



ČESKÉ
VYSOKÉ
UČENÍ
TECHNICKÉ
V PRAZE

**FAKULTA
ELEKTROTECHNICKÁ**
KATEDRA TELEKOMUNIKAČNÍ TECHNIKY



Co je a není přípojka NGA

Jiří Vodrážka

Definice NGA...



Co jsou přístupové sítě nové generace?

- Doporučení Komise 2010/572/EU:
 - kabelové přístupové sítě, které sestávají **zcela nebo zčásti z optických prvků...**
- Sdělení Komise 2013/C 25/01:
 - **Bezdrátové spoje** slouží k substituci či podpoře sítí NGA:
 - k překlenutí posledního úseku sítě, jako substituce pevného připojení uživatele v případech odůvodněných technicky, ekonomicky, geograficky apod.
 - k překlenutí místa trasy pevným bezdrátovým spojem
 - k připojení **základnových stanic buňkové sítě**

Broadband a NGA...



NGA přístupové sítě

- ▶ Jsou schopné dodávat služby širokopásmového přístupu s dokonalejšími vlastnostmi ve srovnání se stávajícími základními širokopásmovými sítěmi (ADSL2+, DOCSIS 2.0, UMTS)
 - Magické hranice 30 a 100 Mbit/s do roku 2020
- ▶ **Sítě NGA mají mít alespoň následující vlastnosti:**
 - spolehlivé poskytování služeb při současném zajištění velmi vysoké rychlosti na účastníka
 - podpora vyspělých digitálních služeb včetně konvergovaných služeb spočívajících plně na technologii IP
 - podstatně vyšší rychlost uploadu (ve srovnání se základními širokopásmovými sítěmi)

Cíle dle strategie Digitální Česko



Přenosové rychlosti (downstream)

- ▶ Do roku 2015 - 30 Mbit/s u 30% účastníků
- ▶ Do roku 2020
 - alespoň 30 Mbit/s pro všechny domácnosti
 - 100 Mbit/s pro polovinu domácností

Zpřesňování definice přípojek pro účely:

- Mapování bílých míst (ČTÚ)
- Dotace pro výstavbu NGA (MPO)
 - Pasivní infrastruktura
 - Splnění řady podmínek
 - Pokrytí populace (bílá místa)
 - Sdílení sítí
 - Udržitelnost
 - U nových přípojek upgrade z 30 na 100



Mapované technologie



Technologie sledované ČTÚ (mapování stavu)

- Optické vlákno (plus hybridní sítě)
 - FTTH
 - FTTB
 - FTTCab
- Metalické vedení (symetrický pár, koaxiální kabel)
 - xDSL - VDSL2
 - CATV - DOCSIS 3.x
- Bezdrátový přenos
 - Wi-Fi
 - FWA
- ▶ Jaké jsou podmínky pro splnění rychlosti downstream
 - 30 Mbit/s
 - 100 Mbit/s?

Rozbor přenosové rychlosti



Rozhraní 100BASE-x

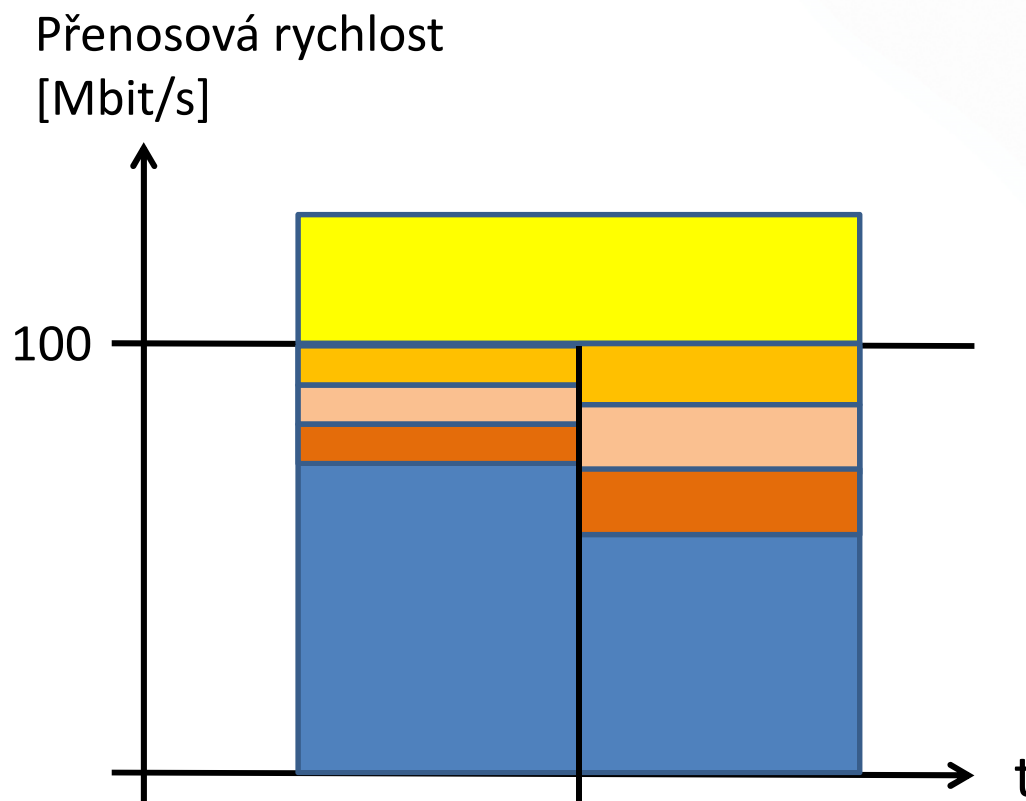
Režie přenosu/záhlaví

1. Fyzické (125 MBd)
2. Spojové (38/42B)
3. Síťové (20B IPv4)
4. Transportní vrstvy (20B)

Vrstvový model TCP/IP resp.
RM-OSI

Problém

- režie L2 až L4 záhlaví přímo závislá na uživatelském provozu (velikosti paketu)



Rozbor přenosové rychlosti



Rychlost 100 Mbit/s na aplikační vrstvě...

