

Komunikačná technika 2

Ľudmila Maceková

ludmila.macekova@tuke.sk, 055/6024108

KEMT-FEI-TUKE

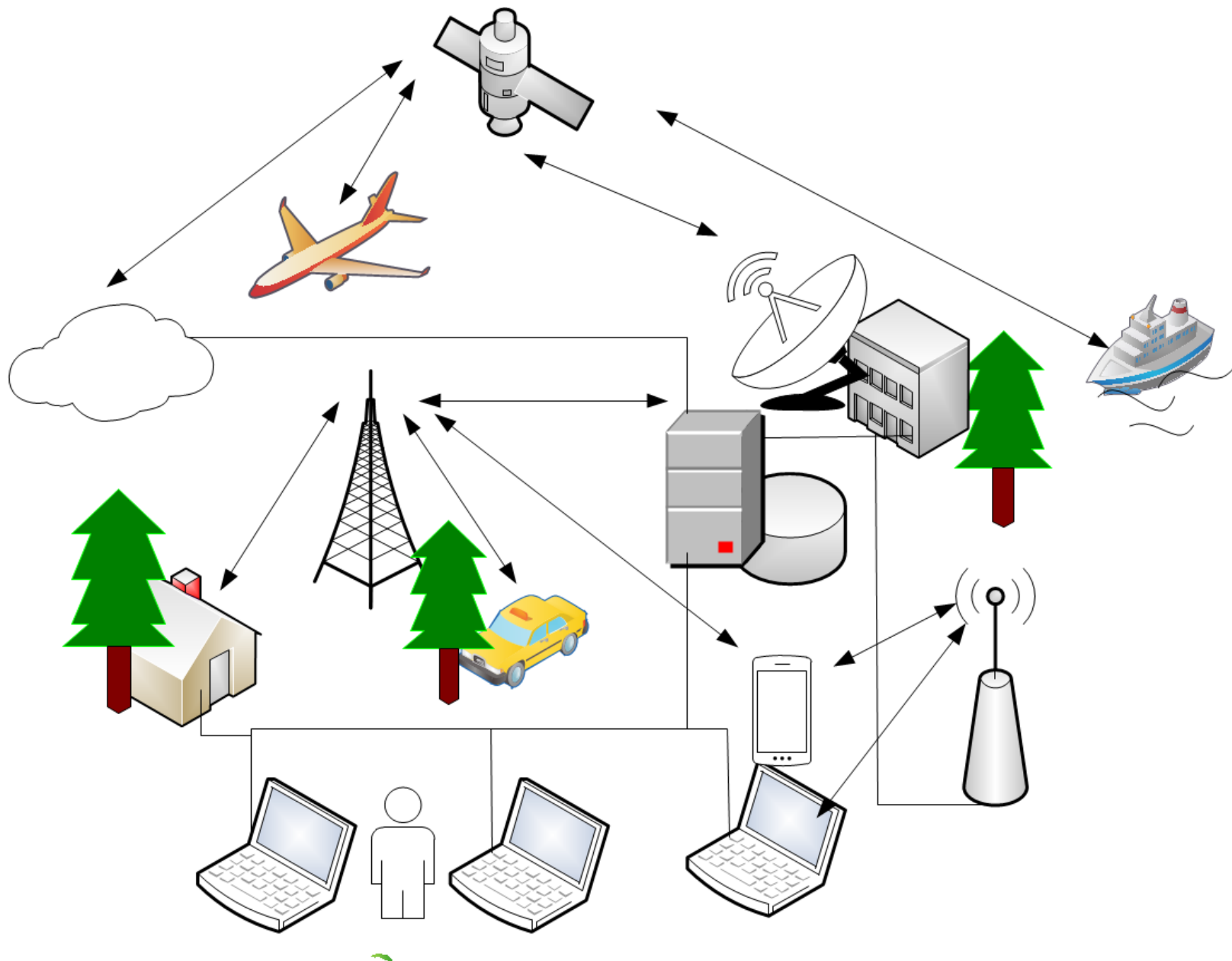
nov. 2018

Košice



https://data.kemt.fei.tuke.sk/KomunikacnaTechnika2/KT2_prednaska_pre_T_systems/

- prezentácia
- skriptum predmetu na KEMT-FEI-TUKE



Obr. 1 Prístupové siete – prístup k širokopásmovým službám

Osnova prednášky

Komunikačná technika 2

- Úvod, služby, nároky na prístupové siete, kvalita služby, klasifikácia prístupových sietí, prístupové siete v rámci telekomunikačných sietí
- Klasifikácia prístupových sietí podľa rôznych hľadísk
- Architektúry prístupových sietí
- Metódy prístupu k spoločnému prenosovému médiu
- Metódy prenosu v prístupových sieťach
- Typy prístupových sietí
 - xDSL – siete (hybridné, kombinujúce najmenej 2 technológie)
 - Rádiové prístupové siete
 - Systémy kábelovej televízie
 - Energetické rozvody v úlohe prístupových sietí.
 - Optické prístupové siete

skratky

- Telekomunikačné siete - TS
 - Prístupové siete - PrS
-

1.

- Úvod: **prístupové siete**: úsek poslednej míle telekomunikačnej siete - medzi lokálnym poskytovateľom a koncovým zariadením
- telekomunikácia - asistovaná výmena informácií na diaľku
- história
- požiadavky zo strany užívateľov → QoS
- požiadavky zo strany poskytovateľov → zisk

Kvalita služieb (QoS)

- QoS - komplexný pojem
 - QoS je štandardizovaná
 - Medzinárodné štandardy: ITU-T G.1000, .1010 a E.800
-
- Definícia **QoS** podľa ITU: súborný efekt charakteristík služby, ktorý určuje stupeň uspokojenia užívateľa služby.

Kritériá komunikačnej QoS – je ich asi 43; najdôležitejšie sú:

- rýchlosť (speed)
- presnosť (accuracy)
- dosiahnuteľnosť (availability)
- spoľahlivosť (reliability)
- bezpečnosť (security)
- jednoduchosť (simplicity)
- pružnosť (flexibility)

- **QoS sa posudzuje** z rôznych pohľadov na službu (požiadavky užívateľa, posúdenie služby užívateľom, QoS ponúkané poskytovateľom, QoS dosiahnuté poskytovateľom...)

- oneskorenie (delay, latency)

[<https://learningnetwork.cisco.com/thread/56801>]

- kolísanie oneskorenia pri prenose (jitter)
- stratovosť informácie (PLR - Packet Loss Rate)

atď.

Tab. 1, Tab. 2

Tab.1 Základné kvalitatívne ukazovatele pre prenos **zvukovej a obrazovej informácie**

Aplikácia	Symetria	Typická rýchlosť [kbps]	Oneskorenie [s]	Kolívanie onesk. [ms]	PLR (Packet loss rate)
Prenos zvukovej informácie					
Telef.	Symetricky	4 - 64	<0,4 (0,15)	< 1	< 3%
Hlas.správy	Jednosm.	4 – 32	< 1	< 1	< 3%
Audio on dem.	Jednosm.	16 – 128	< 10	<<1	< 1%
Prenos obrazovej informácie					
Videotelef.	Symetr.	16 - 384	<0,4 (0,15)		< 1%
VoD	Jednosm.	16- Mbps	< 10		< 1%

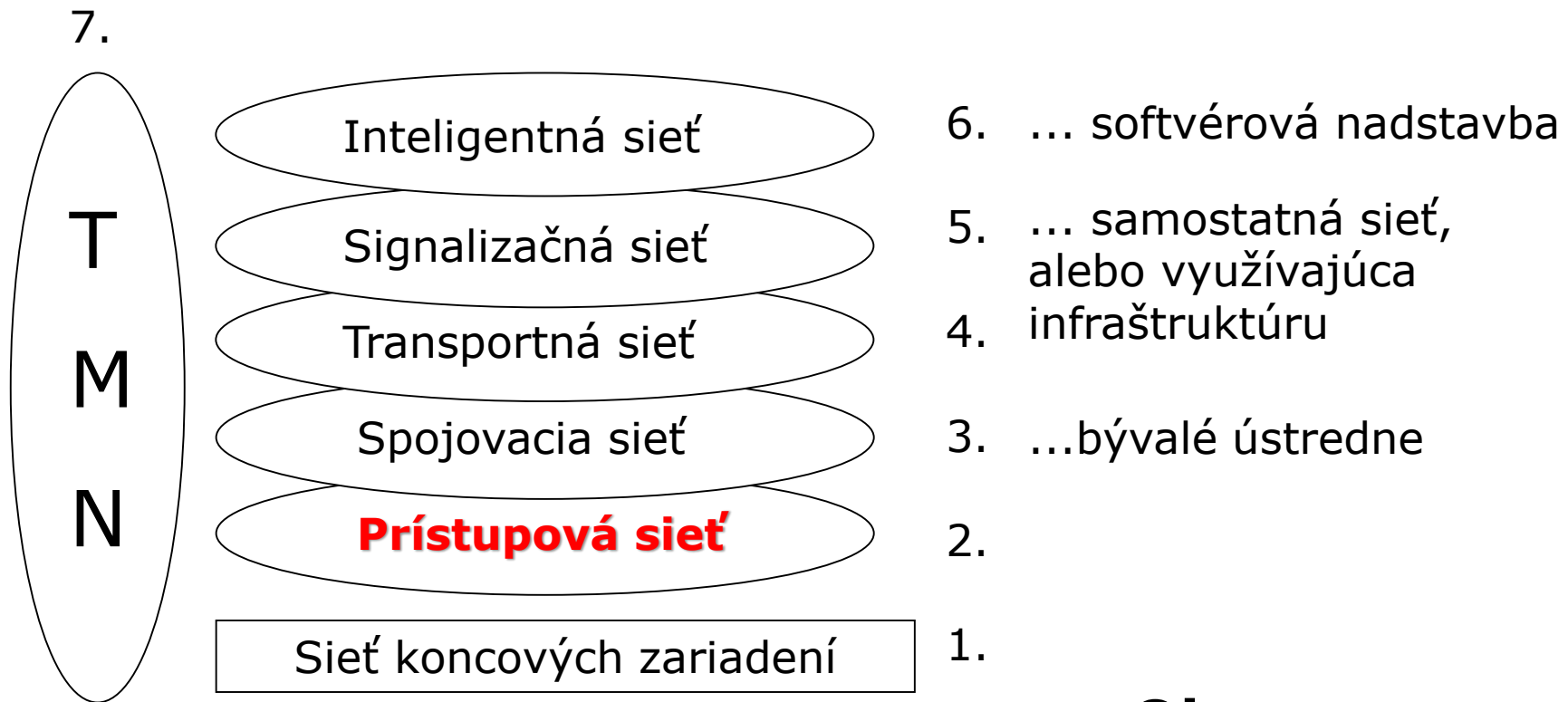
Tab.2 Základné kvalitatívne ukazovatele pre **prenos dát [3]**

Aplikácia	Symetria	Typ.objem dát [kB]	Oneskorenie [s]	Chybovosť BER
Hľadanie inf. (browsing)	Asym.	~10	< 2 Prípustné <4	~ 0
Sťahovanie súb. a stat.obrázkov	Asym.	10 – 10 000	< 15 Prípustné <60	~ 0
Obch.transakcie	Symetricky	< 10	< 2 Prípustné <4	~ 0
Ďiaľk.riadenie a interakt.hry	Asym.	< 1	< 0,2	~ 0
E-mail (prístup k serveru)	Jednosmerne	< 10	< 2 Prípustné <4	~ 0
E-mail (medzi servermi)	Jednosmerne	< 10	Niekoľko min.	~ 0
Telefax	Jednosmerne	~ 10	Niekoľko min.	< 10 ⁻⁶

Kvalitatívne kritérium „Best Effort“

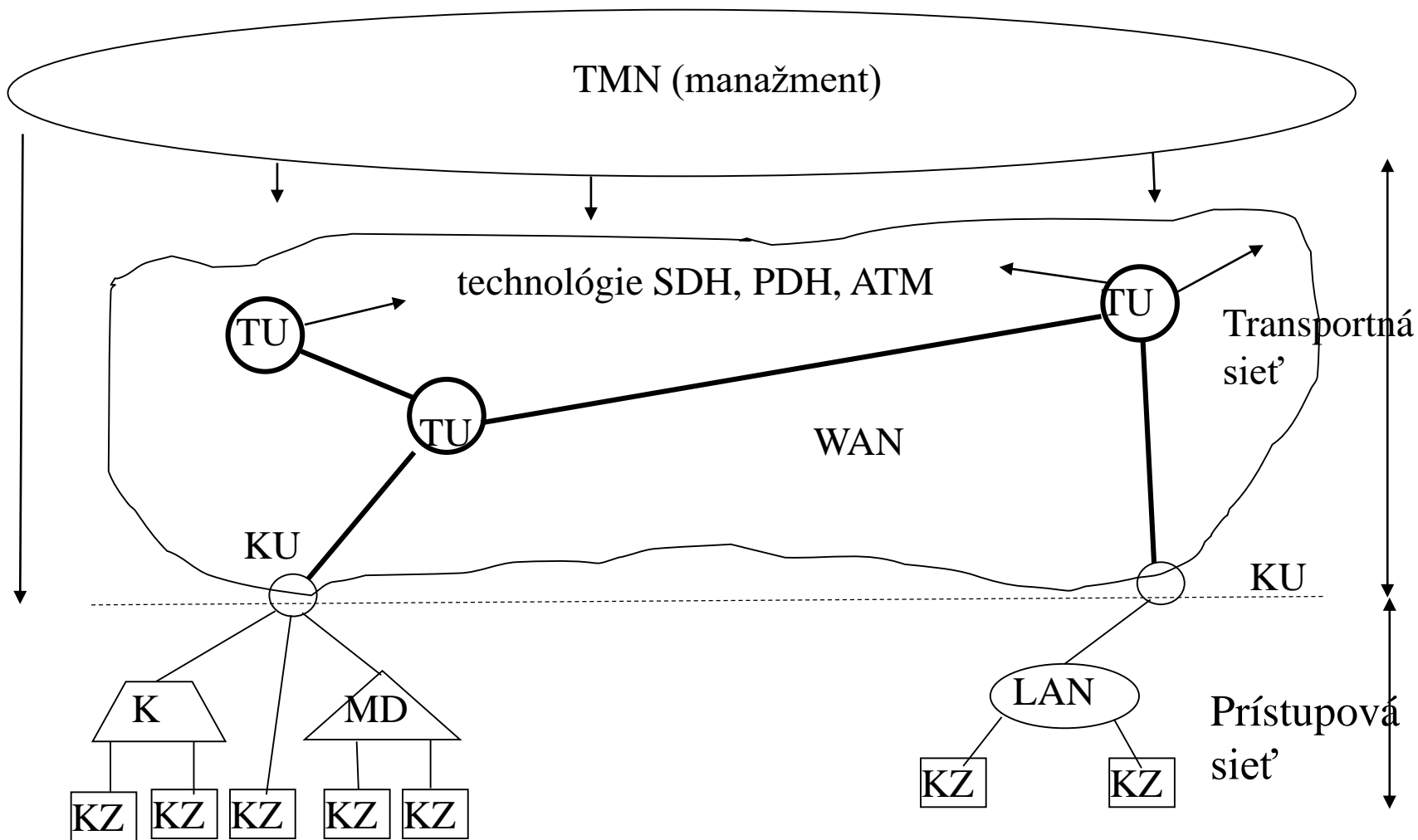
Služba orientovaná na „Best Effort“ neposkytuje záruky, bezchybnosť, opakovanie alebo náhradu stratených paketov; **snaží sa však o čo najlepšie a najrýchlejšie** doručenie do cieľa (vhodné pre videostríming, hlasovú službu)

Miesto prístupových sietí v štruktúre telekomunikačných sietí



Obr.

Pozn.: TMN – telekomunikačná riadiaca sieť (na princípe jednotných protokolov a štandardov)



Vysvetlivky: KZ-koncové zar., K-koncentrátor, MD-muldex, LAN-miestna PC sieť, KU-konc.uzly, TU-tranzitné uzly, TMN-telekom.riadiaca sieť, SDH-synchr.dig.hierarchia, PDH-plesiochron.dig.hierarchia (prenosové PCM-multiplexy), ATM-asynchr.transportný mód, WAN-rozsiahle PC siete

2.

Klasifikácia prístupových sietí

- podľa rôznych hľadísk:
 - Miesto v oznamovacom reťazci
 - Prenosové médiá
 - Prístup užívateľov k sieti
 - Prenosové a spojovacie prostriedky
 - Druh koncových zariadení
 - Spôsob vytvorenia spojenia
 - Spôsob prenosu
 - Spôsob prepojovania
 - Topológia
 - Postup digitalizácie spojovacích zariadení

- **Špecializované siete** – telefónne, televízne, rozhlasové, ...
- **Integrované** - iba na digitálnych princípoch – cieľ: služby, ekonomický cieľ (!)...
- **Simplexný / duplexný prenos**
- **Iný pohľad na štruktúru TS:**
 - Zariadenia sieťových uzlov
 - Chrbticová sieť
 - Prístupová sieť

- **Podľa rozsiahlosti, resp. dosahu** - druhy sietí v súlade s PC technológiami [3]:

- WAN - Wide Area Network – rozsiahla sieť
- MAN- Metropolitan Area Network - metropolitná – súčasť PrS
- LAN- Local Area Network - miestna – v objekte účastníka TS
- PAN- Personal Area Network- v rámci miestnosti – napr. BlueTooth a IR prenos

Delenie prístupových sietí podľa používaných prenosových médií

- vodičové (drôtové) vs. bezvodičové (rádiové)
- vodičové -- podľa materiálu: metalické
svetlovodivé (optické)
- podľa konštrukcie: symetr.
nesymetr.

Drôtové – vonkajšie- telefónne nadzemné

- telefónne s rozšíreným pásmom
- vvn v energetike

Kábelové symetrické–nf pupinované (*pupinačné cievky* zapojené v starších vedeniach v pravidelných vzdialenostiach; vyhladenie hlasového frekv. spektra; nevýhoda: potláčajú vysoké frekvencie DSL-sigánalov→ musia sa odstrániť...)

- nf nepupinované
- vf

Kábelové nesymetrické

- mikrokoaxiálne
- malý koaxiál
- stredný koaxiálny kábel



Vlnovody

Voľný priestor

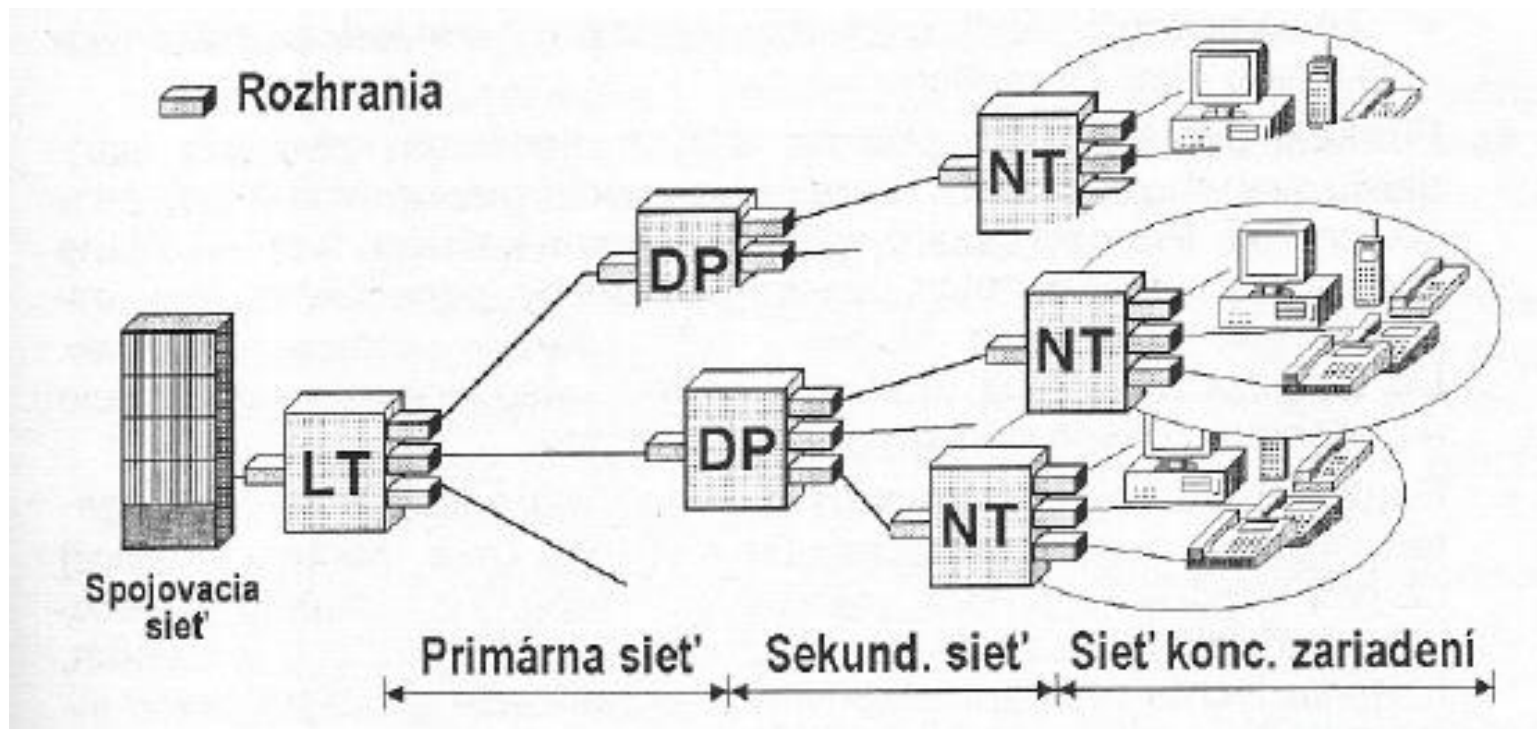
- prenos rádiového signálu
- prenos optického signálu

3.

ARCHITEKTÚRY PRÍSTUPOVÝCH SIETÍ

- všeobecná
- funkčná
- fyzická
- logická

➤ Všeobecná architektúra prístupovej siete



Obr. Všeobecná architektúra prístupovej siete [2]

LT – Line Termination (zakončenie linky) – na strane ústredne

DP – Distribution Point – distribučný bod

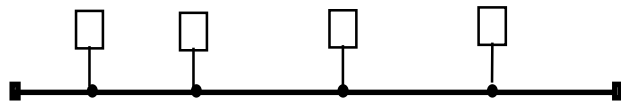
NT – Network Termination – sieťové zakončenie (zakončenie PrS - na strane užívateľa)

➤ Funkčná architektúra PrS

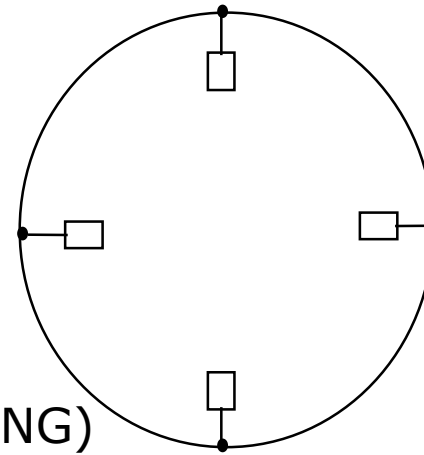
- súbor nevyhnutných funkcií vykonávaných v PrS:

- Prenosové funkcie
- Funkcie systémových portov; rozhranie **SNI** (Service Network Interface – rozhranie služieb)
- Funkcie účastníckych portov; rozhranie **UNI** (User-Network Interface – rozhranie účastník-sieť) v NT
- Spoločné funkcie ... s podporou TMN; rozhranie Q3

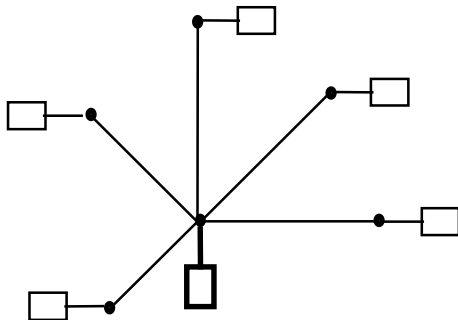
➤ Fyzická architektúra prístupových sietí



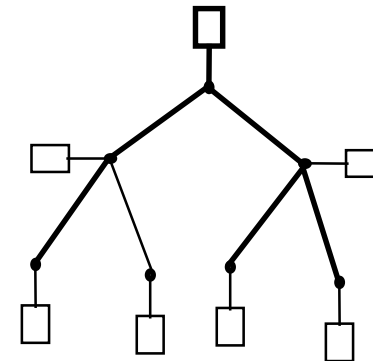
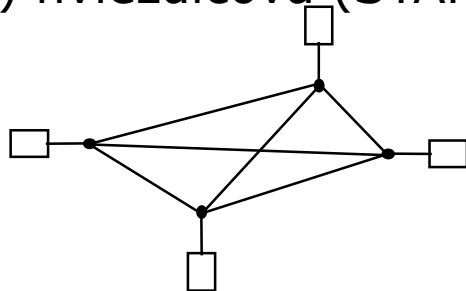
a) zbernicová (BUS)



b) kruhová (RING)



c) hviezdicová (STAR)



e) stromová (TREE)

Obr. Fyzické topológie LAN (Local Area Network – miestna sieť – základná a najnižšia úroveň siete) [1]

➤ **Logické topológie**

- nemusia zodpovedať fyzickému poprepájaniu zariadení
- prístup je riadený príslušným protokolom
- najčastejšie topológie:
 - Lineárna topológia (**BUS**) - pakety obsahujú adresu cieľa, iba ten ich môže prijať
 - **Token Ring** – kruhový prístup; špeciálne slovo (kontajner / token) – logické adresy nemusia zodpovedať fyzickej topológii

4.

METÓDY PRÍSTUPU

- **rozdelenie celkovej prenosovej kapacity média** na časti, ktoré sú pridelované jednotlivým spojeniam/reláciám terminál-sieť, pričom sa žiada úplná **bezrizikovosť** (z hľadiska kolízií viacerých terminálov) alebo aspoň jej minimalizácia. Žiada sa tiež rovnomerné pridelovanie (o symetrickom pridelovaní hovoríme vtedy, keď všetky terminály majú rovnakú pravdepodobnosť prístupu).

- **stochastické** – náhodný prístup (metóda ALOHA, vyvinutá na Hawajskej univerzite - náhodný je začiatok komunikácie aj čas oneskorenia pri kolízii).
- **deterministické** – multiplexné – prísne deterministicky pridelený prístup na médium na základe frekvenčného delenia (**FDMA**), časového delenia (**TDMA**), vlnového (optického) delenia (**WDMA**), kódového delenia (**CDMA**), metódy centrálneho pridelenia, **tokenové** metódy.
- **čiasťočne deterministické** (metódy s minimalizáciou kolízie – mechanizmy skúmania stavu obsadenosti média - metódy CSMA, CSMA/CD, CSMA/CA)

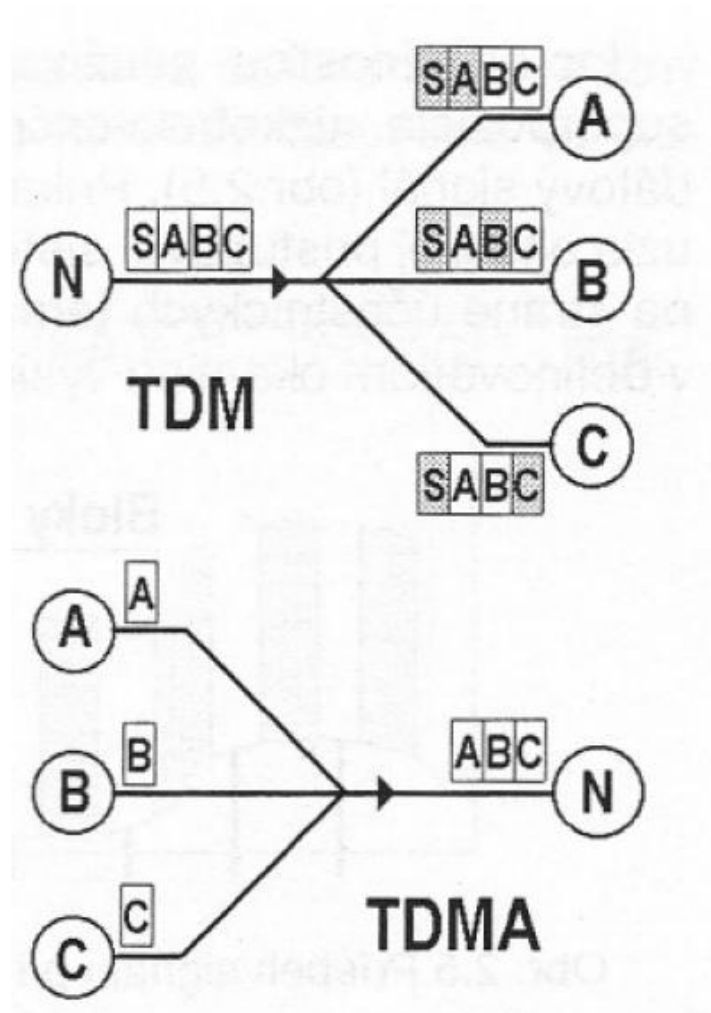
Vrstva **MAC** (Medium Access Control) v rámci **komunikačného protokolu** definuje mechanizmy prístupu k spoločnému médiu.

