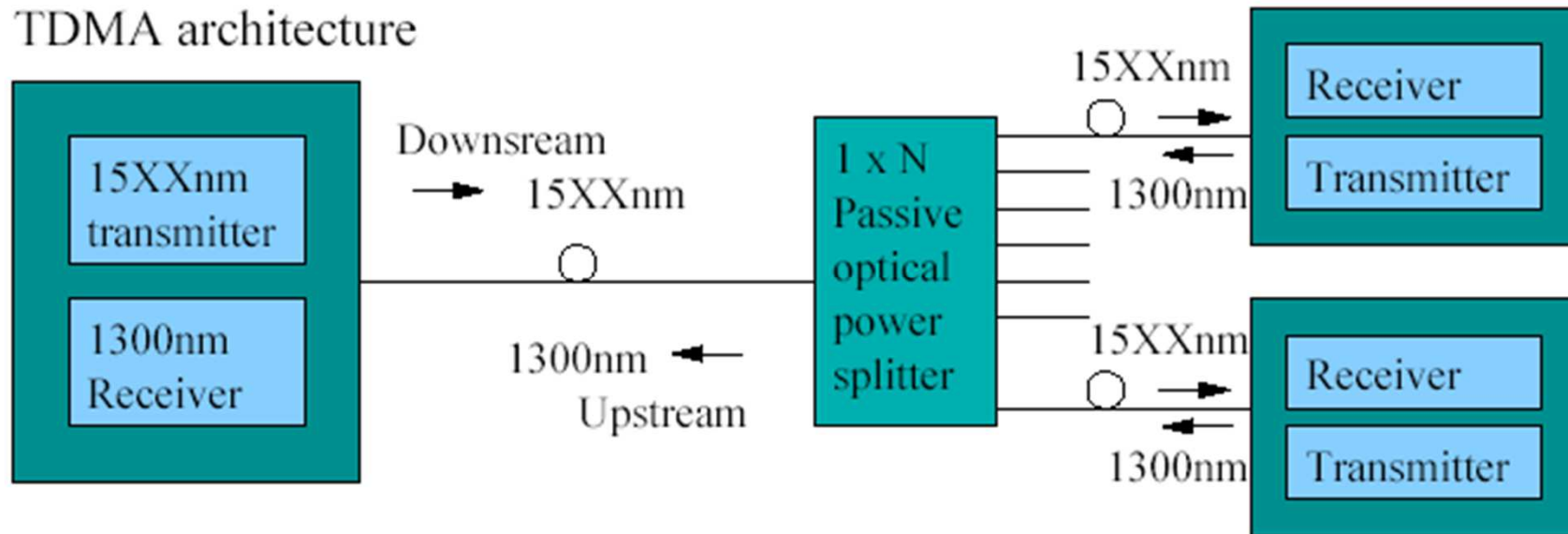


CSFP-BiDi

~1 Watt per GbE transceiver (10km, single mode)

TDM PON

TDMA architecture



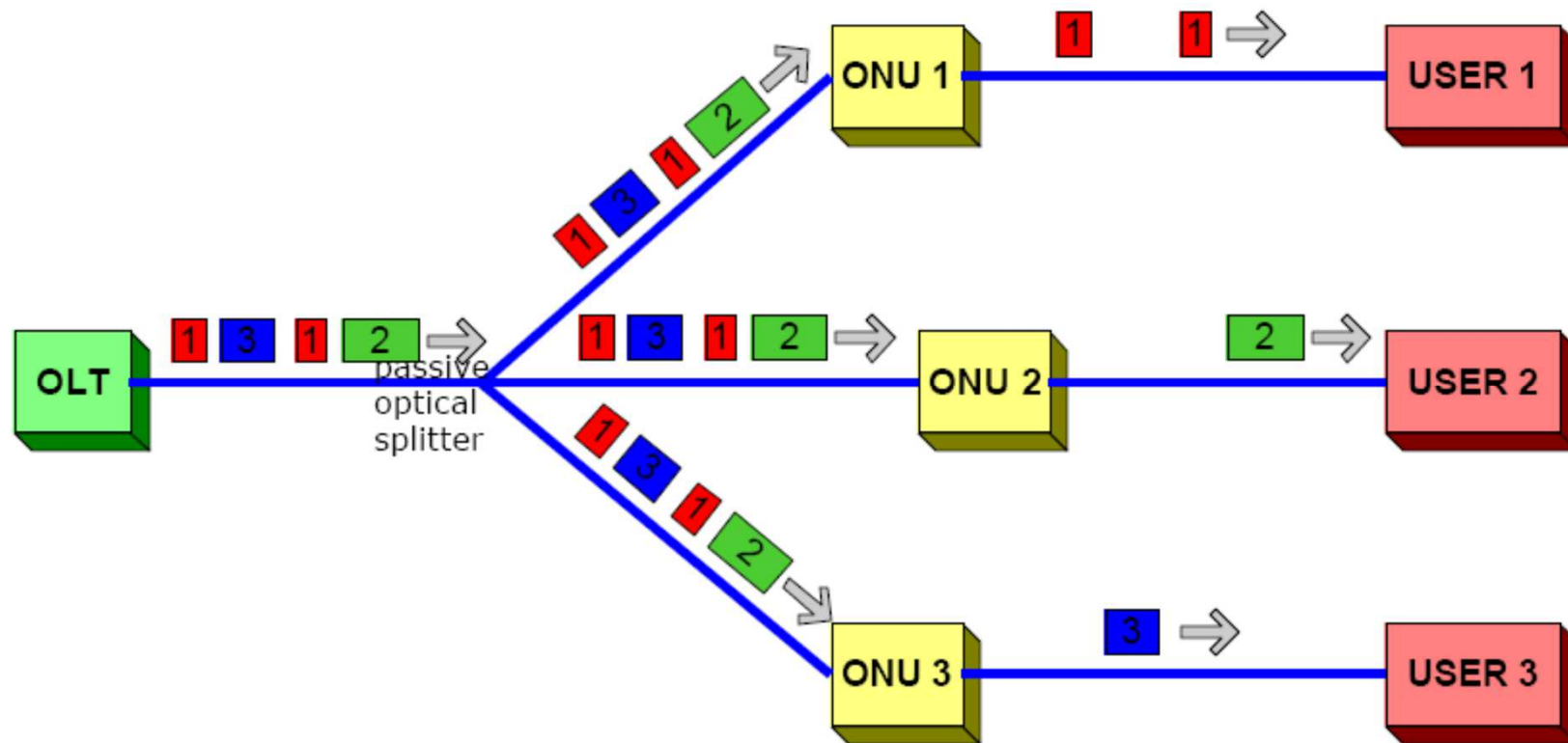
- **APON (ITU-T G.983.1)**
 - Aszimmetrikus le- és feltöltés
 - Letöltés: üzenetszórással, 1490 nm hullámhosszon, 622 Mbps sebességgel.
 - Feltöltés: TDMA hozzáféréssel, 1310 nm hullámhosszon, 155 Mbps sebességgel.
 - Osztás: tápláló kábelenként (OLT portonként) 32 darab elágazás (32 db ONU végberendezés) amely legalább 4,8 Mbps/előfizető feltöltési sebességet garantál.
 - Távolság: a szabvány maximum 20 km-es távolságot enged meg az OLT és az ONU között. (Ha 19 km-re van a splitter ott 1 km-es kört tud kiszolgálni, ha 10 km-re van a splitter ott 10 km-es kört tud kiszolgálni.)
 - Layer 2 protokoll: ATM-AAL

- **BPON ITU-T G.983**
 - Aszimmetrikus le- és feltöltés
 - Letöltés: üzenetszórással, 1490 nm hullámhosszon, 1,244 Gbps sebességgel.
 - Feltöltés: TDMA hozzáféréssel, 1310 nm hullámhosszon, 622 Mbps sebességgel.
 - Osztás: tápláló kábelenként (OLT portonként) 32 darab elágazás (32 db ONU végberendezés) amely legalább 19,4 Mbps/előfizető feltöltési sebességet garantál.
 - Távolság: a szabvány maximum 20 km-es távolságot enged meg az OLT és az ONU között.
 - Layer 2 protokoll: ATM-AAL és overlay RF videó szétosztás 1550 nm hullámhosszon.
 - Támogatott szolgáltatások: POTS, ISDN, adat, CATV, VoD, LAN interconnection, Video Conference.

- **GPON ITU-T (G.984.1 és G.984.2)**
 - Aszimmetrikus vagy szimmetrikus le- és feltöltés
 - Letöltés: üzenetszórással, 1490 nm hullámhosszon, 1,244 vagy 2,5 Gbps sebességekkel.
 - Feltöltés: TDMA hozzáféréssel, 1310 nm hullámhosszon, 155 Mbps, 622 Mbps, 1,244 Gbps vagy 2,5 Gbps sebességekkel.
 - Osztás: tápláló kábelenként (OLT portonként) 64 darab elágazás (64 db ONU végberendezés)
 - Távolság: a szabvány maximum 20 km-es fizikai távolságot enged meg az OLT és az ONU között, de a protokoll lehetővé teszi a 60 km-es távolságot is.
 - Layer 2 protokoll: SDH kompatibilis GFP speciális változata ITU-T G.7041 (GPON Encapsulation Mode, GEM) ATM, Ethernet és TDM is mehet rajta
 - Támogatott szolgáltatások: Full Service: beszéd, TDM, Ethernet, ATM, bérelt vonal, vezetékek nélküli kiterjesztés, stb.

- EPON (IEEE 802.3ah)
 - Szimmetrikus le- és feltöltés
 - Letöltés: üzenetszórással, 1490 nm hullámhosszon, 1 Gbps adatsebességgel.
 - Feltöltés: TDMA hozzáféréssel, 1310 nm hullámhosszon, 1 Gbps adatsebességgel.
 - Osztás: tápláló kábelenként (OLT portonként) 16/32 darab elágazás (16/32 db ONU végberendezés) amely legalább 62,15/31,25 Mbps/előfizető feltöltési sebességet garantál.
 - Távolság: a szabvány maximum 10-20 km-es távolságot enged meg az OLT és az ONU között.
 - Layer 2 protokoll: Gigabit Ethernet sebességű Multi-Point Control Protocol (MPCP)