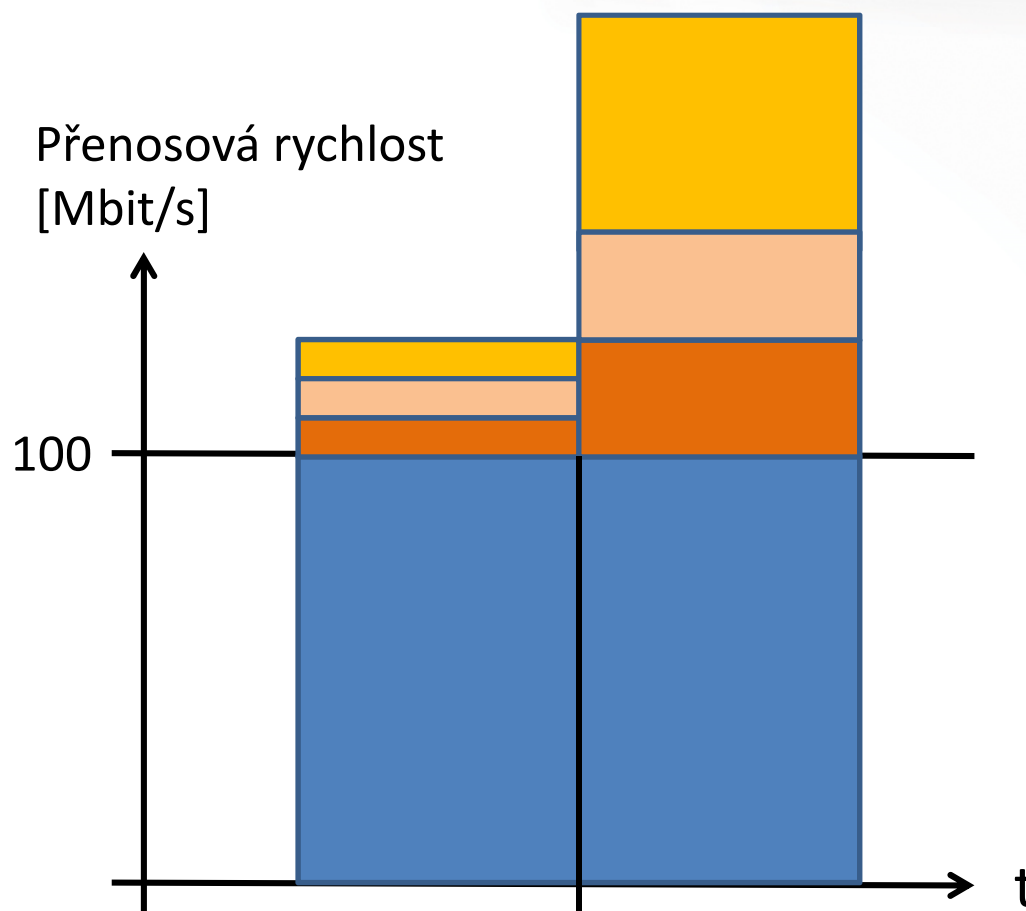
Režie přenosu/záhlaví

1. Fyzické
2. Spojové (38/42B)
3. Síťové (20B IPv4)
4. Transportní vrstvy (20B)

Vrstvový model TCP/IP

Segment dat:

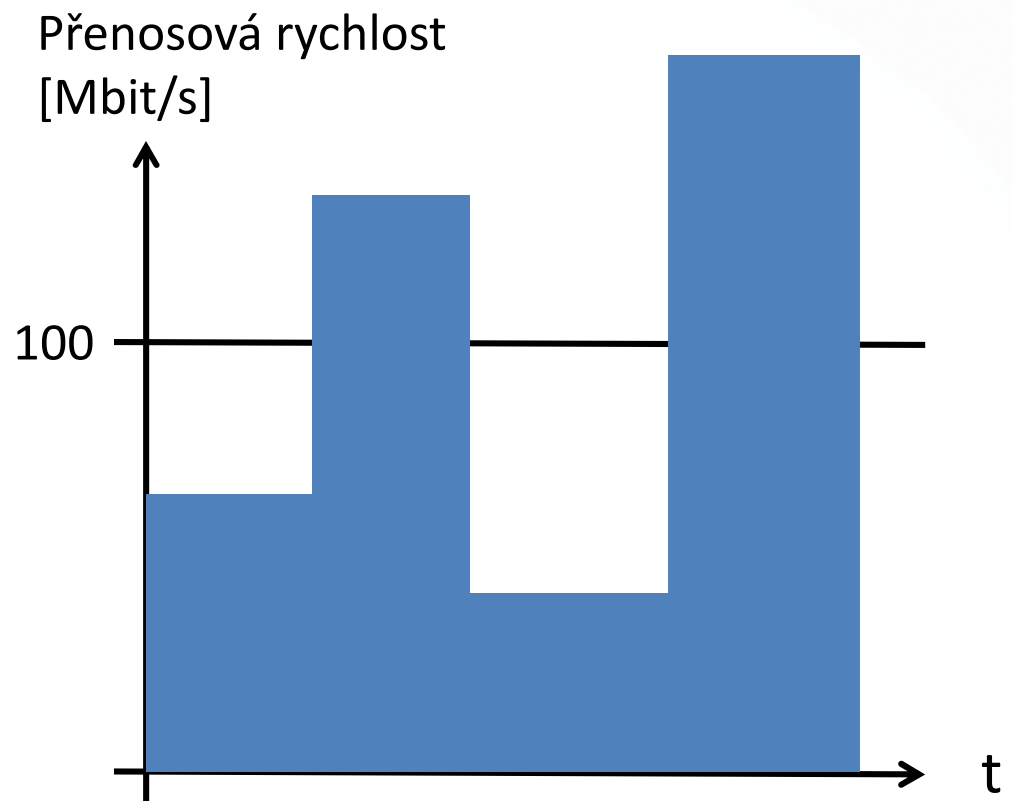
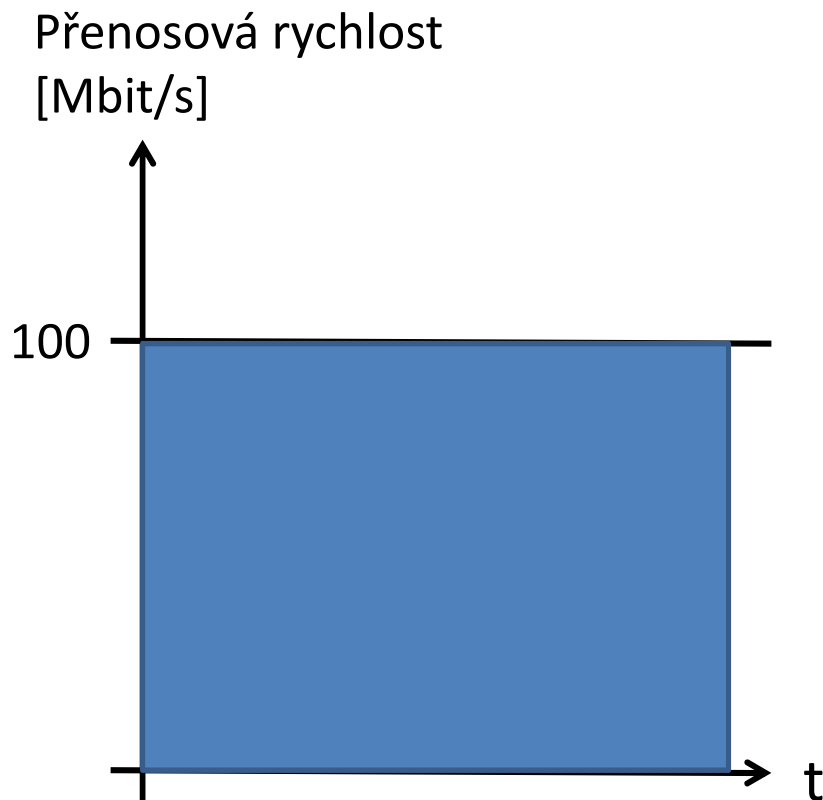
- 32 B - 356 Mbit/s
- 128 B - 164 Mbit/s
- 1460 B - 106 Mbit/s



Rozbor přenosové rychlosti



- Pronajatý okruh - CBR (znázorněno bez záhlaví)
- Garantovaná průměrná rychlost



Formulace NPR NGA



...technologie, která na fyzické přenosové vrstvě umožní přenos dat s rychlostí alespoň 100 Mbit/s...