➤ TDMA - Time Division Multiple Access

– prístup v rámci určitej časti časového okna

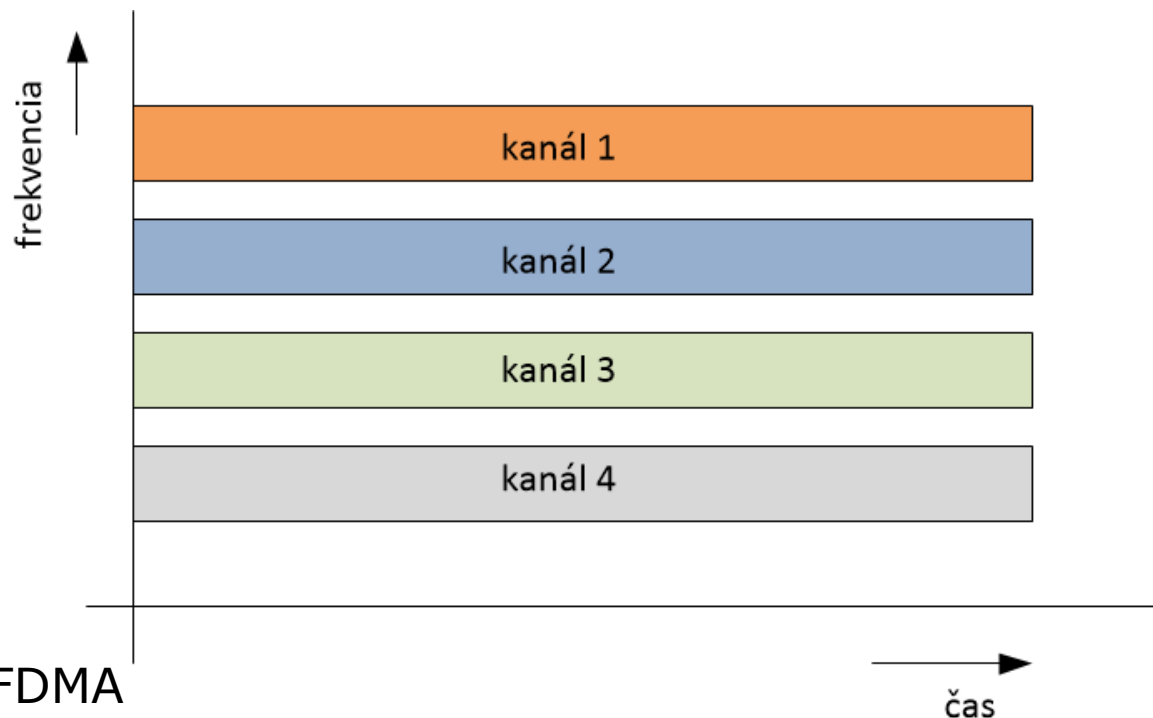
- orientovaný **bitovo**
- orientovaný **blokovo**

Obr. Princíp TDMA



➤ FDMA – Frequency Division Multiple Access

-frekvenčné pásmo rozdelené na segmenty (pre jednotlivé kanály) –každý účastník má pridelený iný frekv. kanál – medzi nimi sú ochranné pásma – použitie v kombinácii s inými prístup. metódami (TDMA, WDMA, ...)



Obr. FDMA

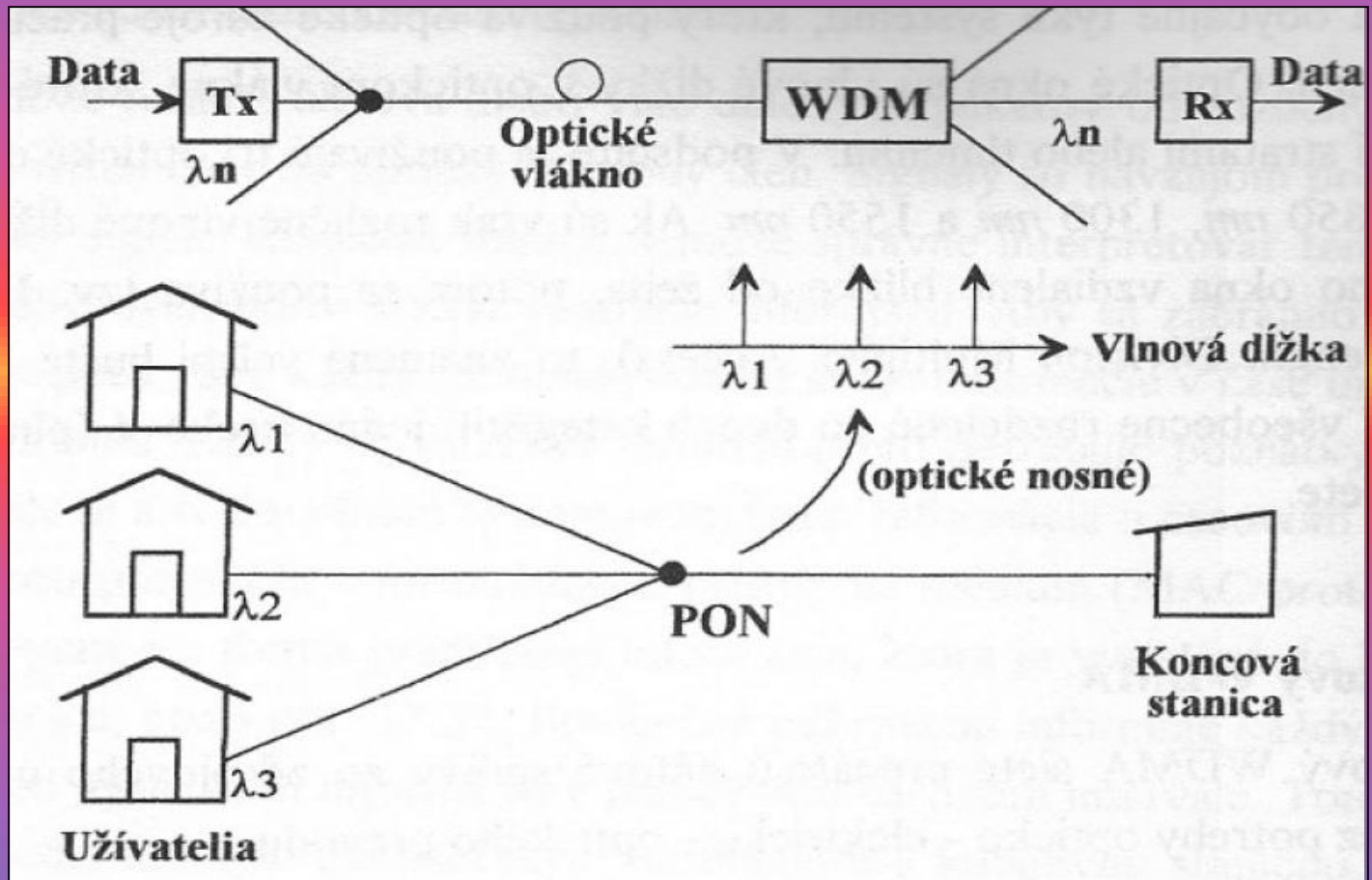
➤ **WDMA** - Wave length Division Multiple Access

- každý terminál má svoju vlnovú dĺžku λ – optický prenos – optické prístupové siete

Rôzna hustota delenia

optického okna:

- DWDMA
- HDWDMA
- CWDMA

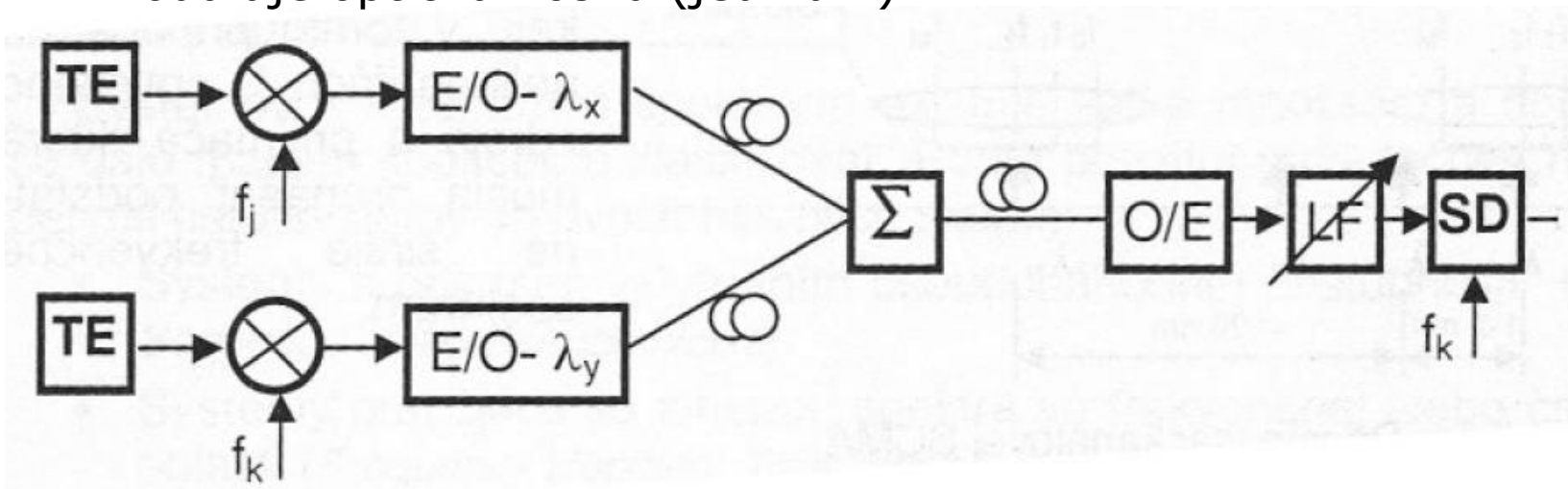


Obr. Systém WDMA PON [6]. PON - Passive Optical Network

➤ **SCMA** - SubCarrier Multiple Access

- kombinácia optického a frekvenčného delenia

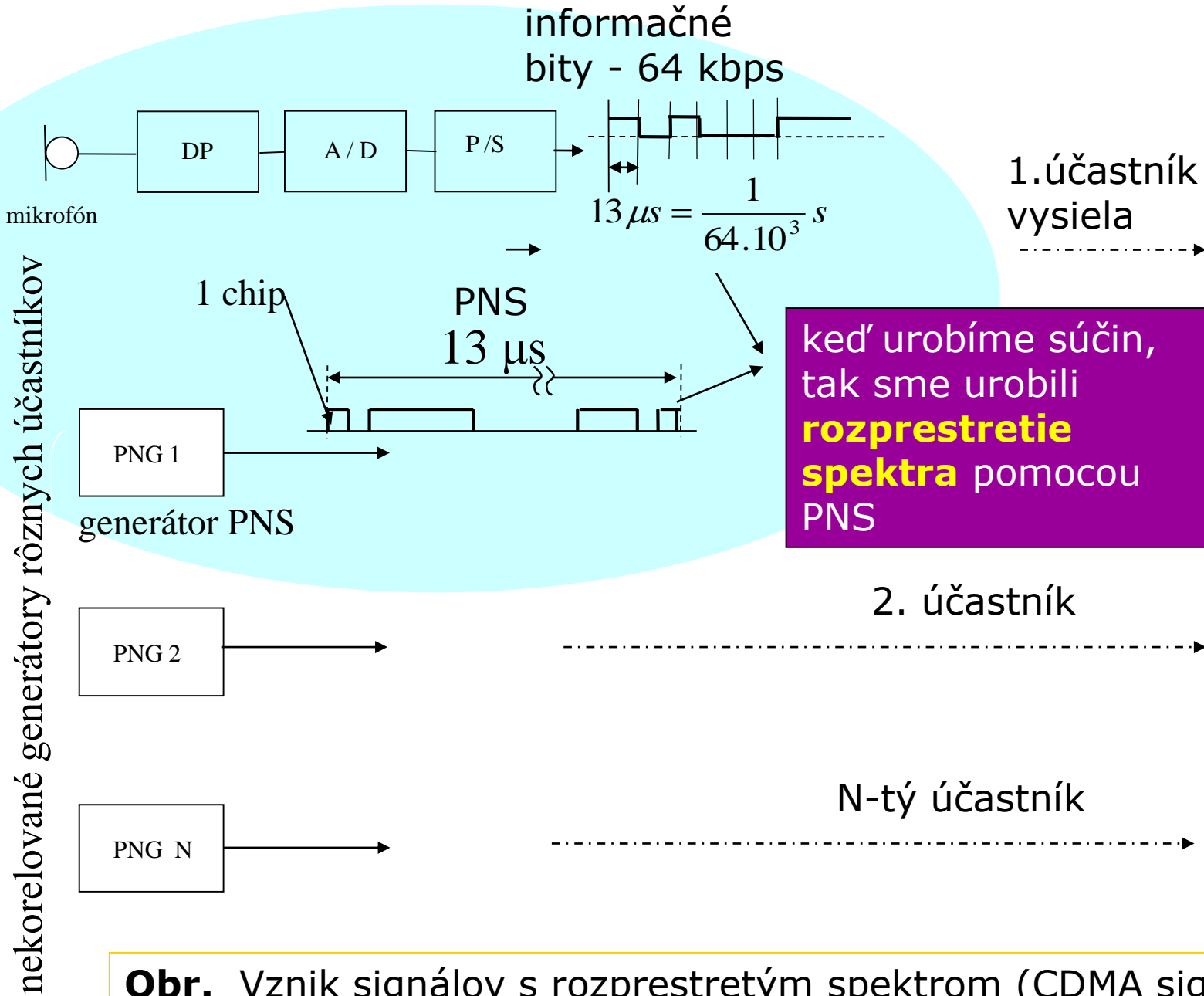
- **jednokanálové SCMA** : príspevkové signály na jednotlivých el.subnosných – modulácia na optické nosné – zlúčenie optickým väzobným členom → jeden zložený optický signál (kompozitný signál) – vid' obr.
- **viackanálová SCMA** – príspevkové signály na el.subnosných sa najprv zlúčia elektricky - vzniká širokopásmový FDM signál, ten moduluje optickú nosnú (jedinú λ)



Obr. Princíp metódy jednokanálovej SCMA pre smer „viac bodov - bod“

➤ **CDMA** - Code Division Multiple Access

- metóda **rozprestretia spektra** (Spread Spectrum) → využitie v **PSRS** (prenosové systémy s rozprestretým spektrom)
- každú účastník má svoj kód – jeho pridelenie sa môže meniť aj počas jednej relácie, a to aj veľmi rýchlo
- **Kód - pseudonáhodná postupnosť (PNS = PseudoNoise Sequence)**: veľa núl a jednotiek – konkrétne n čipov (*Chips*), t.j. impulzov; má podobné vlastnosti ako šum – obsahuje všetky spektr. zložky a pravdepodobnosť „0“ a „1“ je rovnaká
- Postupnosť PNS sa vynásobí s binárnym informačným signálom → vznikne nový akoby náhodný signál, s nízkou úrovňou, podobný šumu (obr. na ďalšej strane) – detekovať ho možno, len ak je známa rozprestierajúca PNS, čo sa robí na strane príjmu: **korelačná metóda** – vynásobenie prijatého spektra rovnakou PNS, atď.



Obr. Vznik signálov s rozprestretým spektrom (CDMA signály)

4.

Metódy prenosu v prístupových sieťach

- kódovanie a modulácie

Merateľné parametre prenosu:

- prenosová rýchlosť v_p [bps] ...
- modulačná rýchlosť v_m [Bd]

$$v_p = v_m \cdot \log_2 M$$

kde M ...celk.počet stavov

$M=2^n$, n =počet bitov na stav

$$n = \log_2 M$$

$$v_p = n \cdot v_m$$

- šírka pásma $f_h =$ približne v_m

Rozdelenie metód prenosu digitálneho signálu

- **v základnom pásme** (baseband transmission) : linkové kódy (AMI, HDB3, 2BQ1, ...)
- **v preloženom pásme** (passband transmission): modulované signály (PSK, QAM, CAP, DMT)

Cieľ: čo najlepšie využitie dostupnej šírky pásma (alebo aj jej zúženie):

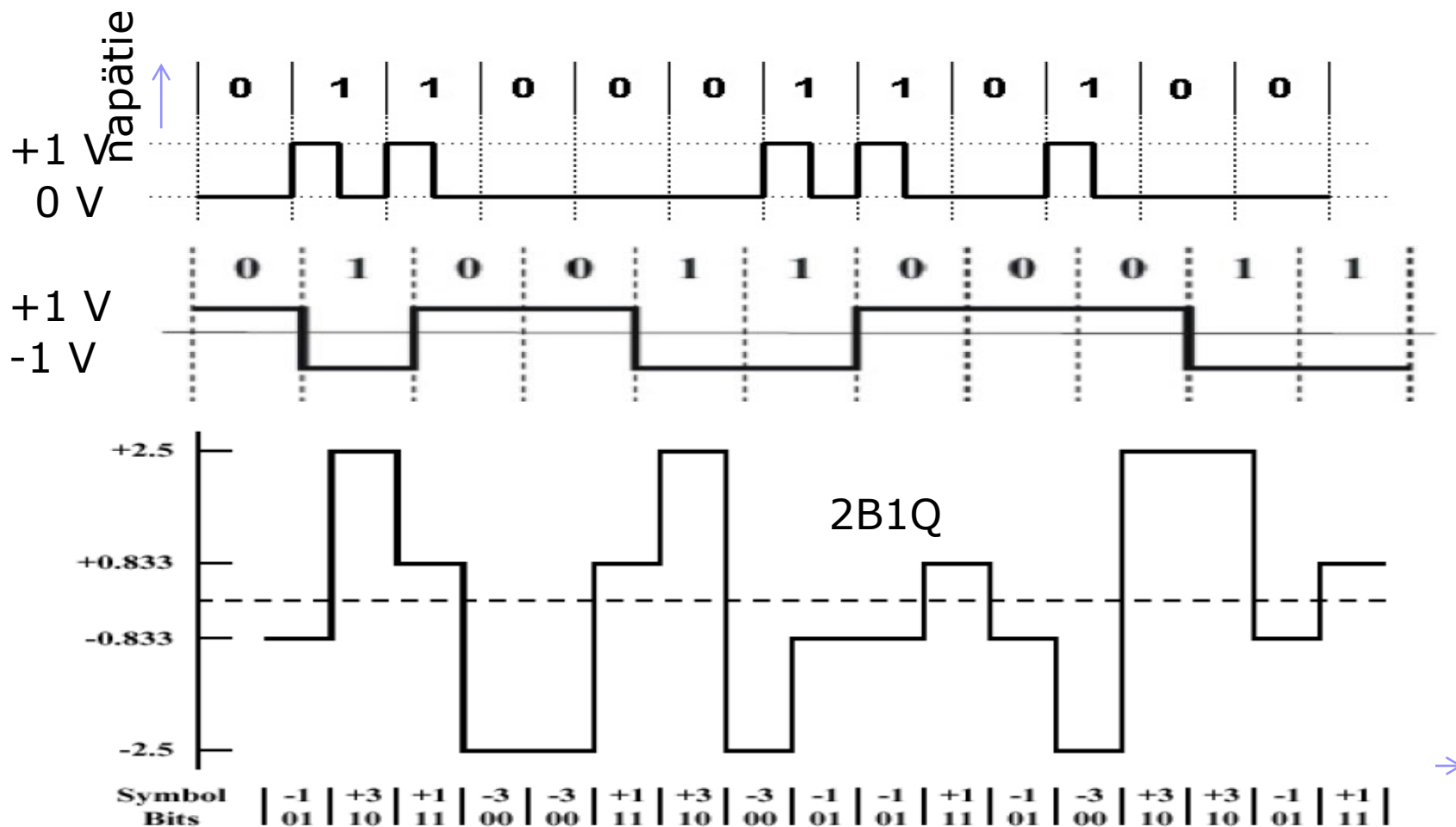
- viacstavové kódy alebo modulácie
- viaceré paralelné prenosové cesty (tzv. inverzný multiplex)

Scramblovanie → pseudonáhodná postupnosť → zrovnomenenie hustoty výkonového spektra

Duplexný prenos – typy:

- symetrický /asymetrický
- oddelené prenosové cesty, t.j. 2 metalické páry, t.j. 4-vodičové vedenie / jedna spoločná prenosová cesta, t.j. 1 metal.pár
- pri spoločnej ceste – oddelenie smerov metódami – FDD, alebo TDD; metódy EC (potlačenie echa)

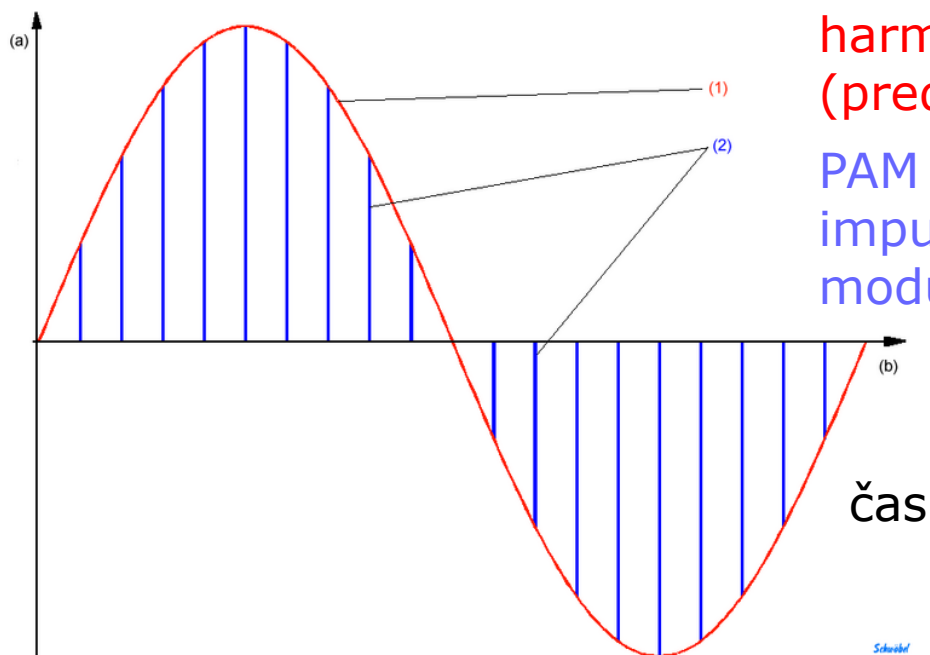
➤ **Linkové kódy** – prenos na fyzickej vrstve OSI modelu



Obr. Príklady linkových kódov

➤ PAM – Pulzná amplitúdová modulácia

- viacstavová metóda pre prenos v základnom pásme



harmonická nosná
(pred moduláciou)

PAM stavy – postupnosť
impulzov s
modulovanou výškou



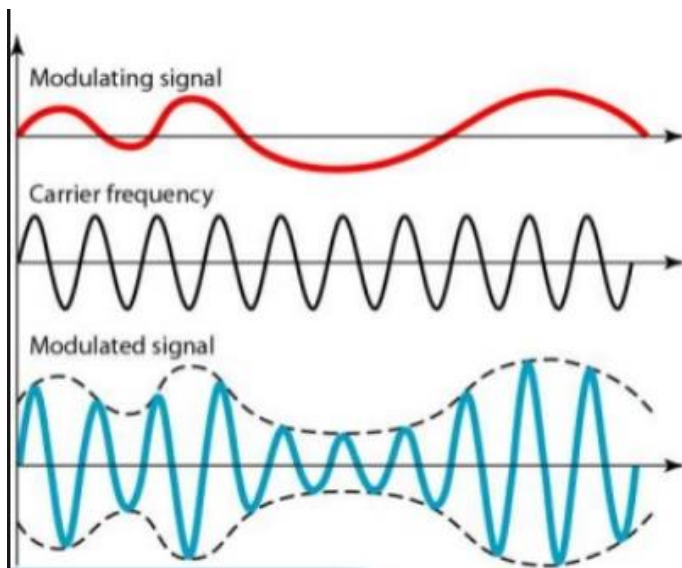
Obr. [Wikipedia]

- používajú sa **8-PAM** a **16-PAM** – v prípojkách SHDSL; v Ethernete 5-PAM

- **Modulácie v preloženom pásme – kľúčovanie**
- ide o moduláciu VF-analógového signálu digitálnym
 - PSK (Phase Shift Keying)
 - QAM (Quadrature Amplitude Modulation)

Tab. Príklady najčastejších typov PSK a QAM

označenie	názov	Typická šírka pásma pre dig. tok 2Mbps
BPSK	Bipolárna PSK	2,8 MHz
QPSK	Quadratúrna PSK	1,4 MHz
DQPSK	Diferenčná (rozdielová) PSK	1,4 MHz
8-PSK	8 stavová PSK	0,8 MHz
4-QAM	4 stavová QAM	1,4 MHz
16-QAM	16 stavová	0,6 MHz
64-QAM	64 stavová	0,4 MHz



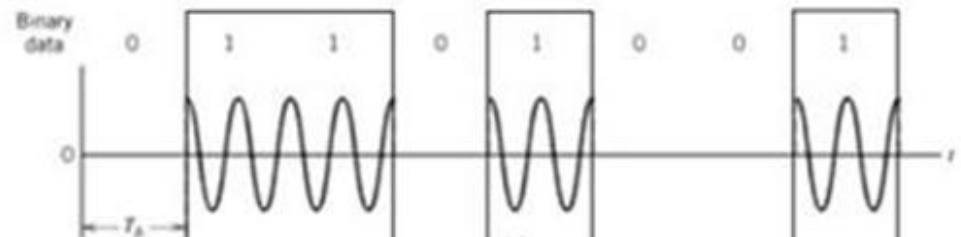
- informácia – modulačný signál

} analógová modulácia

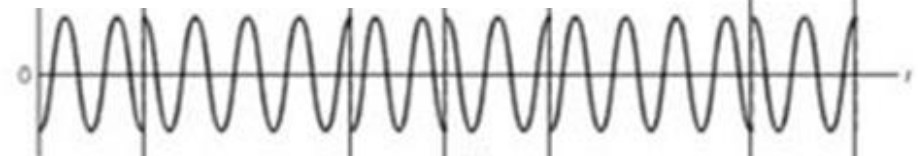
- nosná

Digitálne modulácie

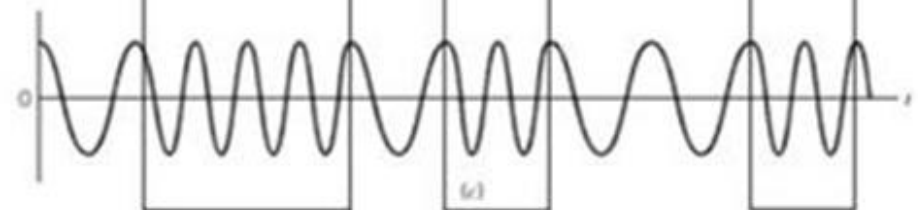
Amplitude-shift keying (ASK)



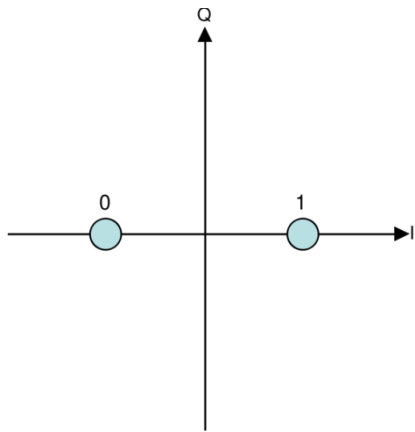
Phase-shift keying (PSK)



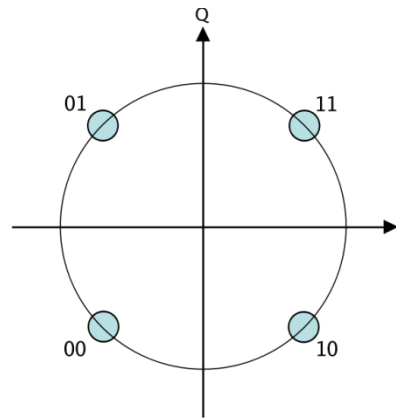
Frequency-shift keying (FSK)



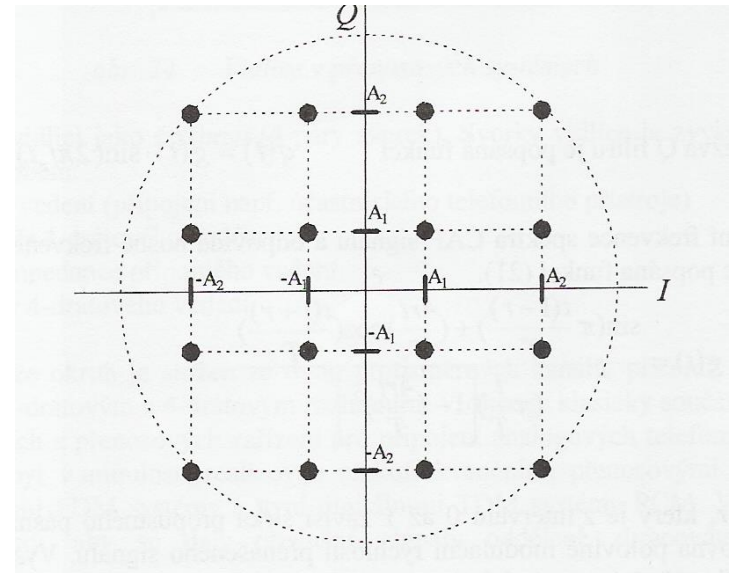
Obr. Princípy modulácií



BPSK (Binary PSK)