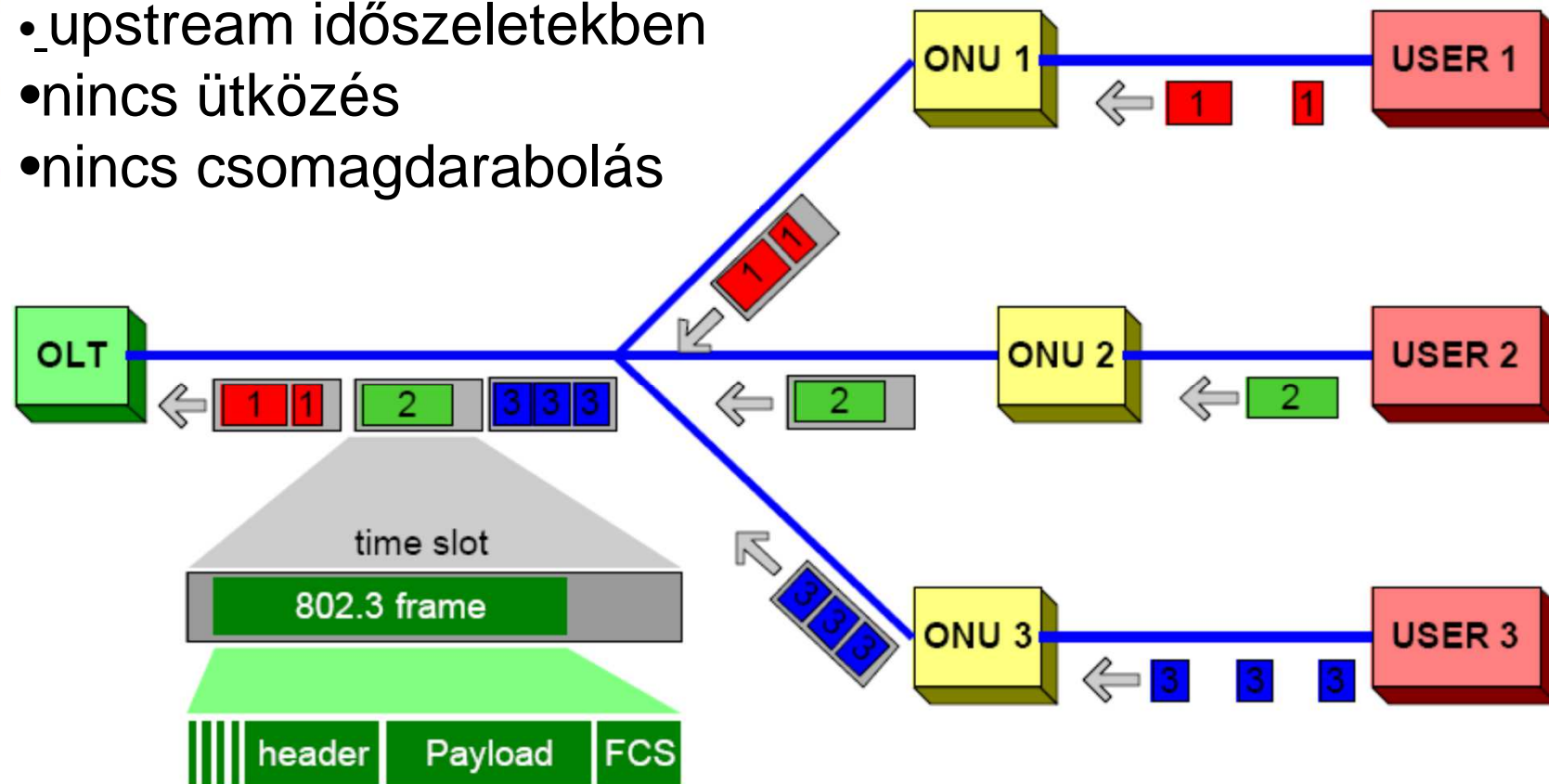
TDM PON - downstream



- downstream : broadcast
- 802.3 keretek extraktálása MAC cím alapján

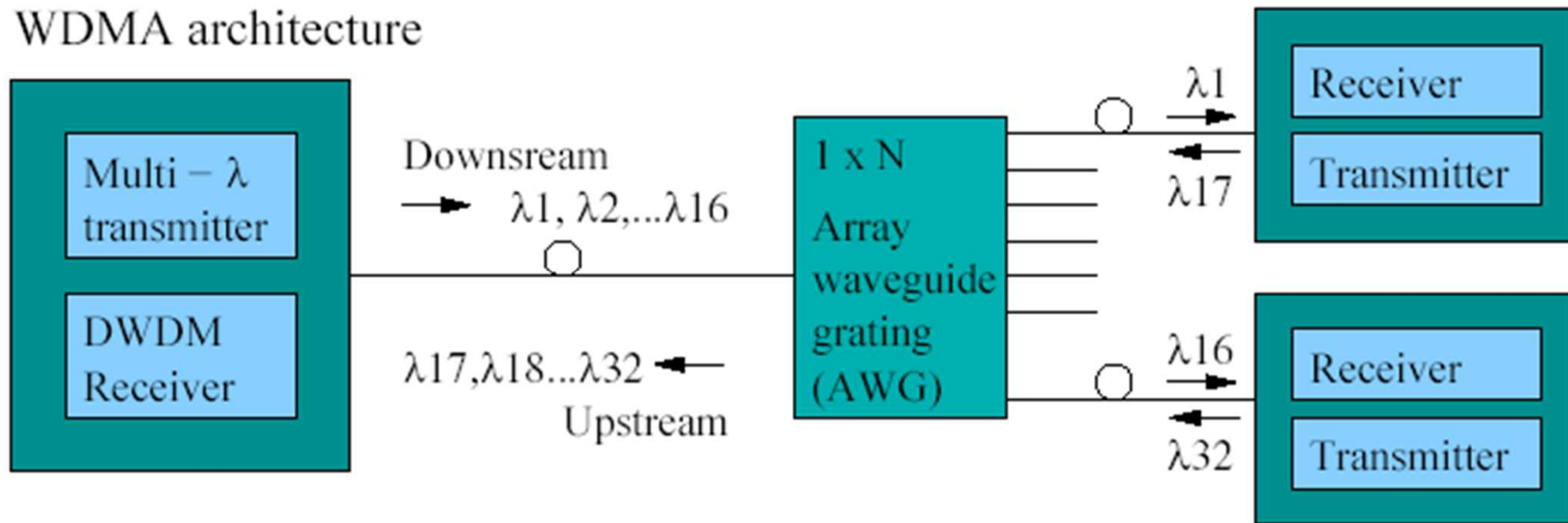
TDM PON - upstream

- upstream időszeltekben
- nincs ütközés
- nincs csomagdarabolás

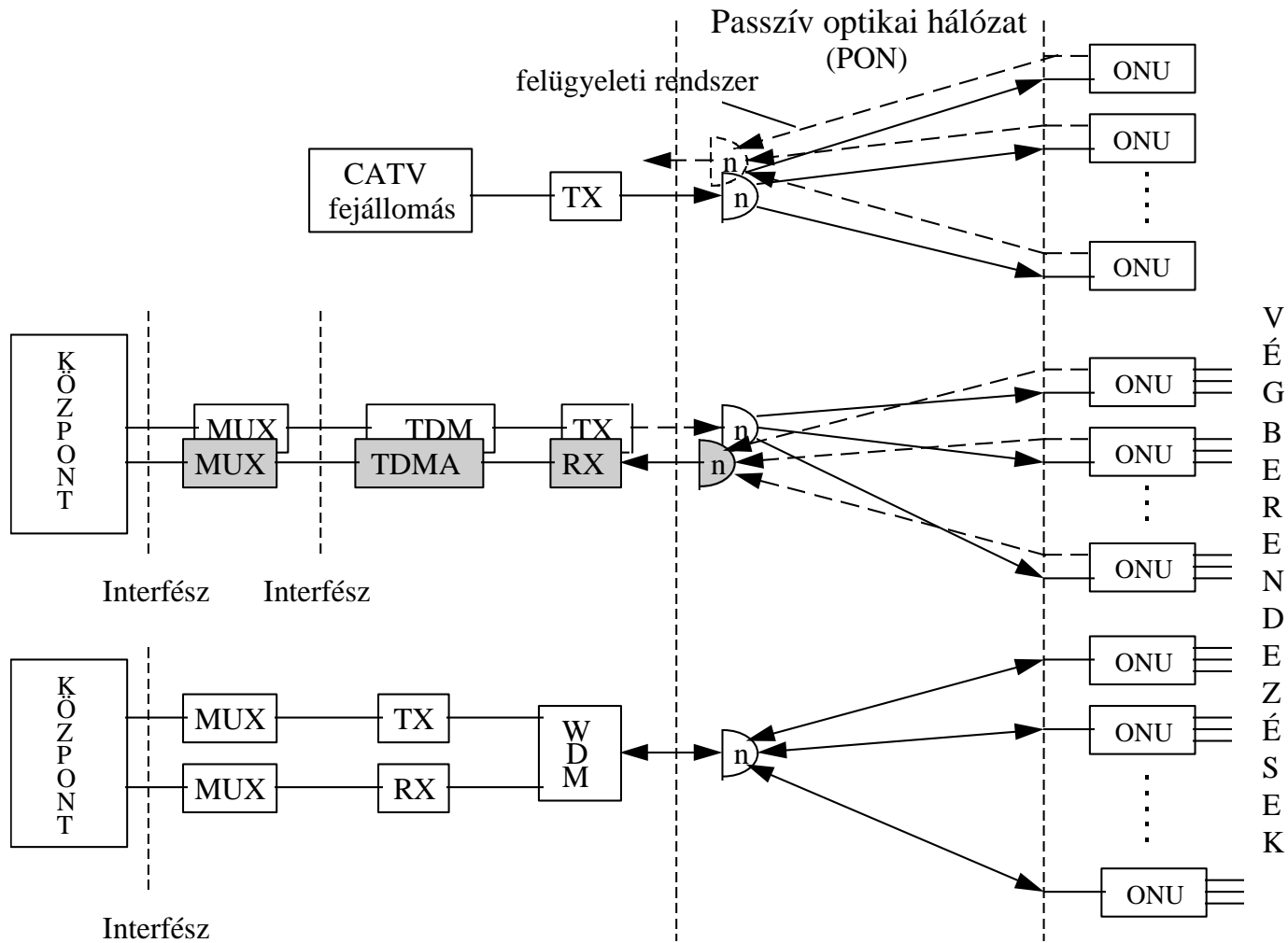


WDM PON

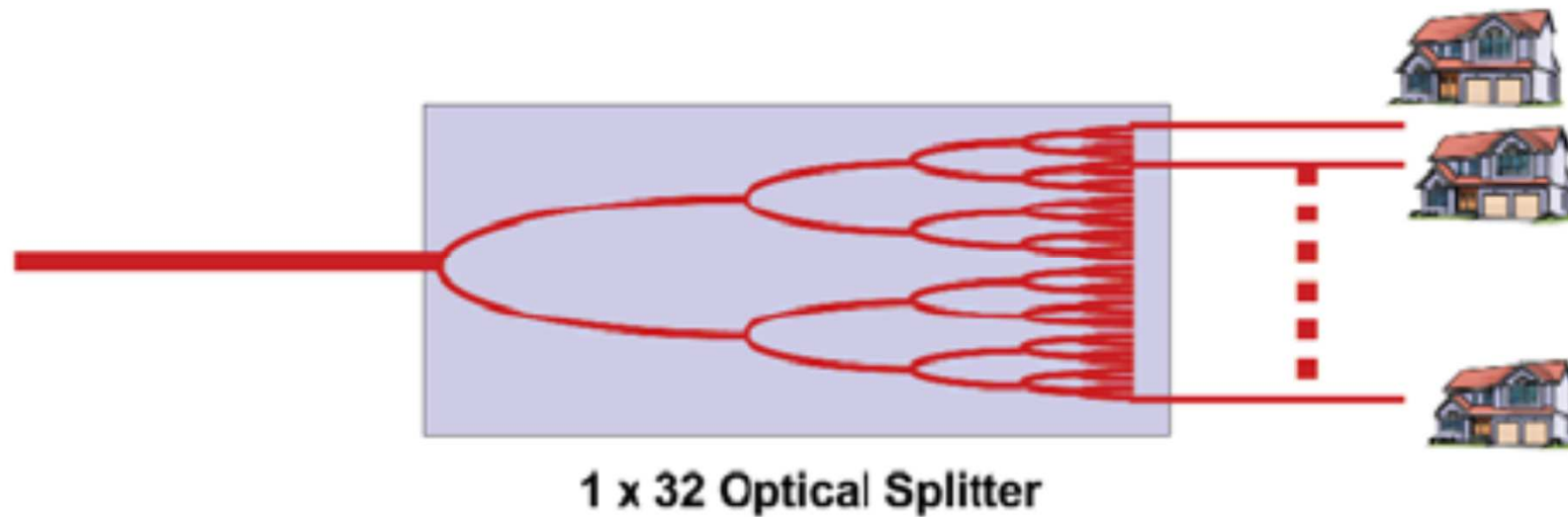
WDMA architecture



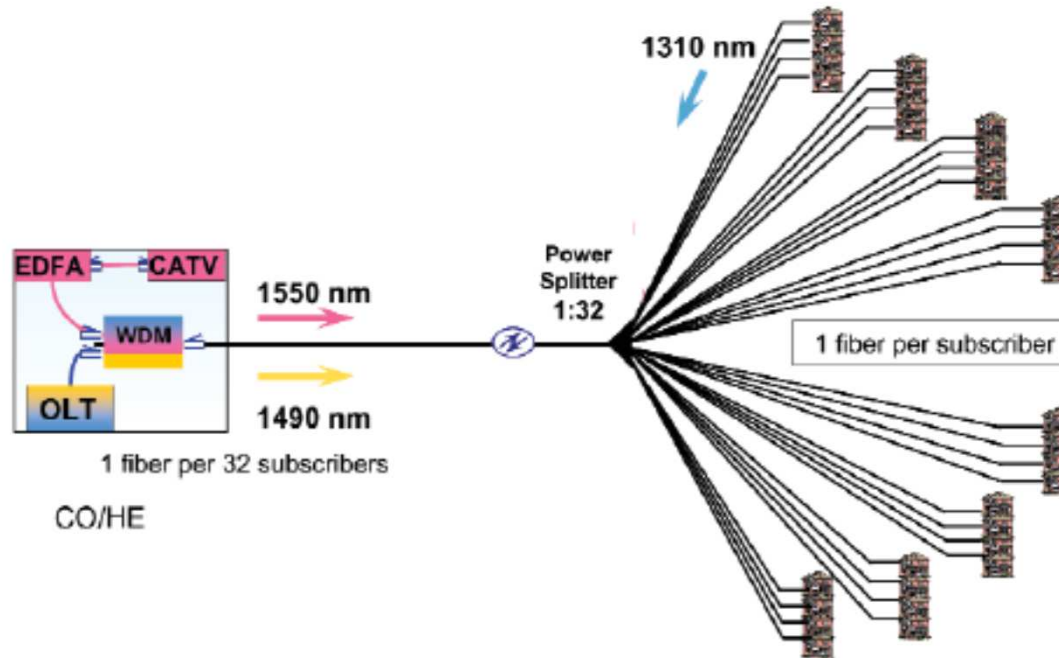
PON topológia



Passzív optikai osztás



TDM PON



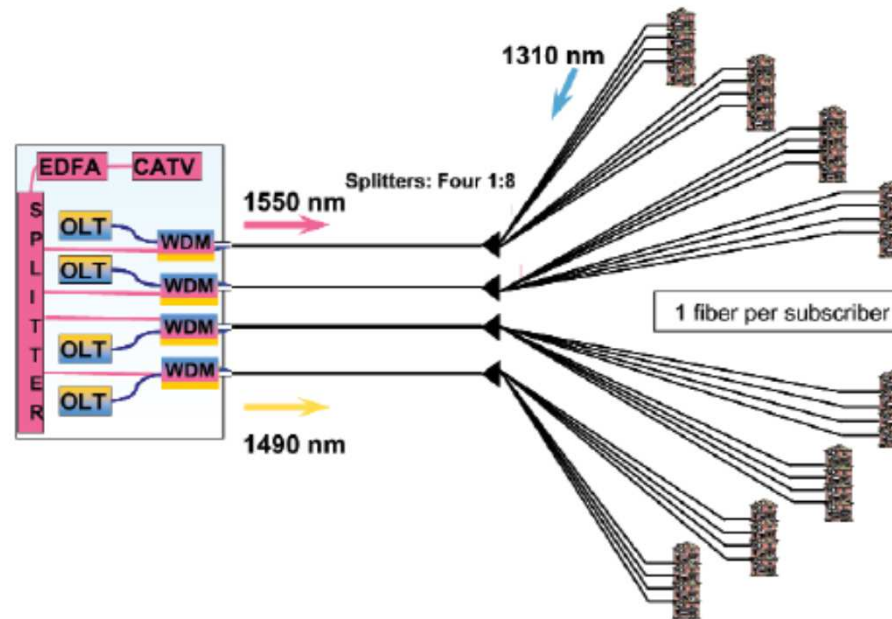
TDM PON : IEEE és ITU

Table 2 – Summary of parameters for various ITU-T and IEEE access standards

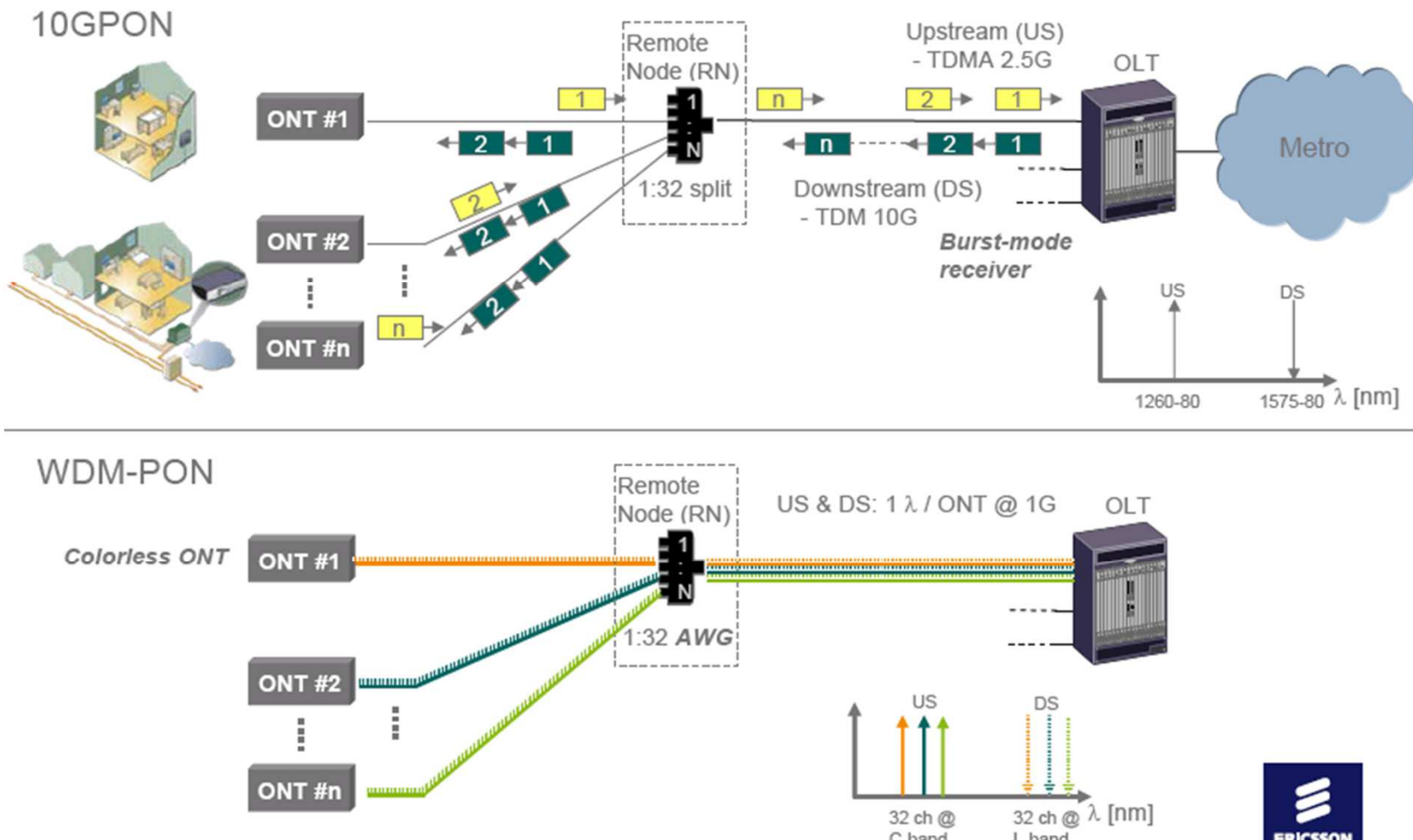
Name (Sorted by class)	Downstream Data bitrate (OLT → ONU Gbit/s)	Upstream Data bitrate (ONU → OLT Gbit/s)	$\lambda_{\square_{down}}$ (OLT → ONU (nm))	$\lambda_{\square_{up}}$ (ONU → OLT (nm))	Optical Budget (dB)	Splitting Ratio	Reach	Approved by organization/date	
IEEE 802.3av-PRX10	10,3125	1,25	1577 (2/+3)	1310 +/- 50	5 - 20	16**	10 km	IEEE/Sept 2009	
IEEE 802.3av-PRX20					10 - 24	16**	20 km		
IEEE 802.3av-PRX30					15 - 29	32**	20 km		
IEEE 802.3av-PR10		10,3125		2,48832	1270 +/- 10	5 - 20	16**		10 km