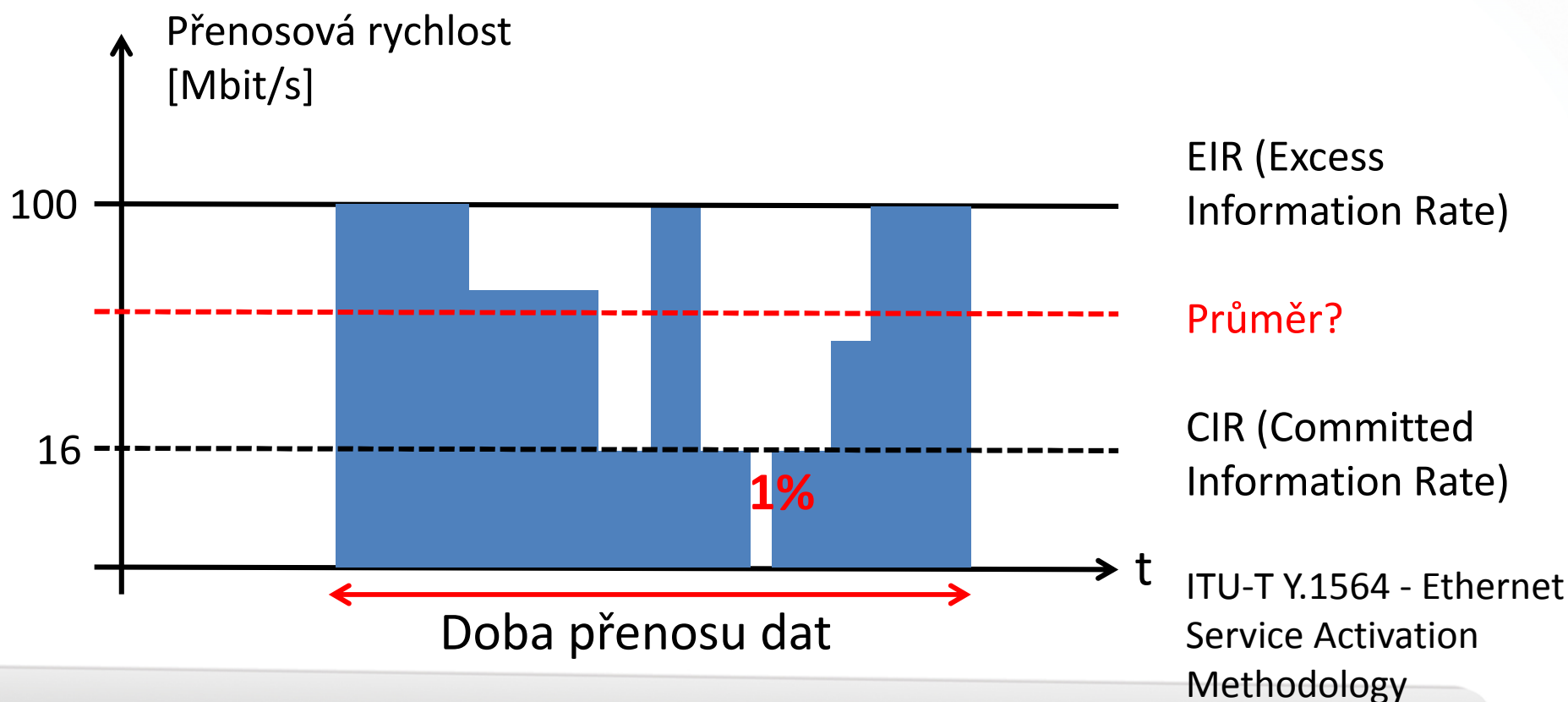
Vzhledem k charakteru datové komunikace může v čase rychlost přenosu dat kolísat

- u přípojky NGA v jakémkoli časovém období nesmí přenosová rychlost poklesnout pod
 - 8 Mbit/s u sítí s deklarovanou rychlostí 30 Mbit/s
 - 16 Mbit/s u sítí s deklarovaným připojením 100 Mbit/s
- s výjimkou, že takový pokles nebude delší, než 1 %
časového úseku během kterého dochází ke kontinuálnímu přenosu dat

Rozbor přenosové rychlosti



- Znázornění typického průběhu s tolerovatelným poklesem
- Průběh testu - doba přenosu dat/mezera (data burst) ?



Paralela...



Energetická přípojka

Tr 22/0,4 kV ... 500kVA

100 odběrných míst ... 1700kVA



3x25A...17kVA



Typicky zatížené na 30%

Další otázky



Přenosová rychlost upstream (US)

- Symetrická přípojka $US=DS$
- Asymetrická přípojka $US=DS/2$; 3; 4; 5

Agregace - sdružování toků

Koncentrace provozu:

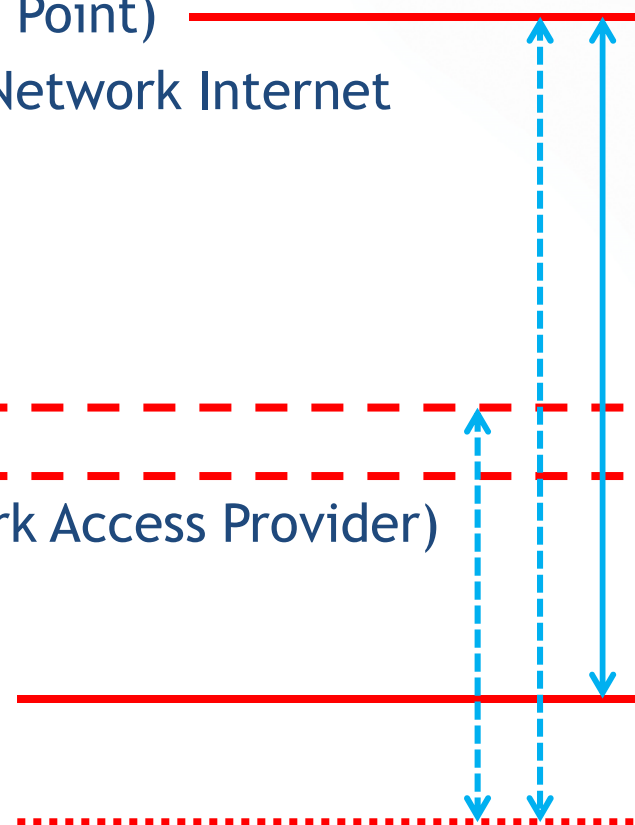
- Řízená (agregační bod)
- „Přirozená“ agregace
 - přístup/backhaul/páteř/Internet, 4/4/4/4
 - bez koncentrace 100 tis. účastníků (100M) - 10 Tbit/s
 - s koncentrací 100 tis. účastníků (100M) - 40 Gbit/s
- Možnost analýzy - pomocí měření nebo simulací

Odkud-kam se měří?

Segmentace přípojky



- Internet
 - NIX - neutrální IXP (Internet Exchange Point)
- NGN (Next Generation Network) - NSP/ISP (Network Internet Service Provider)
 - Páteřní síť (Backbone)
 - Tranzitní úroveň
 - Regionální úroveň
- Přípojná síť (Backhaul)
- NGA (Next Generation Access) - NAP (Network Access Provider)
 - Distribuční (primární úroveň)
 - „Poslední míle“ (sekundární úroveň)
- CPN (Customer Premises Network) - LAN
 - CPE (Customer Premises Equipment)



Optika až do...