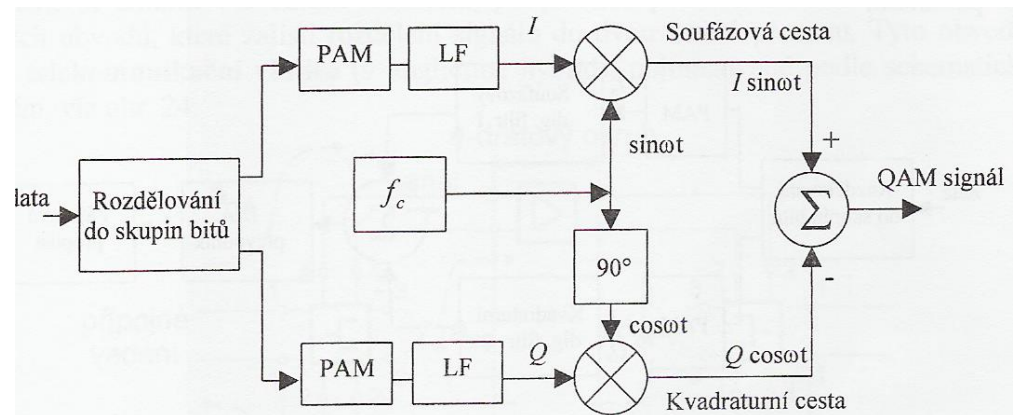


QPSK - Quadrature Phase-Shift Keying



16-QAM (súčasť prenosového systému DMT v ADSL a VDSL)

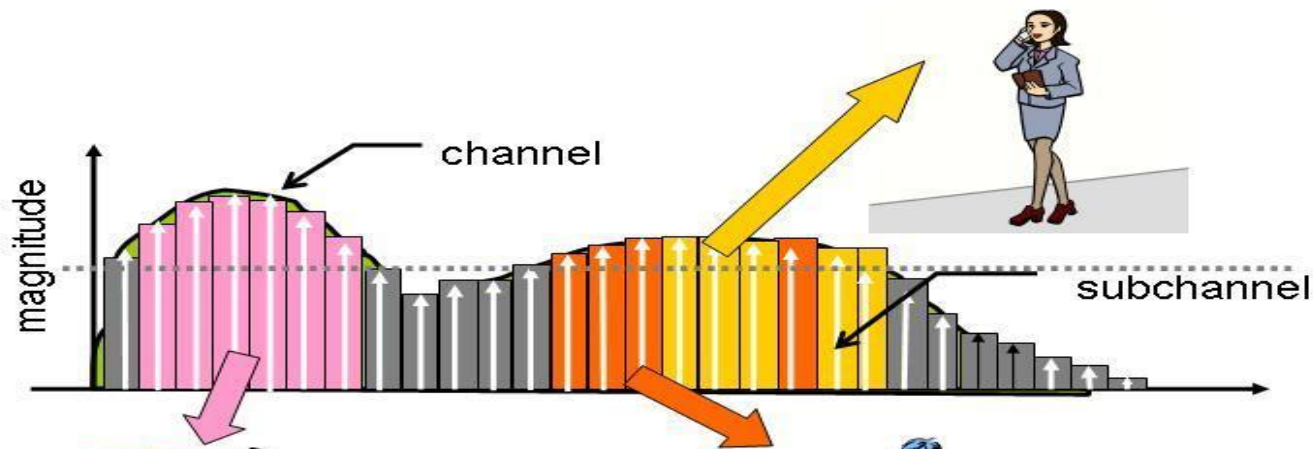
Obr. Ilustrácia k mnohostavovým digitálnym moduláciám



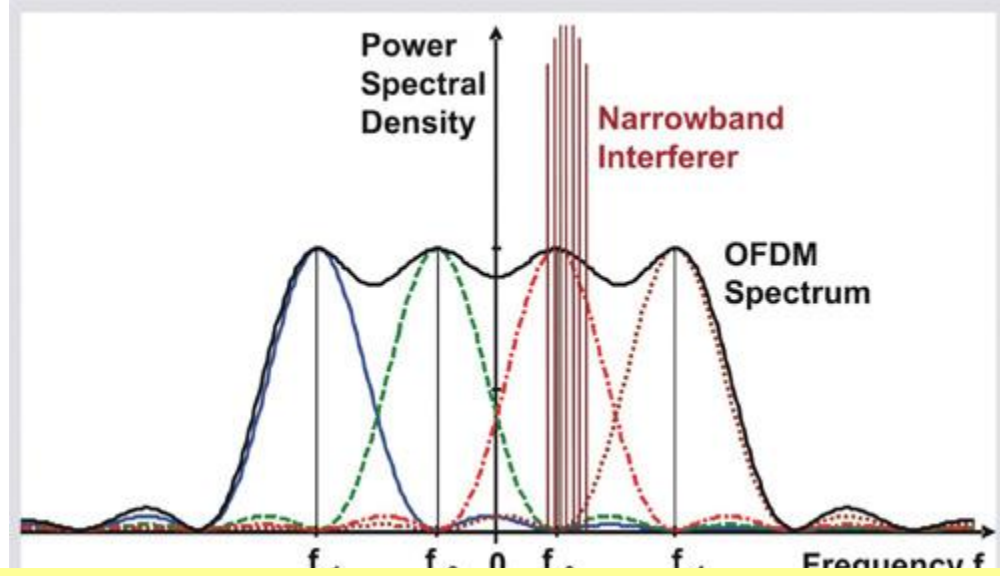
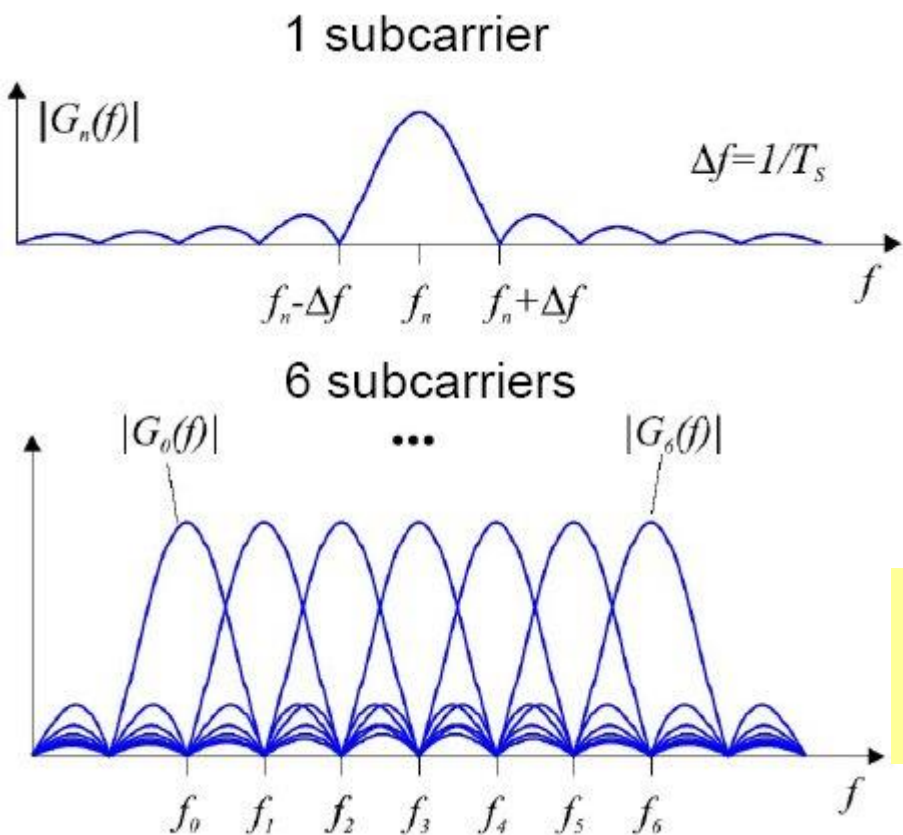
Bloková schéma modulátora QAM

➤ OFDM - Orthogonal Frequency Division Multiplex

- prenos signálu v podobe FDM systému nosných, ktoré sú navzájom **ortogonálne** (ich spektrá sa neprekrekyvajú, neovplyvňujú, resp. prekrývajú sa minimálne) – medzi jednotlivými ortogonálnymi frekvenčnými kanálmi nie sú ochranné pásma
- ortogonálne nosné sú modulované QAM alebo PSK



zdroj:
<http://kupluk2.blogspot.com/2010/03/what-ofdm-means-to-wimax.html>

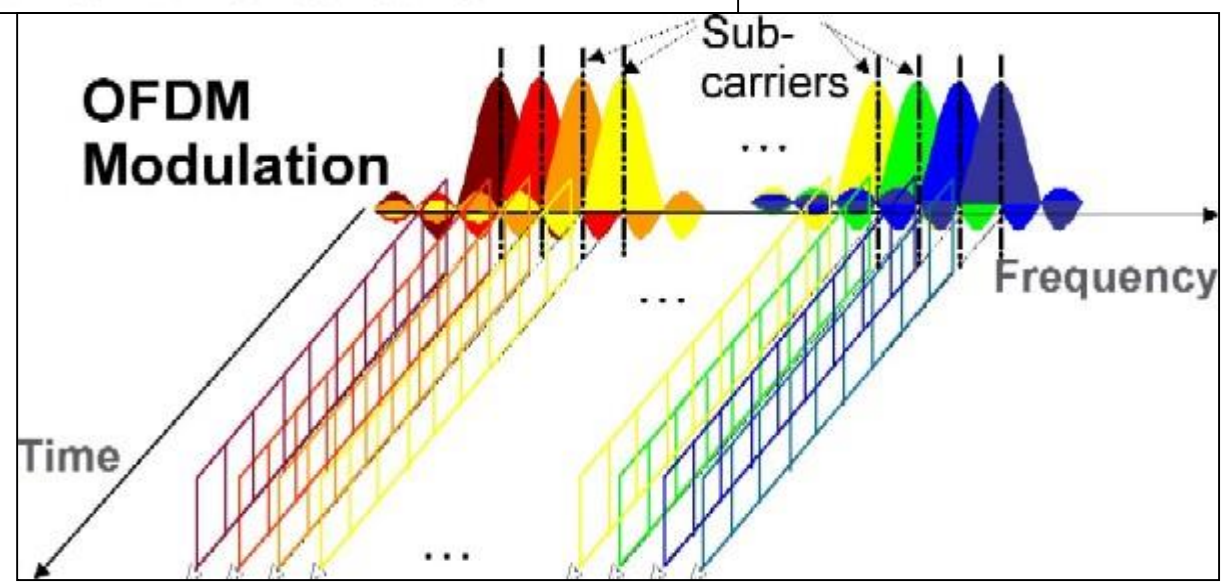


zdroje:

<http://infowimax.blogspot.com/2008/05/un-panorama-de-ofdm.html>

http://www.iss.rwth-aachen.de/Projekte/Theo/OFDM/OFDM_en.html

http://connectedplanetonline.com/wireless/technology/mimo_ofdm_091905/



Ďalšie metódy prenosu:

- trelisové kódovanie
- paketový a bunkový prenos, synchronný a asynchronný (ATM)
- protokoly (TCP/IP a pod.)
- strímovanie médií

5.

Jednotlivé typy PrS:

- ISDN
- hybridné (xDSL, využitie starých telefónnych sietí v kombinácii s optikou)
- optické (PON, AON)
- rádiové (WiFi, WiMAX, apod.)
- TKR (pôvodné TV kábelové rozvody)
- energetické (vysokonapäťové, domový elektrický rozvod)

➤ **ISDN – Integrated Services Digital Network** (Digitálna sieť integrovaných služieb)

- prvé digitálne prístupové siete
- dig. simultánny prenos hlasu, videa, dát a iných sieťových služieb **cez tradičné obvody verejnej telef. siete (PSTN)**
- def. v r. 1984 / CCITT (organizácia CCITT sa v r. 1993 premenovala na ITU-T)
- **vytáčané služby** (dial-up)
- **spoplatňovaná dĺžka doby prístupu**
- prípojky ISDN-BRA (zákl. typ), ISDN-PRA (pre pripojenie pobočkových ústrední)

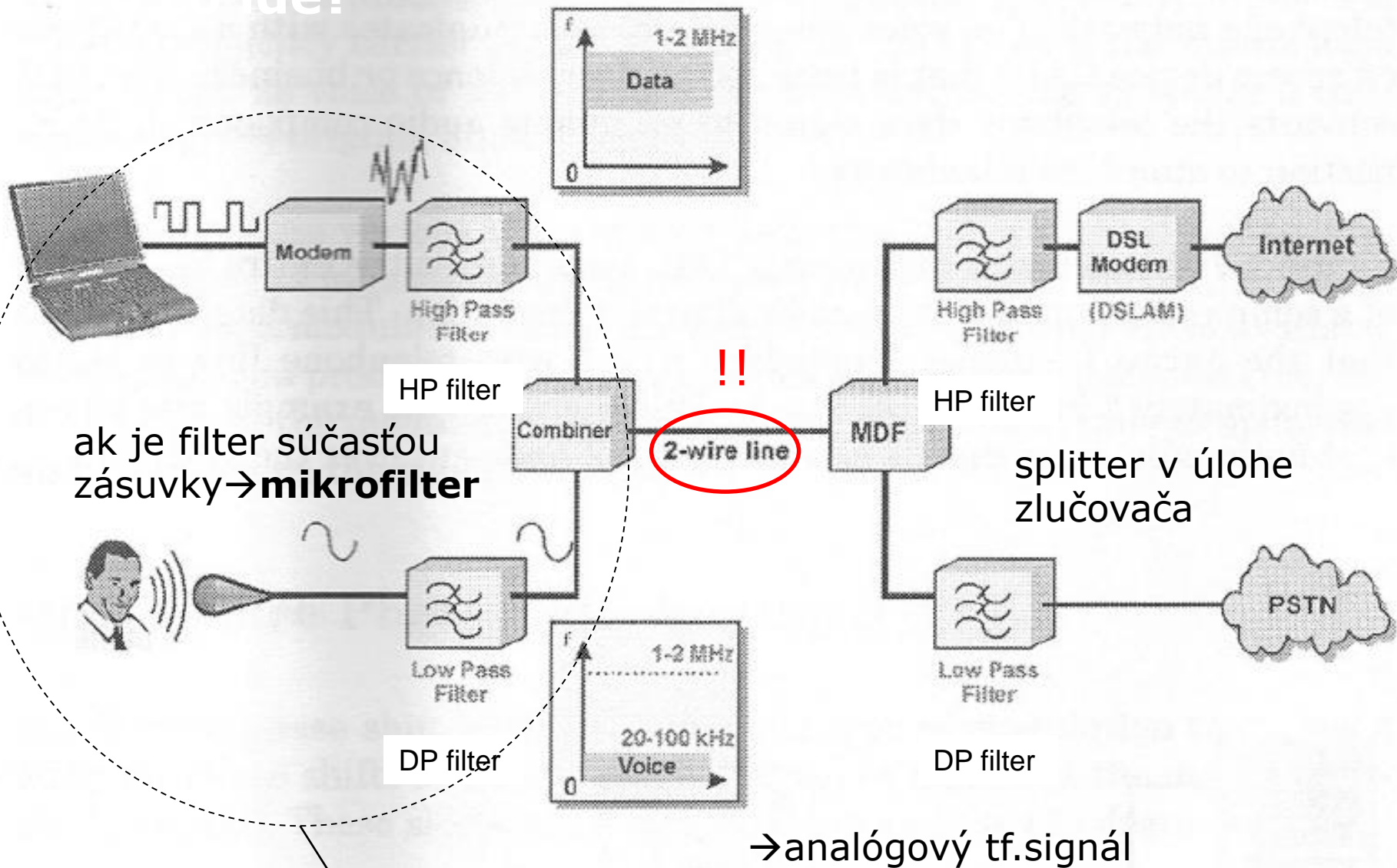
➤ **Technológie xDSL**

- metódy širokopásmového prístupu s využitím infraštruktúry starých telefónnych sietí, najmä symetrických vedení (**krútené páry** – twisted pairs)
- permanentný prístup k širokopásmovým službám, tarifácia podľa poskytnutých rýchlostí, resp. šírky pásma

Pojmy:

- **DSL** – Digital Subscriber Line – digitálna účastnícka linka
- PSTN - Stará telefónna sieť (Public Switched Telephone Network)
- krútené páry
- **DSLAM** - DSL Access Multiplexer - zariadenie u poskytovateľa, koncentruje prevádzku od viacerých užívateľov
- viac foriem DSL → xDSL

úloha?



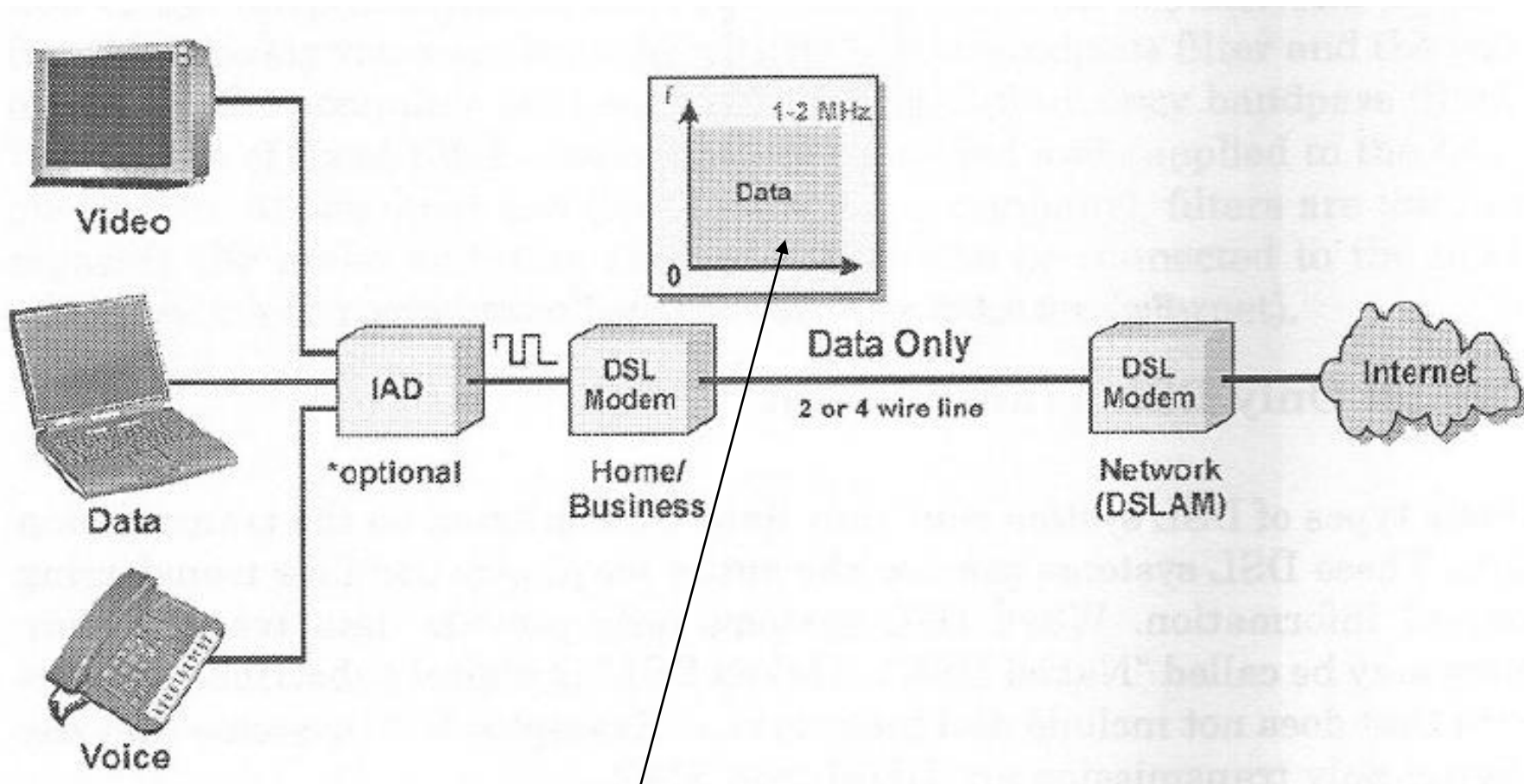
ak je filter súčasťou zásuvky → **mikrofilter**

splitter v úlohe zlučovača

→ analógový tf. signál

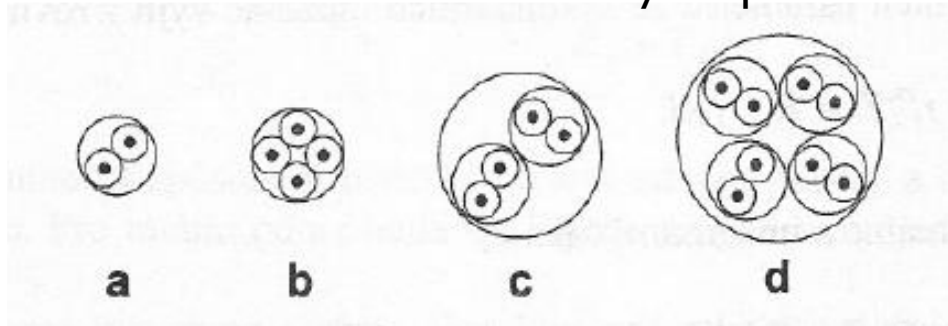
Obr. Architektúra linky DSL – analógový hlas a digitálne dáta sú v oddelených pásmach

alebo:

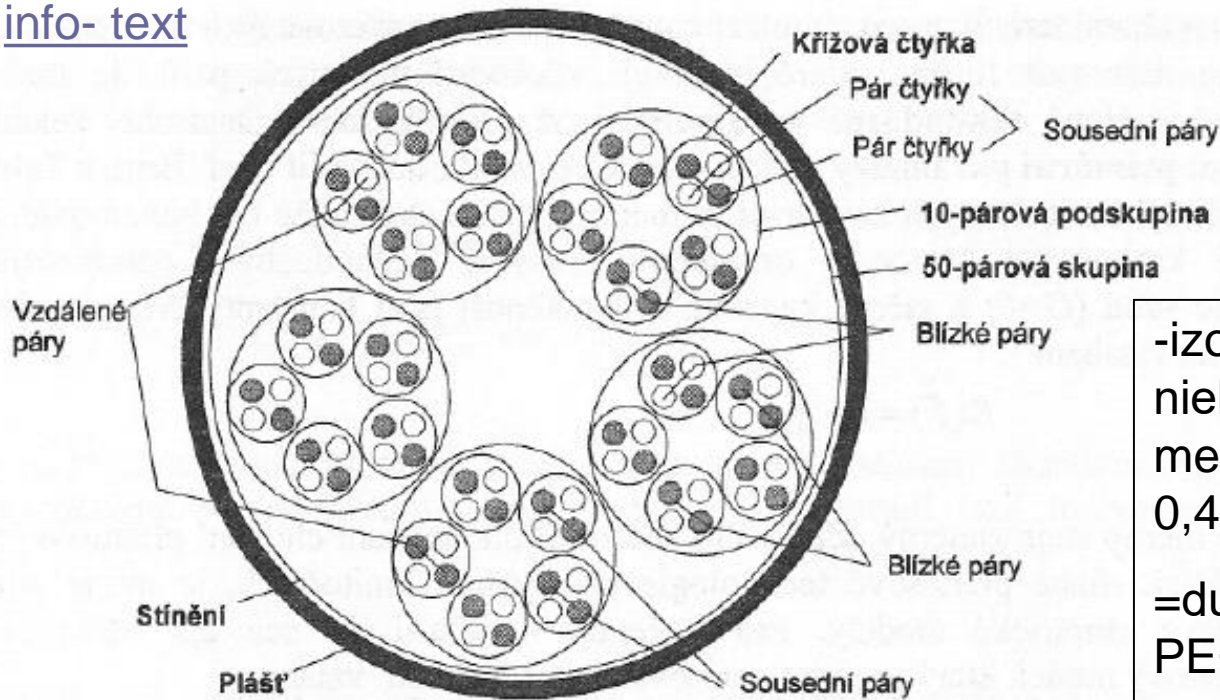


Obr. DSL - typ „digital – only“ (pásma pre hlas a dáta nie sú oddelené) [5]

Telefónne káble s krútenými párami

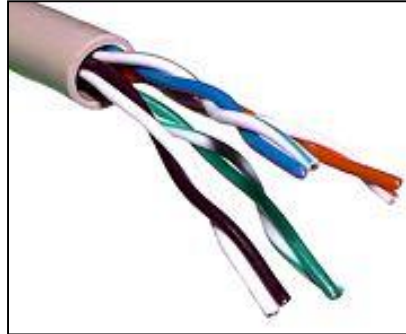


[info- text](#)



-izolácia žíl je plastová (PE), niekedy penová (menšia merná kapacita), ϕ jadier 0,4; 0,6; 0,8 mm aj iné
 =duša + plášť(Pb,Al alebo PE+ ocel'. pancier = mech.ochrana a tienenie)

Ethernetové (dátové) káble:



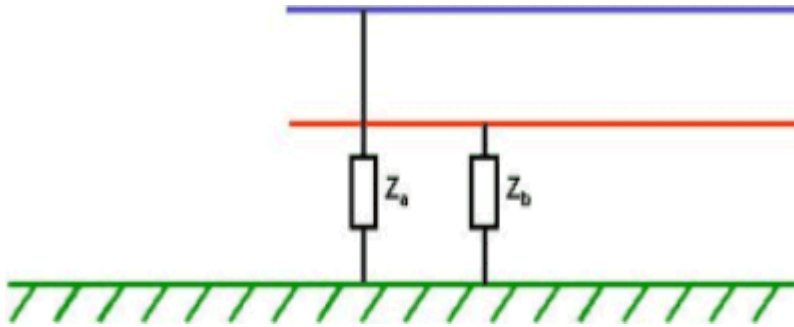
Príklady konštrukcie káblov s krútenými párami (**STP, UTP, S/STP, S/UTP=FTP**)

screened/
shielded



➤ Vlastnosti symetrických krútených párov

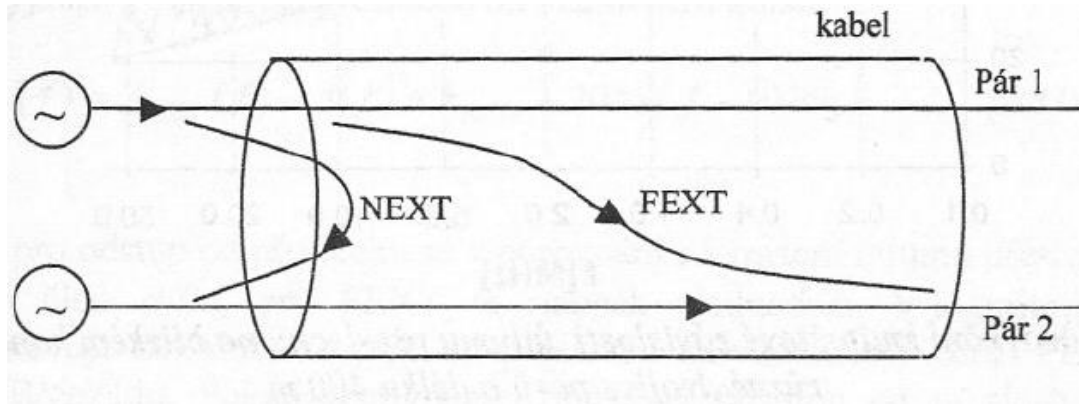
- Útlm nesymetrie (Longitudinal Balance = LB)



$$LB = 20 \log_{10} \left(\frac{Z_a + Z_b}{Z_a - Z_b} \right) \text{ [dB]}$$

- **Presluchy**

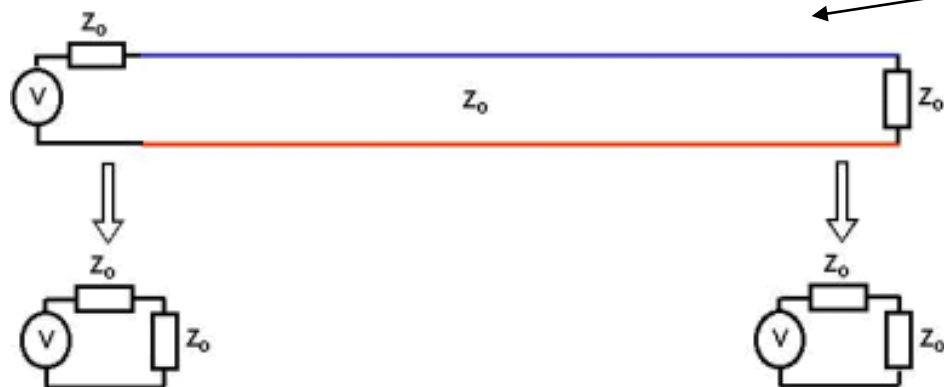
- jeden z typov rušení – ovplyvňovanie sa párov v kábli



- presluchy na blízkom konci **NEXT** (Near End CrossTalk)

- presluchy na vzdialenom konci **FEXT** (Far End CrossTalk)

- **Nutnosť impedančného prispôsobenia**



- kvôli max. využitiu vysielaného výkonu musí byť:

$$Z_{\text{zdroja}} = Z_0 \quad \text{a} \quad Z_L = Z_0 \quad !$$

Z_L je impedancia záťaže

(okolo 120 Ohmov symetrických,
pri koaxiáloch 50 alebo 75 Ohmov
nesymetrických)

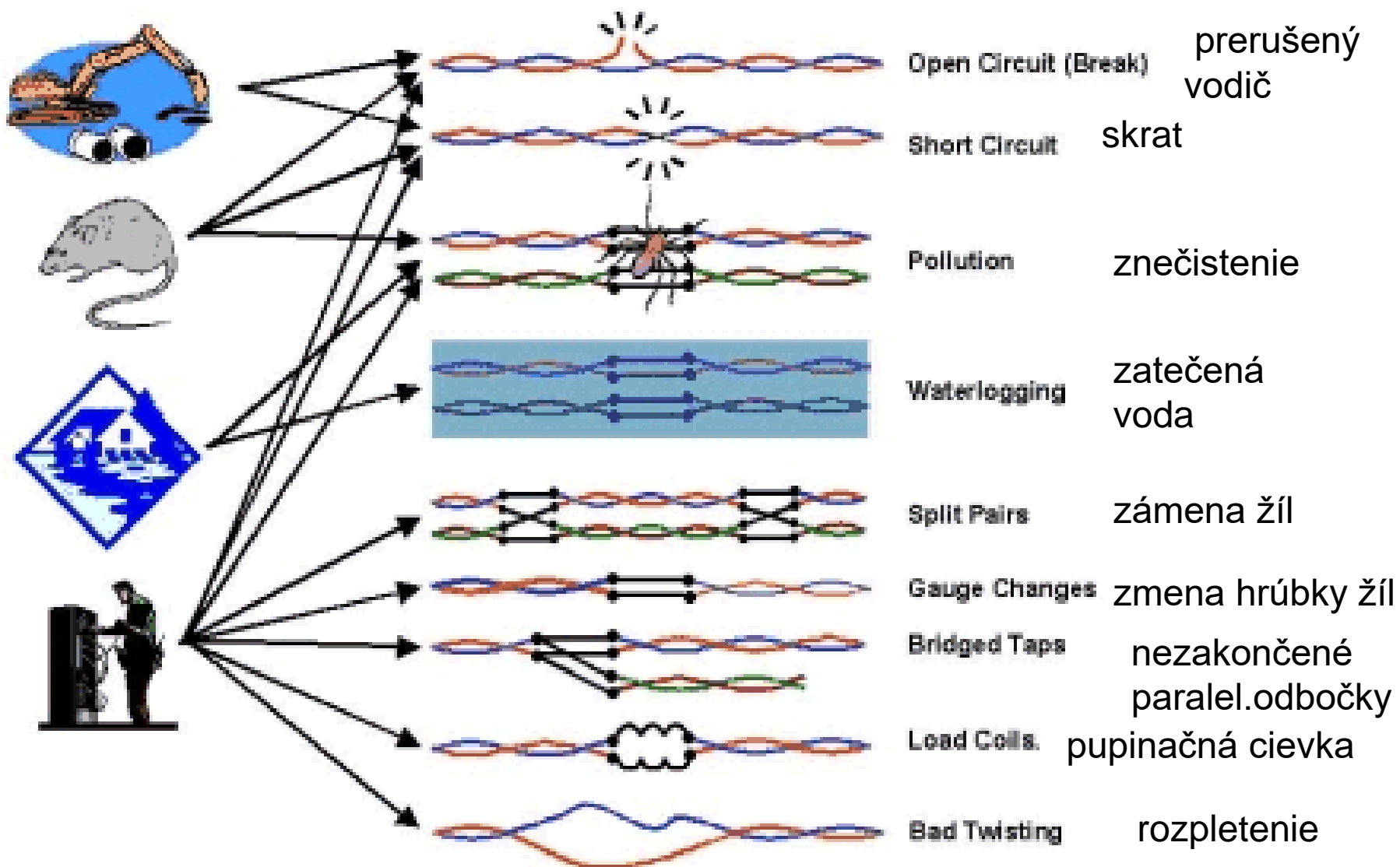
- impedančné prispôsobenie → nulový odraz

- impedančné neprispôsobenie → čiastočný až toálny odraz vlnenia/signálu

d'alsie vlastnosti:

- **teplotná závislosť tlmenia**
- **frekvenčná závislosť tlmenia**
- **závislosť tlmenia od dĺžky vedenia**
- **šumy a rušenia**

Príčiny a závady spôsobujúce zhoršenie vlastností liniek xDSL [3]



- Najčastejším pôvodcom je človek so svojím neodborným zásahom.