IEEE 802.3av-PR20						10 - 24	16**		20 km
IEEE 802.3av-PR30						15 - 29	32**		20 km
ITUT-I XG-PON1	9,95328	2,48832	1577 (2/+3)	1270 +/- 10	N1 : 14-29 N2 : 16-31 E1 : 18-33 E2 : 20-35	Up to 1023 (logically)	20-60 km	ITU-T/June 2010	
XG-PON2					9,95328		TBC		20-60 km

(**) Minimum specified by the standard, In IEEE keep in mind that manufacturers implementations can go beyond the standard (it is the case for IEEE 802.3ah standard for E-PON, where the splitting ratio is specified for 1/16 with implementations of 1/32 as it is the case in Japan)

TDM WDM PON



TDM és WDM pont összehasonlítás



Comparison of 10 Gbit/s PON vs WDM-PON
 Stefan Dahlfort (Ericsson)
 September 22, 2009
 ECOC'2009

TDM és WDM pont összehasonlítás

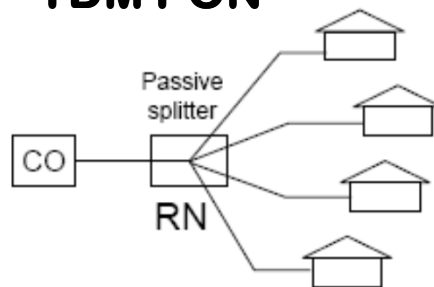
Table 1: Technical comparison: 10GPON and WDM-PON (RE: Reach extender)

Item	10GPON	WDM-PON
DS line rate	10G	1G
US line rate	2.5G	1G
Sub/feeder fiber (split)	N= up to 128	N= up to 64
Reach w/o RE	20 km	50 km
Reach w RE	60 km	100 km
GPON co-existence	Yes	Maybe
BW/sub DS	10G/N	1G
BW/Sub US	2.5G/N	1G

Comparison of 10 Gbit/s PON vs WDM-PON
 Stefan Dahlfort (Ericsson)
 September 22, 2009
 ECOC'2009