FTTx (Fibre to the ...):

Do účastnické zásuvky

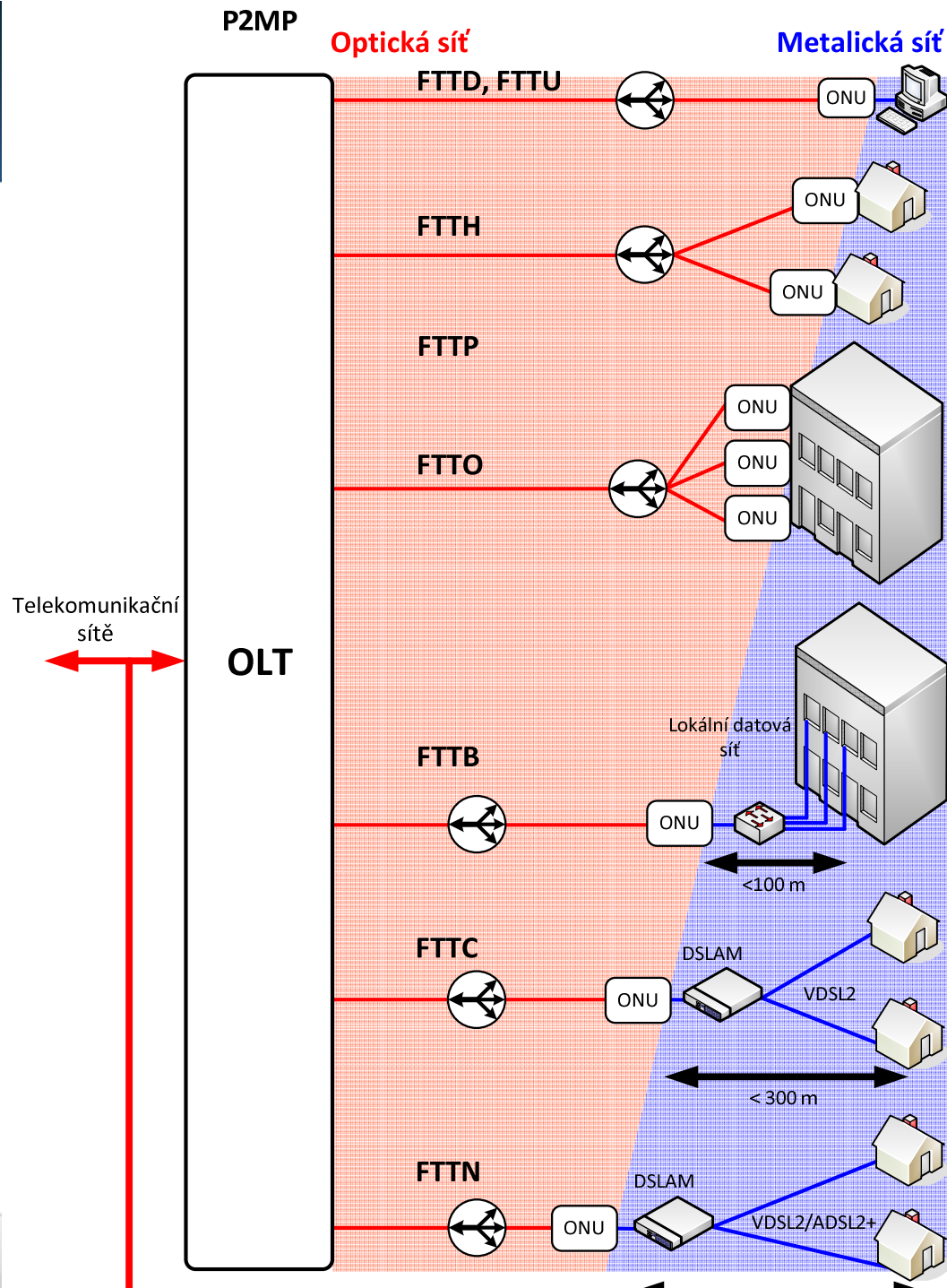
- ▶ FTTH (Home), FTTU (User)
- ▶ FTTO (Office)

Do rozvaděče, uzlu

- ▶ FTTB (Building), FTTP (Premises)
- ▶ FTTC (Curb)
- ▶ FTTcab (Cabinet)
- ▶ FTTN (Node)
- ▶ FTTdp (distribution point)

OLT (Optical Line Terminal)

ONU (Optical Network Unit)



Optické sítě FTTH



Optické přípojky bod-bod (IEEE 802.3ah) - dosah 10 km

- ▶ 100 Mbit/s (100BASE-LX/BX10)
- ▶ 1 Gbit/s (1000BASE-LX/BX10)
- ▶ Dvouvláknové
- ▶ Jednovláknové (vlnový duplex - každý směr jiná vlnová délka)

Mnohabodové optické sítě

▶ Pasivní (PON)

➤ Doporučení ITU-T:

- APON (BPON) - 155 až 622 Mbit/s
- **GPON - 1 až 2,5 Gbit/s**
- **XG-PON - 10 Gbit/s**



➤ Standardy IEEE:

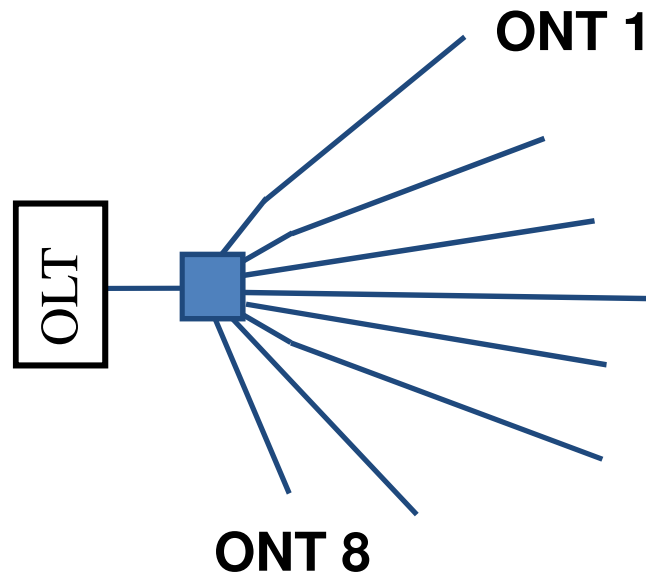
- **EPON (GEAPON) - 1 Gbit/s**
- **10GEAPON - 10 Gbit/s**