- **Informačná kapacita (priepustnosť dátová rýchlosť) digitálnej linky**

- závisí od všetkých faktorov, ktoré sa prejavujú v tlmení signálu alebo vo zvýšení šumu a rušení

$$C = B \log_2 \left(1 + \frac{P_{sig}}{P_{\text{šum}}} \right) \dots \text{ [bps]}$$

B – šírka frekvenčného pásma [Hz]

P_{sig} – výkon signálu [W] – ovplyvňujú ho útlmy

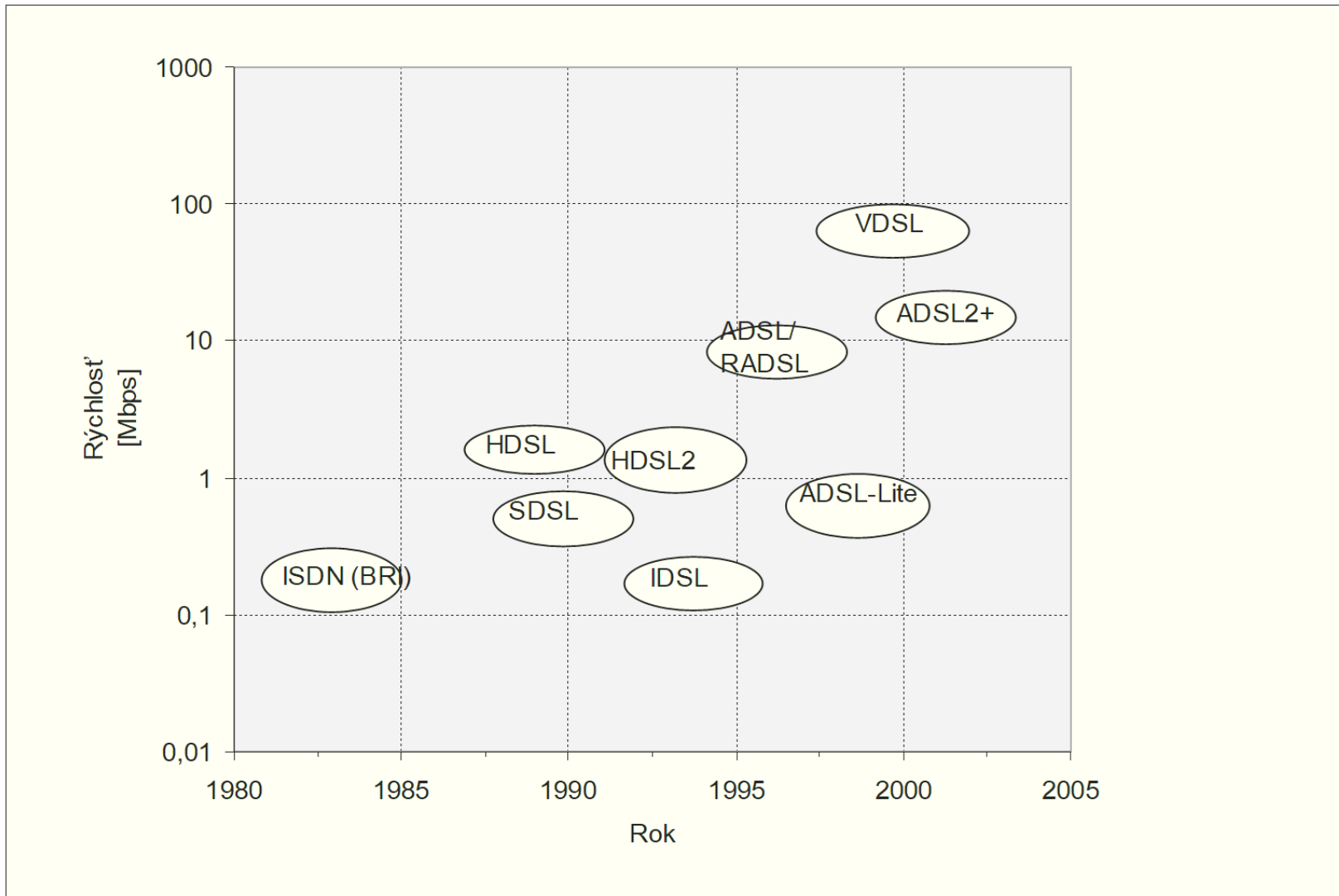
$P_{\text{šum}}$ – výkon šumu a rušení [W]

ADSL	ANSI T1.413 Issue 2
	ITU G.992.1 (G.DMT)
	ITU G.992.2 (G.Lite)
ADSL 2	ITU G.992.3/4
	ITU G.992.3 Annex J
	ITU G.992.3 Annex L
ADSL 2+	ITU G.992.5
	ITU G.992.5 Annex M
HDSL	ITU G.991.1
HDSL 2	
IDSL	
MSDSL	
PDSL	
RADSL	
SDSL	
SHDSL	ITU G.991.2
UDSL	
VDSL	ITU G.993.1
VDSL 2	ITU G.993.2

Tab.

Zoznam technológií **xDSL** a zodpovedajúce čísla medzinárodných štandardov

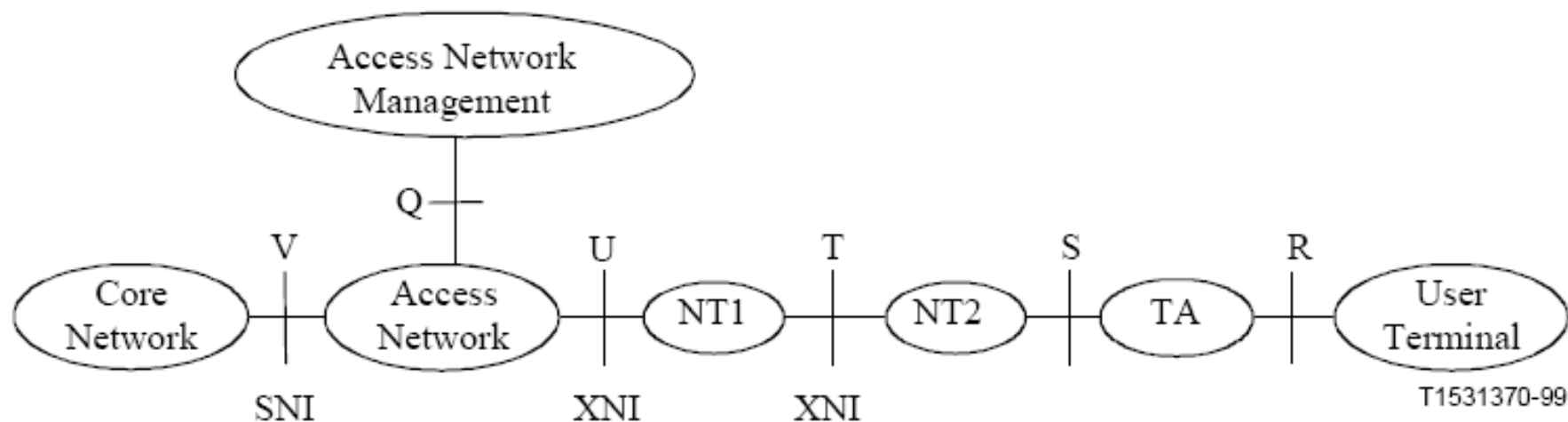
(abecedný zoznam)



Obr. Vývoj DSL

Označenie	Štandard ITU-T	Rýchlosť down [Mbps]	Rýchlosť up [Mbps]	Linkový kód	Dosah [km]	Použitie
DSL (IDSL)	ITU-T I.430	0,128	0,128	2B1Q	6	Videokonf., prístup k Internetu
HDSL	G.991.1	2	2	CAP 2B1Q	2-3... 1 pár 42 páry 5,5.....3 páry	Prenos E1, prepojenie LAN, Frame Relay
SDSL	-	do 2,3	do 2,3	2B1Q	2 až 5	
SHDSL	G.991.2	do 2,3	do 2,3	16 PAM	3 až 6	
ADSL Lite	G.992.1	do 1,5	do 0,5	DMT	4 až 7	Prístup k Internetu
ADSL R-ADSL	G.992.2	1,5 až 8	do 1	DMT	3 až 6	Prístup k Internetu, Video na požiad.
VDSL	G.993.1	13 až 52 alebo 26	1,5 až 6,4 al. 26	QAM DMT	0,3 až 1,5	Multimed. prístup k Internetu, HDTV

Tab.4 Prehľad niektorých špecifikácií technológií xDSL [3]



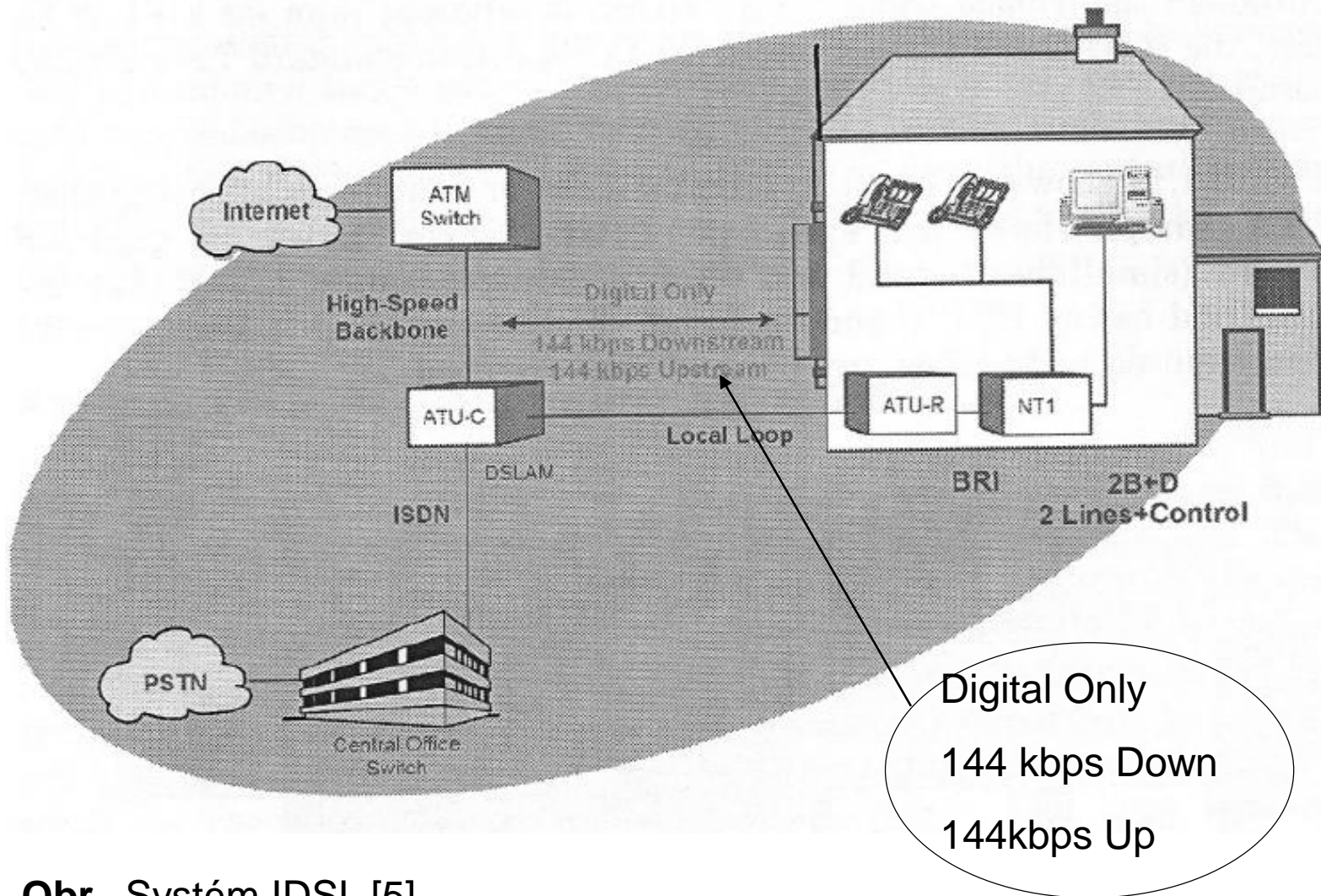
Network Termination 1 (NT1).

Network Termination 2 (NT2).

Terminal Adapter (TA).

Obr. Referenčná konfigurácia platná všeobecne pre xDSL systémy podľa ITU [6]

➤ IDSL (ISDN DSL)



Obr. Systém IDSL [5]

➤ IDSL (ISDN DSL)

- ITU-T I.430, ETSI ETR 80
- „nultý variant xDSL“ alebo tiež jednoducho DSL
- podporuje existujúce ISDN terminálové adaptéry a smerovače
- na rozdiel od ISDN: **permanentné pripojenie k Internetu**, nie vytáčaním a nie cez hlasové spojovacie pole
 - **platba fixnej čiastky mesačne**
 - dáta a reč sú v mieste lokál.ústredne oddelené
 - oba smery po 160 kbps (užitočná 128 kbps), formát rámca ako v ISDN-BRA
 - prenos v základnom pásme (2B1Q);
 - nie je možný prenos hlasu analógovo, digital only;
 - potlačenie echa a FFE, DFE
 - > 10 km
- koncentrátor a **štatistické multiplexovanie** → lepšie využitie prostriedkov siete

➤ Skupina HDSL

- vyvinuté v USA
- ETSI ETR 152, ITU-T G.999.1
- náhrada link. kódu HDB3 kódom 2B1Q alebo modulácia **CAP** (výkonnejší systém, mnohostavová modulácia 1 nosnej), PDH (TDM) - E1, resp. T1
- max.prenosová rýchlosť 2 Mbps
- **prenos po 1, 2 alebo 3** medených telef. pároch miestnej siete – na každom **dúplexný prenos**, použitie vidlice a metódy potlačenia echa
- menšia šírka obsadeného frekvenčného pásma → prenos na vzdialenosť až do 8 km bez opakovačov
- Využitie:
 - typicky pre prepojenie medzi nosnými systémami lokálnych ústrední
 - pripojenie pobočkovej ústredne k verejnej sieti
 - súkromné podnikové siete
 - vzdialený prístup k sieti LAN
 - spojenie BS mobilných sietí

Tab. Porovnanie HDSL na 1, 2 a na 3 pároch

Počet párov	Celková rýchlosť [kbps]	Rýchlosť na pár [kbps]	Služobný kanál [kbps]	Prenosová rýchlosť [kbps]	Modulačná rýchlosť [kBd]	Prekľnuteľný útlm pri 150 kHz
1	2304	2304	16	2320	1160	24 dB
2	2304	1152	16	2 x 1168	584	27 dB
3	2304	768	16	3 x 784	392	31 dB

Ďalší vývoj HDSL:

➤ HDSL2

- 2. generácia HDSL
- 1 pár
- zvýšenie počtu **stavov (64-CAP a potom 8- a 16-PAM)** a mriežkové kódovanie (TC)
- predchodca SHDSL
- nebol celosvetovo štandardizovaný

➤ SDSL – Single pair (alebo Symetric) DSL

- neštandardizovaný; predchodca SHDSL
- duplexný symetrický prenos po symetr. páre s použitím opakovačov
- 16-TC-PAM
- 2,3 Mbps aj menšie s menšími nárokmi na spektrum a s väčším dosahom
- začiatok prispôsobovania prenosovej rýchlosti podmienkam, a zač. používania ATM

➤ MSDSL – Multirate Symmetric DSL

- viacrýchlostná, symetrická, 1 metalický pár,
- 2,048 Mbps a menej ($N \times M \times 64$ kbps; N ... počet kanálov, M ... počet účastníkov)
- podpora integrovaného hlasu aj dát, videokonferencie s MPEG2

➤ SHDSL – Single pair HDSL

- štandardizovaný: ITU T G.991.2
- po 1 metal. páre, možnosť použiť opakovače
- symetr.prenos 192 kbps – 2312 kbps
- 16 PAM s TC kódovaním,**

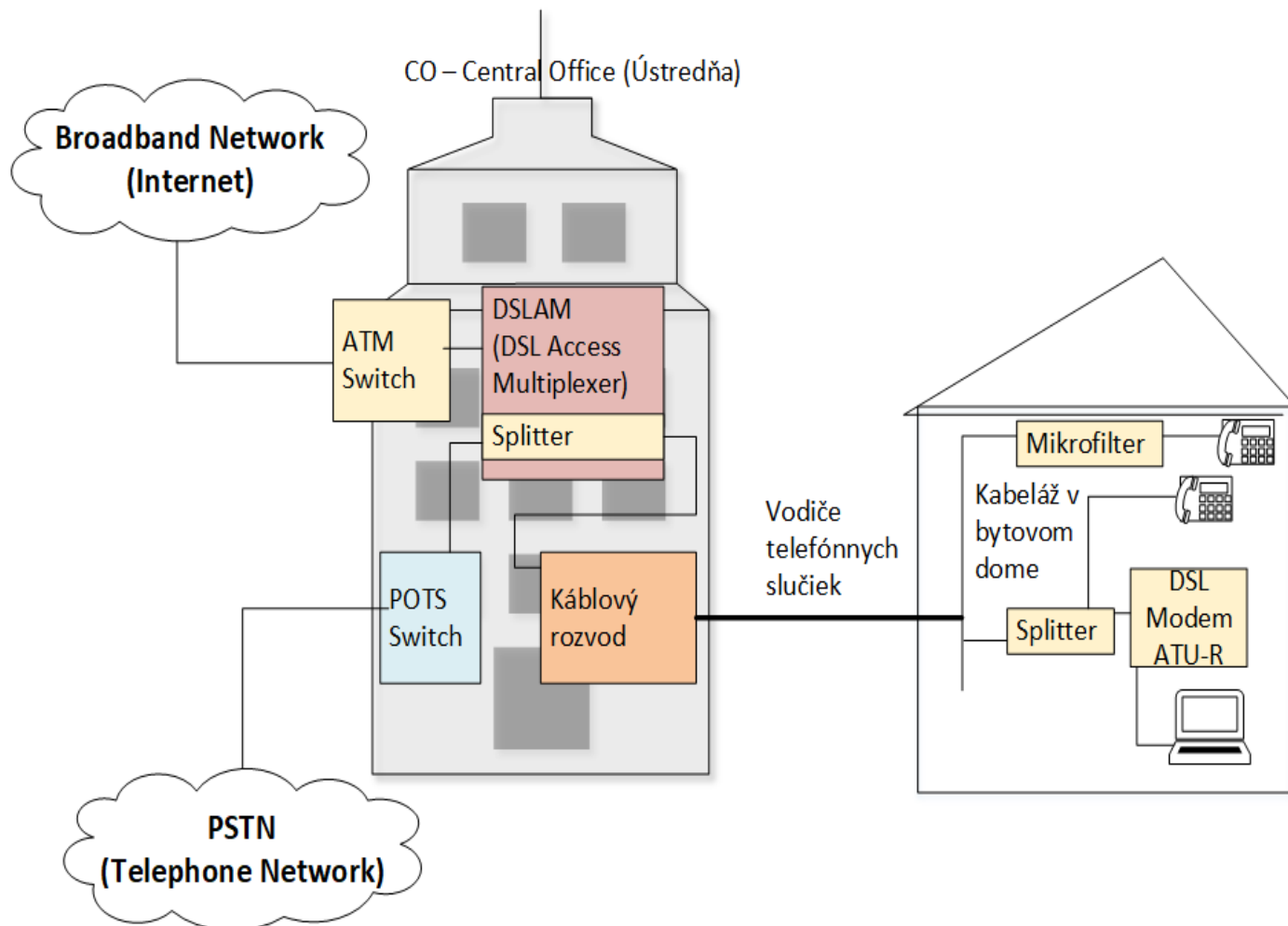
➤ ADSL

- **Assymmetric Digital Subscriber Line**

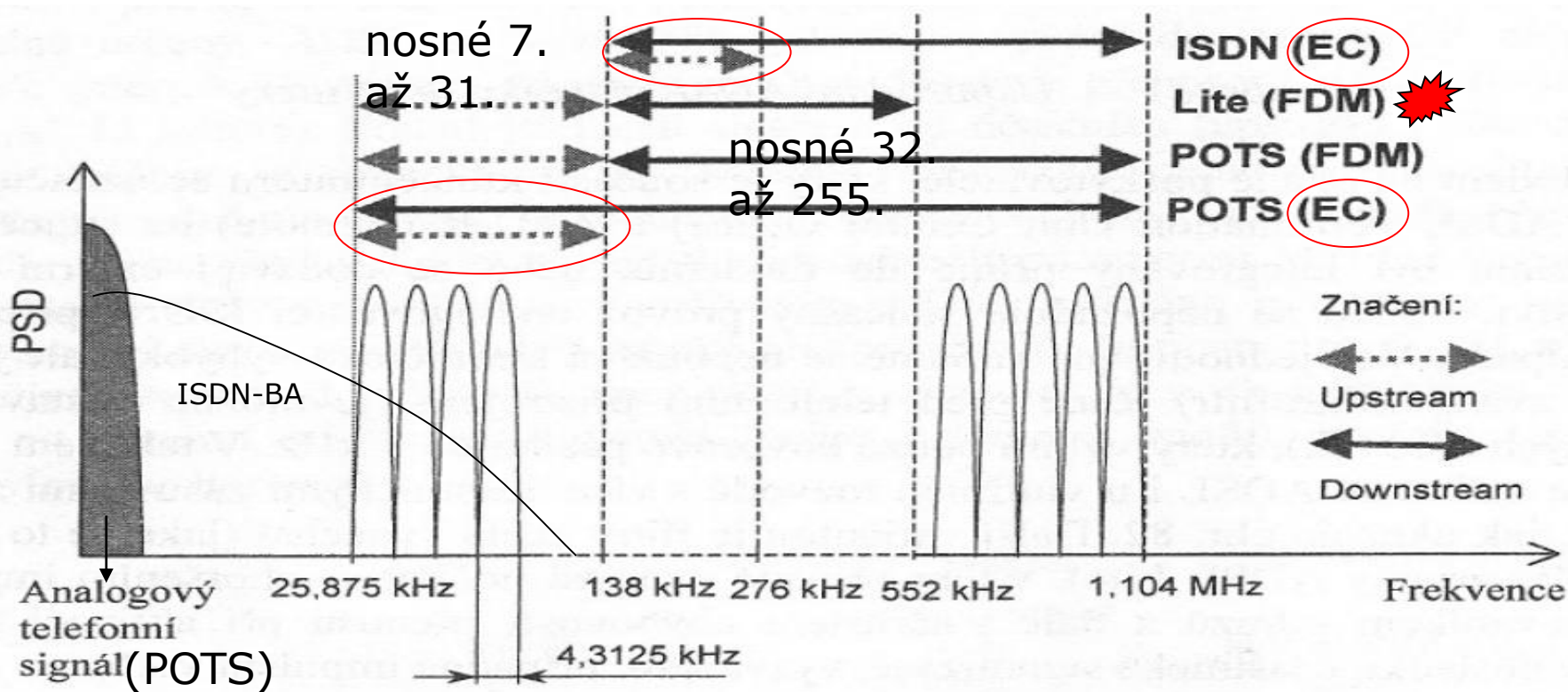
- prenos v preloženom pásme (modulačná metóda, DMT + QAM)
- štandardy ANSI (T1.413 skupiny T1E1.4), ETSI (európske požiadavky pridané ku T1.413) a ITU (skupiny štandardov ITU-T G.992.1, 992.2, 992.3/4, 992.5 a pod. – možno zadarmo stiahnuť zo stránky: ITU - Publications – ITU-T)

Špecifikácie základnej verzie ADSL:

- vysokorýchlostný dig. prenos + telefónna (aj analógová) prípojka, alebo + ISDN
- max. down 1,5 až 8 Mbps / max. up 16 až 832 kbps – rôzne rýchlosti v závislosti od vzdialenosti
- pásmo do 1,1 MHz s **DMT** moduláciou (Discrete Multitone Transmission), max. 256 DMT subkanálov – každý široký 4 kHz. (v USA použitie **CAP modulácie**)
- pre analógový tf.- dolných 4 kHz; pre ISDN až do 80 kHz (pri prenose ISDN je pásmo pre dig. dáta zmenšené...)
- dosah 5,5 km
- prenos v rámcoch po Cu- vedeniach
- varianty **Full / Lite - vid' ďalej** (lite je bez splitterov, má polovicu pásma a neprenáša ISDN, iba ak POTS)



Obr. Architektúra linky ADSL (pozn.: POTS – stará analógová telefónna služba)

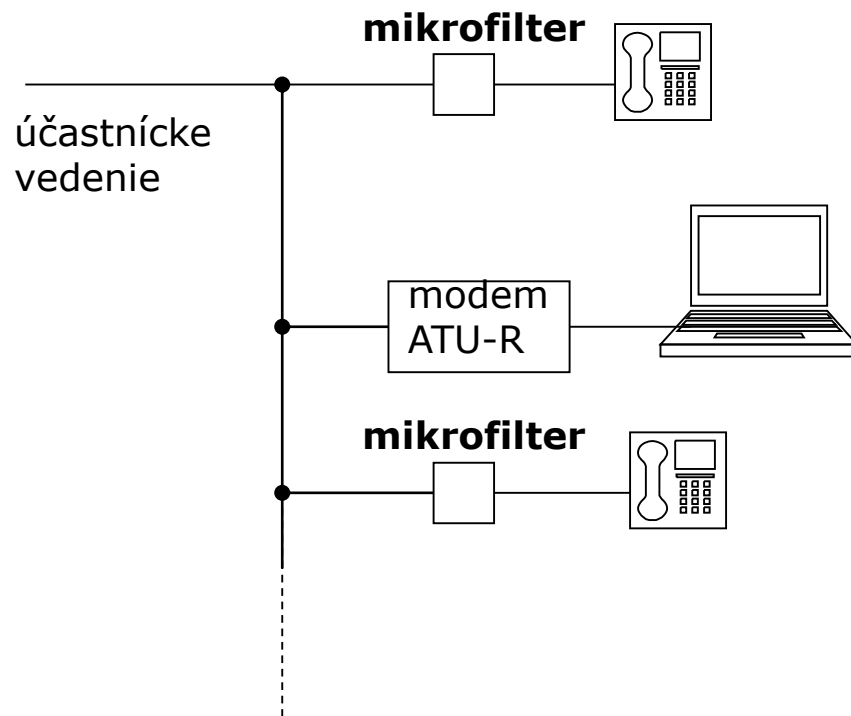


Obr. Obsadenie spektra jednotlivými variantmi ADSL [2]

směr	Upstream				Downstream			
Varianta ADSL	Počet subkanálů	Od kHz	Do kHz	Rychlost kbit/s	Počet subkanálů	Od kHz	Do kHz	Rychlost kbit/s
POTS (FDM)	26	25	138	32-1500	224	138	1104	32-13380
POTS (EC)	26	25	138	32-1500	250	25	1104	32-14940
Lite (FDM)	26	25	138	32-1500	96	138	552	32-5700
ISDN (EC)	32	138	276	32-1860	198	276	1104	32-11820
Jen data	32	0	138	32-1860	256	0	1104	32-15300

