

KOMUNIKAČNÉ A INFORMAČNÉ SIETE

FYZICKÁ VRSTVA

Ing. Michal Halás, PhD.

halas@kti.elf.stuba.sk, B-514 , <http://www.kti.elf.stuba.sk/~halas>

OBSAH

- úloha fyzickej vrstvy,
- spôsoby prenosu, modulácie a multiplexovanie,
- prenos v základnom a preloženom pásme,
- prenosové médiá - koaxiálny vodič / krútená, dvojlinka / optické vlákno,
- technológie Ethernet.

Fyzická vrstva

3

- prvá vrstva RM OSI,
- prenos elektrického, optického alebo rádiového signálu cez prenosové médium,
- charakteristika samotného prenosového prostredia (média),
- popisuje požadované fyzikálne vlastnosti prenosového prostredia.
- prenos a príjem bitov (elektrické a mechanické vlastnosti, modulácie, synchronizácia ...)

Fyzická vrstva

4

□ komponenty

■ pasívne

- súčasti prenosového prostredia, ktoré len prenášajú signál,
- káble/médiá, koncovky, zásuvky, prepojovacie panely, konektory,

■ aktívne

- zariadenia, ktoré prenášaný signál generujú / zosilňujú / modifikujú / distribuujú,
- transceiver, opakovač(hub).

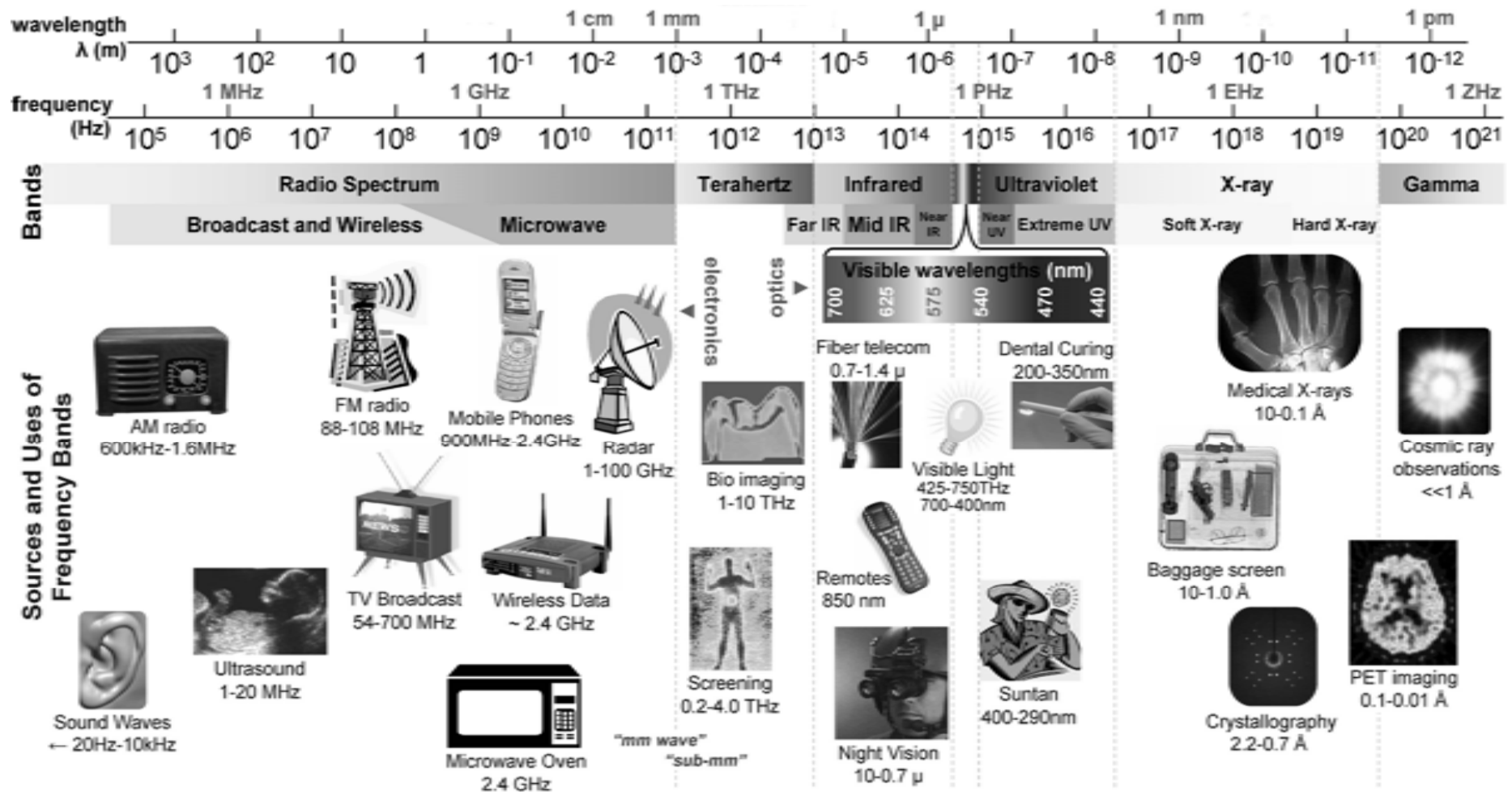
Prenos informácií

5

- Modulácia
 - definuje, ako sú reprezentované jednotlivé informačné bity,
- Synchronizácia
 - vysielateľ a prijímač musia spoľahlivo rozpoznať hranice jednotlivých prenášaných znakov,
- Multiplexovanie
 - viacnásobné využitie spoločného prenosového média.