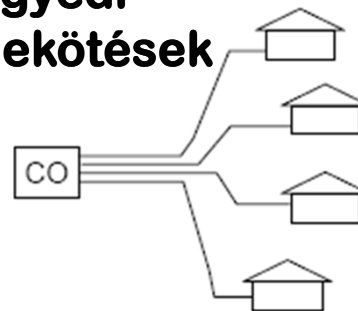
PON architektúrák változatok

TDM PON



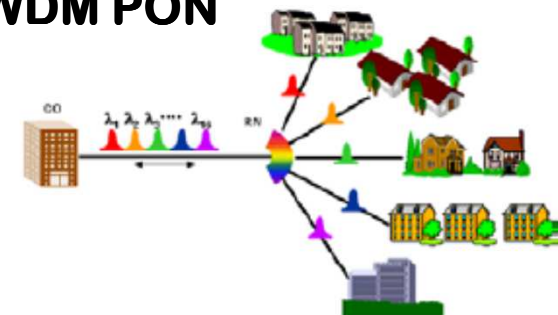
- minimális optikai szál szükséglet
- minimális helyigény és végződtetési funkció a hálózati oldalon
- az US és DS sáv szélességen osztoznak a különböző távolságra lévő felhasználók (terjedési idő, jelszint, sáv szélesség skálázás, ütemezés komplexitása)
- Felhasználói oldalon nagyobb sebességű eszközök, mint kommunikációs igény (TDM)
- fejlesztési korlátok (közös és osztott funkciók)

egyedi bekötések



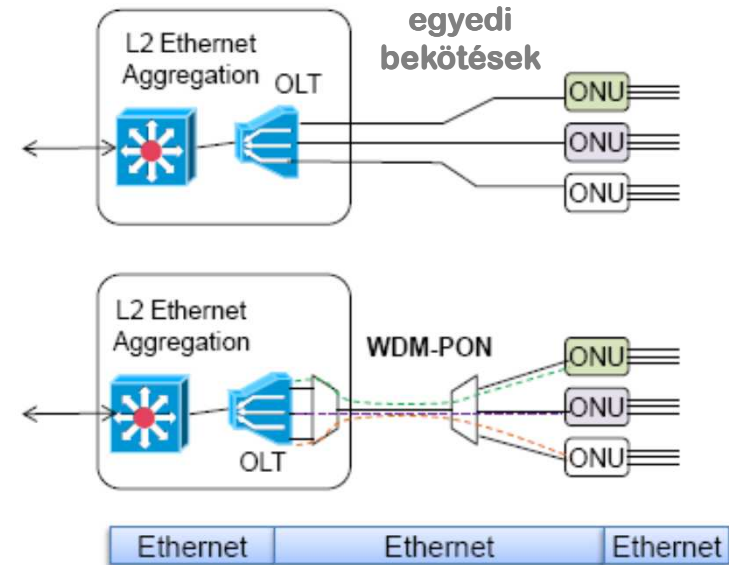
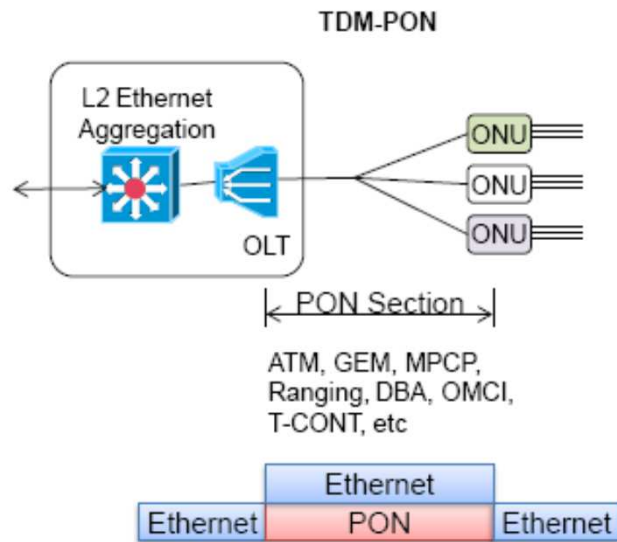
- Időtálló, transzparens (protokoll, sebesség) architektúra
- dedikált infrastruktúra: privacy, sáv szélesség-skálázás
- felhasználó-specifikus skálázhatóság
- felhasználónkénti szálak, felhasználónkénti adók és vevők a hálózati oldalon (hely, tápellátás)

WDM PON

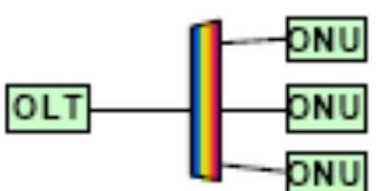
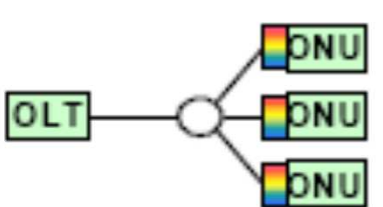


- minimális optikai szál szükséglet és helyigény a hálózati oldalon
- időtálló transzparens hullámhossz minden egyes felhasználóhoz

PON architektúrák protokoll vonatkozásai




WDM PON funkciók 1.: RN

	Application	Issue	Note
<p>Wavelength-router-based WDM-PON</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Long reach (metro/access integration) • Short reach (last one mile) for green field 	<ul style="list-style-type: none"> • Colorless ONU • Protection for long reach 	<ul style="list-style-type: none"> • Wavelength allocation is basically static.
<p>Power-splitter-based WDM-PON</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Short reach (last one mile) for migration from legacy PONs 	<ul style="list-style-type: none"> • Colorless ONU 	<ul style="list-style-type: none"> • Dynamic wavelength allocation is possible [9].

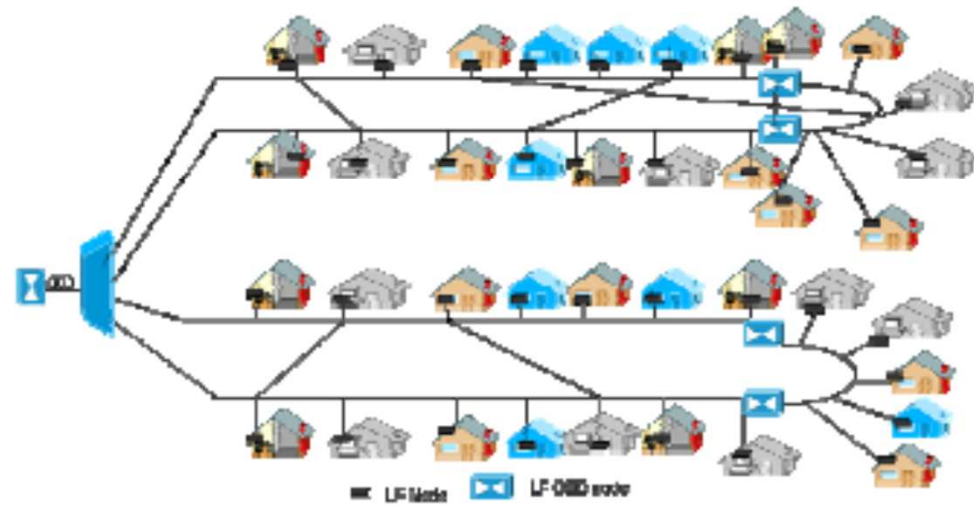
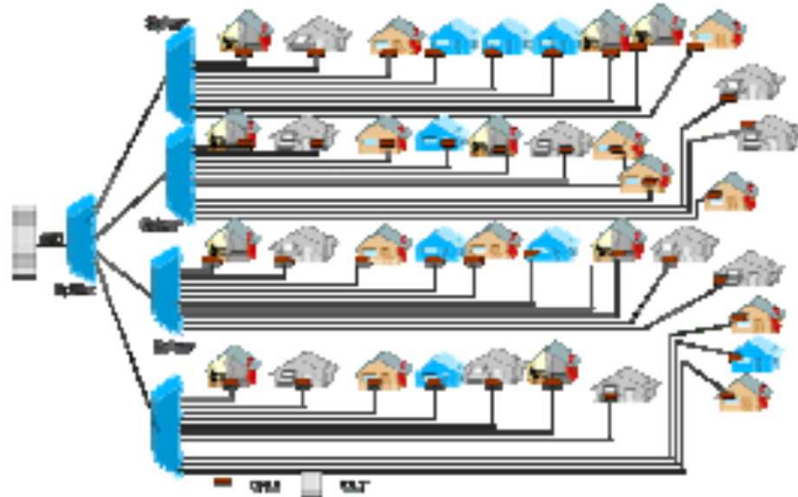
WDM PON funkciók 2.: Colorless ONU

	Local emission		Wavelength supply	
	Wavelength tuning	Spectrum slicing	Injection locking	Loop back
ONU configuration			1 fiber 2 fiber	1 fiber 2 fiber
Number of fibers	1	1	1 or 2	1 or 2
Coherency of upstream-signal light	Coherent	Incoherent	Depends on the locking condition and the type of seed light	Depends on the type of seed light
Typical transmission rate	~10 Gbps or over	~2.5 Gbps (~10 Gbps with FEC [12])	<1 Gbps (ASE-seeded/1-fiber)	~1 Gbps (ASE-seeded/1-fiber/direct-mod) ~10 Gbps (LD-seeded/2-fiber/ext-mod)
Technical issues	Low-cost implementation	Beat noise of BLS	<ul style="list-style-type: none"> •Back reflection •SNR of seed light •Insufficient locking [14],[15] 	<ul style="list-style-type: none"> •Back reflection •SNR of seed light
Wavelength control at ONU	In the case of power-splitter-based WDM-PON, the wavelength control of TLD and wavelength selectors are needed. In the case of wavelength-router-based WDM-PON, no wavelength selectors are needed, and thus only the wavelength control of TLD is needed.			

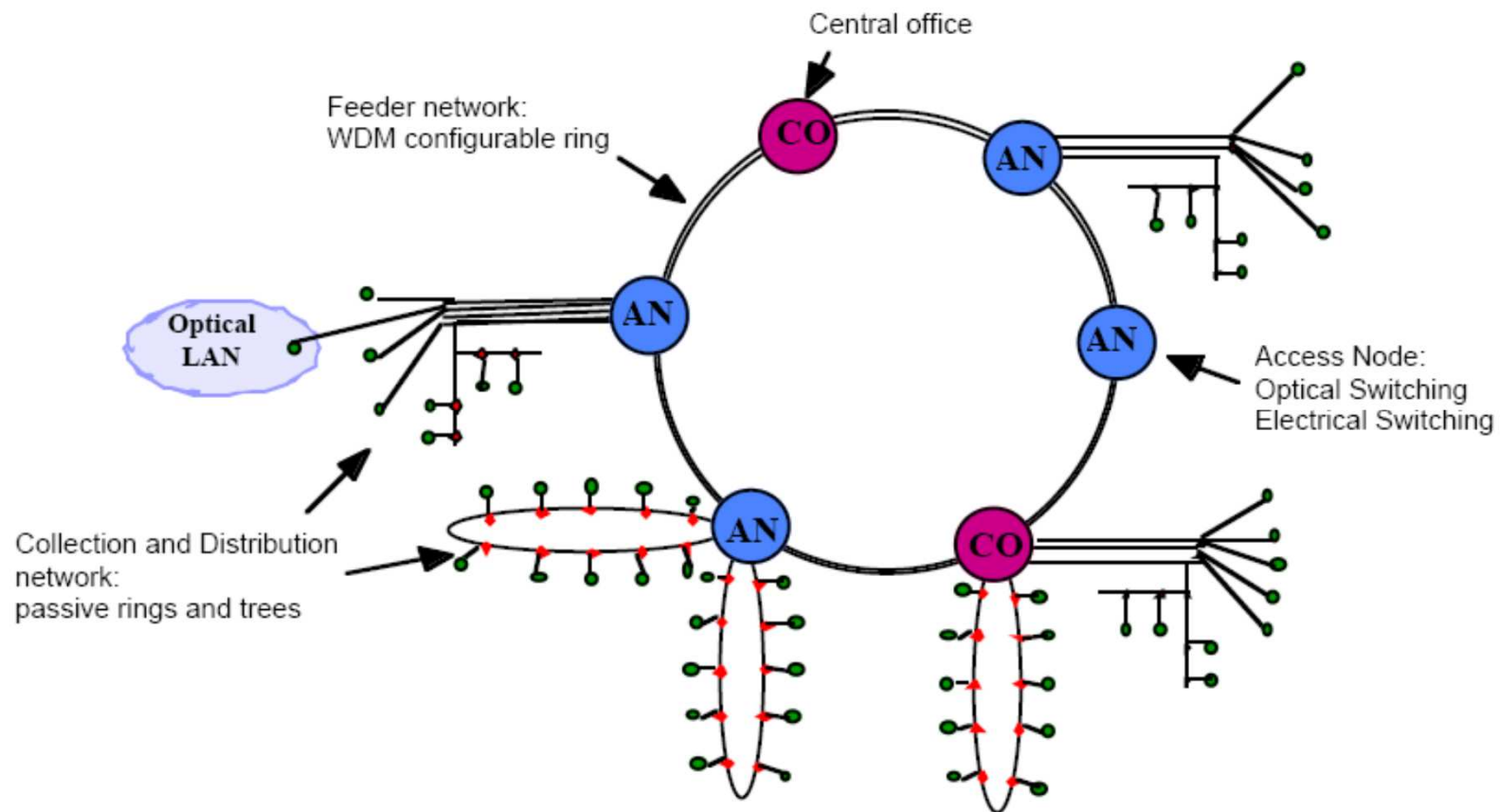
TLD: Tunable laser diode, BLS: Broadband light source, Rx: Receiver :Wavelength selector (WS)
Mod: Modulator, Amp: Optical amplifier

FEC: forward error correction; FP-LD; Fabry–Perot laser diode; ASE, amplified spontaneous emission; SNR; signal-to-noise ratio.