Tab. Porovnanie variantov ADSL

- **mikrofilter** – filter pre vybratie **len 4 kHz-hovorového** pásma (pripojený na účastnícku zásuvku) - zjednodušené riešenie pre paralelného účastníka, ktorý nechce širokopásmové dáta, alebo jednoducho – pre pripojenie telefónneho zariadenia k linke ADSL (niektorí výrobcovia označujú svoje výrobky ako mikrofiltre, aj keď ide v podstate o splitre, pretože rozbočujú signál na tf. a dátové pásmo)



Obr. Usporiadanie ADSL prípojek s mikrofiltrami

Obsadzovanie subkanálov a dosiahnuteľná prenosová rýchlosť

- ADSL modemy (v ATU-C a ATU-R) sa konfigurujú počas inicializácie a okrem iného zisťujú aktuálny stav prenosového prostredia (SNR ...)
- rýchlosti v prípojke ADSL sú adaptívne prispôbované vlastnostiam vedenia (SNR) a požiadavkám na kvalitu služby (chybovosť BER → Shannonov odstup, znižujúci SNR); pohybujú sa v celistvých násobkoch 32 kbps
 - jednotlivé bity rámca sú rozdelené do subblokov a **mapujú sa** na jednotlivé subnosné (subblok = 1 stav M-QAM) , t.j. 2 až 15 bitov na stav podľa vzťahu pre b_i :

$$b_i = \log_2(1 + \text{SNR}/k_b) \quad [\text{pocet bitov}]$$

[6]

ADSL2

- ITU-T G. 992.3, .4
- štandard ADSL 2. generácie
- prenosová rýchlosť do 12 Mbps
- modulácia DMT
- šírka pásma do 2,2 MHz
- ale: skrátenie dosahu (1,5 až 2 km) !
- služba: CVoDSL – telefonovanie, prenos TDM súčasne s DSL-linkou

ADSL2 +

- ITU-T G. 992.5
- prenosová rýchlosť do 24 Mbps (down)
- šírka pásma dtto. (512 subkanálov DMT po 4kHz)
- **plná rýchlosť len do 1,5 km od DSLAM-u (!)**
- **služby:** triple play (telefonovanie, video/televízia, Internet)

RE-ADSL – Reach Extended ADSL

- ITU-T G.992.3, Annex L

-zlepšený ADSL

-optimalizované DMT kanály s cieľom dosiahnuť väčšiu vzdialenosť (mení sa PSD niektorých DMT kanálov, a tým sa zlepší ich priepustnosť)

- sú určené pre dlhé linky do 5,5 km pri zachovaní max. ADSL rýchlostí

RADSL - Rate Adaptive DSL

- nastavenie down-rýchlosti pre zlepšenie kvality tf. spojenia, adaptívne nastavenie podľa prenosových podmienok a vzdialenosti (zúženie frekv. pásma pre up a rozšírenie pre down)

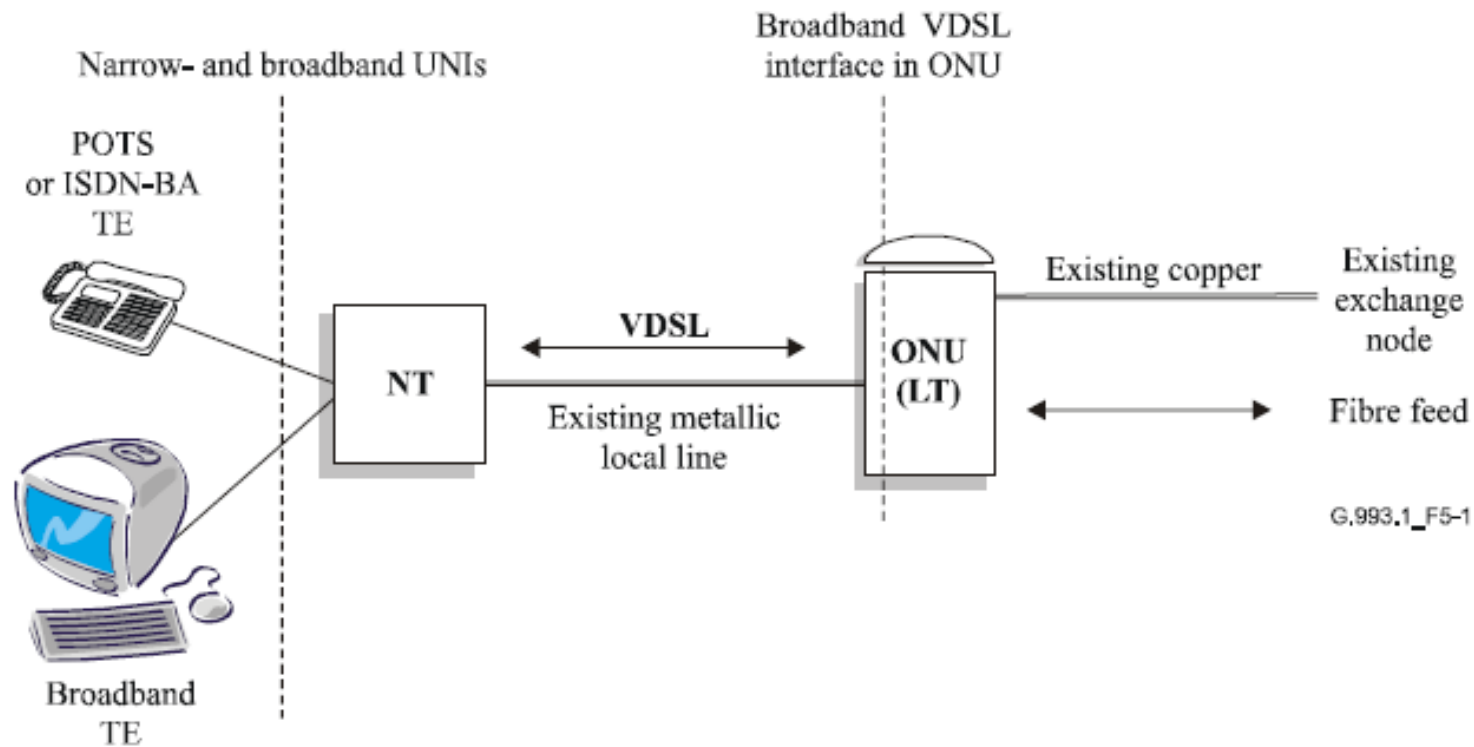
Bonded ADSL

ITU-T G.998.1 (2005)

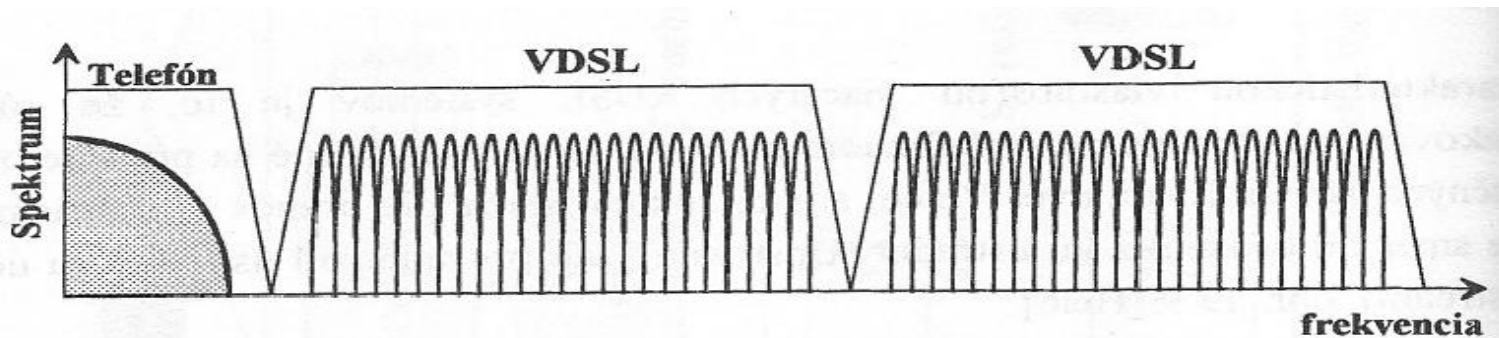
-kombinácia („zlepenie“) 2 alebo viacerých (až 32) medených liniek pre vyššie (až extrémne) dátové rýchlosti, využitie ATM prenosu

➤ VDSL - Very High bit rate Digital Subscriber Line

- spektrum **do 12 MHz**, nad POTS, ISDN alebo ADSL pásmom
 - agregovaná rýchlosť desiatky Mbps, **symetricky alebo asymetricky rozdelená pre up/down po 1 páre**
 - vhodné pre VoD, HDTV
 - 7 rôznych frekv. pásiem pridelených pre **up/down na základe regulácie** podľa typu služby a podľa okolností
 - **len blízko ONU** (do 1,5 km, ale **max. rýchlosti len do 300 m** od ONU)
 - **kombinácia s optikou** : FTTC, FTTH, FTTB, FTTN, FTTE_x
 - DMT (modulácia s viacerými nosnými), šírka subkanálov zhodná s ADSL (4,3125 kHz), modulač. rýchlosť 4kBd, max. počet bitov na nosnú 8 až 15
- alebo:
- SCM - Single Carrier Modulation – modulácia s 1 nosnou v rámci 1 pásma 1D, 1U a pod. – CAP modulácia, alebo QAM



Obr. Všeobecný referenčný model VDSL (podľa ITU-T) [1]



Obr. VDSL spektrum – ilustrácia rozdelenia (DMT, telefón, ...)

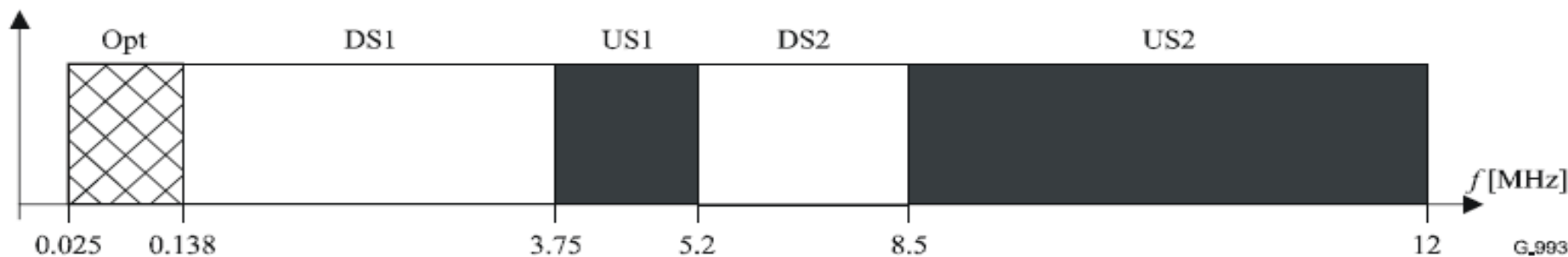


Figure A.1/G.993.1 – Bandplan A

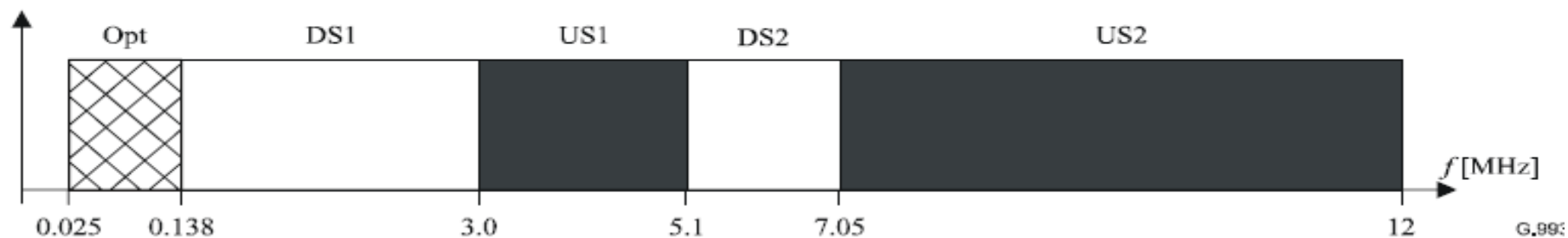


Figure B.1/G.993.1 – Bandplan B

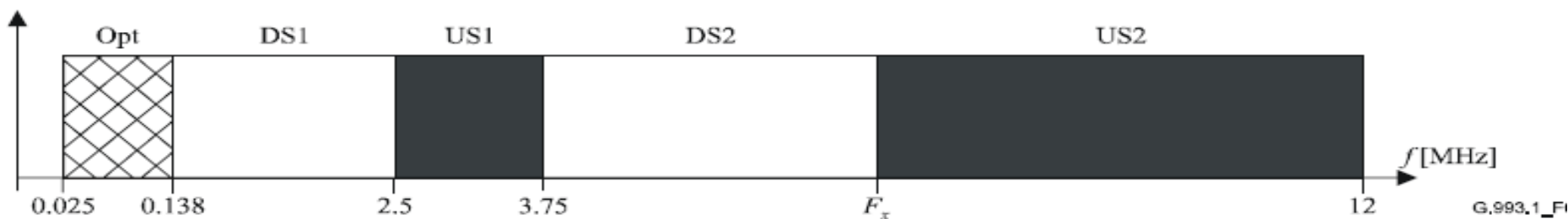


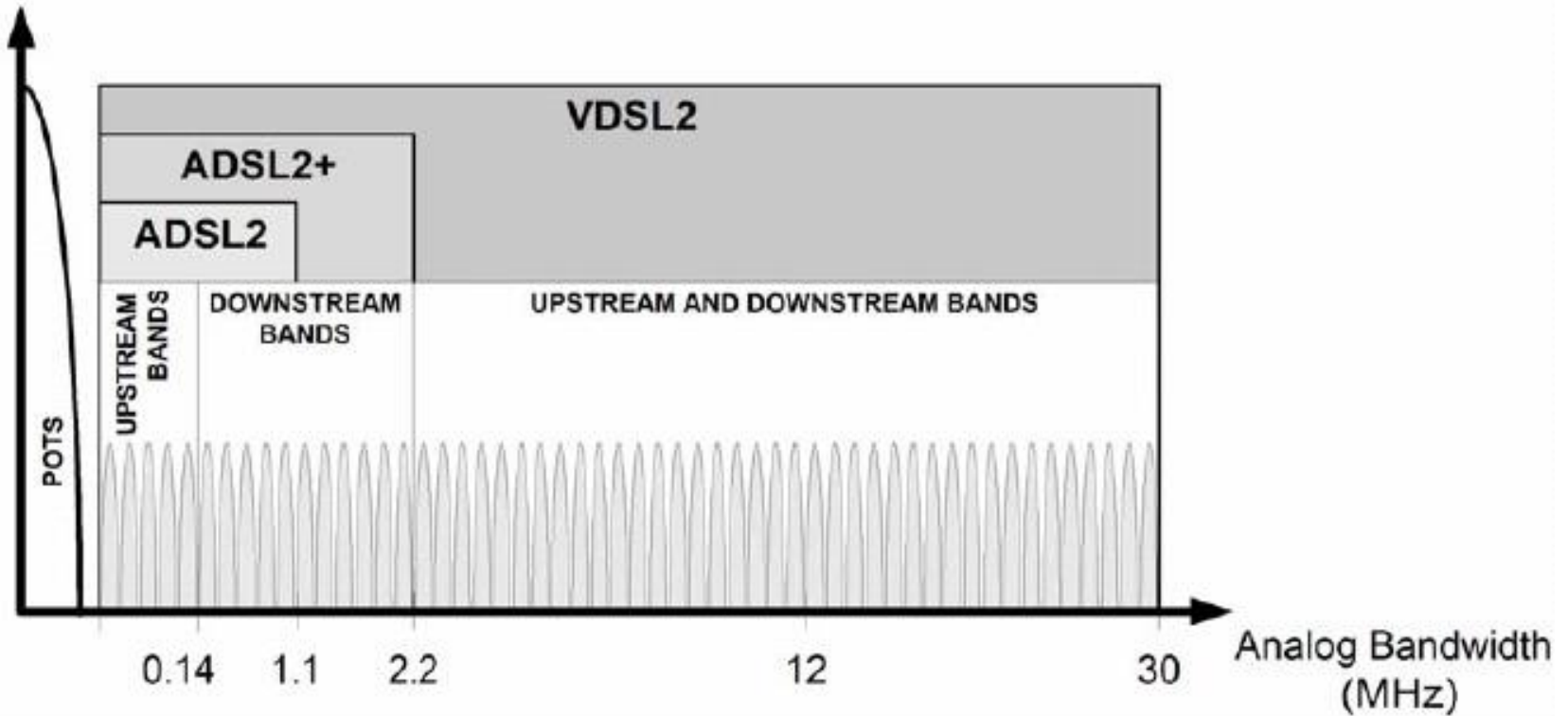
Figure C.1/G.993.1 – Bandplan C

Trieda VDSL prevádzky	Typ služby	Downstream speed [Mbps]	Upstream speed [Mbps]	Dosah najlepší/najhorší [m]
I (asymetrická)	A4	23,268	4,096	995 / 453
	A3	14,464	3,072	1344 / 729
	A2	8,576	2,048 (E1)	1691 / 789
	A1	6,4	2,048 (E1)	1791 / 843
II (symetrická)	S5	28,288	28,288	298 / 212
	S4	23,168	23,168	397 / 261
	S3	14,464	14,464	845 / 575
	S2	8,576	8,576	1294 / 820
	S1	6,4	6,4	1444 / 876

Tab. Rýchlosti a dosah VDSL podľa ETSI (Európa); pre vodiče ϕ 0,4 mm

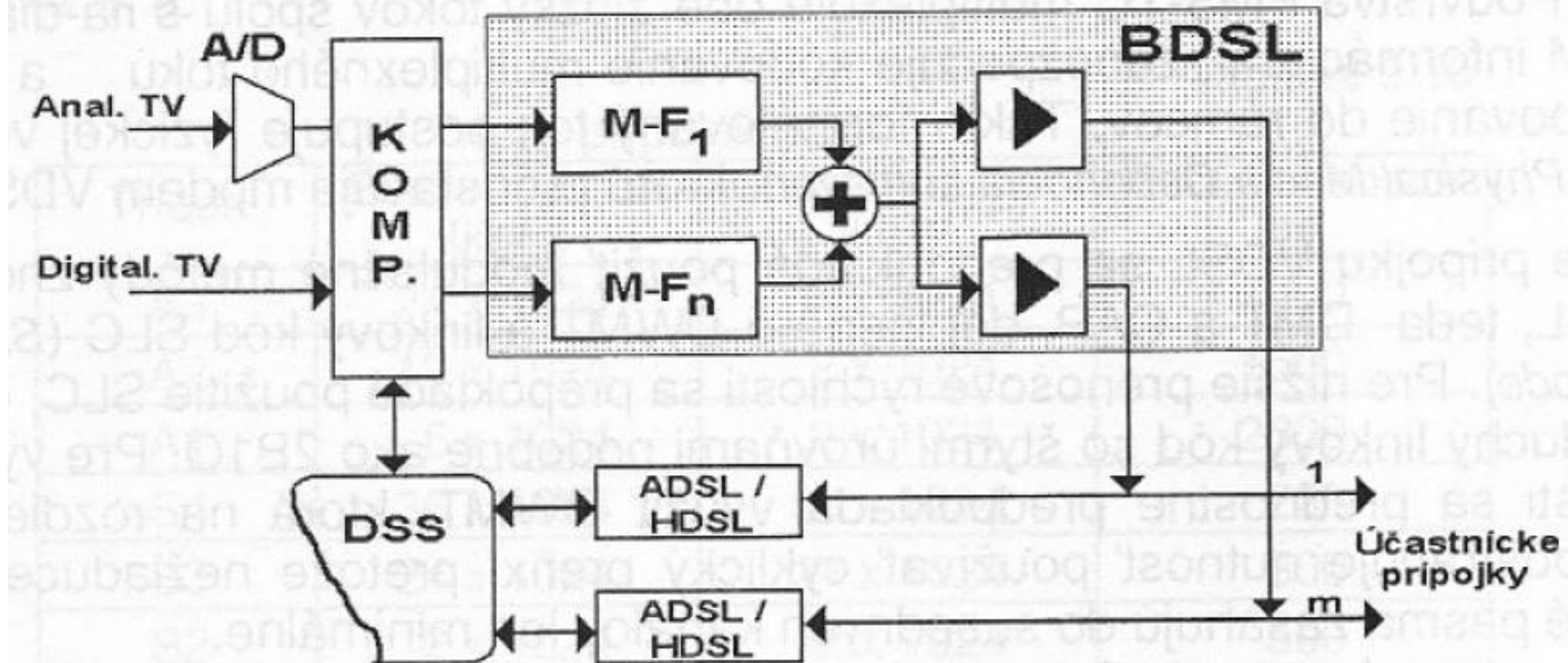
➤ VDSL2

- ITU-T G.933.2 (2006, opravy až do 2011)
- vylepšenie VDSL – v snahe udržať si zákazníkov v konkurencii s „káblowymi“ poskytovateľmi VoIP, Internetu a digitálnej TV a HD-idea (triple play)
- pásmo **do 30 MHz**
- dosah do 2,5 km (pásmo US0 - do 276 kHz, EC, TEQs), ale s narastajúcim dosahom znižovanie rýchlosti
- symetrické up- a down- streamy **do 200 Mbps (agregovaná rýchlosť, t.j. 100/100)** (pri zdroji max., 100 Mbps pri 500 m, 50 Mbps pri 1 km, nad 1,5km podobné ADSL2+)
- **rôzne profily**
- **Zipper DMT** (duplex založený na DMT oddelených subnosných pásiem zaberajúcich 4 alebo 8kHz – od 2048 do 4096 subkanálov – vid' obr. ďalej) – na rozdiel od obvyčajnej DMT alokuje subnosné a prispôsobuje tak prenosové rýchlosti okamžitým požiadavkám zo strany aplikácií v up- down- smere.
- trellisové kódovanie
- podpora STM, PTM
- interoperabilný so zariadeniami ADSL, tiež definuje viac profilov (8) pre rôzne aplikácie



Obr. 12 Využitie spektra VDSL2 a jeho porovnanie s ADSL2 a ADSL2+

➤ BDSL – Broadcast DSL



Obr. Konceptia prípojky BDSL [4]

• alternatíva ku CATV

- je určená na distribúciu väčšieho počtu televíznych kanálov (technológia bod-mnoho bodov), ktoré zdieľajú prenosové médium spolu s analógovou telefónnou linkou v spolupráci
- Analógové signály sú zdigitalizované a spolu s digitálnymi TV sú podrobené videokompresii (MPEG). Pri použití troch subnosných frekvencií (400 kHz , 800 kHz , 1,2 MHz) a dĺžke prípojného vedenia okolo 400 m je možné prenášať do 40 TV kanálov štandardnej kvality [9]; kombinácia s ADSL; DSLAM, ATM technológia



Rádiové prístupové siete

- RITL – Radio In The Loop, aj iné názvy (RLL-Radio Local Loop, WLL-Wireless Local Loop)
- všeobecné vlastnosti RLL: ETSI ETR 139
 - šírenie signálu voľným priestorom pomocou (neviditeľných) e-m vln v takých frekv.pásmach pre ktoré je to efektívne
 - rádio (DV, SV, KV, VKV), TV pásma, pásma mobil. telef. sietí, družic. spoje, a nakoniec desiatky GHz pre RR spoje a širokopásmové PrS
 - výlučne rádiové (príp. s retranslač.stanicami) alebo možná kombinácia s káblovými prostriedkami
 - výhody:, nevýhody.....



Tab. Delenie rádiových prenosových prostriedkov

Typ delenia	Druh rádiových prostriedkov	
Šírka pásma	Úzkopásmové	Širokopásmové
Smer prenosu	Distribučné – jednosmerné	S obojsmernou komunikáciou
Usporiadanie	bod - bod	Bod – mnoho bodov
Mobilita účastníka	Pevná bezdrôtová prípojka	Mobilný terminál
Využitie prostriedky	Pozemné	Družicové (aj iné...)

Ďalšie delenie: podľa poskytovaných služieb (telef., dátové, ...)
podľa metódy zdieľania prenosovej kapacity: ...
modulačné metódy: ...
privátne a verejné
(a ďalšie delenie)

➤ **Bezšnúrový telefón** – predchodca dnešných mobilov

- **súčasný štandard - DECT**

- úzkopásmový bezdrôtový prístup k verejnej alebo privátnej sieti
- aj typ P-MP a zložité aplikácie podobné mobilným sieťam
- 3 generácie (CT1, CT2, CT3 → DECT)
- je základom pre UMTS



Obr.- zdroj: PANASONIC-KX-TG5673.jpeg

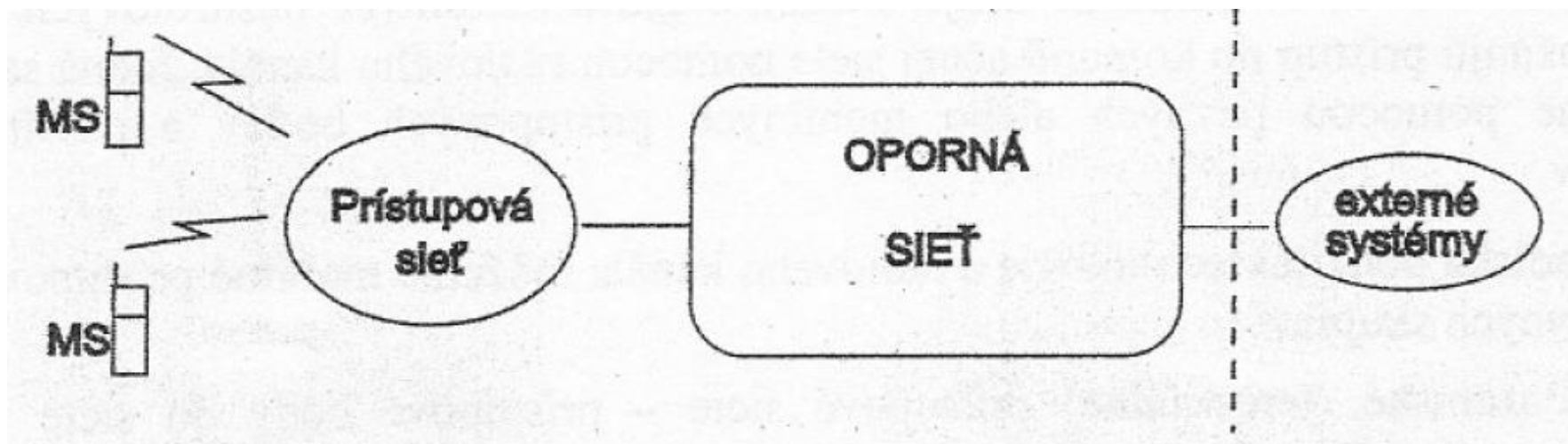


Jednotka bázovej stanice a ručnej sady.
British Telecom DECT cordless telephone.