Spektrum elektromagnetického žiarenia

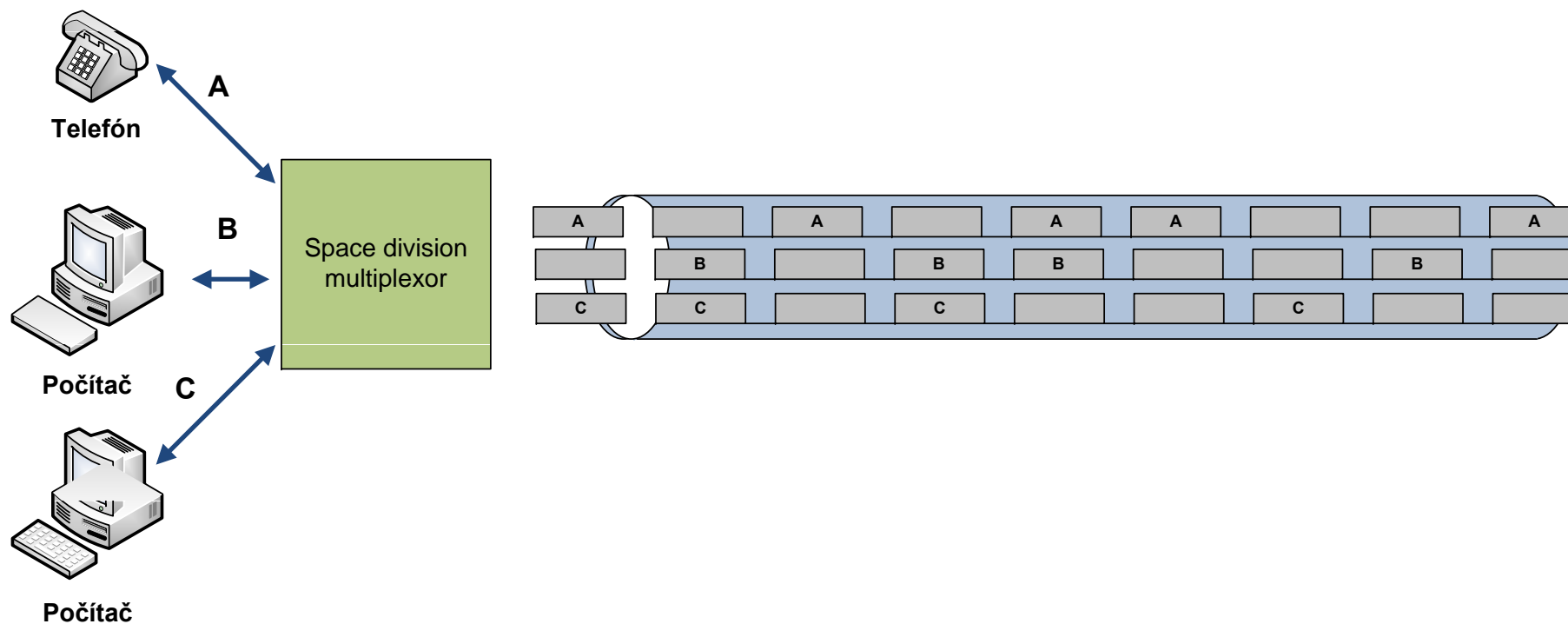
6



SDM – priestorovo delený multiplex

7

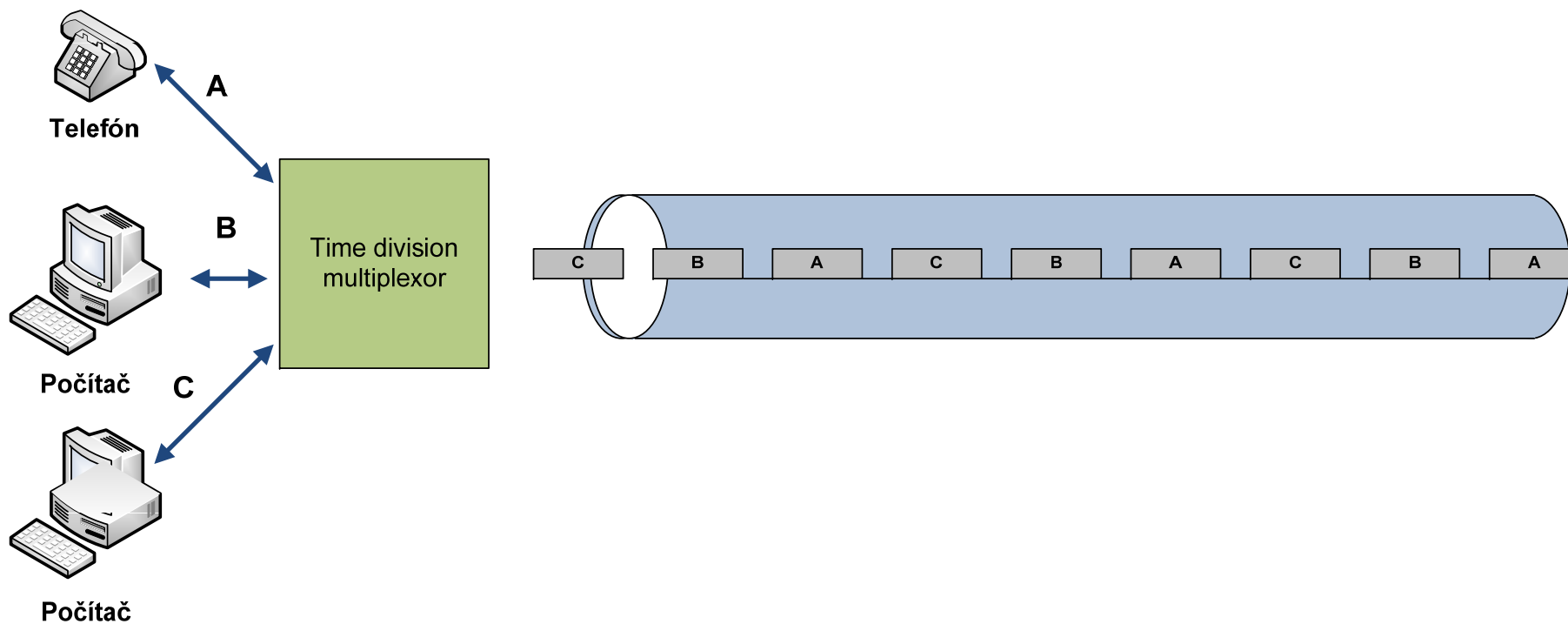
- fyzické oddelenie spojení
- spojenia prenášané na oddelených médiach
- média spolu tvoria zväzky



TDM – časovo delený multiplex

8

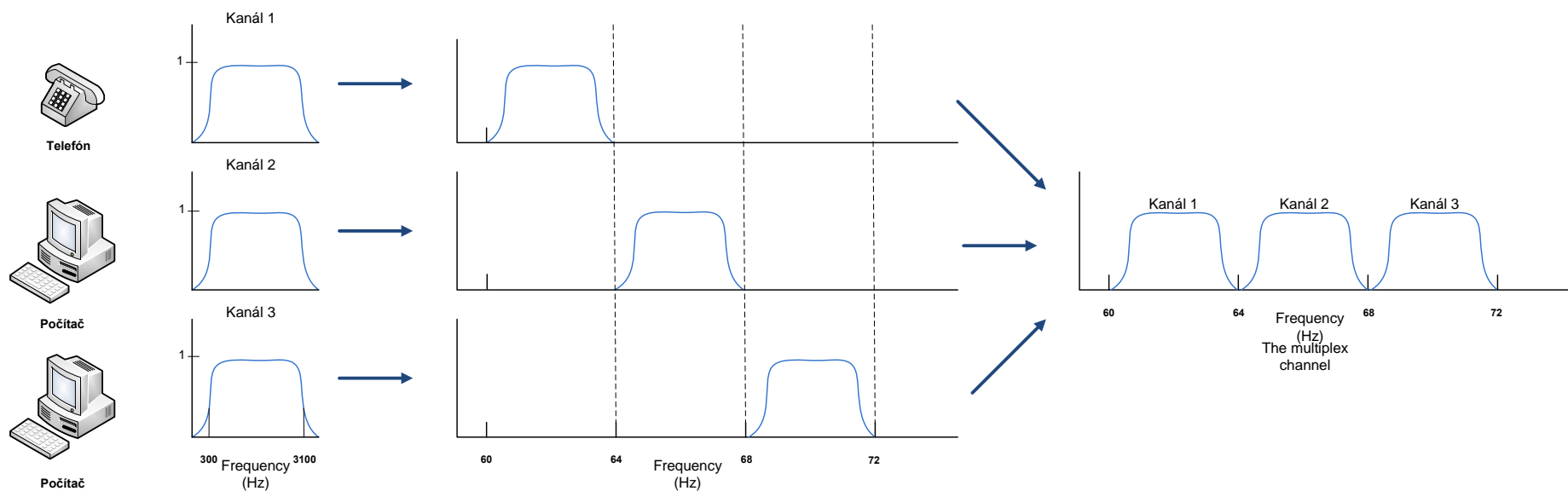
- kanál je určený časovou polohou
- kanály sa zokupujú do vyšších hierarchií-rámcov



FDM – frekvenčne delený multiplex

9

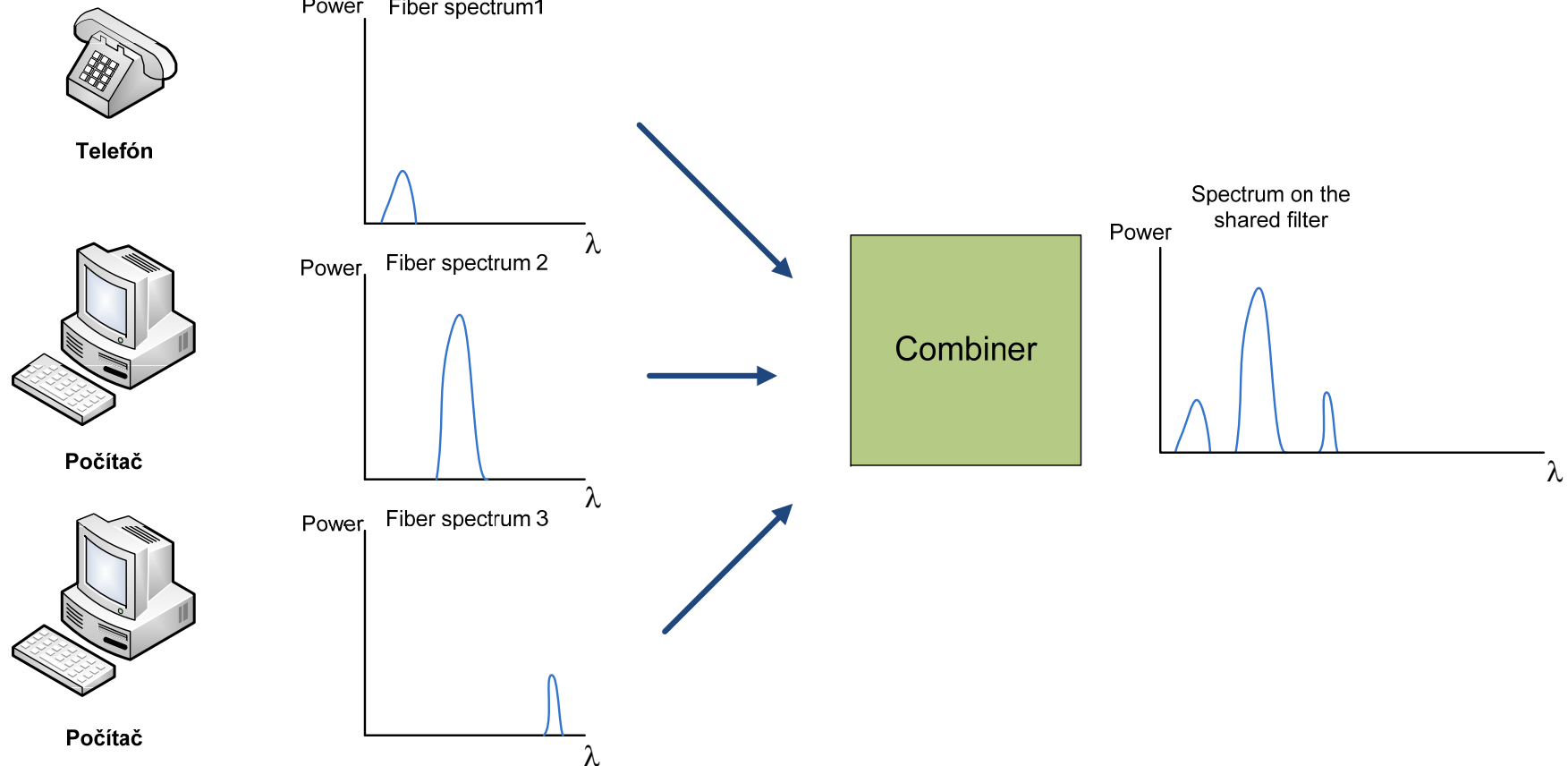
- kanál je určený polohou nosnej frekvencie
- typické pre analógovú prenosovú techniku