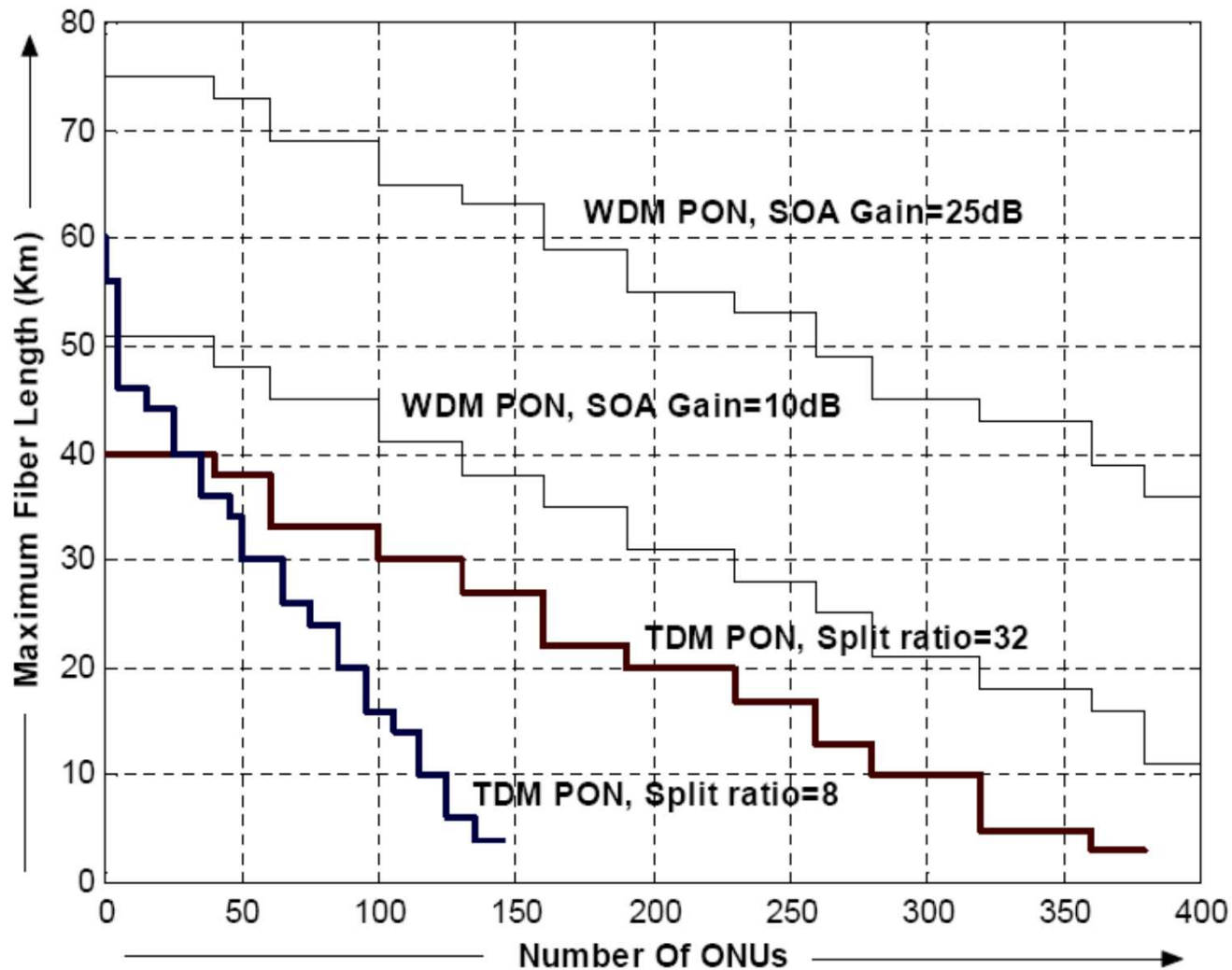
PON és Light Mesh



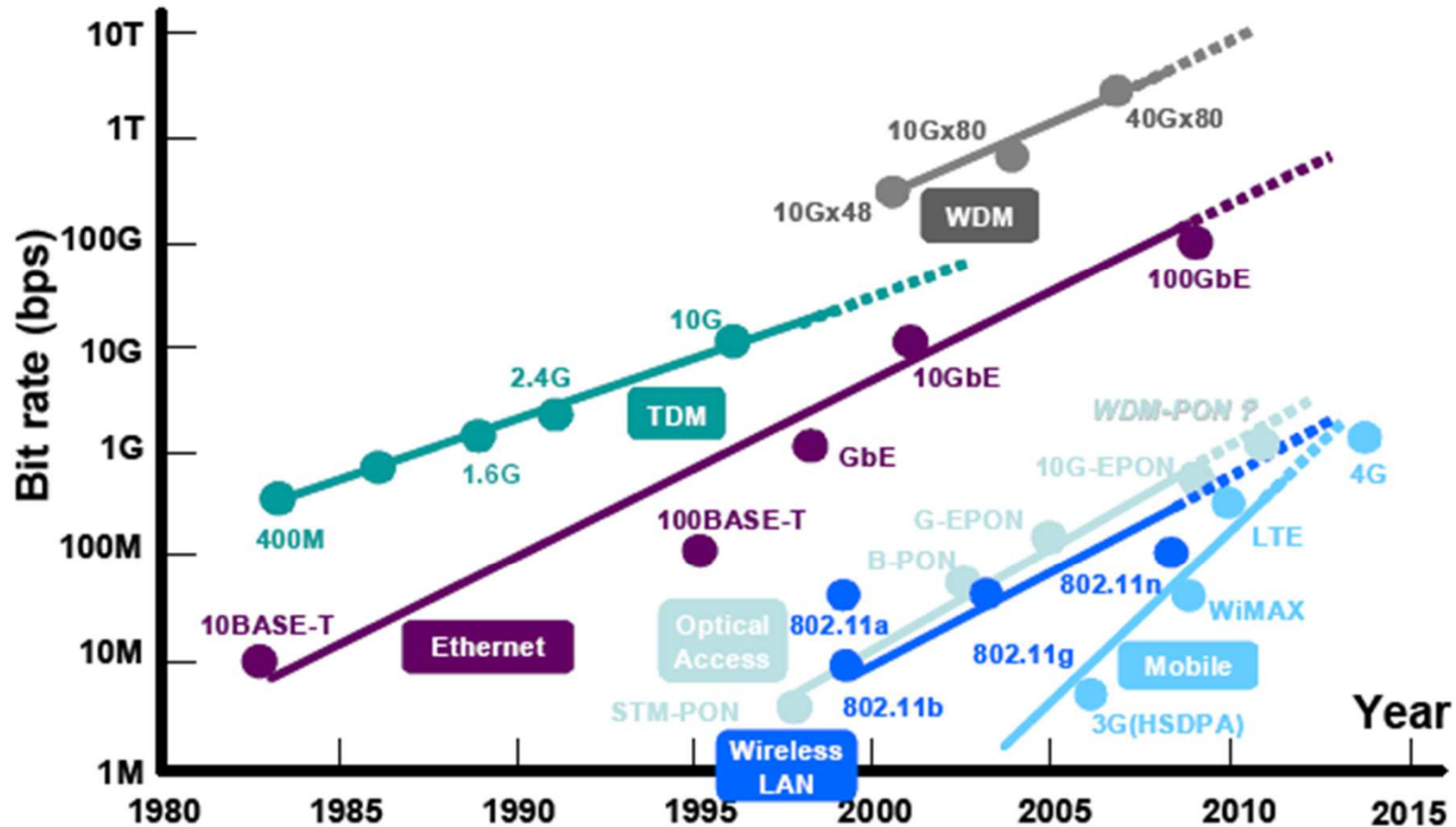
PON architektúra: WDM gyűjtőgyűrű és különböző hozzáférési megoldások



Távolság vs. #ONU



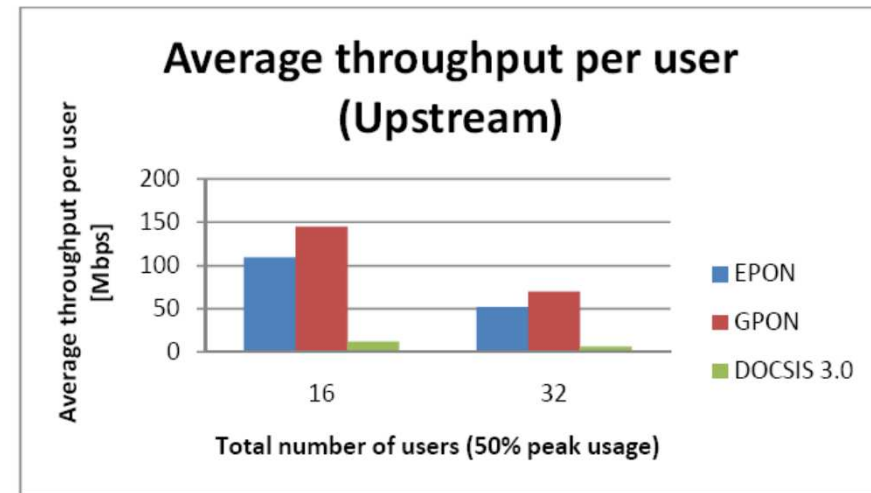
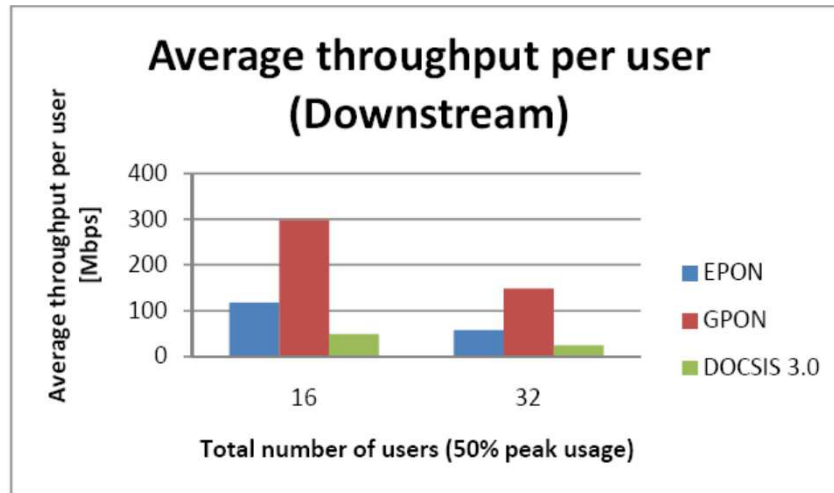
Hozzáférések sávszélessége