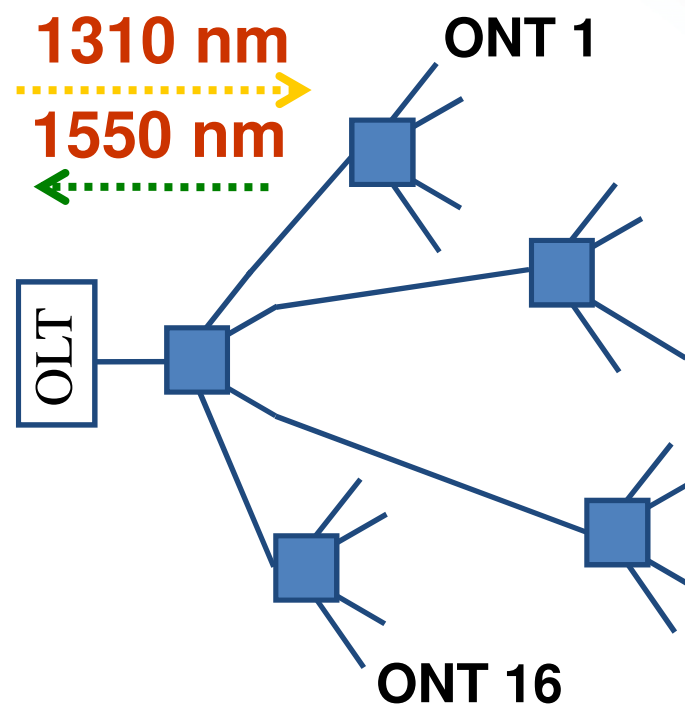
Optické sítě PON - topologie



Jednostupňové
rozbočení např. **1:8**



- Dvoustupňové rozbočení např. **1:4 / 1:4**



Zdvojnásobení dělicího poměru – útlum **3 dB** (pokles výkonu na polovinu)
1:8 ... 9 dB; 1:16 ... 12 dB; 1:32 ... 15 dB

	10GEPON	EPON	GPON	XG-PON
doporučení	IEEE 802.3av (2009)	IEEE 802.3ah (2004)	ITU-T G.984 (2003)	ITU-T G.987 (2010)
varianty přen. rychlostí	10G/10G	1G/1G	1,25G/1,25G	10G/2,5G
			2,5G/1,25G	
	10G/1G		2,5G/2,5G	
přenosová rychlost na fyzické vrstvě	10,3125 Gbit/s	1,25 Gbit/s	1,24416 Gbit/s	9,95328 Gbit/s
	1,25 Gbit/s		2,48832 Gbit/s	2,48832 Gbit/s
překódování	64b/66b (3%)	8b/10b (20%)	NRZ, skramblování	NRZ, skramblování
útlumové třídy	PR10, PRX10	PX10	třída A	třída Nominal 1
				třída Nominal 2
	PR20, PRX20	PX20	třída B (B+)	třída Extended 1
	PR30, PRX30		třída C	třída Extended 2
vlnové délky [nm]	sestupný směr 1575-1580	sestupný směr 1480-1500	sestupný směr 1480-1500	sestupný směr 1575-1580
	vzestupný směr 1260-1280 nebo 1260-1360	vzestupný směr 1260-1360	vzestupný směr původně 1260-1360	vzestupný směr 1260-1280
			vzestupný směr nově 1290-1330	
dosah [km]	≤ 10*, ≤ 20*	≤ 10, ≤ 20	≤ 20	≤ 20 (perspektivně ≤ 40)
max. rozbočovací poměr	1:16*, 1:32*, (zvažovány vyšší 1:64, 1:128 ?)	1:16, 1:32	1:64 (proprietárně 1:128)	1:256
zabezpečení FEC	povinné RS(255, 223)	volitelné RS(255, 239)	povinné RS(255, 239)	povinné RS(248, 216)*

Dosažitelné rychlosti na účastníka



Úvaha o splnění požadavku 30 / 100 Mbit/s pro PON

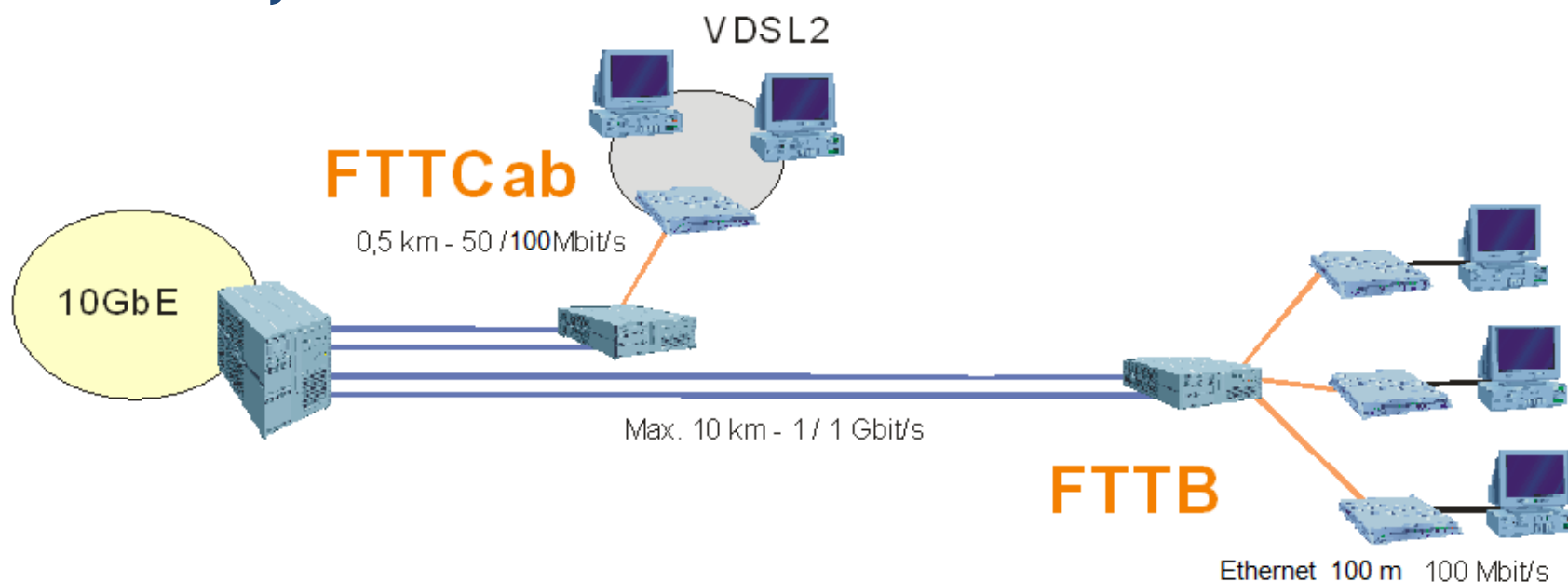
Sdílená rychlost	Rozbočovací poměr	Rychlost na účastníka	Při agregaci 1:4
1 Gbit/s	1:32	28 Mbit/s	112 Mbit/s
1 Gbit/s	1:64	14 Mbit/s	56 Mbit/s
2,5 Gbit/s	1:32	70 Mbit/s	280 Mbit/s
2,5 Gbit/s	1:64	35 Mbit/s	140 Mbit/s
2,5 Gbit/s	1:128	18 Mbit/s	70 Mbit/s
10 Gbit/s	1:32	280 Mbit/s	1120 Mbit/s
10 Gbit/s	1:64	140 Mbit/s	560 Mbit/s
10 Gbit/s	1:128	70 Mbit/s	280 Mbit/s

Hybridní síť FTTB, FTTCab



Kombinace optického vlákna s přenosem:

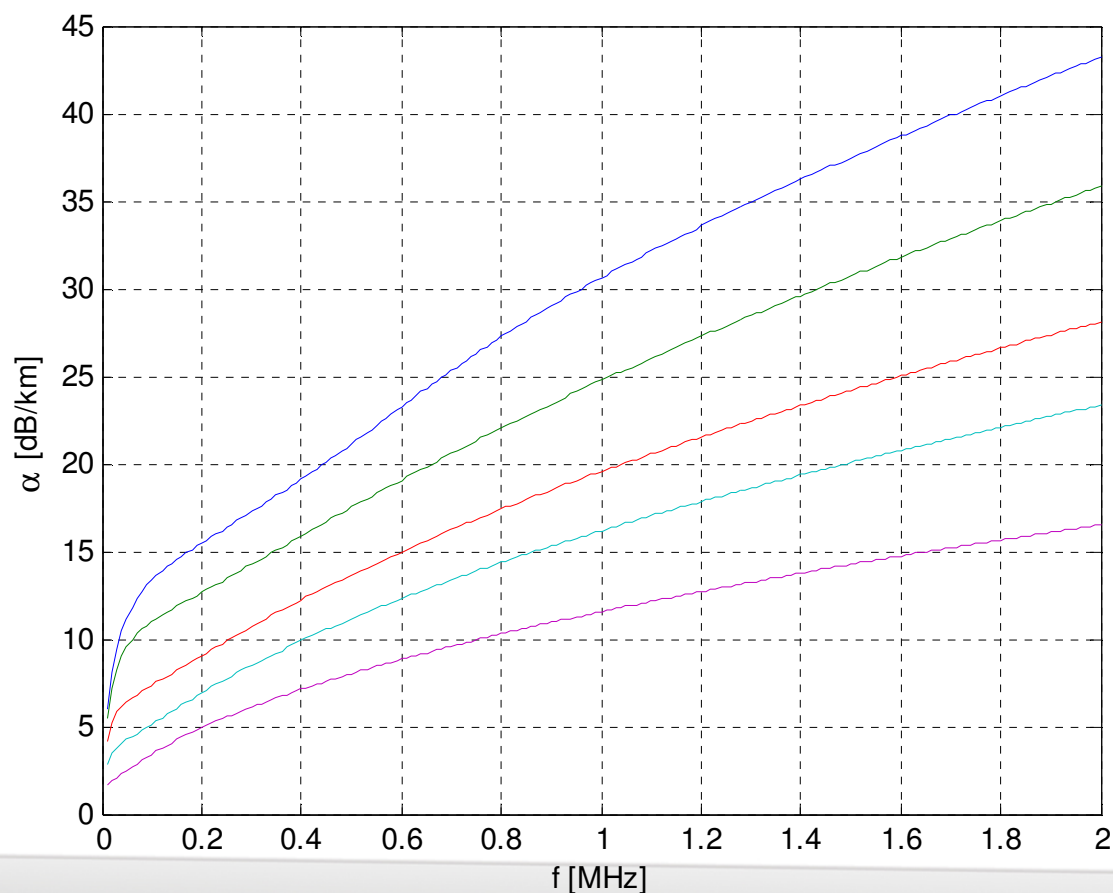
- Po metalickém vedení
 - Symetrickém (původní telefonní kabely)
 - Koaxiálním (původní síť CATV)
- Radiovým



Problém metalických vedení



- Nárůst útlumu v závislosti na kmitočtu
- S rostoucí šířkou pásma klesá dosah
- Měrný útlum symetrického vedení v místním kabelu



Místní kabel
průměr jádra

- 0,32 mm
- 0,4 mm
- 0,5 mm
- 0,63 mm
- 0,9 mm

Přenosová rychlost VDSL2



Klesá s délkou vedení (nárůst útlumu)

- ▶ Vyšší útlum na vyšších frekvencích (max. 30 MHz)
- ▶ Nižší útlum pro větší průměry vodičů

Klesá s počtem aktivních přípojek v kabelu (přeslechy)

- ▶ Sousedící páry se více ruší
- ▶ S nárůstem kmitočtu více agresivní přeslech NEXT (eliminuje se pomocí frekvenčního duplexu FDD)

Klesá v prostředí s **radiovým a impulsním rušením** (závěsné kabely)

Klesá při **nehomogenitách**, impedančních nepřizpůsobeních

- ▶ Časté napojování různých typů kabelů
- ▶ Nekvalitní typy kabelů (SYKFY)
- ▶ Nekvalitní spojovací prvky, svorkovnice
- ▶ Slepé odbočky, roztržené páry

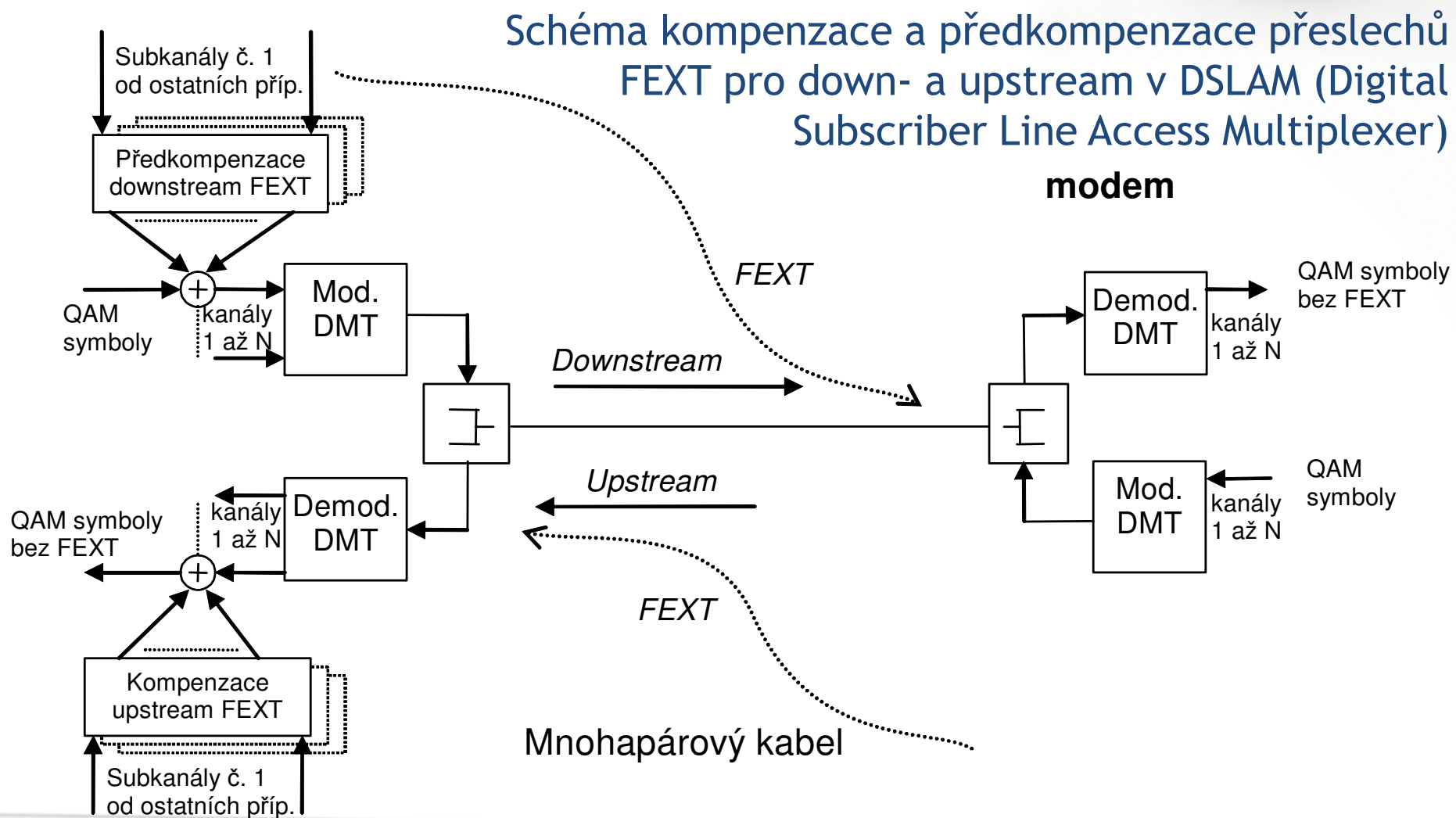
Částečně lze **navýšit** rychlost

- ▶ Navýšením šířky pásma (zkrácení dosahu)
- ▶ Optimalizací modulační metody a kódování (FEC)
- ▶ Potlačením přeslechů FEXT - modulace **VDMT (Vectored)**