WDM – vlnovo-dízkovo dělený multiplex

10

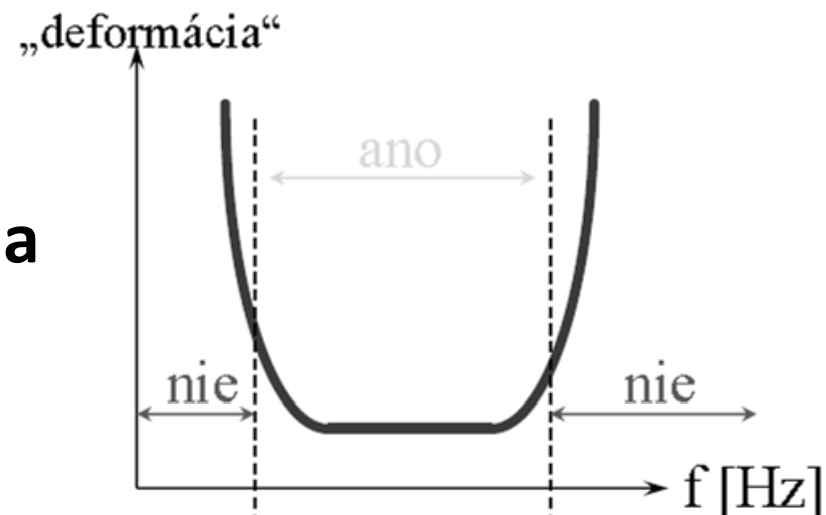
- kanál je určený vlnovou délkou světelného zdroje



Šírka prenosového pásma

11

- miera skreslenia prenášaného signálu je primárne závislá od jeho frekvencie,
- je možné určiť rozsah frekvencií (f_{\min} a f_{\max}), pre ktoré je miera skreslenia ešte akceptovateľná,
- rozsah hraničných frekvencií $f_{\min} - f_{\max}$ sa označuje ako
 - ▣ **šírka prenosového pásma**



Šírka prenosového pásma

12

- krútená dvojlinka
 - stovky MHz
 - dnes – GHz
- koaxiálny kábel
 - desiatky GHz
- optické vlákna
 - THz
 - v dnešnej dobe ich potenciál nie je z ďaleka využitý

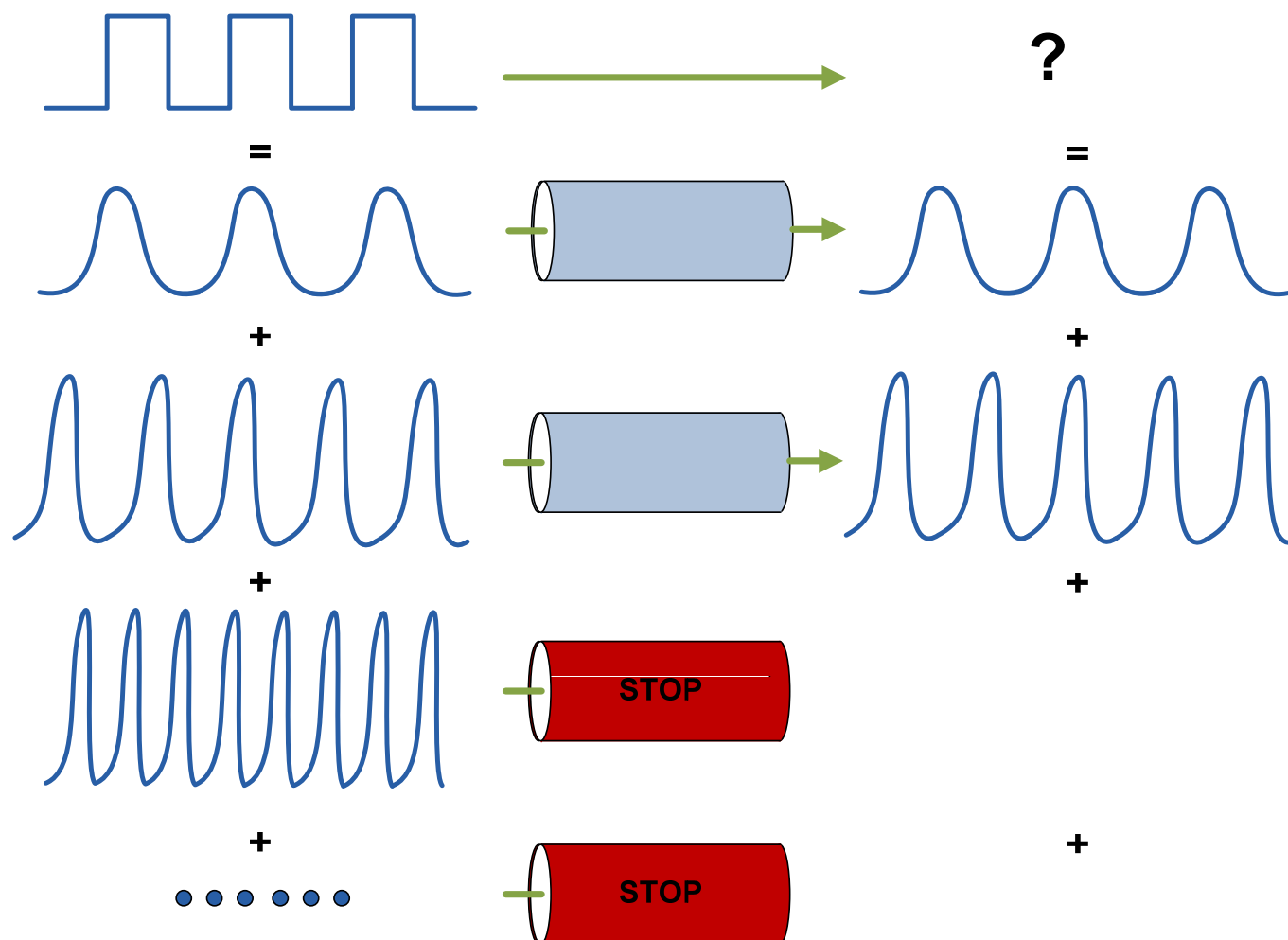
Šírka prenosového pásma

13

- vplyv šírky pásma na prenášaný signál
 - harmonický signál
 - prenesie sa bez skreslenia ak je jeho frekvencia v intervale $f_{\min} - f_{\max}$
 - inak sa neprenesie vôbec
 - neharmonický signál
 - vplyv obmedzenej šírky pásma má zložitejší vplyv na prenos signálu
 - prenesú sa len harmonické zložky (rozklad podľa Fourierového radu), ktoré spadajú do intervalu $f_{\min} - f_{\max}$

Šírka prenosového pásma

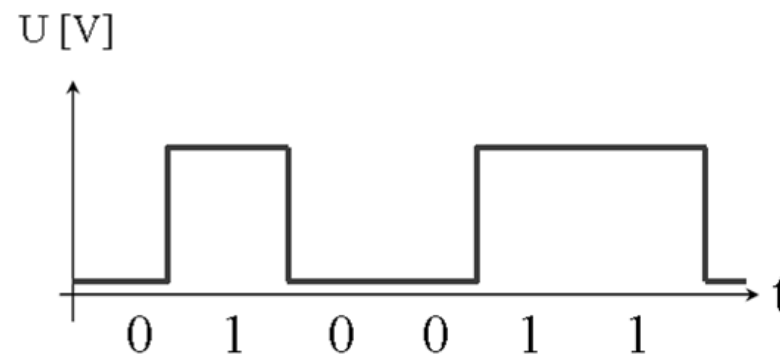
14



Prenos v základnom pásme (baseband)