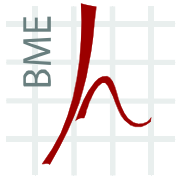


PON hálózat



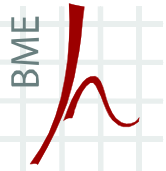
EPON – GPON – DOCSIS



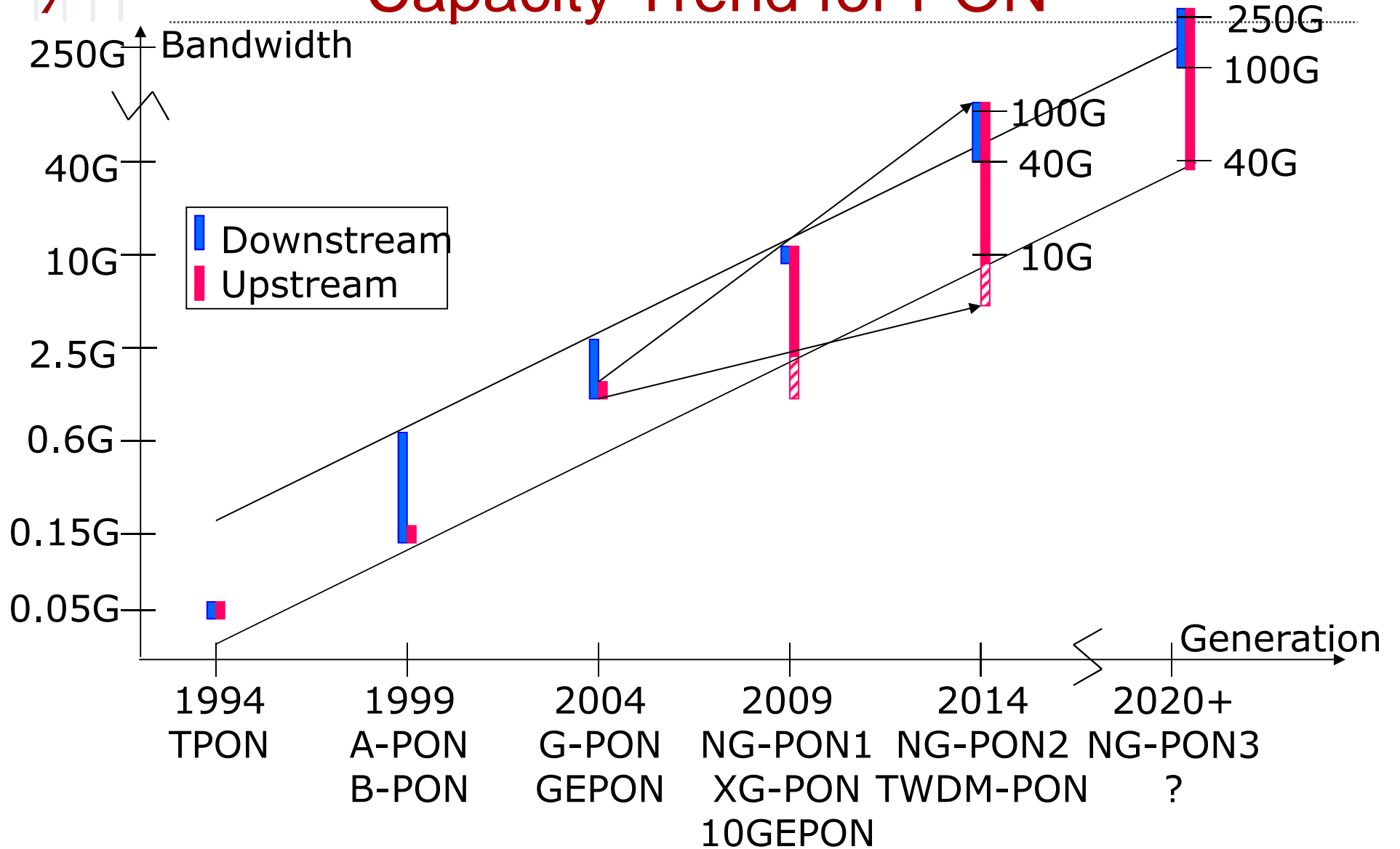


PON KIEGÉSZÍTÉSEK 2015

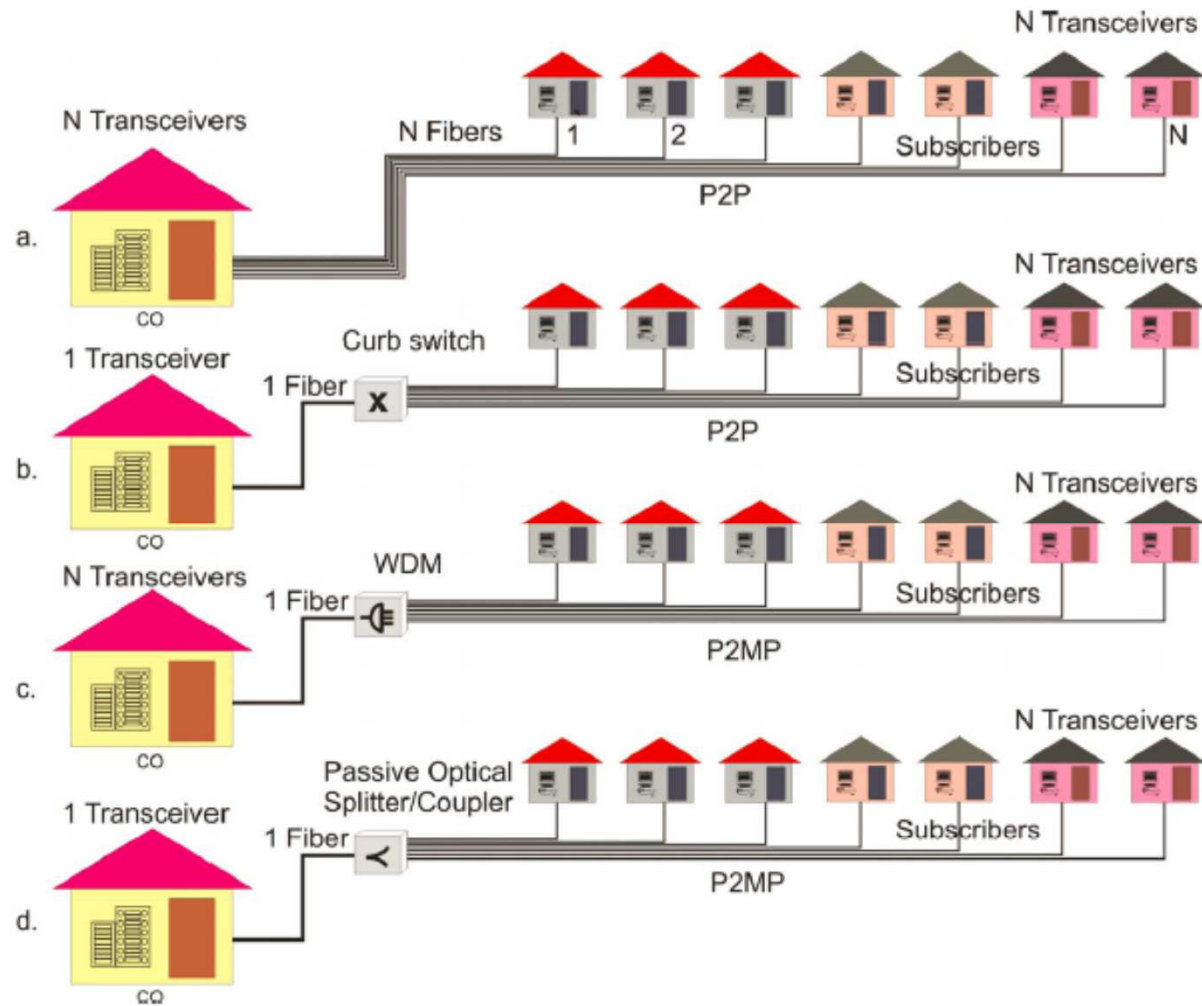




Capacity Trend for PON

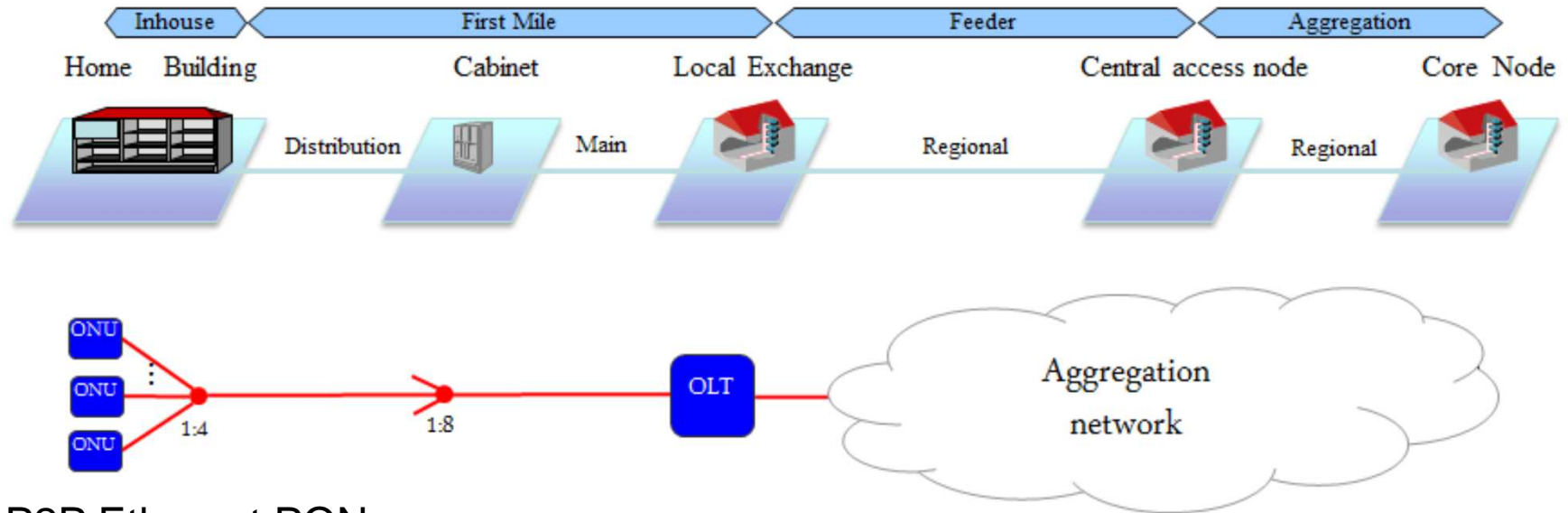


Basic PON architectures

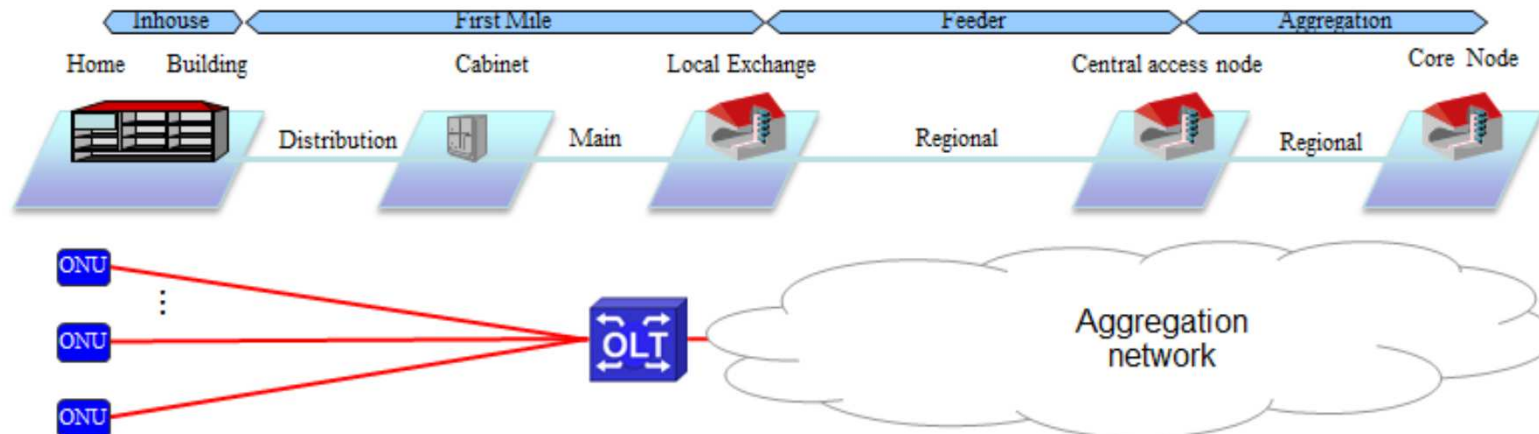


Basic PONs