Realizace VDMT - **Vectoring**



DSLAM



Dosah - VDSL2



Varianty

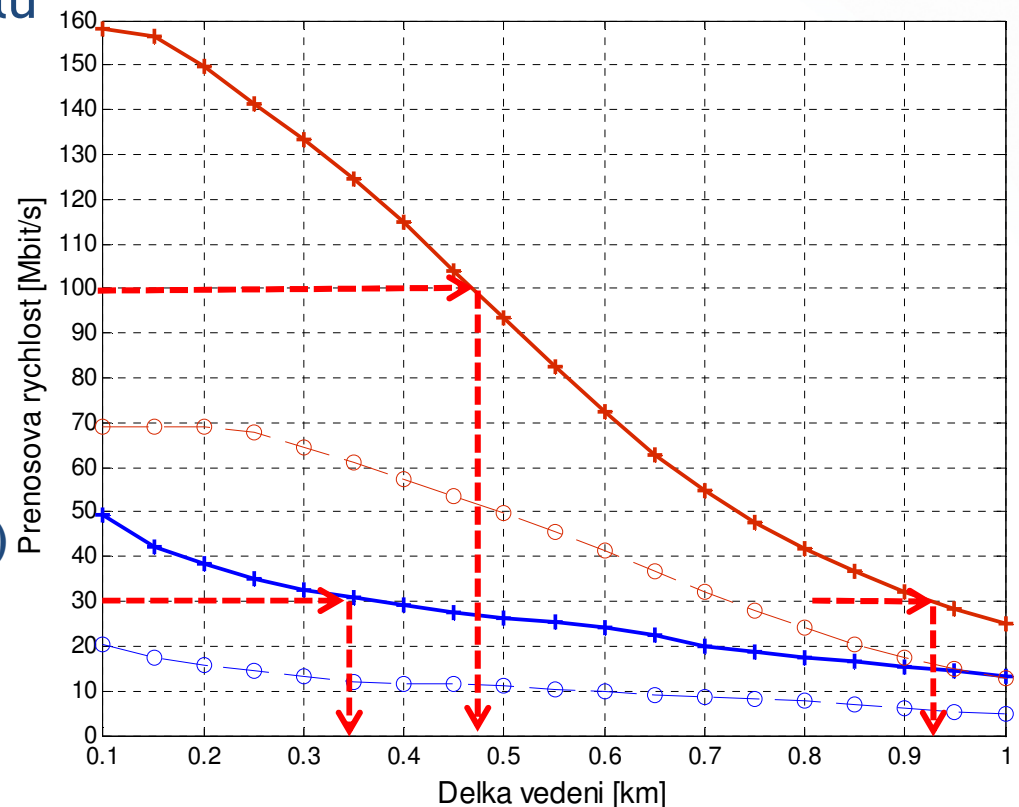
- „klasická“ přípojka VDSL2
- Přípojka VDSL2 s potlačováním přeslechů „**vectoring**“

Simulace v multi-čtyřkovém kabelu

- ▶ Místní kabel 0,4 mm
- ▶ Pásmo 30 MHz
- ▶ Plán 998
- ▶ 70% obsazení kabelu
- ▶ DS i US

Splnění podmínky **30/100**(% FTTE_x)

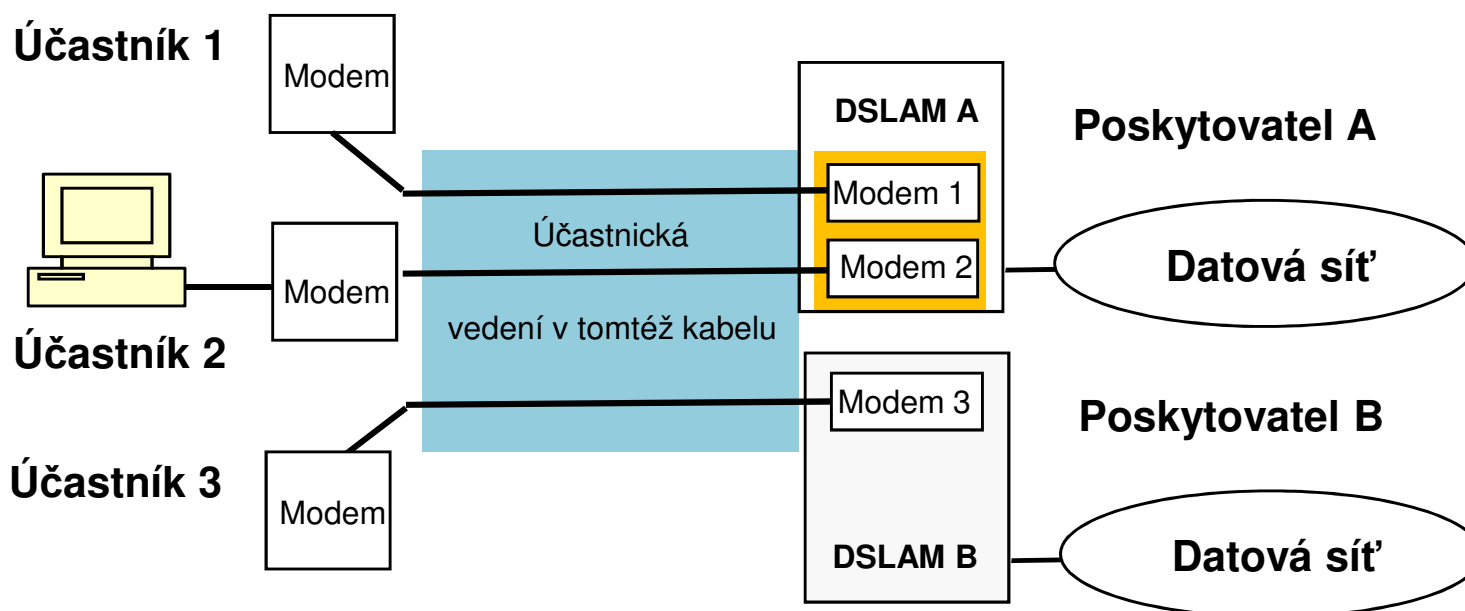
- 350 m(10%)/ne
- 920 m(43%)/470 m(18%)



VDMT - Vectoring - omezení pro LLU



- Pro efektivní potlačení přeslechů musí být všechny přípojky VDSL2 zakončeny v jednom účastnickém multiplexoru DSLAM
- Nelze připustit provoz jiného DSLAM VDSL2 v tomtéž kabelu (i když by oba byly s VDMT modulací)
- Při kmitočtovém oddělení (přenos VDSL2 až nad pásmem 2 MHz) lze provozovat LLU s technologiemi ADSL2/2+ či SHDSL