15

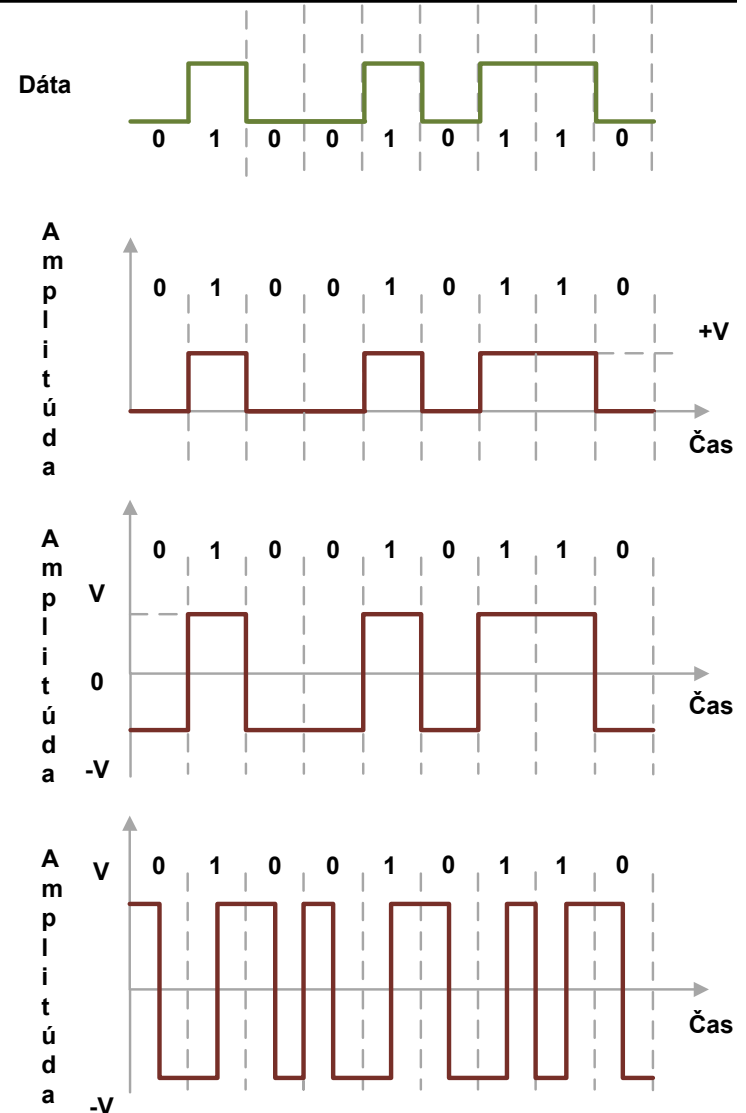
- jednosmerný signál (U, I) sa mení (moduluje) priamo podľa prenášaných binárnych dát,
- prenášané sú napätové/prúdové obdĺžnikové impulzy (Ethernet),
- nepriaznivý vplyv obmedzenej šírky prenosového pásma na obdĺžnikové signály je veľký.



Linkové kódy

16

- slúžia na prispôsobenie signálu na prenos po prenosových médiách,
- existuje viacero druhov linkových kódov, ktoré sa líšia hlavne v spôsobe kódovania signálu pri prechode signálu z nuly do jednotky a naopak
 - ▣ unipolar,
 - ▣ non-return-to-zero,
 - ▣ manchester.

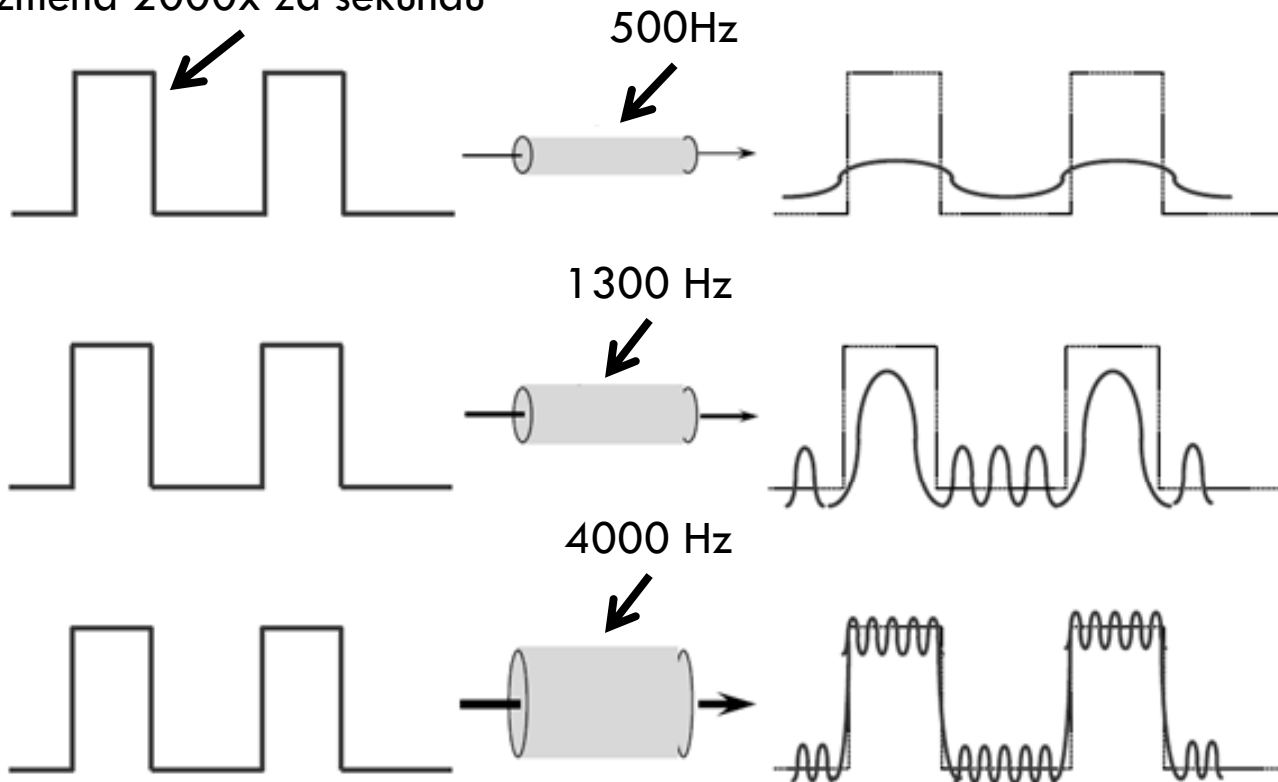


Prenos v základnom pásme

17

- vplyv obmedzenej šírky pásma na prenos obdĺžnikového signálu

zmena 2000x za sekundu



Prenos v základnom pásme

- využíva sa v sieťach Ethernet 10BaseT a 10Base2,
- vo všeobecnosti je ho možné použiť len na kratšie vzdialenosti,
- v prípade, že prenosová cesta nie je schopná preniesť jednosmernú zložku nie je ho možné použiť.
 - Typickým príkladom sú komutované okruhy verejnej telefónnej siete, ktoré mali v ceste viacero prvkov typu transformátor, ktoré neboli schopné preniesť jednosmernú zložku.

Prenos v preloženom pásme

19

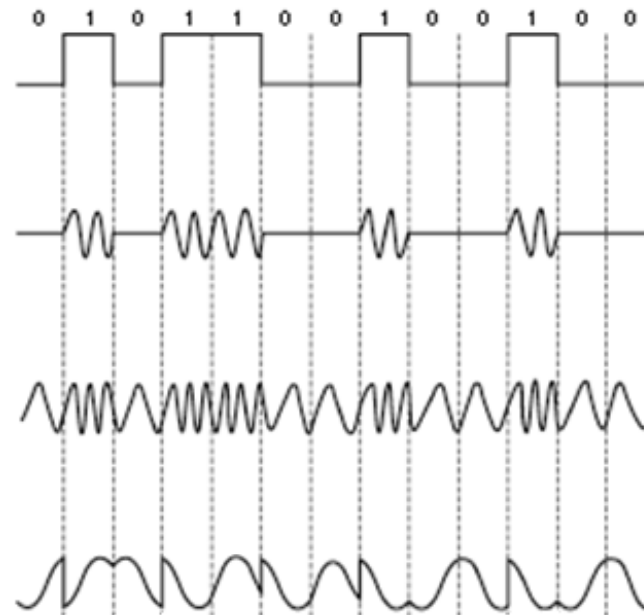
- posun signálu do frekvenčného pásma vhodného pre **prenos**,
- modulácia
 - na základe prenášaných údajov sa menia parametre nosného harmonického signálu,
 - analógové – modulačný signál analógový,
 - digitálne – modulačný signál digitálny,
 - nosný signál (carrier) – **vždy analógový**, najčastejšie harmonický.