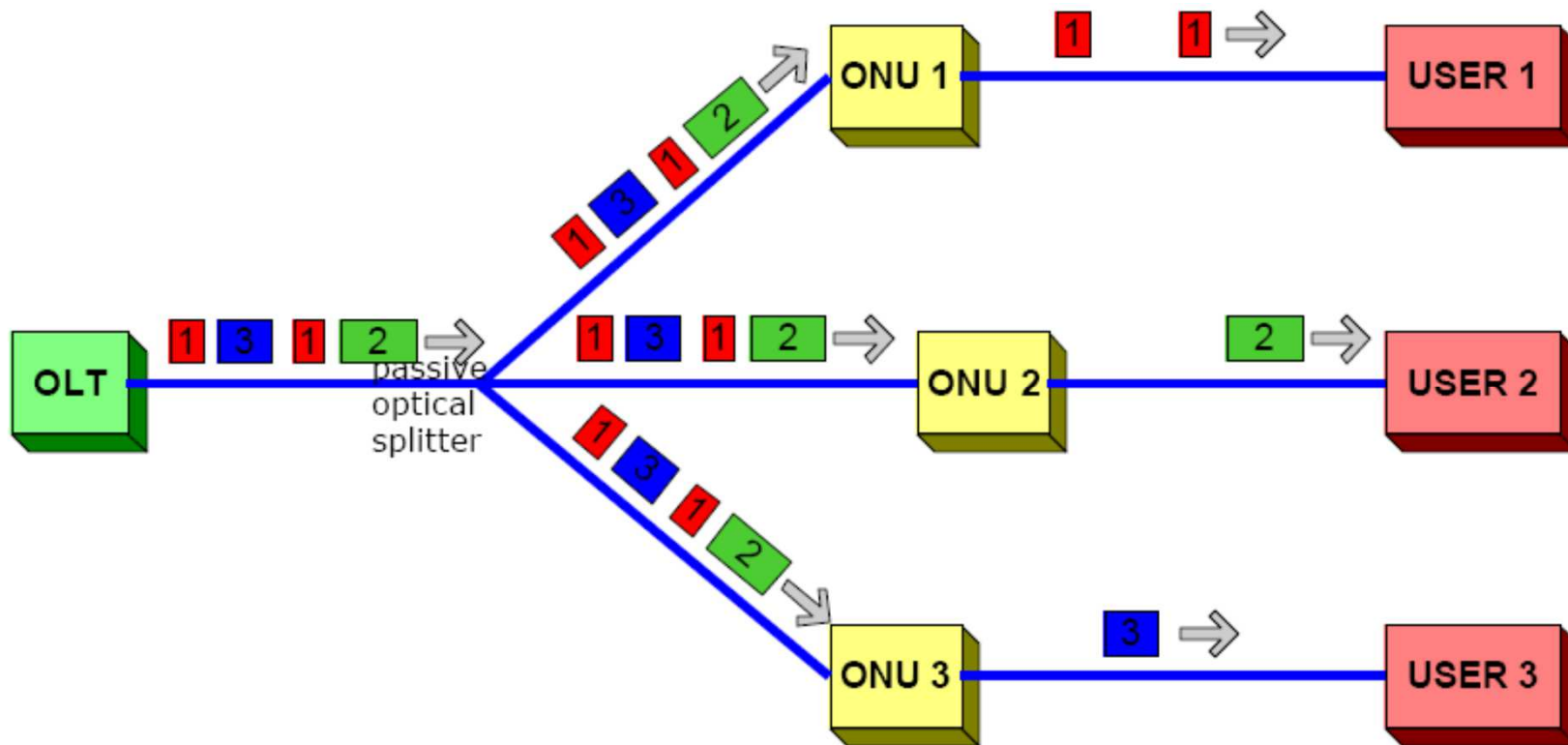
P2MP TDM PON



P2P Ethernet PON



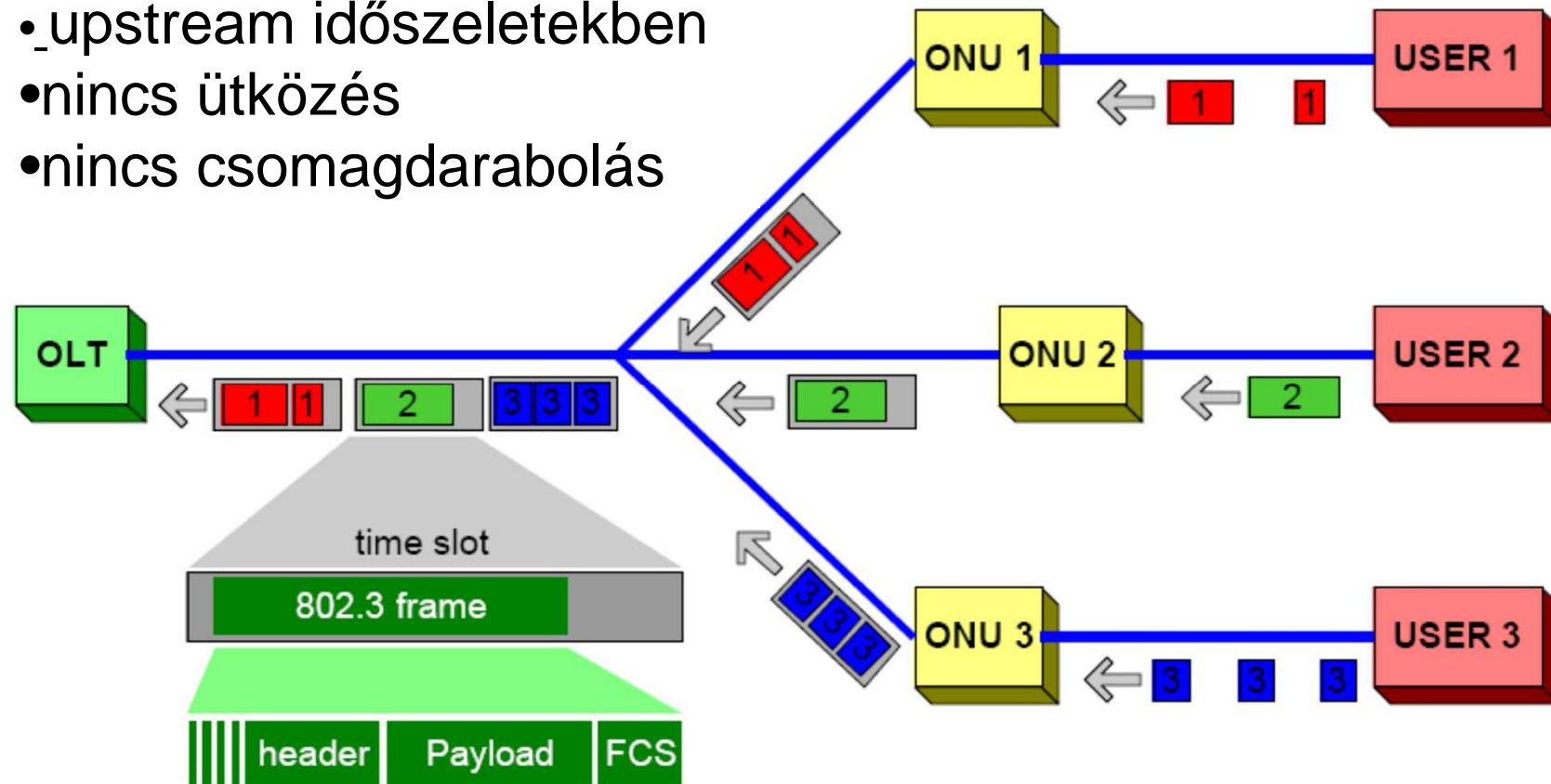
TDM PON - downstream

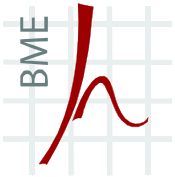


- downstream : broadcast
- 802.3 keretek extraktálása MAC cím alapján

TDM PON - upstream

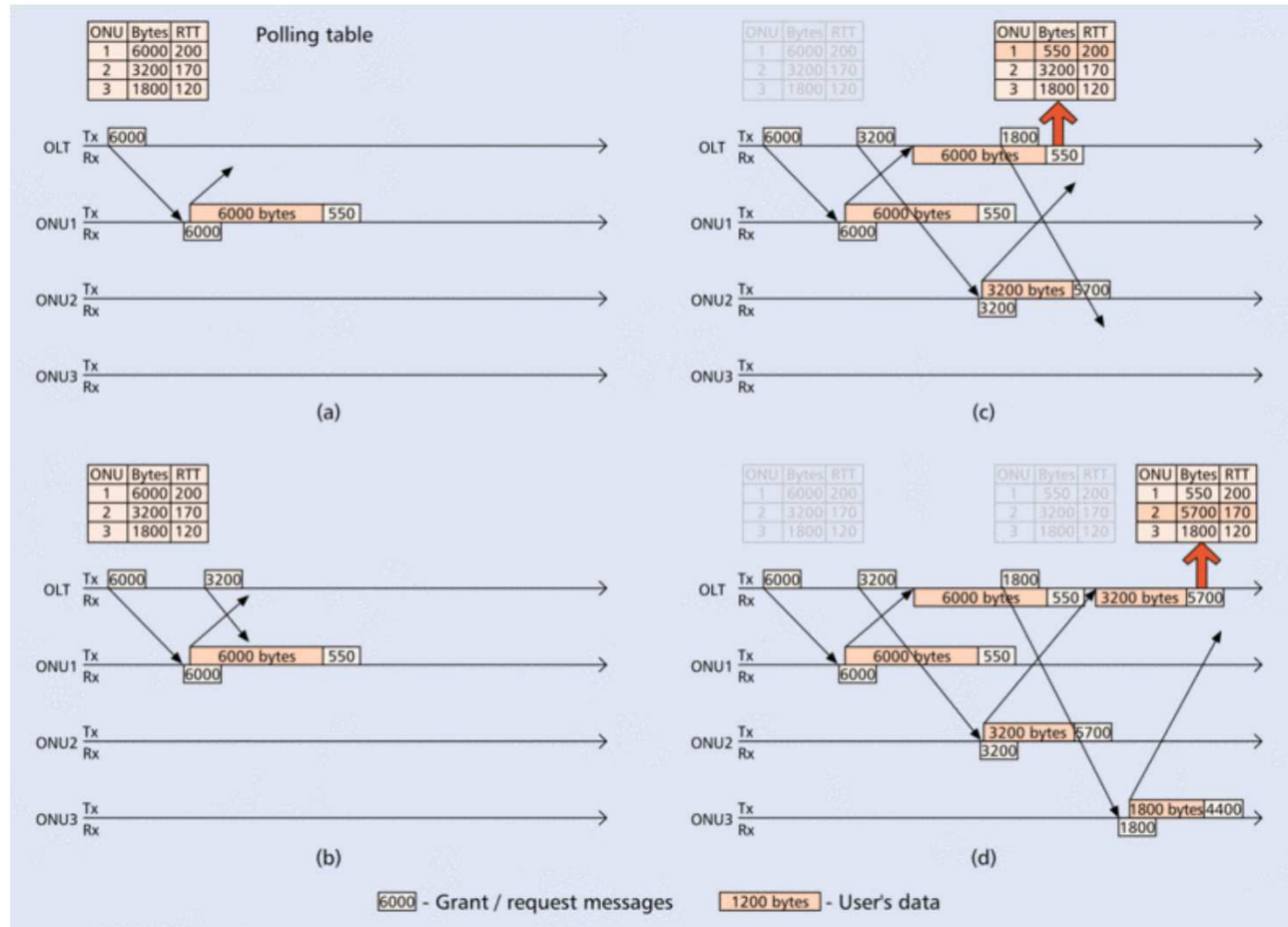
- upstream időszeltekben
- nincs ütközés
- nincs csomagdarabolás