Kabelové modemy - CATV



- Komunikace bod-mnoho bodů (sdílené médium)
 - kombinace frekvenčního a časového multiplexu FDMA/TDMA
- Šířka jednoho kanálu 8 MHz, sdruženy minimálně 4 kanály
- US pásmo rozšířeno oproti předchozím verzím na 5 až 65 MHz
- DS pásmo může začínat od 47 MHz (nebo 108 MHz) a zasahuje až do 862 MHz (volitelně až do 1002 MHz)
- Symbolové rychlosti
 - US - 1280, 2560 a 5120 kBd (modulace QPSK, 8/16/32/64-QAM)
 - DS - 6,952 MBd (modulace 64-QAM, 256-QAM)
- Požadovaný odstup SNR pro DS min. 44 dB, pro US min. 22 dB

Přenosová rychlost	DS [Mbit/s]	US [Mbit/s]
euroDOCSIS 3.0 (4 kanály)	222,48 (200)	122,88 (108)
euroDOCSIS 3.0 (8 kanálů - DS)	444,96 (400)	122,88 (108)

Omezení a perspektivy CATV

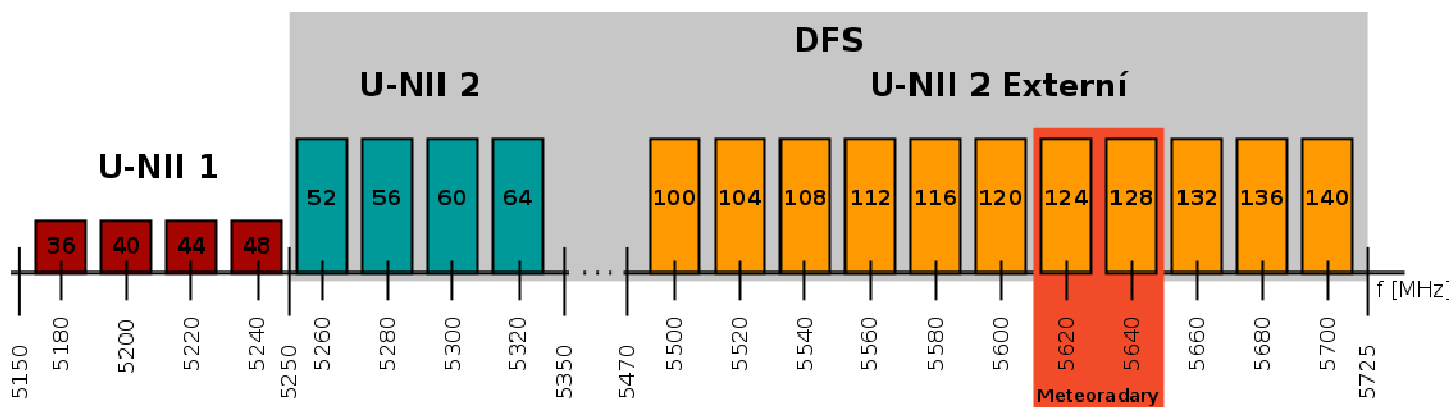


- V některých případech problematická predikce parametrů - záleží na místních podmínkách, kvalitě, stáří kabelů...
 - Útlum vedení (nárůst s kmitočtem)
 - Nehomogenity
 - Rušení
- CATV má široké možnosti konkrétního provedení (dle lokality a počtu účastníků)
 - Počty kanálů (svazky kanálů 16, 32)
 - Vícenásobné zesilování (průběžné, domovní zesilovače)
 - Rozbočování
 - Kombinace s optickými vlákny
- Perspektiva přechodu na v. 3.1 (až 10 Gbit/s)

Bezdrátová komunikace



- Pokles významu standardu WiMAX - náhrada fixní variantou LTE
 - Konvergence standardů - cenově výhodnější udržovat jednu technologii
- Světová rarita - ČR - vysoký podíl Wi-Fi sítí jako substituce pevného připojení (FWA) - bezlicenční pásma
 - Pevné spoje bod-více bodů P2MP (sektorové antény)
 - Pevné spoje bod-bod P2P (parabolické antény)
 - Upravené standardy pro Wi-Fi, levné řešení



Využití IEEE 802.11



Nativně komunikace bod-mnoho bodů (sdílené médium, TDD)

Omezení pro poskytování NGA

- ▶ pásmo 5GHz pro externí použití s DFS
- ▶ externí anténa (integrováný Rx/Tx) s ukončením Ethernet RJ45
- ▶ výkonová bilance radiového spoje (přímá viditelnost), rezerva spoje
- ▶ rušení mezi systémy...

Typ protokolu 802.11	Pásmo	Šířka kanálu [MHz]	Přenosová rychlost na L1 / MIMO tok [Mbit/s]		Maximální počet MIMO toků
			Minimální	Maximální	
a/h	5 GHz	20,0	6,0	54,0	-
n		20,0	7,2	72,2	4
		40,0	15,0	150,0	
ac		20,0	7,2	87,6	8
		40,0	15,0	200,0	
		80,0	32,5	433,3	
		160,0	65,0	866,7	

Bezdrátová komunikace



Splnění podmínky NGA

Bezdrátové spoje jsou vhodnou variantou pro řídicí osídlené oblasti.

- Licencovaná pásma
 - Nutná dostatečná šířka kanálu
 - Limitovaný počet uživatelů (splnění parametrů QoS)
 - Možné v režimu P2MP - např. „fixní“ LTE (pásmo 2600 MHz)
- Nelicencovaná pásma
 - Pásmo 5 GHz pro externí použití
 - P2P s dostatečnou útlumovou rezervou
 - P2MP - problematické z hlediska rušení
 - použití sektorových antén s dobrou směrovostí
 - dostatečná útlumová rezerva
 - pouze jeden provozovatel, nebo dohoda o využití kanálů

NGA „ready“ technologie



- Optické vlákno (plus hybridní sítě)
 - FTTH - ano
 - FTTB - ano
 - FTTCab (FTTN, FTTdp) - viz níže - s výhradou
- Metalické vedení (symetrický pár, koaxiální kabel)
 - xDSL - VDSL2 - s výhradou (v kombinaci FTTx)
 - CATV - DOCSIS 3.x - s výhradou (v kombinaci FTTx)
- Bezdrátový přenos
 - Wi-Fi - omezeně pro lokality s nízkou hustotou osídlení (a v kombinaci FTTx)
 - FWA - omezeně pro lokality s nízkou hustotou osídlení (a v kombinaci FTTx)
 - WTTB - Wireless to the Building (spoj P2P)

Další informace



Kniha FTTx vydaná nakladatelstvím
ČVUT Česká technika

Optické přístupové sítě a přípojky FTTx

Pavel Lafata | Jiří Vodrážka





ČESKÉ
VYSOKÉ
UČENÍ
TECHNICKÉ
V PRAZE

**FAKULTA
ELEKTROTECHNICKÁ**
KATEDRA TELEKOMUNIKAČNÍ TECHNIKY



... Děkuji za pozornost ...
vodrazka@fel.cvut.cz

- Školení z oblasti telekomunikací a sítí
- On-line kurzy ... E-learning
- Expertní činnost