Modulácie

20

- Amplitúdová modulácia ASK - Amplitude Shift Keying
- Frekvenčná modulácia FSK - Frequency Shift Keying
- Fázová modulácia PSK - Phase Shift Keying

- Binárny signál
- Amplitúdová modulácia ASK
- Frekvenčná modulácia FSK
- Fázová modulácia PSK

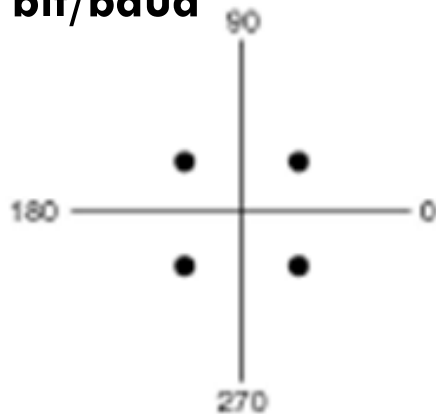


Modulácie

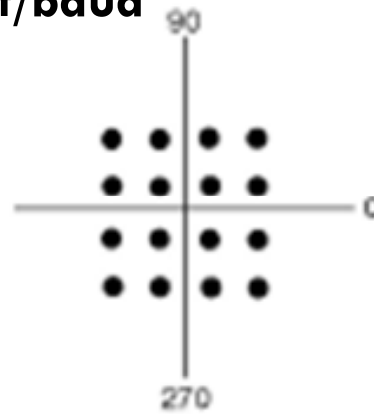
21

- Kombinácia amplitúdovej a fázovej modulácie

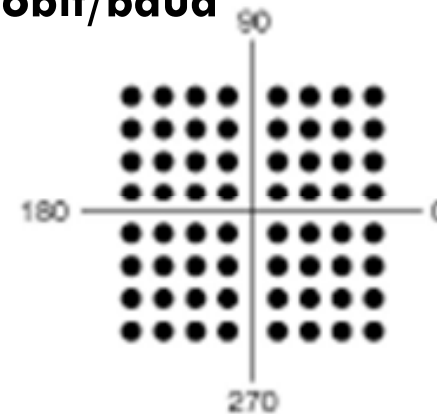
2 bit/ baud



4bit/ baud



6bit/ baud



modulačná rýchlosť 2400 baud		
kódovanie	prenosová rýchlosť	technika modulácie
2 bit / baud	4.8 kbps	QPSK
4 bit / baud	9.6 kbps	QAM-16
6 bit / baud	14.4 kbps	QAM-64

Modulačná rýchlosť

22

- Modulačná rýchlosť
 - ▣ vyjadruje ako rýchlo je možné meniť amplitúdu, frekvenciu a fázu nosného signálu,
 - ▣ **vyjadruje počet zmien za sekundu,**
 - ▣ jednotka je Baud [Bd],
 - ▣ je obmedzená vlastnosťami prostredia, aby bol príjemca schopný korektne detekovať zmeny,
 - ▣ modulačná rýchlosť sama o sebe nevytvorí o rýchlosti prenosu údajov, udáva len ako rýchlo sa mení prenášaný signál.

Prenosová rýchlosť

23

- Prenosová rýchlosť
 - vyjadruje objem dát prenesených za jednotku času,
 - meria sa v bitoch za sekundu [bps],
 - nehovorí nič o rýchlosti zmien preneseného signálu
 - záleží aké množstvo informácie je obsiahnuté v jednej zmene prenášaného signálu.

Modulačná vs. prenosová rýchlosť

24

- vzťah medzi modulačnou a prenosovou rýchlosťou

$$v_{\text{prenosova}} = v_{\text{modulacna}} \cdot \log_2(n)$$

$v_{\text{prenosová}}$ - prenosová rýchlosť [bps]

$v_{\text{modulačná}}$ - modulačná rýchlosť [Bd]

n – počet možných stavov prenášaného signálu

- RS-232-2 Centronics (sériový port)
 - ▣ prenosová rýchlosť = modulačná rýchlosť
- Ethernet 10BaseT
 - ▣ kódovanie Manchester
 - ▣ prenosová rýchlosť 10 Mbps
 - ▣ modulačná rýchlosť 20 MBd
- Telefónne modemy
 - ▣ V.22bis - 2400 bps, 600 Bd, $n=16$
 - ▣ V.32 – 9,6 kbps, 2400 Bd, $n=16$
 - ▣ V.32bis – 14,4 kbps, 2400 Bd, $n=16$
 - ▣ V.34 – 28,8 kbps, 2400-3200 Bd, $n=512$

Prenosové cesty

25

- fyzické média, ktoré slúžia na prenos informácie
 - pevné
 - metalické
 - krútená dvojlinka
 - koaxiálny vodič
 - optické
 - jednovidové vlákna
 - multivídivové vlákna
 - bezdrôtové
 - rádiové
 - mikrovlnné
 - rádioreléové
 - satelitné

Prenosové médiá

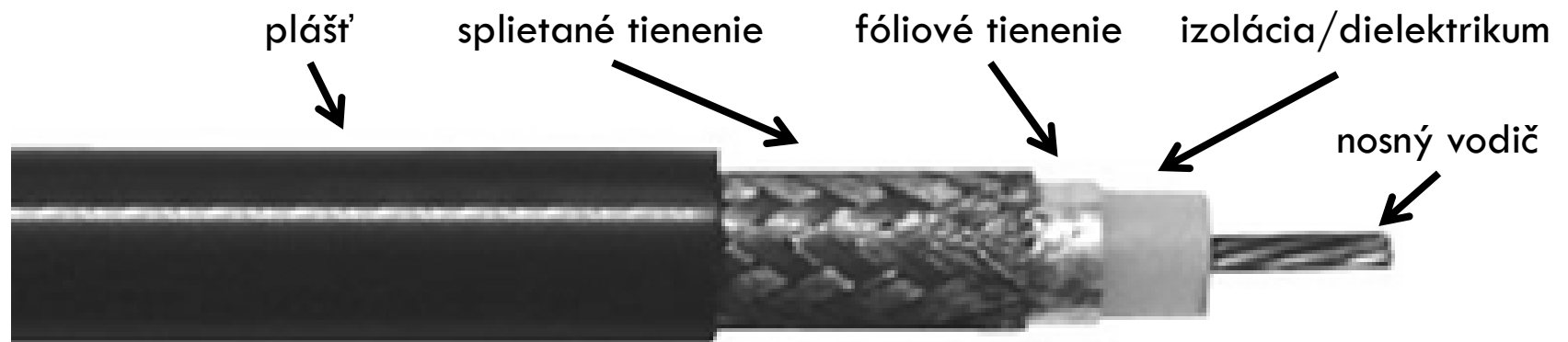
26

- niektoré charakteristické vlastnosti
 - ▣ charakteristická impedancia [Ω],
 - ▣ útlm [dB/m],
 - ▣ presluch medzi párami na blízkom konci NEXT [dB],
 - ▣ pomer útlmu a presluchu ACR [dB].
 - ▣ vlnová disperzia [ns/km]

Koaxiálny vodič

27

- vyvinutý z dôvodu rozšírenia šírky prenosového pásma a zvýšenia odolnosti vedenia voči šumu,
- vnútorný vodič je uložený v pevnom dielektriku, ktoré je obalené tienením (druhým vodičom), obvykle vo forme kovovej fólie alebo opletanej sieťky, ktorá tvorí zároveň tienenie.