Mobilná rádiová sieť



Mobilná rádiová sieť

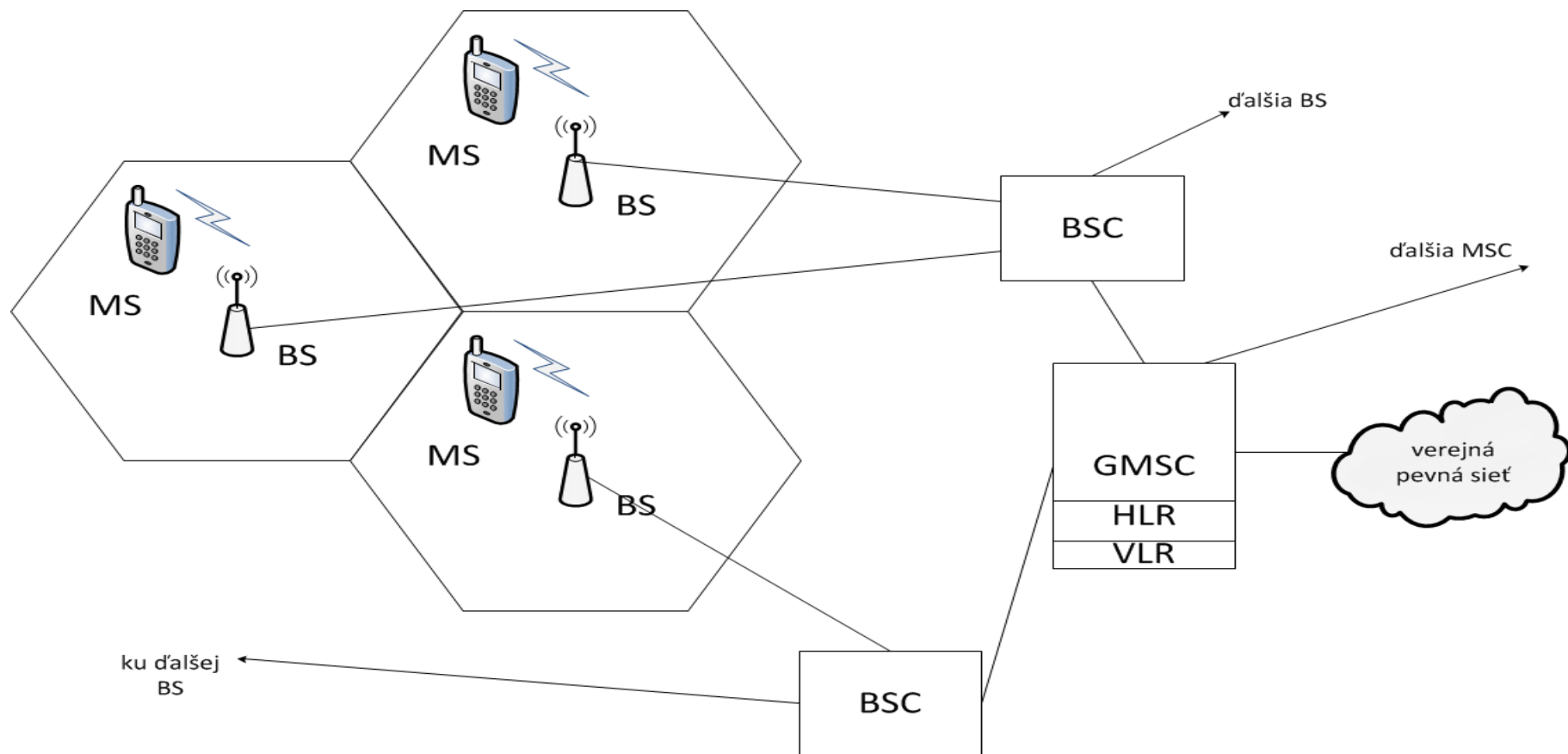


Obr. Mobilný komunikačný systém (MS-mobilná stanica)

- **bunkový systém s frekvenčným plánovním a opakovaním nosných frekvencií**

Generácie:

- 1G (80.roky)– analóg. úzkopásmová FM(FDMA), len národné systémy, 450-900MHz
- 2G – (90-te r.)-**GSM,IS-95; úzkopásm.** TDMA, neskoršie širokopásm. CDMA, up 890-915, down 935-960MHz, 13kbps obojsmerne,
- 2,5G alebo **GSM 2+ = GPRS**, tiež **HSCSD** (High Speed Circuit Switched Data-prepojovanie okruhov); 57,6kbps, bezpečnosť, roaming.
- **EDGE** – medzi GSM a IMT-2000
- 3G (neskoršie 90-te r.)- **UMTS** a iné (**IMT-2000**), v 2. fáze IP oporná sieť (TCP/IP protokol, rádiová sieť **UTRAN** = UMTS Terrestrial Radio Access Network)
- **4G – LTE, LTE-A** (MIMO, ...
- **5G** – pracuje sa na tom



MS-mobilná stanica, BS-bázová stanica, BSC-Base Station Controller (riadiaci stupeň BS), GMSC-Gateway Mobile Switching Centre (prípojná rádiotelef.ústredňa, HLR- Home Location Register (register domácich účastníkov), VLR-Visitor Location Register (register

Obr. Bunková štruktúra siete GSM. Handover (Handoff) – riadený proces prepnutia, presúvania hovoru medzi rôznymi kanálmi pri prechode do susednej bunky. **Frekvenčné plánovanie a frekv. opakovanie...**

GPRS (General Packet Radio Service) – mobilná **dátová služba**, prístupná pre užív. GSM (... a mobilov IS-136) – pre služby WAP (Wireless Application Protocol), SMS, MMS a e-mail a www-prístup – vysoké dátové rýchlosti, v kombinácii s 2G → „2,5G“ („dva-a-poltá“ generácia)

EDGE (označovaná ako 3G alebo skôr 2,75G) – Enhanced Data rates for GSM Evolution – vyvinutá ITU; medzistupeň medzi GSM a **IMT-2000**; vyššie rýchlosti s efektívnejším kódovaním (zaviedli 8PSK); celkovo 384kbps

UMTS – Universal Mobile Telcom. System (Rel99) – uprednostnená evolúcia, vyvinutý ETSI, **3G** mobilný systém zo zdokonaleného GSM (zdokonalená architektúra-báz.stanice/NodeB,atd'); W-CDMA; ATM prenos; prístup k www a iným dátovým službám; do 14Mbps - pri obmedzenej mobilite; 384 kbps v dopravných prostr. do 120 km/h. Ďalšie vývojové stupne smerom k zvyšovaniu rýchlosti: **HSDPA**-High Speed Downlink Packed Access, 14,4Mbps, **HSUPA**-High Speed Uplink Packed Access, 28,8Mbps, **HSPA+**(štandard Rel.7)-ďalšie navýšenie vďaka viacstavovým moduláciám QAM, MIMO-Multiple Input Multiple Output -technike viacnásobného vysielania a prijímu, novým typom prijímačov. Prešiel vývinom: R4,R5,R6,R7, nakoniec R8=LTE

IMT-2000 – (International Mobile Telecommunication)- vyvinutý ITU – tiež je to 3G
historická perlička: **paging** – jednosmerné rádiové systémy (prenos dát len smerom ku koncovému zar.) – pre menšie neverejné, ale aj pre väčšie verejné oblasti

➤ 4G:

- špecifikácie 4G – definované v ITU – IMT Advanced
- mobile web access, IP telephony, gaming services, high-definition mobile TV, video conferencing, 3D television, and cloud computing.

definícia 4G – v súčasnosti:

ITU-R → IMT-Advanced špecifikácie: špič. rýchlosť 100 Mbps pre vysokomobilný príjem (vo vlaku a automobile) a 1 Gbps pre pomalomobilných užívateľov (pešia chôdza a stacionárny príjem)

- súčasné technológie **LTE a WiMAX** dosahujú tieto rýchlosti, i keď nie všetky požiadavky, a už používajú označenie 4G, čo bolo v r. 2010 oficiálne uznané aj ITU ☺

Tab. Hlavné špecifikácie LTE

LTE – Long Time Evolution – (E-UTRAN – Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network) – 3GPP Rel-8 a -9

– „3,9 G“ – technológia kvôli zvýšeniu kapacity a rýchlosti mobil.sietí (100 Mbps down, 50 Mbps up, škálovateľná prenosová š.pásma, OFDM a MIMO technológia na fyz. vrstve, smart antény, viacnásobný prijímač/vysielač a princíp MRC – Maximal Ratio Combining)

– 1.komerčné spustenie v dec. 2009 v Škandinávii, predpokladaná finalizácia v r. 2011 a globálne rozšírenie ako prirodzený prechod od viacerých 2G a 3G systémov, ako aj GSM a UMTS

novší: LTE-Advanced...

pozn.: 3GPP – 3rd Generation Partnership Project – Partnerský projekt pre mobil.systémy 3. generácie

Parameter	Požiadavka
Špičková dát.rýchlosť	DL:100 Mbps UL: 50 Mbps (pre 20 MHz spektrum)
Podpora mobility	Do 500 km/h, ale optimalizované pre malé rýchlosti 0-15 km/h
Control plane latency (odozva...)	<100ms (prechod do aktívneho stavu)
Odozva užívateľskej vrstvy	<5ms
Kapacita kontrolnej roviny	>200 užívateľ'ov na bunku (pri 5MHz spektre)
Pokrytie	5-100 km s malou degradáciou nad 30 km
Flexibilita spektra	1,25; 2,5; 5; 10; 15 a 20 MHz

zdroj: Motorola technical white paper

Pevné širokopásmové prístupové systémy - FWA (Fixed Wireless Access)

- FWA v pásme 26/28 GHz sú licencované, drahé, pre organizácie

- mnohobodové usporiadanie označované tiež **LMDS** (Local Multipoint Distribution Systems) – pevný rádiový prístup v pásme 28-32 GHz- alternatíva kábelovej PrS-bunky, rozdelené na sektory obsluhované z BS cez rádiové rozhranie; BS sú pripojené k chrbticovej sieti; väčšinou ATM technológia; licencované (s garantovanou QoS) a nelicencované (tzv. generálna licencia, WLAN); TDMA, FDMA aj CDMA; náchylné na rušenie dažďom, vegetáciou

- **MMDS** – (Multichannel Multipoint Distribution System) – alebo tzv. „bezdrôtová káblovka“ – využíva sa napr. pre distribúciu dig. TV sig. (DVB-C) v pásmach 2-3 GHz, ale aj dátové služby a prístup k Intern.; podmienka priamej viditeľnosti pre zabezpečenie kvalitného príjmu (podobný je **MVDS**- Multipoint Video Distribution Service)

- **WLAN** (Wireless Local Area Network- bezdrôtové lokálne siete – krátky dosah):
 - rádiové
 - IR (infračervené)
- nepohyblivý **AP** (Access Point) pripojený ku LAN (napr. Ethernet) + koncová stanica (**klient** = sieťový adaptér, vysielač, prijímač, anténa, atď.); ale môže byť aj **ad-hoc sieť** bez AP a bez podpornej infraštruktúry (stanice komunikujú priamo)
- štandardy **IEEE 802.11, HIPERLAN, HomeRF**: ...

• WiFi

- bezdrôtová technológia, značka spoločnosti WiFi Alliance, pre rozšírenie možností prepojenia a pripojenia v rámci LAN (**WLAN**)

- štandard **IEEE 802.11b** (prvý používaný), 2,4 GHz pásmo, rušené MV-rúrami, bezšnúr. telefónmi a Bluetooth; **802.11a – 5GHz** - nie je rušený, nie je nutný LOS, využitie odrazov v technológii OFDM.

- nelicencované pásma, na krátke vzdialenosti (v rámci budovy alebo pozemku, do 11 Mbps), ale bez prekážok aj desiatky km (údajne; až 54 Mbps), čím väčšie vzdial.- tým menšie prenos rýchlosti

- **špecifikácie:** - skupina štandardov 802.11. Najznámejšie sú 802.11a, b, g, n, ac.

- Štandardy vznikali postupne, líšia sa frekvenčným pásmom, v ktorom operujú (väčšinou 2,4 alebo 5 GHz),
- šírkou pásma (20 MHz, 40 MHz a podobne),
- maximálnou prenosovou rýchlosťou (okolo 1 Mbps až do 100 Gbps), typom modulácie (OFDM, FHSS, DSSS) a
- počtom použitých antén (jednoanténová komunikácia, MIMO-systém – Multiple Input-Multiple Output – viac vstupov, viac výstupov, teda aj antén).

Tab. Prehľad vybraných špecifikácií jednotlivých verzií WiFi-protokolov

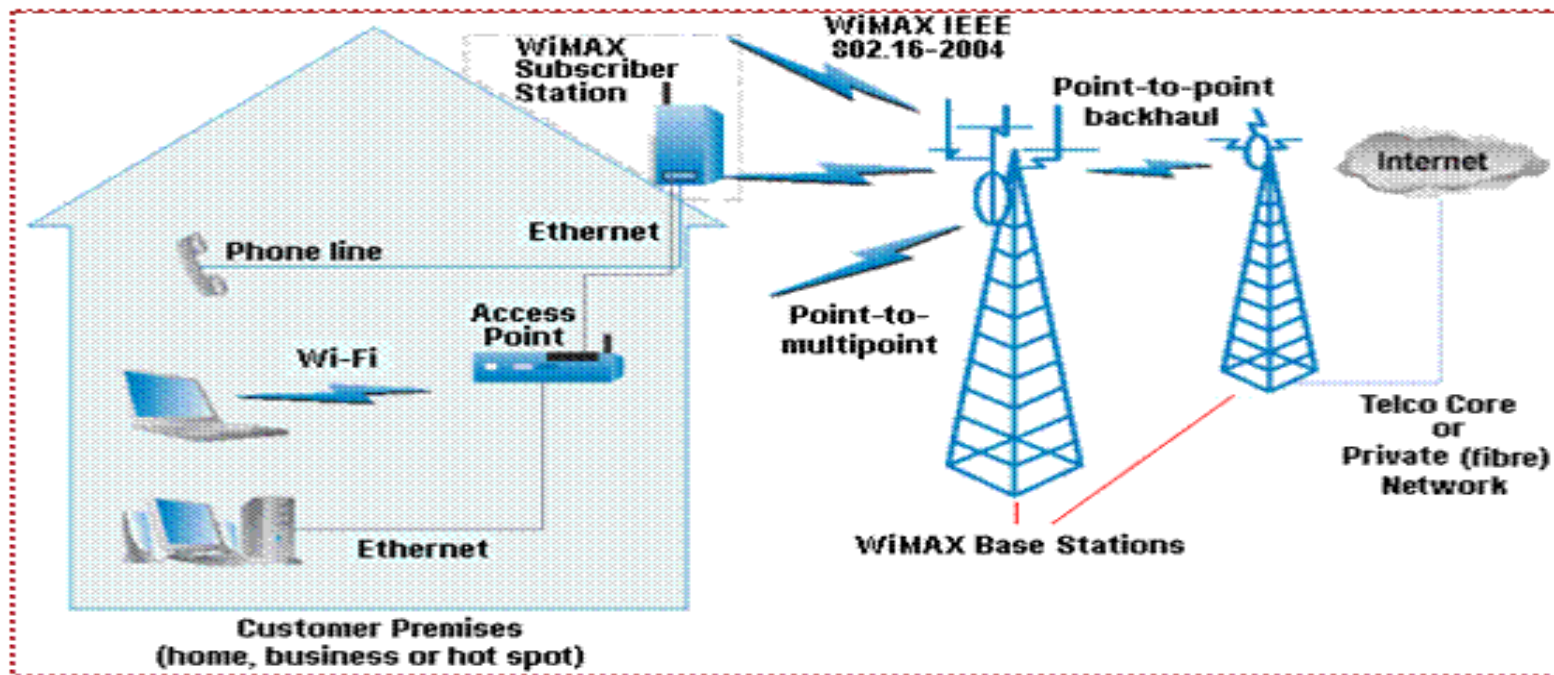
802.11 protokol	Dátum uvedenia	Frekvencia [GHz]	Bandwidth [MHz]	Data rate [Mbps]	MIMO	Modulácia	Dosah [m]	
							V budove	Vonku
802.11	Jún 97	2,4	22	1,2		FHSS	20	100
a	Sept 99	5	20	6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54		OFDM	35	120
a	Sept 99	3,7	20	6,9,12,18,24,36,48,54		OFDM	-	5000
b	Sept 99	2,4	22	1, 2, 5.5, 11		DSSS	35	140
g	Jún 03	2,4	20	6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54		OFDM	38	140
n	Okt 09	2,4/ 5	20	Up to 288.8	4	MIMO-OFDM	700	250
			40	Up to 600				
ad	Dec 12	60	2160	Up to 6,7		OFDM	60	100
ac	Dec 13	5	20	7.2, 14.4, 21.7, 28.9, 43.3, 57.8, 65, 72.2, 86.7, 96.3	8	MIMO-OFDM	35	
ac	Dec 13	5	40	15, 30, 45, 60, 90, 120, 135, 150, 180, 200	8	MIMO-OFDM	35	
ac	Dec 13	5	80	32.5, 65, 97.5, 130, 195, 260, 292.5, 325, 390, 433.3	8	MIMO-OFDM	35	
ac	Dec 13	5	160	65, 130, 195, 260, 390, 520, 585, 650, 780, 866.7	8	MIMO-OFDM	35	
ah	Sept 16	0,9	40	up to 347		MIMO-OFDM		
aj	Nov 16	45/60	4320					
ay	2017	60	8000	Up to 100 000 (100 Gbit/s)	4	OFDM	10	100
ax	2019	2,4/5	40			MIMO-OFDM		

WiFi - pokračovanie

Bezpečnostné protokoly:

- WEP (Wired Equivalent privacy)
 - bol súčasťou 802.11 od r. 1999; od 2004 od neho spoločnosť WiFi upustila
 - symetrická streamovaná šifra RC4 a metóda kontrolného súčtu CRC-32
 - šifrovanie podľa kľúča (64-bitový, 128-bitový, 256 b.)
 - dá sa nabúrať (približne v priebehu 3 minút),
- WPA (Wi-Fi Protected Access), WPA2
 - viac metód
 - najnovšia - štandard 802.11i (v najnovších zariadeniach),
- AES - Advanced Encryption Standard
- Šifrovacie algoritmy, manipulácia s kľúčmi – dočasné kľúče (TKIP – Temporal Key Integrity Protocol), kontrola integrity správ, autentifikačné protokoly.

- **WiMAX** – Worldwide Interoperability for Microwave Access – systém spoločnosti WiMAX Forum; ona zároveň certifikuje všetko, čo má niesť značku WiMAX
- bezdrôtový širokopásmový prístup v rámci poslednej míle v rámci veľkých oblastí, alternatíva ku káblom a DSL (možnosť surfovať po Internete, IPTV, VoIP bez hubu, routera, switcha; P2P aj úplný bunkový prenosný/mobilný prístup...)
- štandardizovaný v **IEEE 802.16** (neustále dopĺňaný, naposledy v r.2010; 802.16-2004- Wireless MAN), prenos na dlhé vzdial., technológia podobná mobil. telefónii ale pre prístup k Internetu; licenc. (QoS) aj nelicenc. spektrum



Obr. Architektúra WiMAX [<https://sites.google.com/site/sanaeeg473/wimax-architecture>]

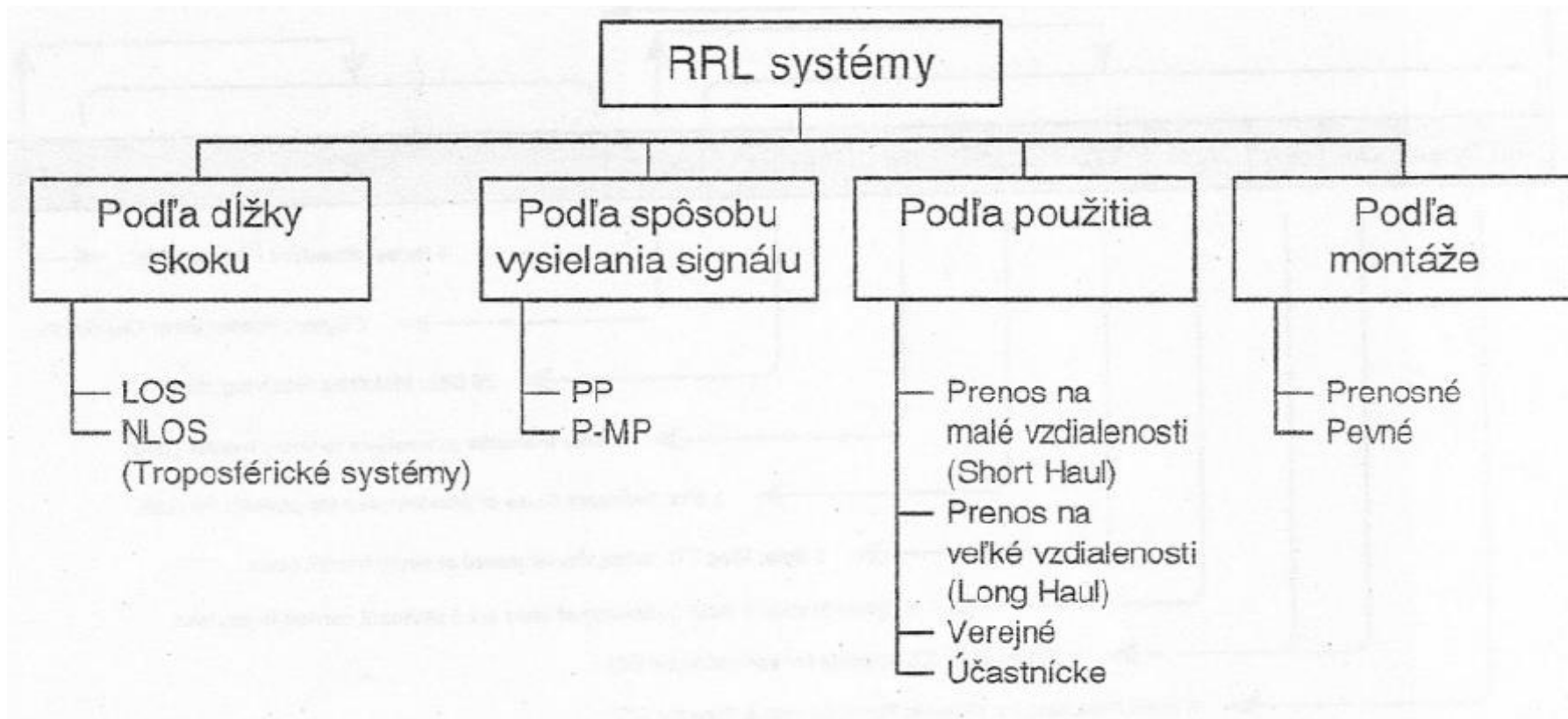
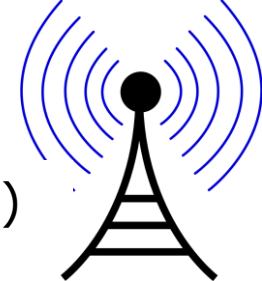
- **WPAN** (Wireless Personal Area Network)

- kratší dosah než WLAN

- technológie **Bluetooth** (max. 10 m – náhrada kábla, 2,4 GHz, 802.15.1), **ZigBee** (max. 75m, 802.15.4), **HomeRF** (nevyvíja sa už, prekonaný WiFi a BlueTooth; bol pre zdieľanie dát domácimi zariadeniami)

Rádio-reléové linky - RRL

- pevný prístupový bod + väčšinou pevný úč. terminál (systém **bod-bod**)



Obr. Rozdelenie RRL systémov (Radio Relay Link)

-prenos. rýchlosti od E1 (2Mbps) cez E3 až k STM1(155Mbps), 40-60 km (3,6 až 10,86 GHz), kratšie regionálne dosahy (13 až 60 GHz), pásma a kanály a ich oddelenie H/V polarizáciou a QAM moduláciou

Chrbticové siete – do 11 GHz		Prístupové siete - nad 11 GHz	
Označenie	Rozsah [GHz]	Označenie	Rozsah [GHz]
0,8	0,79 až 0,96	13	12,7-13,3
1,5	1,43 – 1,53	15	14,5-15,3
2	1,7–1,9 a 1,9-2,3	18	17,7-19,7
2,4	2,3-2,5	23	22-23,6
2U	2,5-2,7	26	24,5-26,5
4	3,6-4,2	29	27,5-29,5
5	4,4-5	38	37-39,5
6LL	5,6-6,2	55	54-57,5
6L	5,9-6,4		
6U	6,4-7,1		
7	7,1-7,4 a 7,4-7,7		
8	7,7-8,2 a 8,2-8,5		
8U	7,1-8,4		
10	10,5-10,7		
11	10,7-11,7		

Tab. Pásmo používané pre RR (rádio-reléový) prenos bod-bod

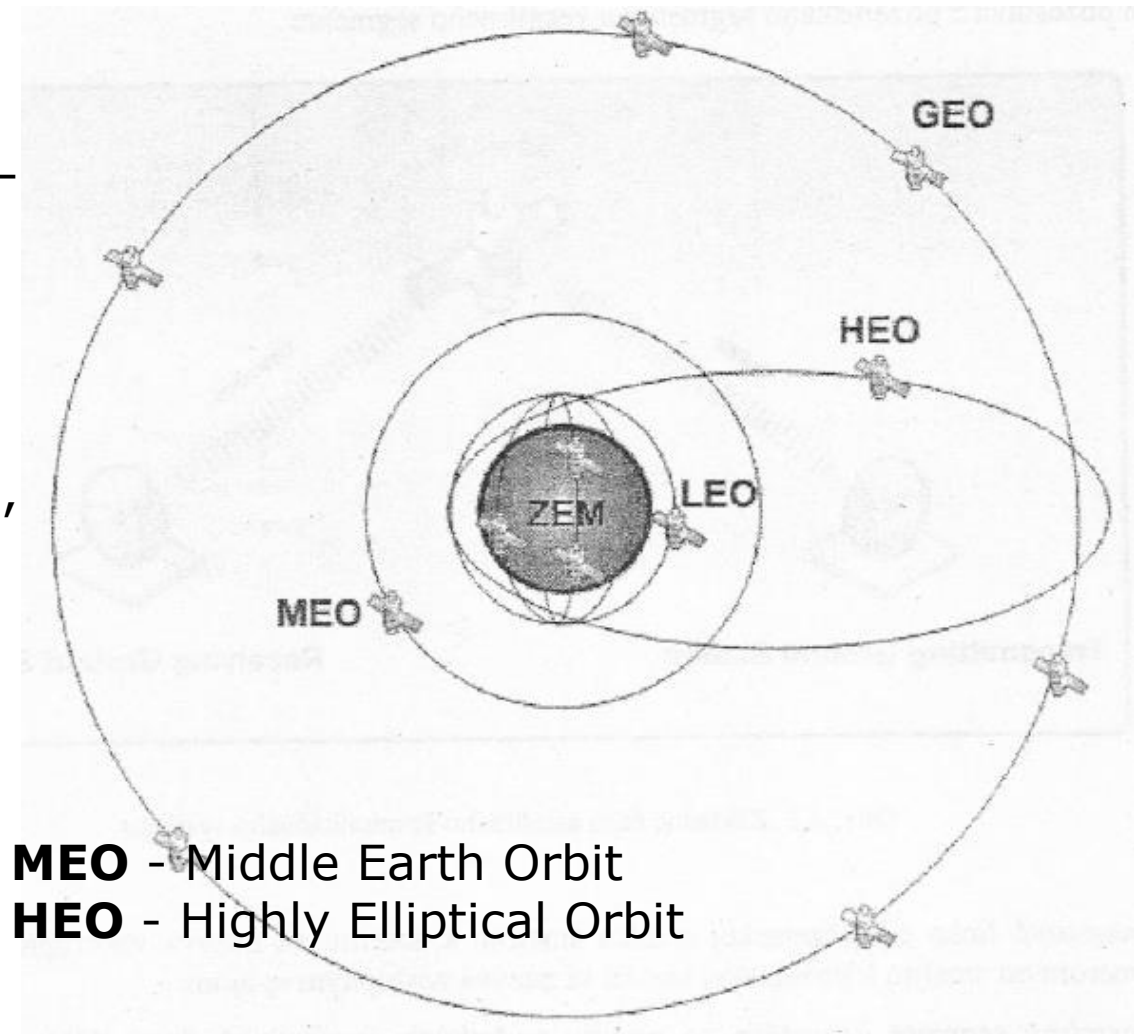
➤ **Satelitné siete** – ďalší typ a trieda rádiových prístupových sietí

- výhody, nevýhody...

-technológia **VSAT** (Very Small Aperture Terminal – pre úzkopásmové aj širokopásmové dáta (Internet, VoIP a video)

LEO (Low Earth Orbit): Argos, Orbcomm, Iridium, Teledesic, Globalstar, Skybridge

GEO (Geostationary Earth Orbit): Thuraya, Inmarsat (národná komunikácia), cca 36000km nad rovníkom



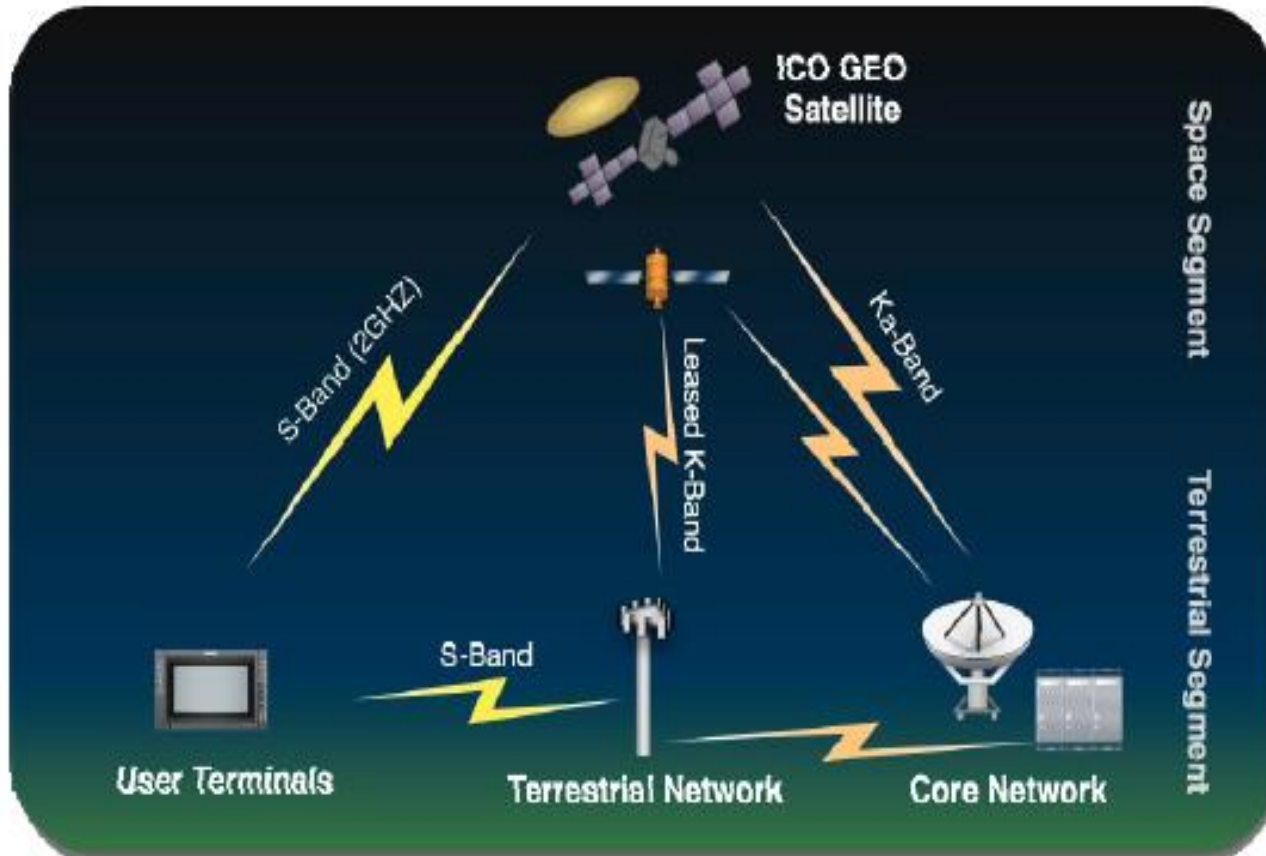
Obr. Príklad tvarov a rozmerov rôznych typov obežných dráh

Tab. Základné parametre satelitných systémov podľa typu orbity.