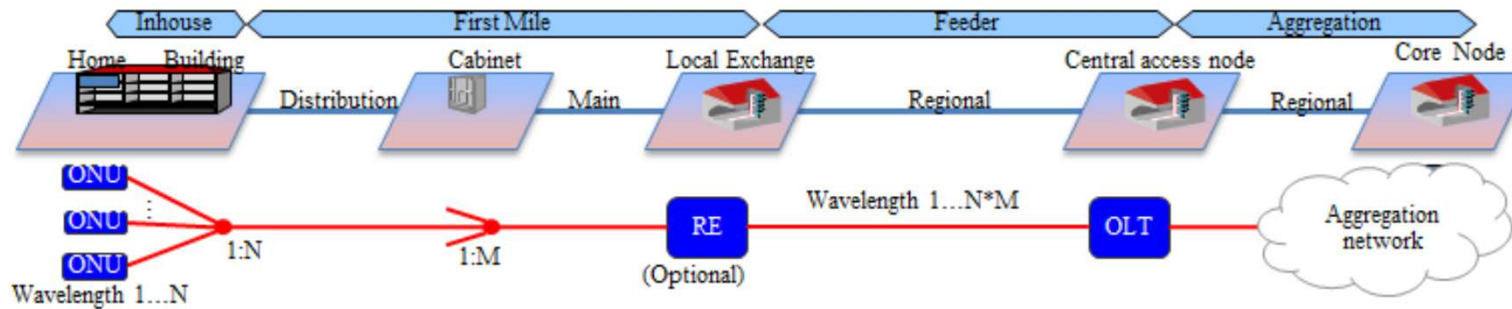
TDM PON: DBA

DBA: Dynamic Bandwidth Allocation

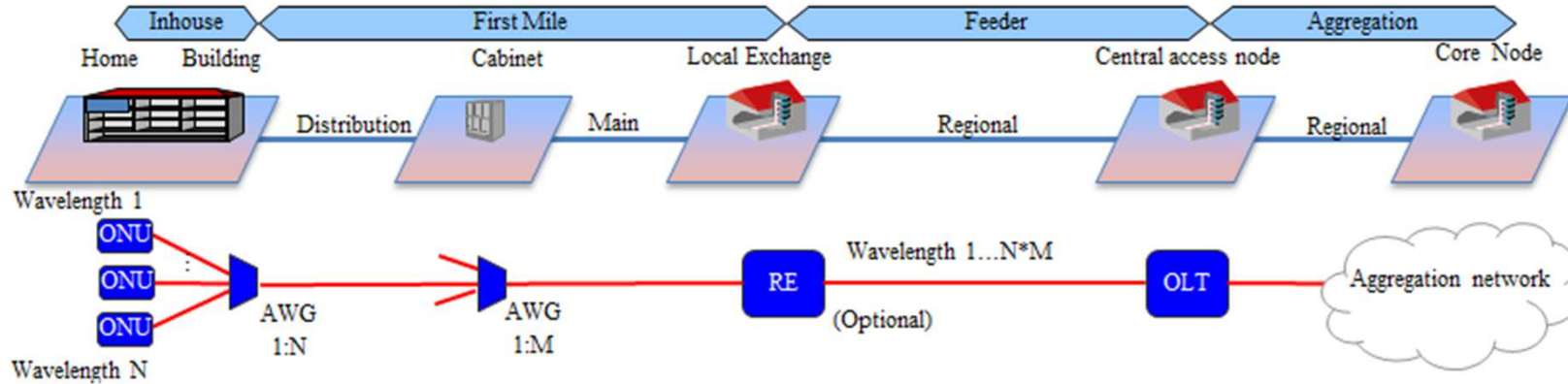


WDM PONs

Broadcast and Select WDM PON

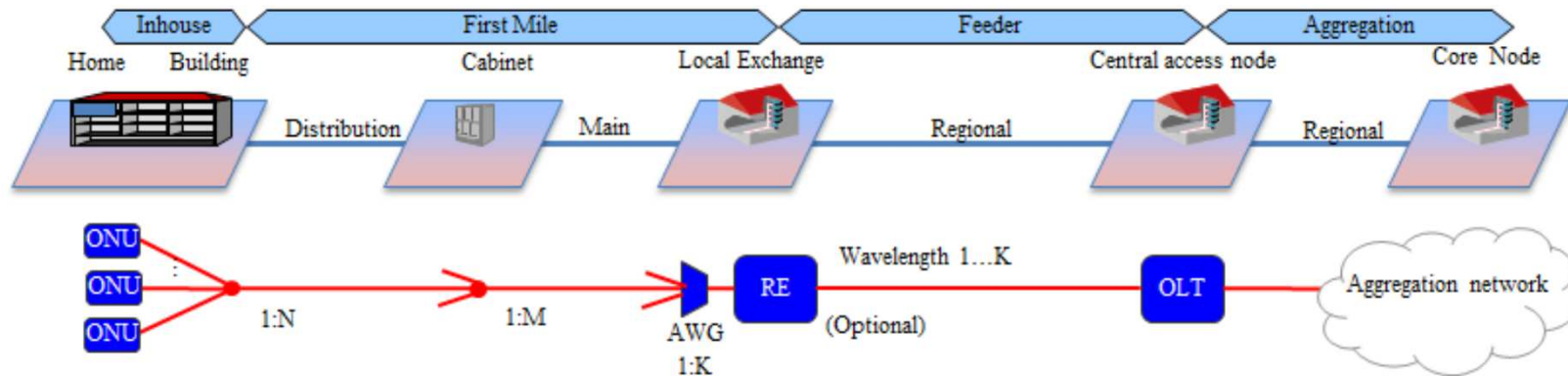


Wavelength Routed WDM PON

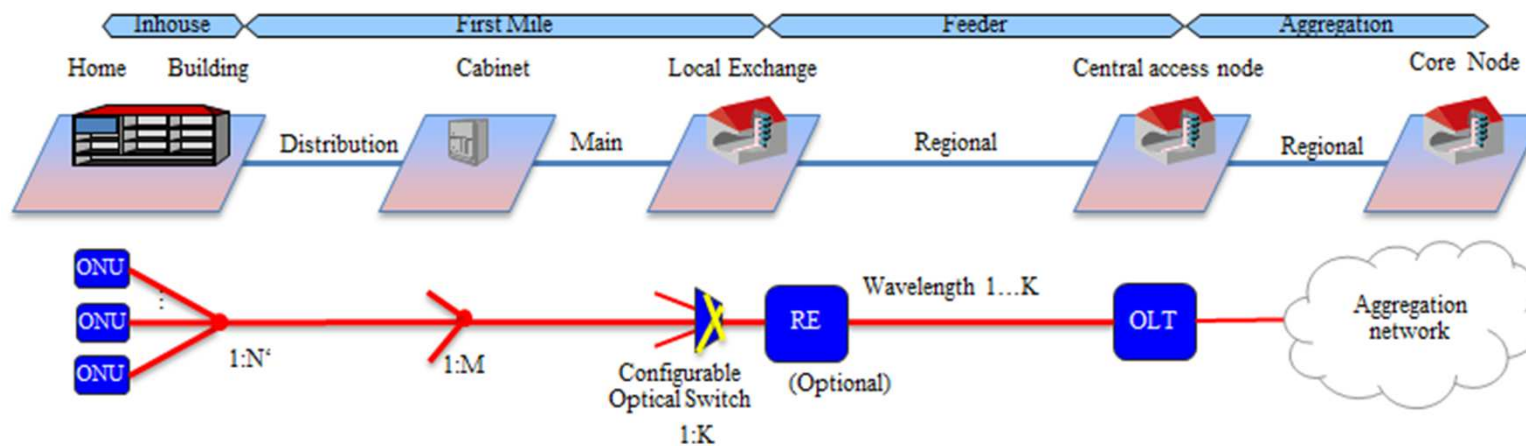


WDM/TDM PONs

Passive hybrid WDM/TDM PON

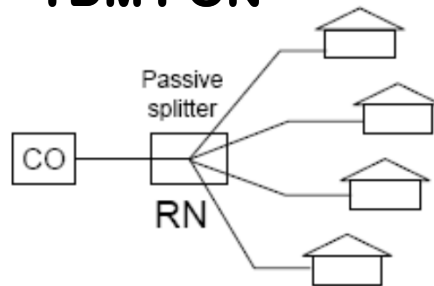


Semi-passive hybrid WDM/TDM PON



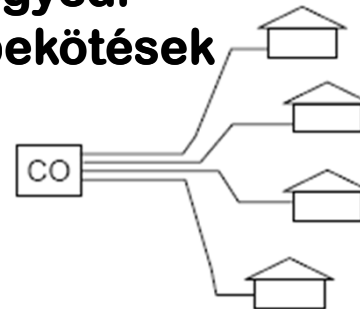
PON architektúrák változatok

TDM PON



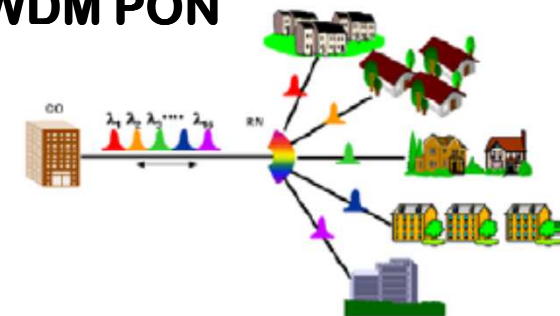
- minimális optikai szál szükséglet
- minimális helyigény és végződtetési funkció a hálózati oldalon
- az US és DS sáv szélességen osztoznak a különböző távolságra lévő felhasználók (terjedési idő, jelszint, sáv szélesség skálázás, ütemezés komplexitása)
- Felhasználói oldalon nagyobb sebességű eszközök, mint kommunikációs igény (TDM)
- fejlesztési korlátok (közös és osztott funkciók)

egyedi bekötések






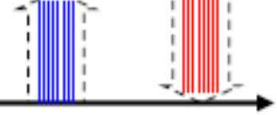
- Időtálló, transzparens (protokoll, sebesség) architektúra
- dedikált infrastruktúra: privacy, sáv szélesség-skálázás
- felhasználó-specifikus skálázhatóság
- felhasználónkénti szálak, felhasználónkénti adók és vevők a hálózati oldalon (hely, tápellátás)

WDM PON



- minimális optikai szál szükséglet és helyigény a hálózati oldalon
- időtálló transzparens hullámhossz minden egyes felhasználóhoz

Összehasonlítás

	TDM	TWDM	WDM	OFDM
				
Rate (Down/Up)	40/10G	4x (10/2.5G)	Nx(1/1)G	40/10G
Optical budget	31 dB	37.5 dB	29-43 dB	30-36.5 dB
Split	64 (*)	64 (*)	80	64 (*)
Reach	<40 km (°)	<40 km	<20-60 km	<100 km (°)
System maturity	Research	Development	Development	Research
Cost (L ↔ H)	\$ ↔ \$\$\$	\$ ↔ \$\$	\$\$ ↔ \$\$\$	\$\$ ↔ \$\$\$\$
Power OLT	Low	Low	High	Medium
Power ONU	Medium	Medium	Low	High

(*) typical split for passive split PON – actual split is trade off with reach within optical budget

(°) dispersion limit – actual reach is trade off with split within optical budget