Koaxiálny vodič

28

□ na prenos dát v sieťach Ethernet sa používajú dva typy

□ hrubý THICK

■ 10Base5

■ priemer \varnothing cca 1 cm



□ tenký

■ 10Base2

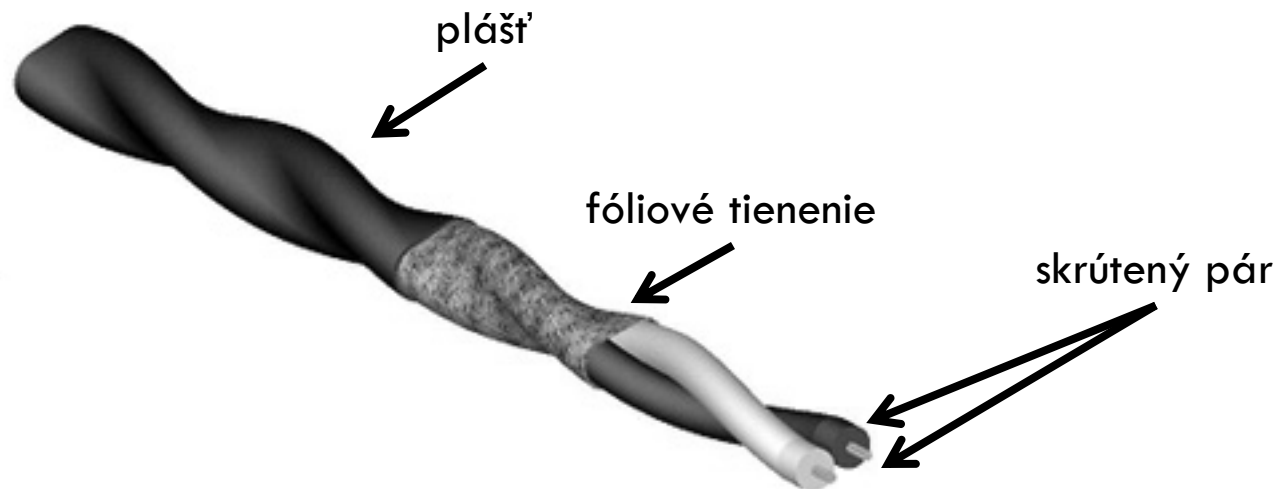
■ priemer \varnothing cca 5mm



Krútená dvojlinka

29

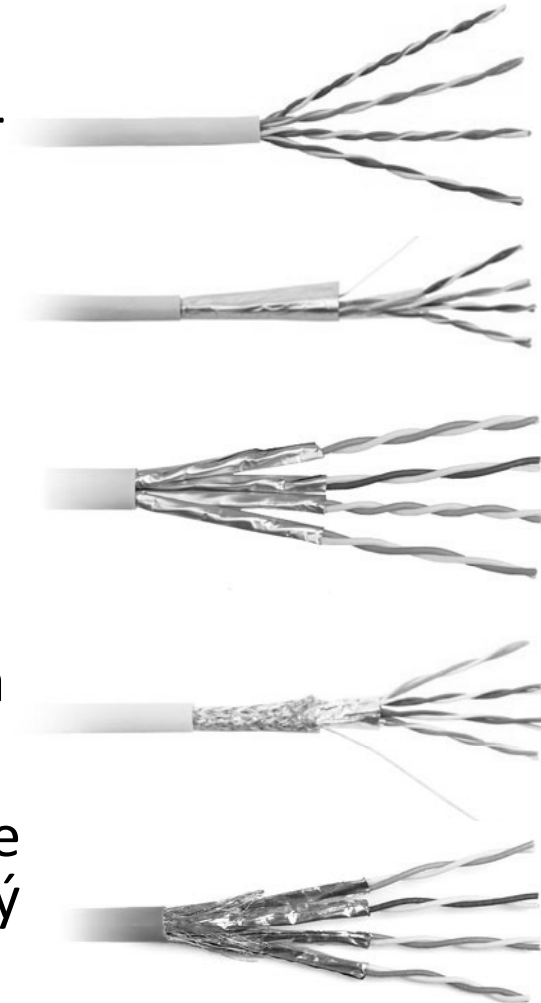
- dva vodiče vzájomne skrútené okolo seba z dôvodu minimalizácie presluchoch, elektromagnetickej interferencie a strát spôsobených kapacitným odporom vodiča,
- počet skrútení môže byť rôzny,
- vodiče môžu mať spoločné tienenie,
- podľa vlastností sa delia do 7 kategórií.



Krútená dvojlinka

30

- Na prenos dát v sieťach Ethernet sa využívajú káble, v ktorých sú uložené 4 páry krútených dvojliniek:
 - UTP – netienený kábel,
 - FTP – celý zväzok je tienený pokovenou fóliou,
 - STP – každý pár má samostatné tienenie pokovenou fóliou,
 - SFTP - celý zväzok je tienený opletením a pokovenou fóliou,
 - SSTP – každý pár má samostatné tienenie pokovenou fóliou a celý zväzok je tienený opletením a pokovenou fóliou.



Krútená dvojlinka

31

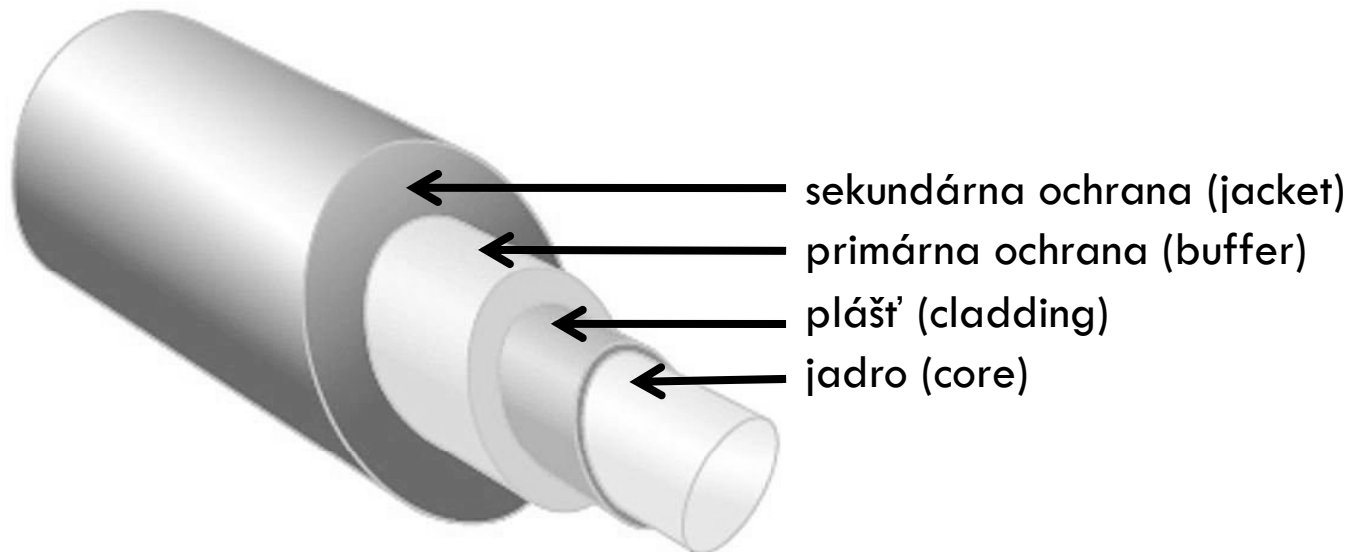
□ Kategórie

Kategória	Šírka pásma [MHz]	Prenosová rýchlosť	Využitie
Cat1	< 1	< 100kbps	analógová telefónia / ISDN
Cat2	4	4 Mbps	Token Ring / T1
Cat3	16	16 Mbps	10BaseT
Cat4	20	20 Mbps	16 Mbps Token Ring
Cat5	100	100 Mbps 1 Gbps (4 páry)	100BaseT 155Mbps ATM/1000BaseT
Cat5e	100	100 Mbps 1 Gbps (4 páry)	100BaseT, 1000BaseT 155Mbps ATM/1000BaseT
Cat6	200-250	1 Gbps	1000BaseT
Cat6a	500	10 Gbps	1000BaseT, 10GBaseT
Cat7	600	10 Gbps	1000BaseT, 10GBaseT

Optický kábel

32

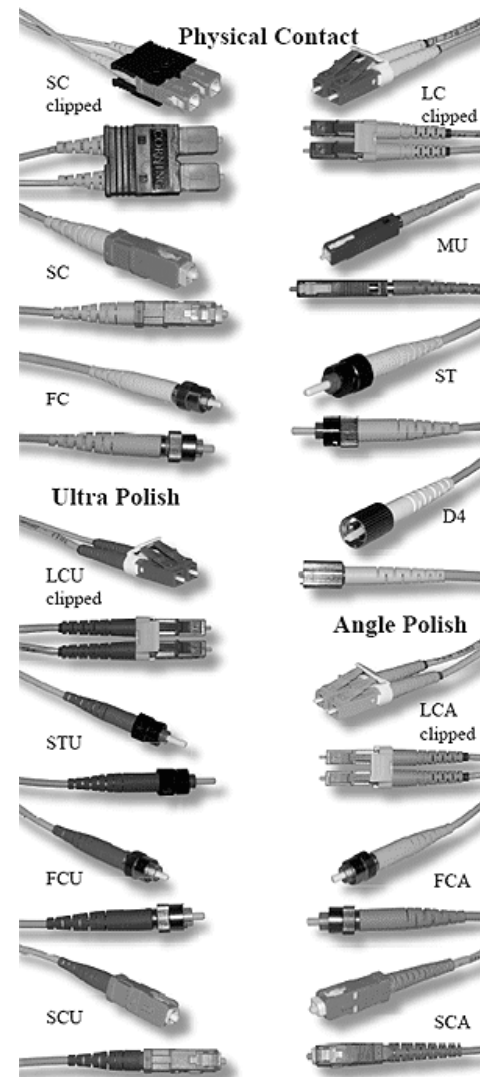
- na prenos informácie sa používa svetelné žiarenie,
- skonštruované ako valcové jadro s priemerom niekoľkých jednotiek až desiatok μm z materiálu s určitým indexom lomu, pokryté obalom z materiálu s menším indexom lomu.