Parameter	LEO	MEO	GEO	HEO
výška [km]	500 – 3000	10 000 – 14 000	35 786	500 - 50 000
perióda [h.]	1 - 3	6 – 8	23.93	3 – 24
oneskorenie [ms]	6 – 30	70 – 120	240 – 280	50 – 320
viditeľnosť	niekoľko min.	niekoľko min.	24 h.	2 – 12 h.
kvalita signálu	dobrá	stredne dobrá	slabá	slabá (kolísajúca)
riadenie satelitu	zložité	stredne zložité	jednoduché	zložité
náklady na vynesenie satelitu	nízke	vysoké	vysoké	vysoké
oblasť pokrytia	veľká	stredne veľká	malá	veľká
Poznámka	<ul style="list-style-type: none">- nutný hand-off- veľa satelitov kvôli súvislému pokrytiu- nutnosť sledovať satelit (steerable antenna – riadená) alebo všesmerová prijímacia anténa na Zemi			

Vývojové trendy – bývalé?

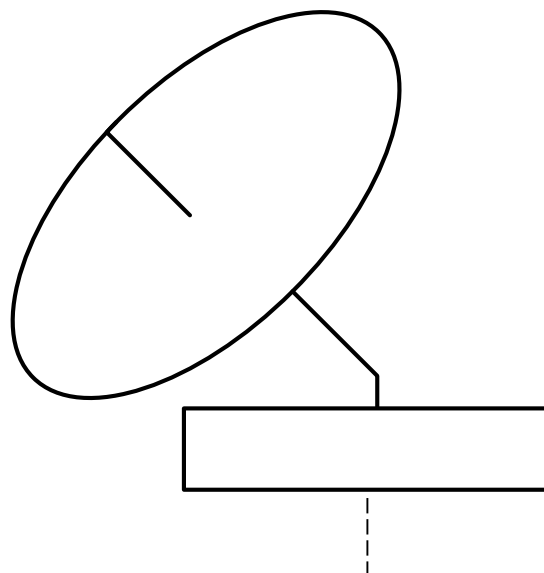
Vyvíjajú sa **hybridné satelitno/terestriálne mobilné siete**: ICO + Alcatel-Lucent → systém **ICO mim** (mobil interactive media...dnes však už asi Pendrell...) - pre mobilný aj prenosný príjem TV vysielania-DVB-SH, obojsmernú komunikáciu a interaktívnu navigáciu --- USA družica ICO G1... - využitie geostacionárnej satelitnej siete + pomocnej 3GPP terestri. siete podporujúcej LTE a HSPA



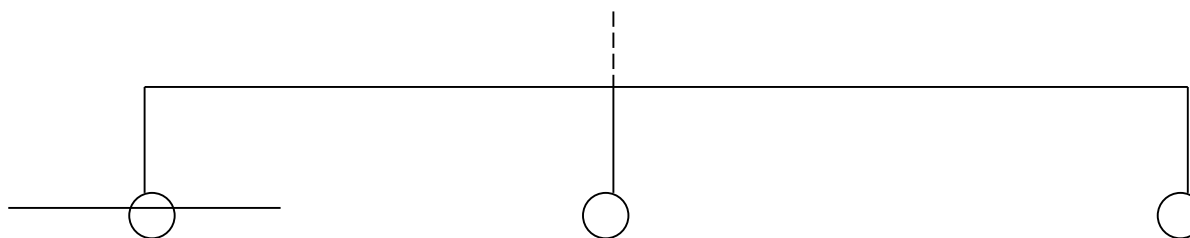
- pokusné vysielanie napr. v LasVegas/2009

Obr. Architektúra siete ICO MSS-ATC (Mobile Satellite Service – Ancillary Terrestrial Component)

pozn.: ancillary=pomocný



➤ **CATV v úlohe širokopásmových přístupových sítí**

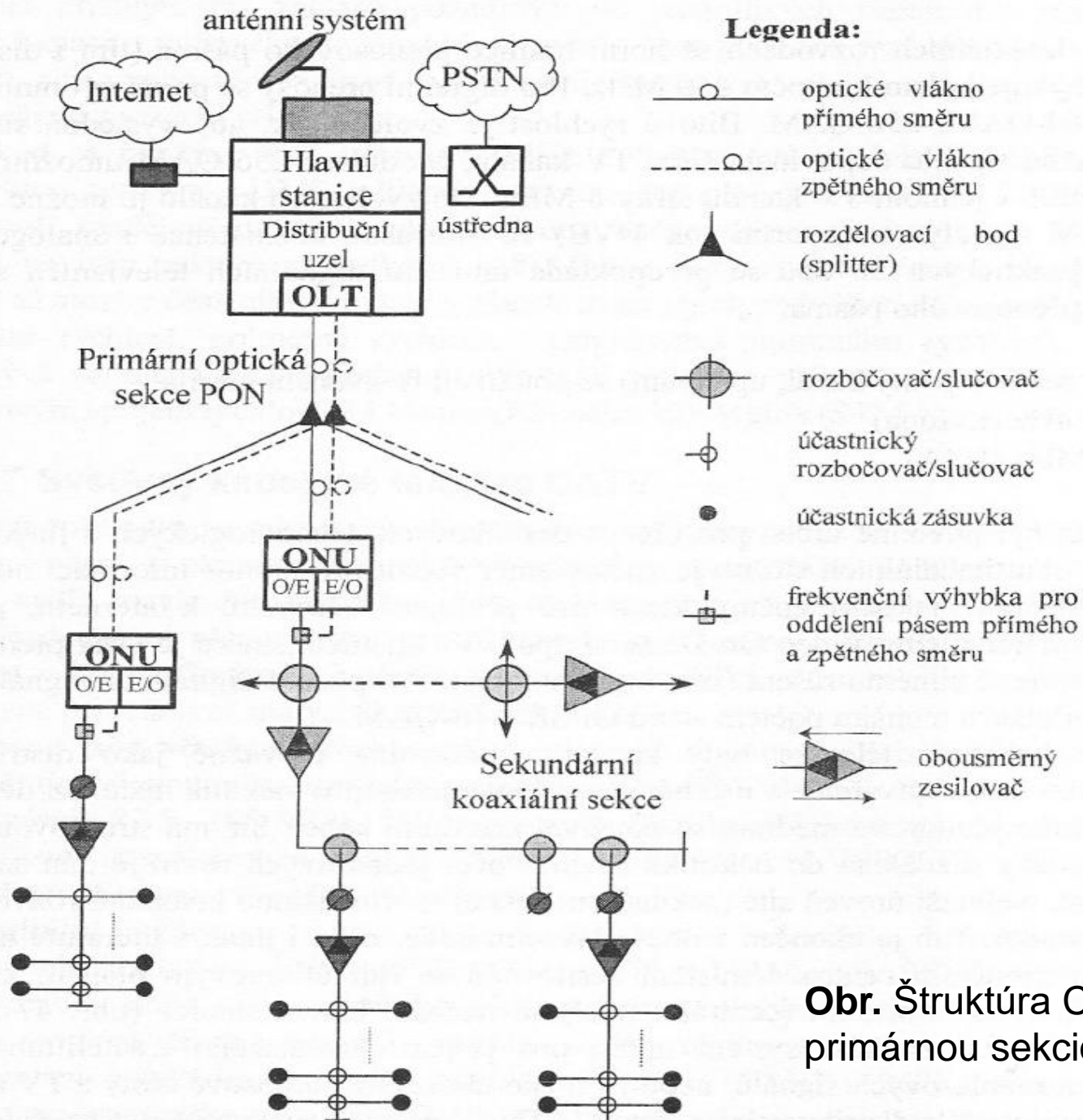


špecifikácie:

- dig. signál DVB-C/C2 kompresné kódovanie MPEG-2, resp. MPEG-4 AVC (H.264)
- 4 až 5 digit. kanálov v pôvodnom 1 analógovom → transportný tok sa moduluje na nosnú pomocou QAM/resp. COFDM-QAM
- centrálny uzol – pôvodne len s distribučnou úlohou – prebudováva sa na obojsmerný prenos (interaktívne služby) – down v pásme 65-850 MHz po 8 MHz na kanál / up v pásme 5-65 MHz (v USA 42-850 MHz / 5-42 MHz a 6 MHz-kanály)
- možnosť poskytovania telef. služieb – hl.stanica musí byť prepojená s PSTN (vid' obr. ďalej)
- nutná modernizácia aj celej siete (niekoľko hierarchických úrovní siete, zosilňovače, optické úseky, O/E meniče, frekv. výhybky)
- → v súčasnosti – Triple play

-komunikačné štandardy založené na protokole IP (Ethernet-rámce s premennou dĺžkou - DOCSIS, resp. ATM technológia – IEEE 802.14):

- **DOCSIS** - Data Over Cable Service Interface Specification (1999) = medzinárodný (USA) štandard pre komunikáciu cez systém CATV; neskôr prijatý aj ITU (ITU-T J.112), rýchlosti up30,72Mbps/down42,88Mbps na kanál, 256-QAM
- **DVB/DAVIC Euromodem** – štandard vyvinutý v Európe (ETSI) (Dig.Audio Video Council)

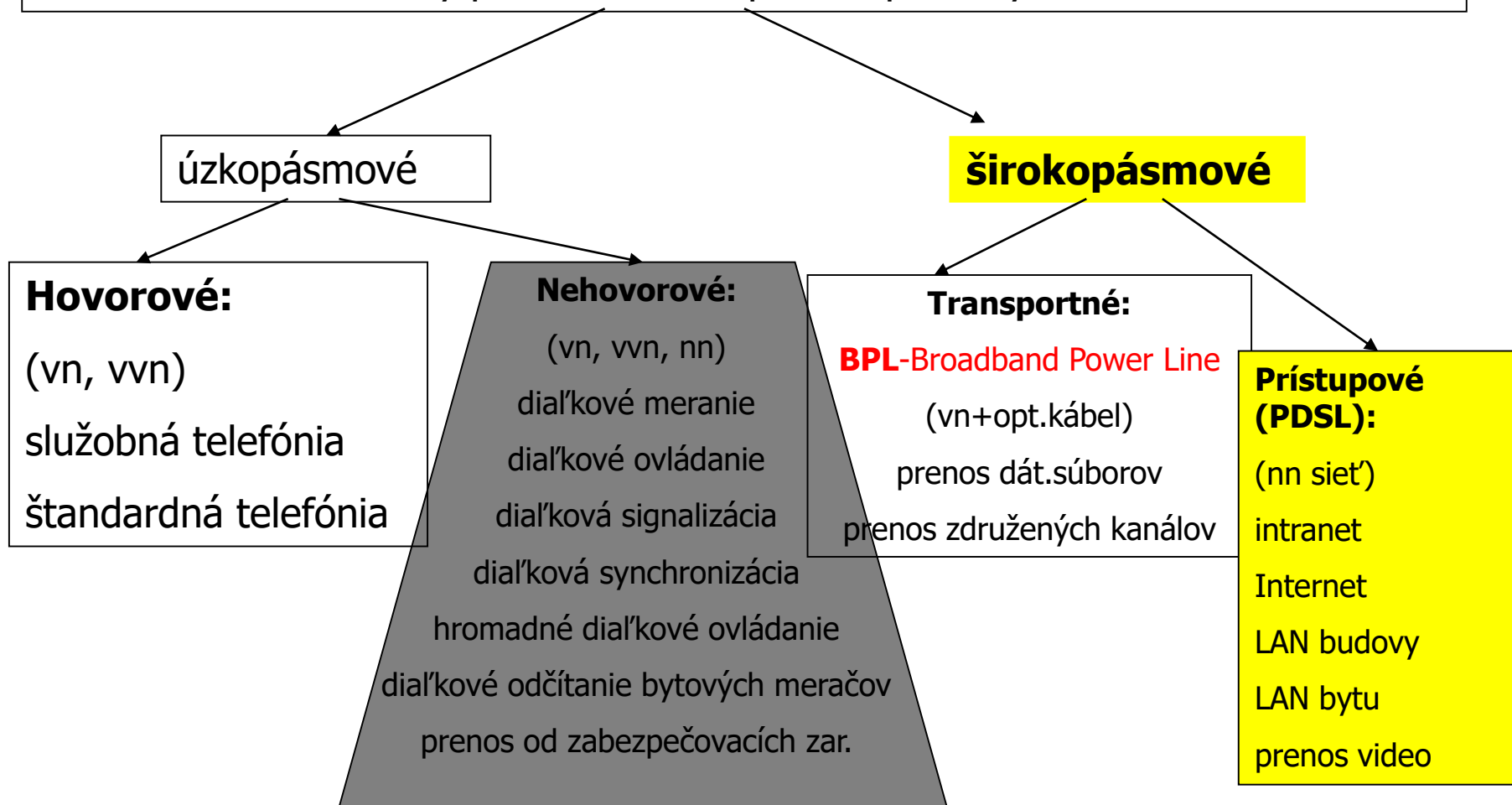


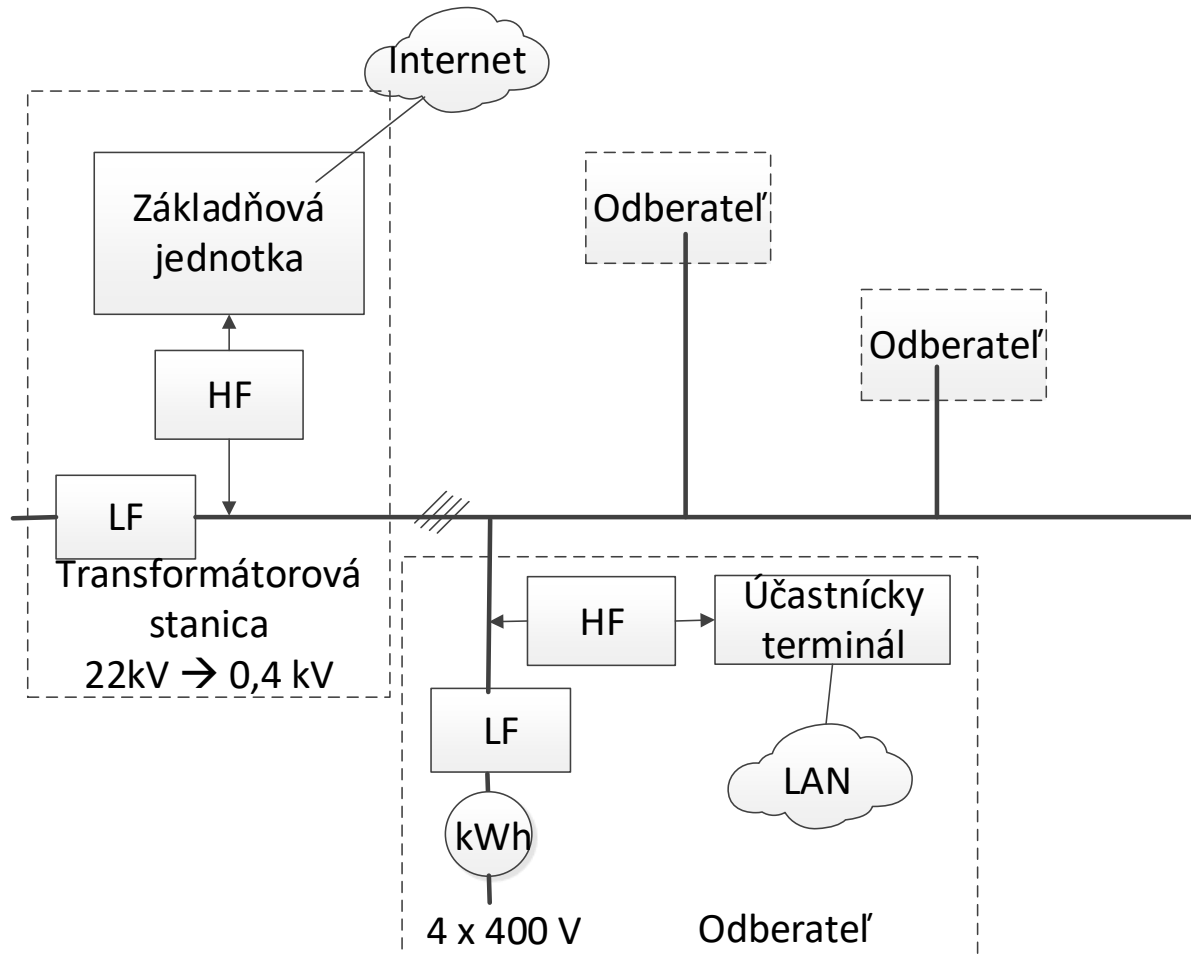
➤ PLC - Power Line Communication

- prenos dát v energetických sieťach
- rôzne možnosti, širokopásmové aj úzkopásmové (vid' ďalej)
- **PDSL**- Power DSL – prístup k širokopásmovým službám →
- VYUŽITIE ENERGETICKÝCH VEDENÍ V ÚLOHE PRÍSTUPOVÝCH SIETÍ
- výhody: sú všade, netreba kopať, ukladať / ťahať nové káble



telekomunikačné služby prevádzkované po silnoprúdových vedeniach a sieťach



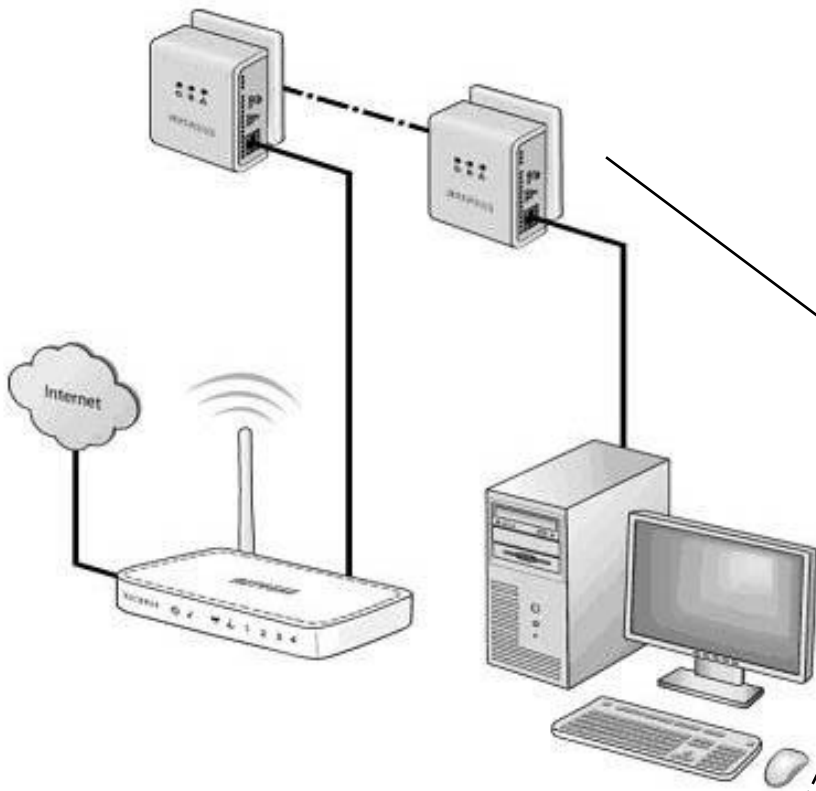


Obr. Princiálne riešenie prístupovej siete s využitím energ. rozvodov (HF, LF = filtre HP, resp. DP)

- 2-fázové vodiče pre prenos BB (broadband) služieb
- filtre LF, HF – požadovaná vysoká bezpečnosť

Internet cez el. zásuvky (v rámci domácej siete)- architektúra:

- Internetové pripojenie (môže byť aj linka DSL)
- router (alebo DSL modem) pripojený k Internetu aj k el. sieti (☺)
- **adaptéry** technológie Powerline pripojené k el. zásuvkám v byte (za trafostanicou, v rovnakom fázovom okruhu)
- v dosahu 10¹ m rýchlosti do 200 Mbps
- **nevhodné:** prepäťové ochrany a filtre (!)

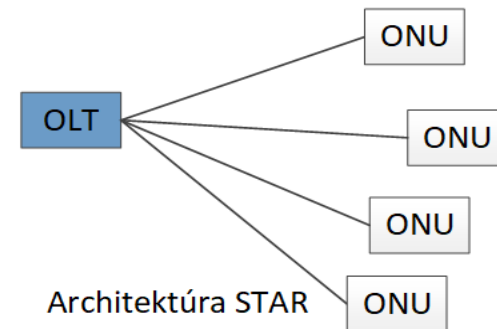
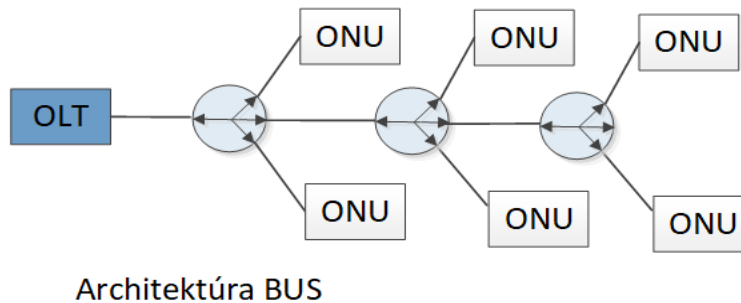
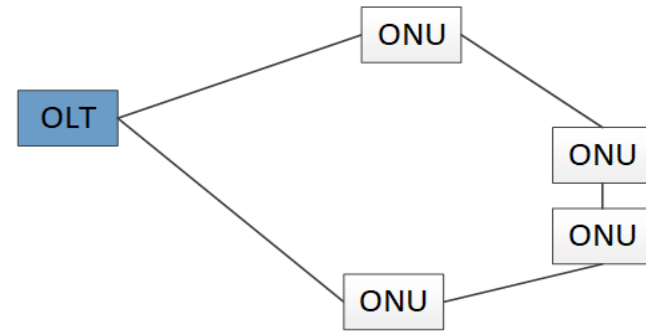
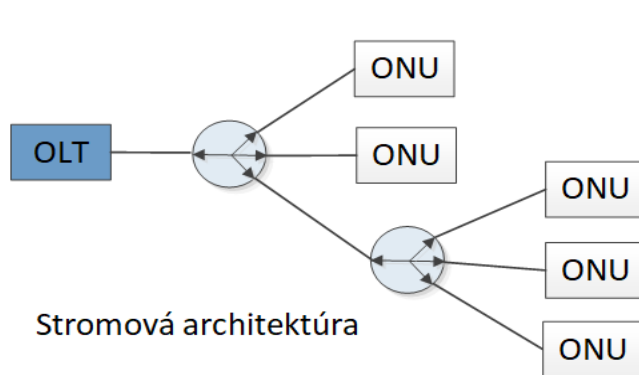


➤ **Optické přístupové sítě**

OAN - Optical Access Networks

- přístupový systém s optickými vlákny a dalšími optickými a optoelektrickými (optoelektronickými) komponentmi + prenos optického signálu vo voľnom priestore (**optické smerové spoje**) - **FITL** (Fibre in the Loop)
- **výhody**: širokopásmovosť, vysoké prenosové rýchlosti, možnosť obslúžiť rozsiahle prístupové oblasti

-Fyz. architektúra: hviezdicová, stromová (viacnás. hviezda), zbernica, kruh



- Logická architektúra : stromová

Obr. Architektúry OAN

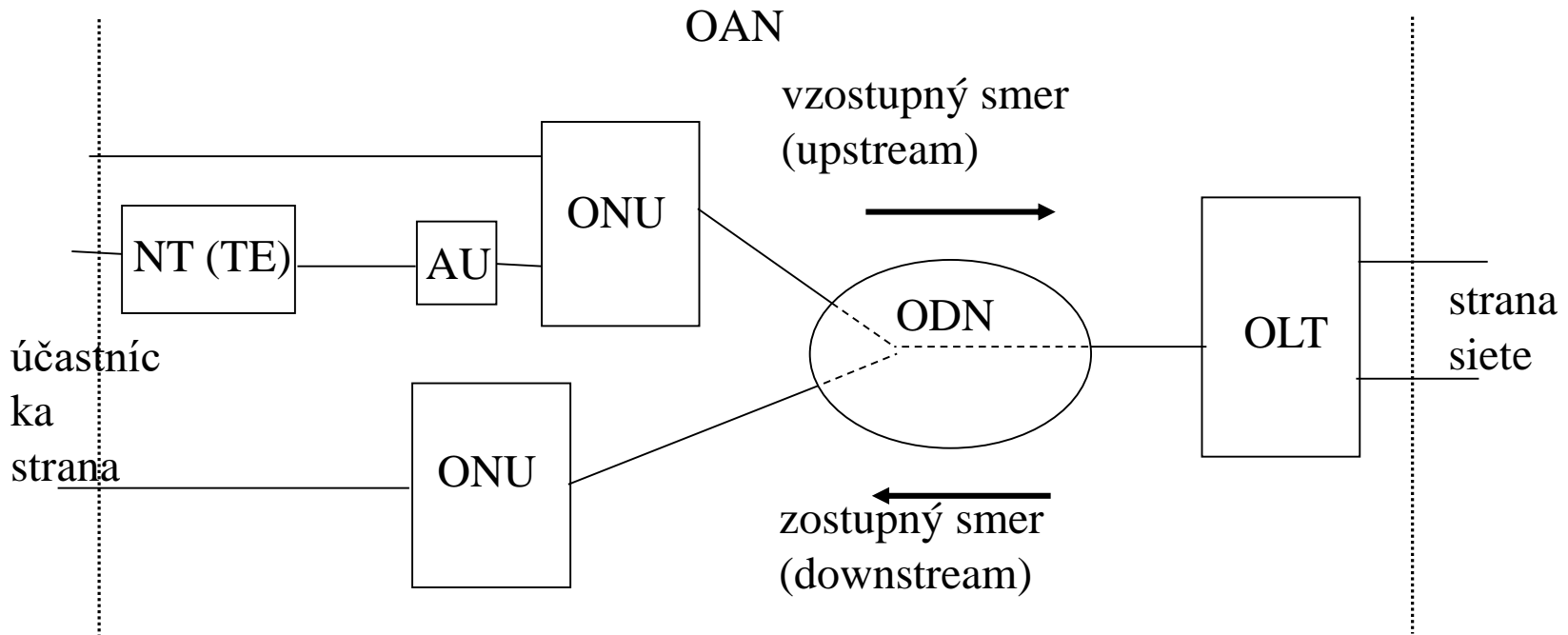
Hlavné časti OAN:

ODN = Optical Distribution Network

NT = Network Terminal , **AU** = Auxiliary Unit, **TE** = Terminal Equipment

ONU = Optical Network Unit – zakončenie ODN v mieste pripojenia úč. prípojek (niekedy tiež NTU)

OLT = Optical Line Termination – zakončenie v mieste pripojenia na spoj.sieť (LTU-line termination unit)



Obr. Funkčná štruktúra OAN

OLT – Optické linkové zakončenie:

1. zabezpečuje funkcie sieťového rozhrania medzi PrS a sieťami telekom. služieb = brána medzi PON a chrbtovými TS (SDH, PSTN, Ethernet, VoIP, IP/ATM smerovače...)

2. riadenie, správa a dohľad nad celou PON – riadenie komunikácie, synchronizácia, proces ONU discover, metóda ranging, parametre prenosu, ...

ODN – Optická distribučná sieť:

optické vlákna konektory, spojky, zvary, optické rozbočovače (splittery), útlmové články, optické filtre

- aktívna (**AON**)
- pasívna (**PON**) . . . bez aktívnych prvkov, bez EO/OE – konverzií, malý dosah, vo vnútri budov

Jednotky ONU, ONT:

ONT – zabezpečuje funkcie účastníckeho rozhrania medzi koncovými zariadeniami účastníkov a PrS

ONU - zabezpečuje funkcie rozhrania medzi optickou a metalickou (alebo bezdrôtovou) časťou PrS – naväzujúci Ethernet, xDSL, WiFi

Architektúry (varianty) FITL: optická (FTTT) + hybridné (optika + metal. vedenia – ostatné):

FTTT (Fibre to the Terminal), **FTTD**(...Desk) ^{KO}

FTTP (...Premise)

FTTH (... Home)

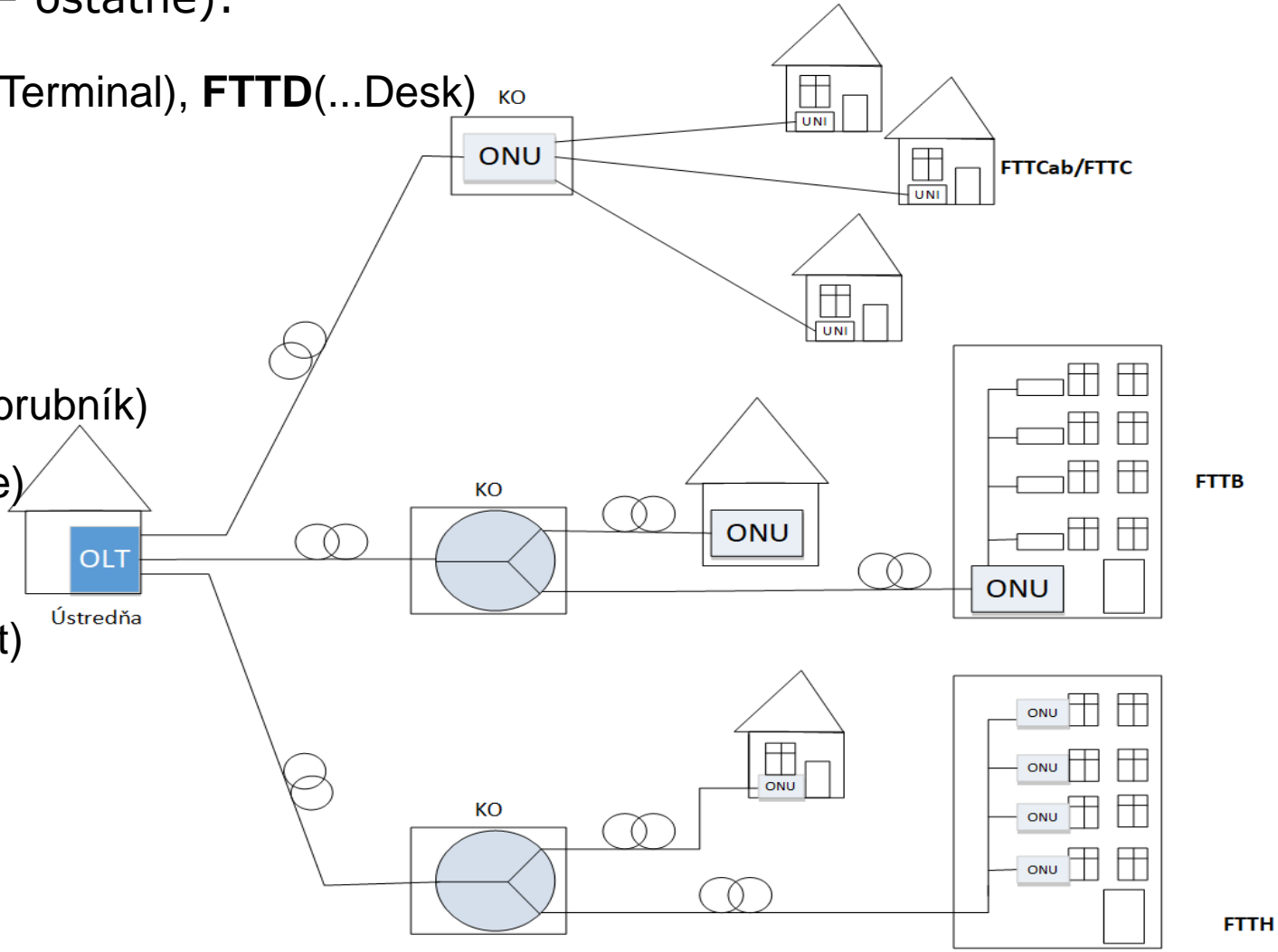
FTTB (... Building)

FTTC (... Curb - obrubník)

FTTE (... Exchange)

FTTO (...Office)

FTTCab (...Cabinet)



Obr.

- na metalickej časti (starej, z pôvodnej POTS) sa väčšinou aplikuje systém VDSL

FIBRE-TO-THE-HOME DIRECT BURIAL AND AERIAL METHODS

Customer Lead-In Point

fibreflow[™] blowing equipment

metóda
zafukovania
vlákna/kábla

cabinet

cabinet

TDC
Tube Distribution
Closure

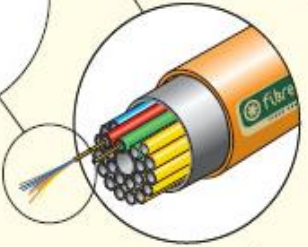
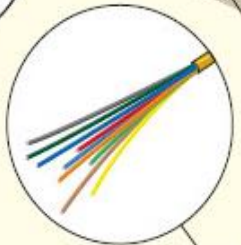
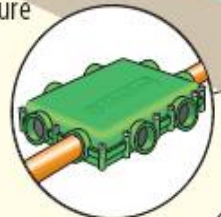
Customer specified
equipment

Ftth Aerial

Ftth Aerial is used in situations where trench-digging would not be feasible (for examples, in areas that already have construction/buildings, or in mountainous regions). For the Aerial method, the TDC is replaced with the fibreflow Aerial Closure, which serves exactly the same function. The single drop tube (which goes to the residence) is usually of the self-supporting type, needing no messenger wire.

Ftth Direct Burial

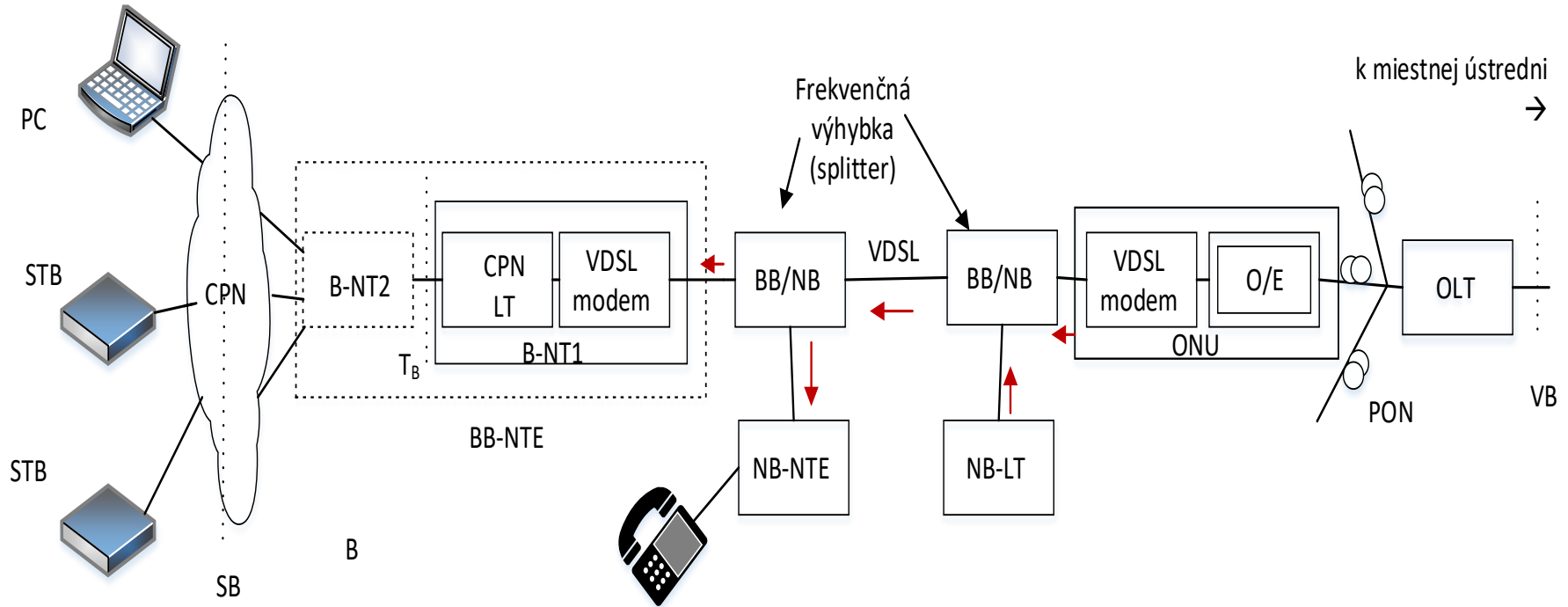
With a direct buried solution, any number of 24-way tube bundles are dropped in a trench (other tube configurations are also possible). Tube Distribution Closures (TDCs) perform the tube branching. The Customer Lead-In Point (CLIP) takes the fibre into the home.



Fibre products

24-way tube bundles

fibreflow[™] Aerial Closure



Obr. Referenčný model hybridnej (optika + VDSL) prístupovej siete a káblovej inštalácie v budove

Legenda:
 STB-SetTopBox
 CPN-Customer Premises Network
 BB...Broadband
 NB...Narrow Band
 NTE-Network Termination Equipment

Štandardy OAN

[ITU-T G.983](#)

APON (ATM Passive Optical Network) - prvý štandard v oblasti PON – hlavne pre aplikácie pre firmy; je založený na ATM

BPON (Broadband PON) – štandard založený na APON. Pridáva podporu pre WDM, dynamickú alokáciu šírky pásma pri vyšších nárokoch upstreamu. Bol vytvorený tiež štandardný manažérsky interfejs zvaný OMCI, a to medzi OLT a ONU/ONT, umožňujúci siete so zmiešanými poskytovateľmi.

[ITU-T G.984](#)

GPON (Gigabit PON) – vyvinutý zo štandardu BPON – podporuje vyššie rýchlosti, zvýšenú bezpečnosť, a voľbu protokolu 2. vrstvy (ATM, GEM, Ethernet). Začiatkom r. 2008 začala spoločnosť Verizon inštalovať zariadenia tohoto štandardu a za pol roka ich nainštalovala vyše 800 tis.. Po nich aj British Telecom a AT&T.

[IEEE 802.3ah](#)

EPON or GEPON (Ethernet PON) - to je štandard IEEE/EFM prenos paketových dát cez Ethernet – v súčasnosti je časťou štandardu IEEE 802.3.

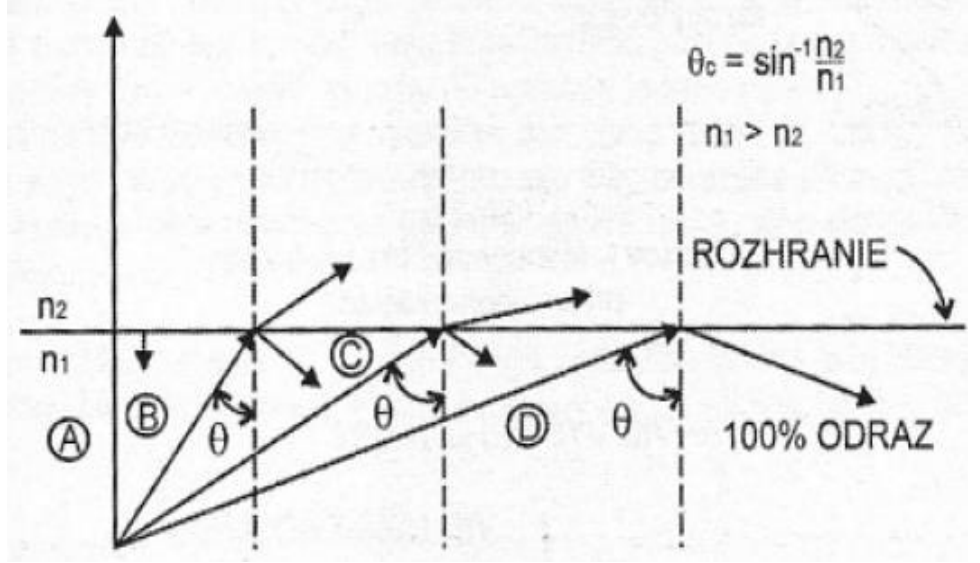
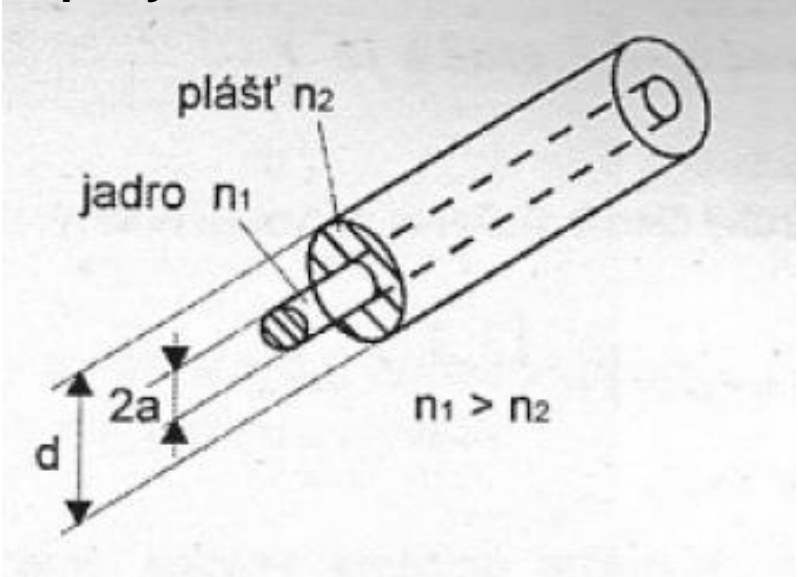
[IEEE 802.3av](#)

10G-EPON (10 Gigabit Ethernet PON) – IEEE štandard pre 10 Gbps obojsmernú komunikáciu; je kompatibilný s 802.3ah EPON; používa odlišné vlnové dĺžky pre 10G a 1G downstream, a jedinou vlnovú dĺžku pre 10G a 1G upstream s ATDMA oddelením. Je kompatibilný tiež s WDM-PON (v závislosti od jej definície). Je schopný využívať aj viac vlnových dĺžok v oboch smeroch.

[SCTE IPS910](#)

RFoG (RFoverGlass) je to štandard podskupiny SCTE Interface Practices Subcommittee, vyvíjaný pre operácie bod-viac bodov (P2MP), ktoré môžu mať schému vlnových dĺžok kompatibilnú s dátovými PON ako napr. EPON, GEPON, 10GigEPON. RFoG poskytuje architektúru typu FTTH PON pre MSOs (Multiple System Operators – spoločnosti v USA, ktoré vlastnia veľa káblových systémov, pôvodne len televíznych).

...z optiky:



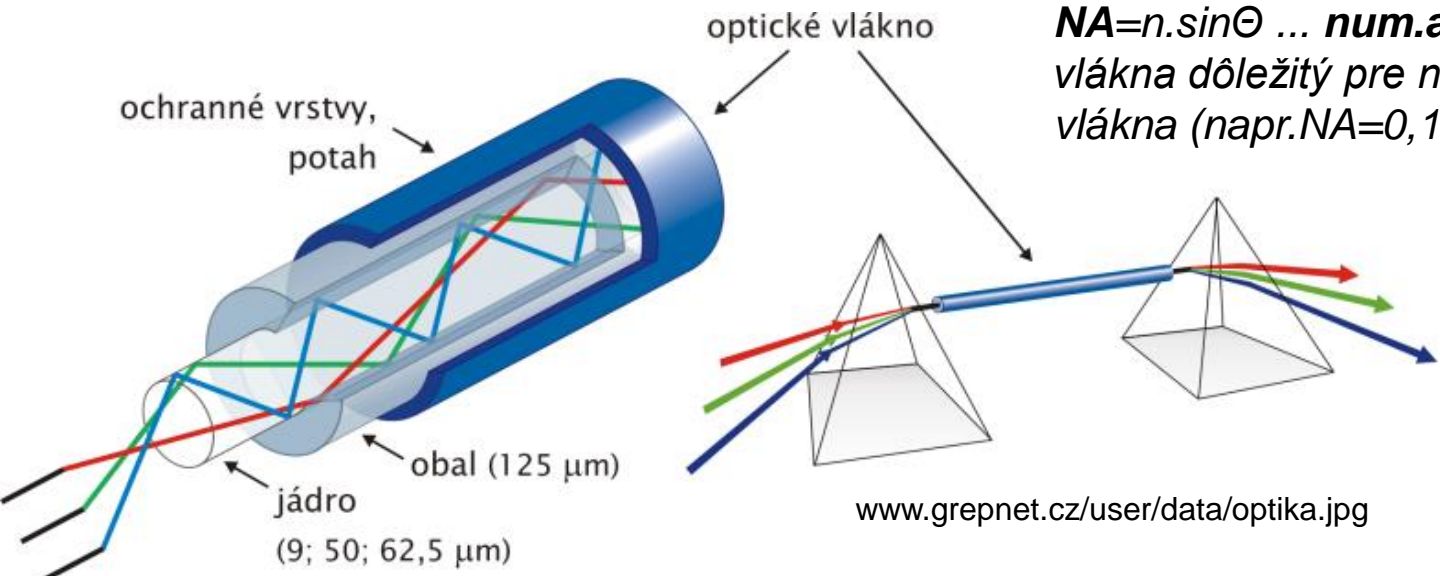
Obr. Stupňovité mnohovidové opt.vlákno

Obr....úplný odraz na rozhraní jadro - plášť

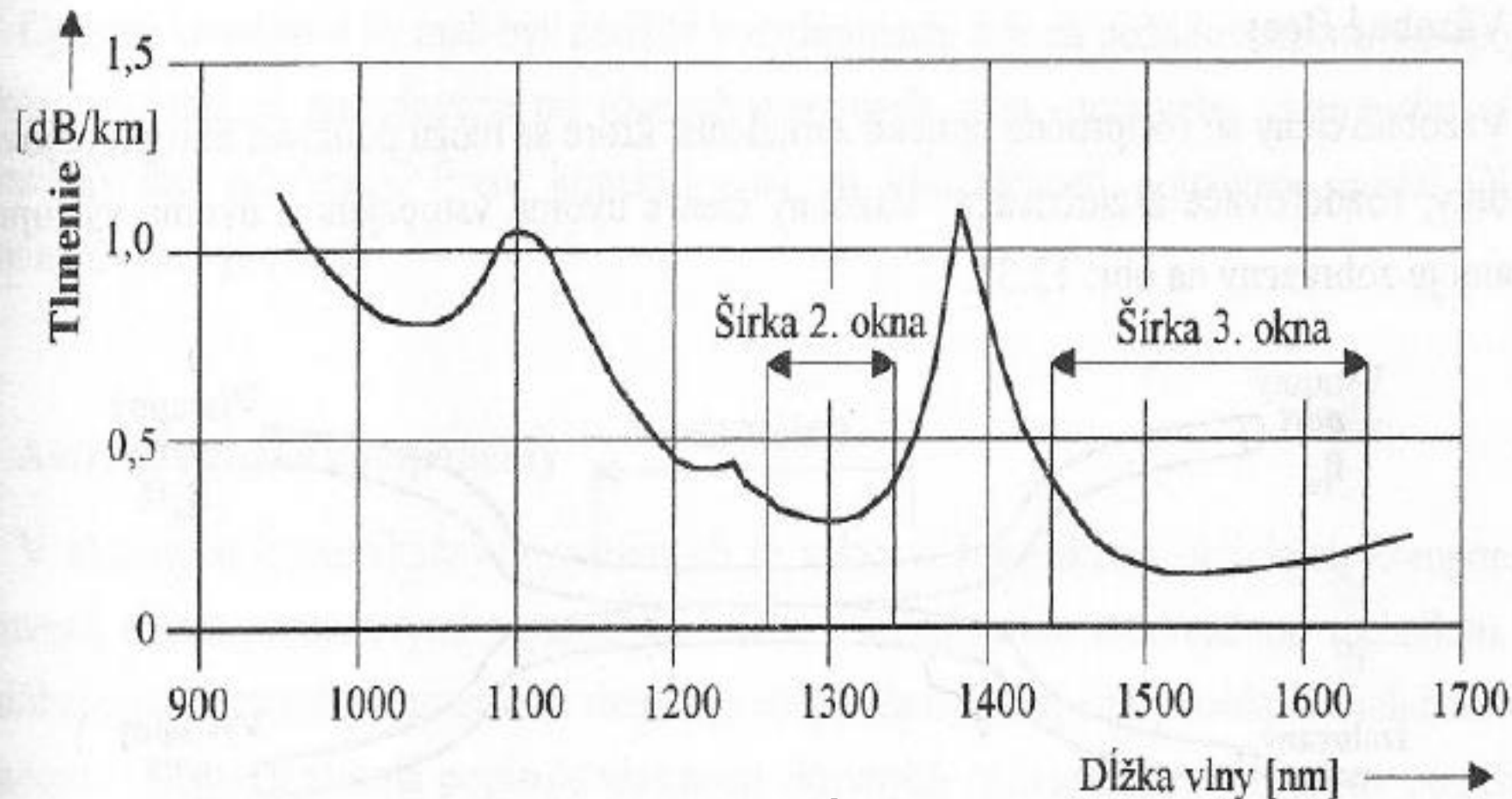
[5]

n-index lomu

NA=n.sinΘ ... num.apertúra; parameter vlákna dôležitý pre naviazanie svetla do vlákna (napr.NA=0,11)



Optické okná



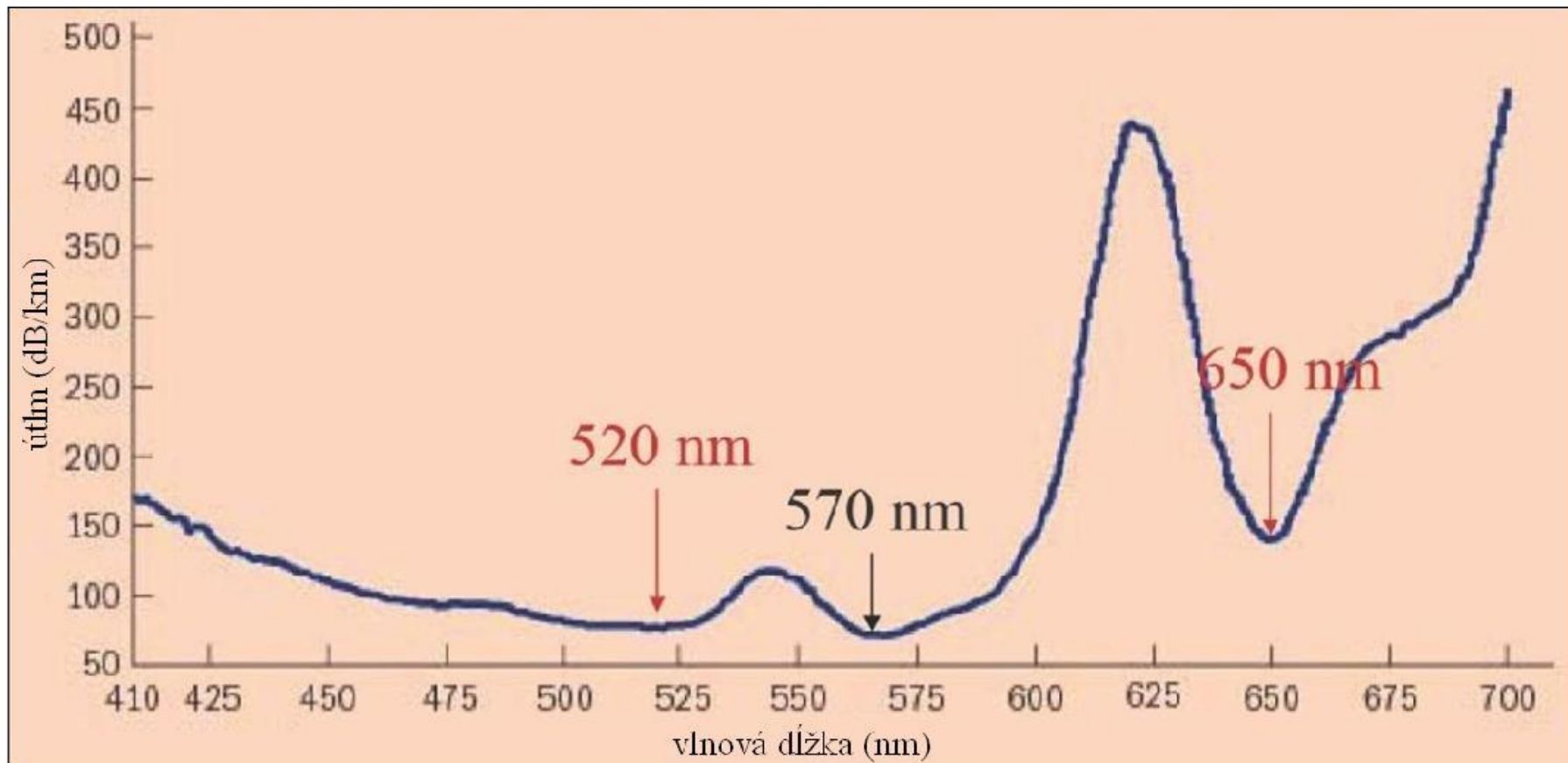
[1] Obr. Závislosť tlmenia od vlnovej dĺžky a ďalších faktorov

- **Optické okná** - vlnové dĺžky v oblasti tepelného IR žiarenia použité pre komunikáciu. Pozn.: okom viditeľná oblasť je 400 až 700 nm / UF až IR.
- **Príčiny útlmu:** prítomnosť a tvorba iónov OH, Rayleighov rozptyl („nepodleziteľná“ hranica, rozptyl na časticiach omnoho menších než λ)

Tab. Typické hodnoty útlmu optických komponentov v OAN (μ – stredná hodnota, σ -šstand.odchýlka) [3]

Komponent	Typické hodnoty [dB]		Počet / dĺžka
Opt.vlákno 1550nm	$F_{\mu}=0,27$ dB/km	$F_{\sigma}=0,05$	$L = 0\div 30$ km
Opt.vlákno 1310nm	$F_{\mu}=0,7$ dB/km	$F_{\sigma}=0,15$	$L = 0\div 30$ km
Spojka	$S_{\mu}=0,1$ dB	$S_{\sigma}=0,05$	$m=1,2\div 2$ /km; $m\geq 2$
Konektor	$C_{\mu}=0,4$ dB	$C_{\sigma}=0,1$	$n \geq 2$
Distrib.bod 1:2	$D_{\mu}=3,8$ dB	$D_{\sigma}=0,50$	-
1:4	$D_{\mu}=6,7$ dB	$D_{\sigma}=0,42$	
1:8	$D_{\mu}=9,8$ dB	$D_{\sigma}=0,55$	
1:16	$D_{\mu}=13,1$ dB	$D_{\sigma}=0,67$	
1:32	$D_{\mu}=17,0$ dB	$D_{\sigma}=0,90$	
WDM	$W_{\mu}=0,5$ dB	$W_{\sigma}=0,1$	

Plastové optické vlákna - útlm



PMMA krok-index POF ukazuje znížený útlm na vlnových dĺžkach 520 a 650 nm, ktoré boli vybrané na prenos 100 Mbit/s, resp. 1 Gbit/s

➤ OPTICKÉ SMEROVÉ SPOJE - FSO (bezvláknové!)

-- **FSO** - Free Space Optic system, alebo aj Cable Free system, No-Fiber Optical Data Link...

- prenos voľným priestorom, podobne ako RRS (rádio reléové spoje)
- dnes digitálny úplne duplexný spoj s priamou intenzitnou moduláciou; prenos pomocou úzkych opt. zväzkov; najčastejšie na $\lambda = 785$ a 850 nm; dosah 2 km aj viac;
- **výhoda**: inštalácia a nastavenie koncových staníc, a môže začať komunikácia,
- **výhody** oproti rádiovým spojom : vysoko smerový zväzok (vysoká priestorová selektivita → nehrozí interferencia s inými spojmi, veľká šírka pásma (→ vysoké prenos.rýchlosti), menšie alebo žiadne legislatívne prekážky pri nasadení (zatiaľ 😊)
- **nevýhody**: krátkodobé aj dlhodobé prerušenia prevádzky (prostredie, zameranie)
- architektúra FSO-systémov: **hlavice** (- optický prijímač obsahuje lavínové alebo PIN-fotodiódy, plus nízkošumový zosilňovač, -vysielač obsahuje výkonový budič a EO-prevodník, optický zdroj (Laser-, alebo LED-diódy), automatiku na presné zameranie lúča) + **vnútorné jednotky** (kodeky, obvody riadenia a služobnej komunikácie, obvody účastníckeho rozhrania E1, E3, STM-1, STM-4, Ethernet 10BASE-T alebo 100BASE-T, a pod.)
- použitie: najčastejšie pre vysokorýchlostné prepojenie lokálnych sietí pre prenos dát aj hovorov

FSO -

Moderný vývojový trend v oblasti – predmet viacerých výskumných projektov (hlavne v USA)

- vývoj moderných komunikačných technológií v rámci FSO: „**inteligentné osvetlenie**“ – využitie zdrojov viditeľného svetla (LED žiaroviek)
- -- pre domácu širokopásmovú sieť (vo vnútri, v rámci miestnosti)
- -- pre vonkajšiu komunikáciu - rôznu obojsmernú signalizáciu a komunikáciu v doprave, v záchranných systémoch a pod.

- stačí rozsvietiť žiarovku pripojenú k AP, a môže sa začať komunikácia
- Výhody: nezvyšovanie e-m smogu, vysoké rýchlosti
- Výskum: projekty v Troy, Boston, Nové Mexico, Baltimor, Washington, Terre Haute

Literatúra

- [1] V.Kapoun: Přístupové a transportní síte. VUT v Brně, 1999.
- [2] Vaculík: Přístupové siete. ŽU v Žiline, 2000.
- [3] J. Vodrážka: Přenosové systémy v přístupové síti. ČVUT, 2003.
- [4] T. Anttalainen: Introduction to Telecom. Network Engineering. Norwood (USA - MA), 2003.
- [5] L. Harte: Introduction to Digital Subscriber Line (DSL): Technologies, Operation and Systems. ALTHOS, 2005.
- [6] Odporúčanie ITU_T G.995.1

Ďakujem za pozornosť