Optický kábel

33

- Zdroje žiarenia rozdelené do skupín:
 - O-band 1260nm – 1360nm,
 - E-band 1360nm – 1460 nm,
 - S-band 1460nm – 1530 nm,
 - C-band 1530nm – 1565 nm,
 - L-band 1565nm – 1625 nm,
 - U-band 1625nm – 1675 nm.



Optický kábel

34

- jadro optického vlákna je najčastejšie zo skla,
- plášť optického vlákna musí mať **nižší** index lomu svetla ako jadro,
- vyrobené ako jedna časť spolu s jadrom,
- svetelný lúč musí dopadať na steny jadra v uhle väčšom ako je **kritický uhol**.

materiál	index lomu
vákuum	1.0000
vzduch	1.0003
voda	1.33
plášť svetovodu	1.46
jadro svetlovodu	1.48

Optický kábel

35

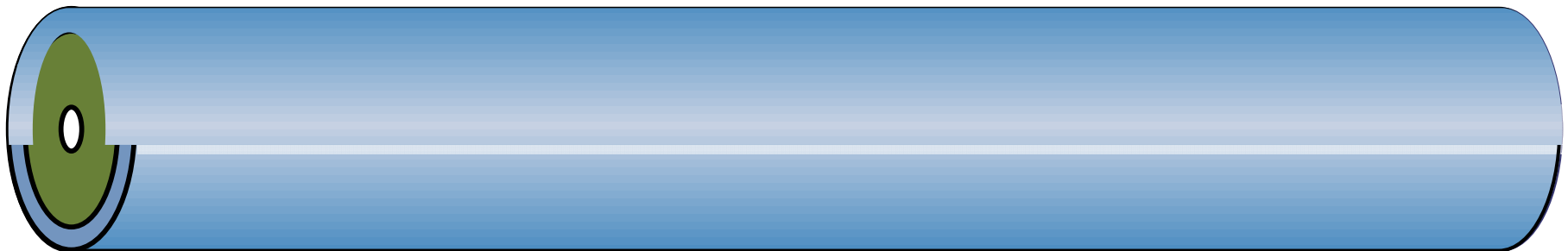
- Delia sa podľa počtu prenášaných vidov (svetelných priebehov):
 - ▣ jednovidové (single-mode),
 - ▣ multivíďové (multi-mode).

- Podľa typu plášťa jadra:
 - ▣ so skokovou zmenou indexu lomu (step index),
 - ▣ s postupnou zmenou indexu lomu (graded index).

Optický kábel

36

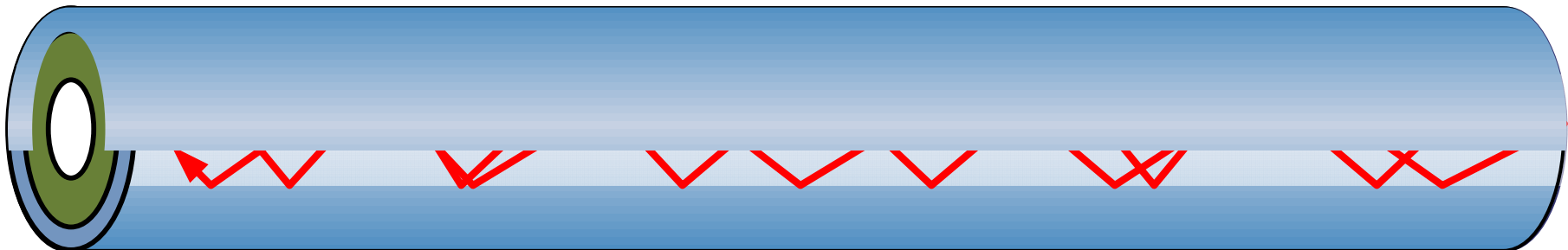
- Jednovidové (single-mode):
 - jadro má veľmi malý priemer (5-8 μm),
 - svetlo sa šíri len jednou cestou,
 - horšia mechanická manipulácia si vyžaduje väčšiu presnosť pri polohovaní vlákna,
 - vysoké prenosové rýchlosti (cez 50Gbps),
 - prenos na veľké vzdialenosti.



Optický kábel

37

- Multividové (multi-mode):
 - jadro je hrubšie,
 - svetelný lúč sa šíri jadrom viacerými cestami,
 - dochádza ku skresleniu tzv. modálnej disperzií, ktorá sa udáva v ns/km a predstavuje rozdiel medzi najrýchlejším a najpomalším svetelným priebehom.



Optický kábel

38

- Skoková zmena indexu lomu (step index):
 - skoková zmena indexu lomu na rozhraní medzi jadrom a plášťom,
 - používa sa u multivíkových aj jednovíkových káblach,
 - multivíkový step index kábel je najjednoduchší a najlacnejší typ káblu,
 - jadro 50,62.5 μm , plášť 125 μm
 - vhodné na prenosové rýchlosti 200 Mbps – 3 Gbps

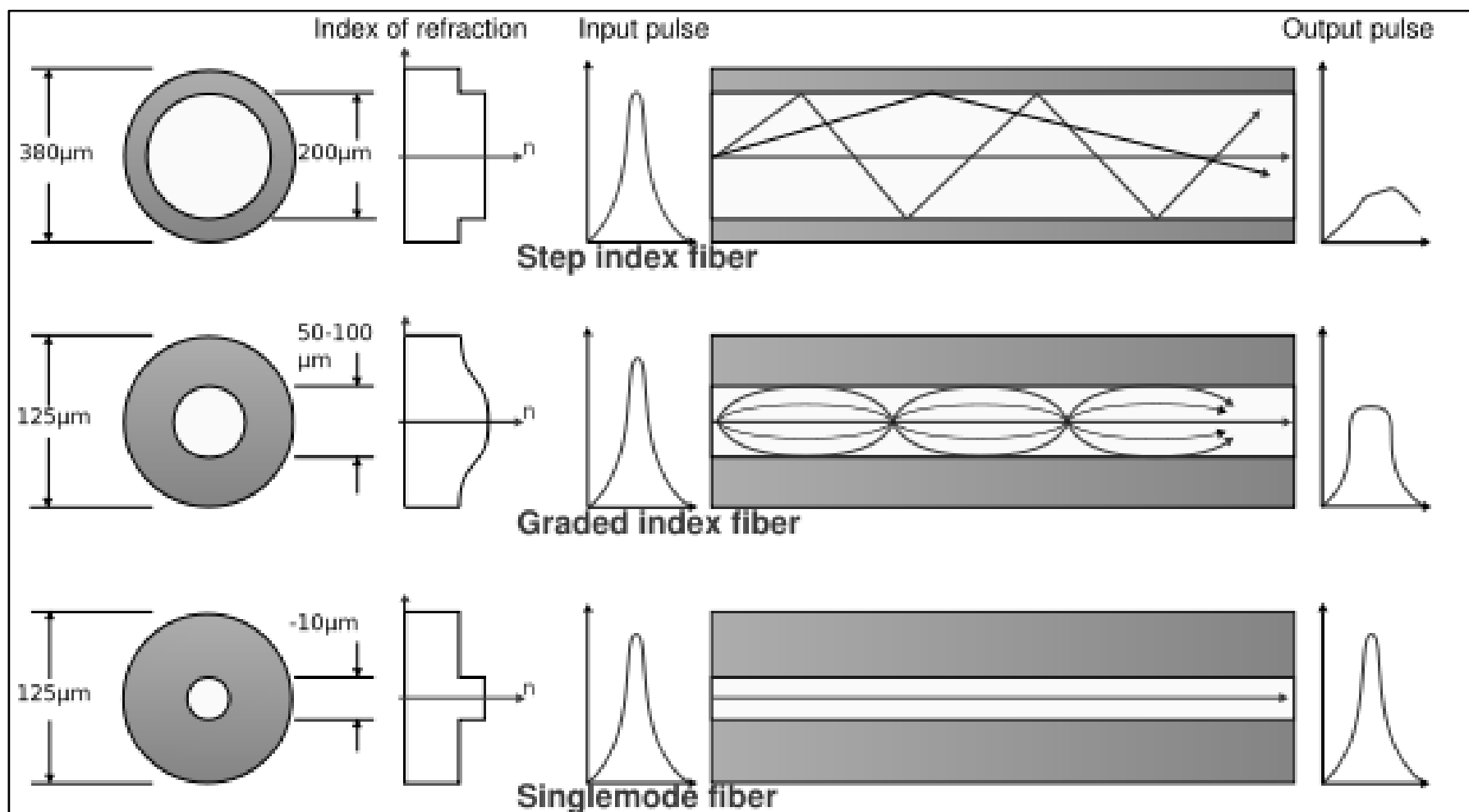
Optický kábel

39

- Postupná zmena indexu lomu (graded index):
 - ▣ index lomu sa postupne mení v závislosti od stredú jadra,
 - ▣ konštrukčne náročnejší,
 - ▣ používa sa len u multivídných káblov,
 - ▣ zlepšuje modálnu disperziu a má nižší útlm,
 - ▣ najčastejšie používaný typ optického káblu,
 - ▣ reálne poskytuje až 10násobne väčšie prenosové pásmo ako multivídný step index kábel.

Optický kábel

40



Optický kábel

41

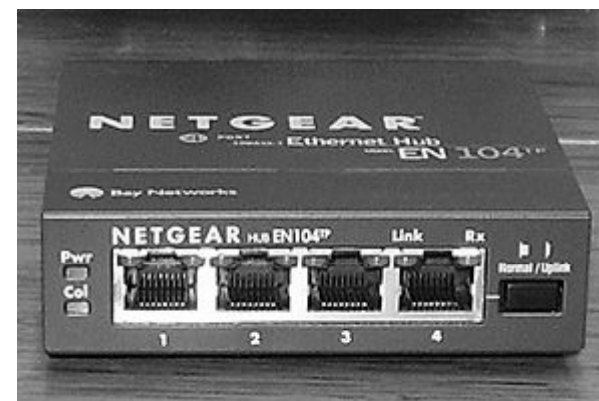
- Optické káble sú špecifikované v tvare:
 - priemer jadra / priemer plášťa svetlovodu [μm],
 - 8/125,
 - jednoividový kábel,
 - vhodný pre vlnové dĺžky 1300nm alebo 1550nm,
 - 50/125, 62.5/125,
 - multividový kábel, najpoužívanější,
 - vhodný pre vlnové dĺžky 850nm alebo 1300 nm,
 - 100/140,
 - multividový kábel,
 - špecifikácia IBM pre siete Token-Ring.

Aktívne prvky

42

□ HUB

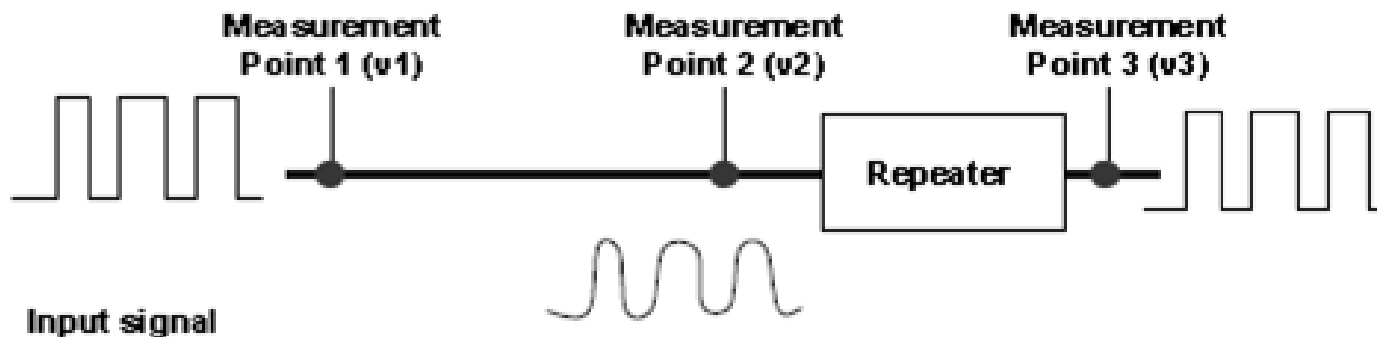
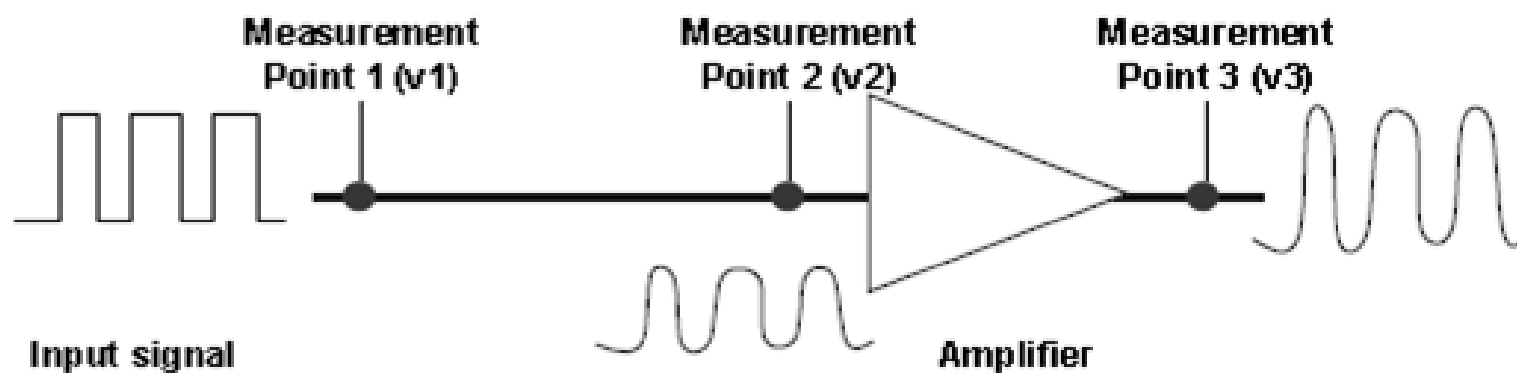
- slúži na prepojenie viacerých prenosových médií a vytvorenie hviezdicovej/stromovej topológie
- nespracováva prevádzku, ale ako broadcast zariadenie paket, ktorý obdrží odošle na všetky svoje ostatné výstupy
- môže byť vo vyhotovení pre koaxiálne vedenie, pre krútenú dvojlinku aj pre optický kábel
- kôli detekcii kolízií je potrebné dodržať max. povolený počet HUBov v segmente siete



Aktívne prvky

43

- rozdiel medzi zosilňovačom a opakovačom



Rozdelenie technológií Ethernet

44

- Ethernet / Fast Ethernet / Gigabit Ethernet / 10 Gigabit Ethernet
 - IEEE 802.3

- Značenie
 - 10Base5
 - prvé číslo **(10)** označuje prenosovú rýchlosť v Mbps,
 - baseband **(Base)** prenos v základnom pásme,
 - následne číselné alebo písmenové **(5)** označenie typu média.

Ethernet

45

- 10Base5
- 10Base2
- 10Base-T
- 10Base-F

10Base5

46

- 10Base5 – IEEE 802.3
 - 10 Mbps, hrubý koaxiálny kábel.
 - Manchesterské kódovanie 0V, -2V, 100ns, DC offset - 1V.
 - polomer ohybu 25,4 cm
 - spájanie káblov (23.4, 70.2 alebo 117m) impedančné vlastnosti $\pm 2 \Omega$.
 - terminátor 50 Ω .
 - 500m, 100 uzlov/segment.
 - len half-duplex.

10Base2

47

- 10Base2 – IEEE 802.3a
 - ▣ tenký koaxiálny kábel,
 - ▣ Manchesterské kódovanie 0V, -2V, 100ns, DC offset - 1V,
 - ▣ polomer ohybu 5cm,
 - ▣ BNC konektor,
 - ▣ terminátor 50 Ω ,
 - ▣ kábel RG59,
 - ▣ 185m, 30 uzlov/segment,
 - ▣ len half-duplex.

10Base-T

48

- 10Base-T – IEEE 802.3i
 - krútená dvojlinka min. Cat3 max do 100m,
 - krútená dvojlinka Cat5 max do 150m,
 - Manchesterské kódovanie +2.5V, -2.5V,
 - impedancia 100 Ω ,
 - eliminácia presluchu medzi párami do úrovne 300mV,
 - topológia
 - fyzicky hviezda, logicky zbernica,
 - využíva sa hub – opakovač, ktorý pošle dáta všetkým uzlom.

10Base-F

49

- 10 Base-F – IEEE 802.3j
 - multivídný kábel,
 - 50/125, 62,5/125, 85/125, 100/140 μm
 - max. 2km
 - jednovídný kábel,
 - 8-9 μm
 - do 40km
 - konektory ST, SC,
 - prekříženie vlákien na prenosovej trase.

Fast Ethernet

50

- 100Base-TX
- 100Base-T4
- 100Base-T2
- 100Base-FX

100Base-TX

- 100Base-TX – IEEE 802.3u
 - ▣ dva skrútené páry min. Cat5,
 - ▣ konektor identický s 10Base-T,
 - ▣ do 100m,
 - ▣ plný duplex,
 - ▣ ternárne kódovanie MLT-3.

100Base-T4

52

- 100Base-T4 – IEEE 802.3u
 - štyri skrútené páry min. Cat3,
 - do 100m,
 - len half-duplex.

100Base-T2

- 100Base-T2 – IEEE 802.3y
 - ▣ dva skrúčané páry min. Cat3,
 - ▣ zapojenie konektoru identické s 10Base-T,
 - ▣ max. 100m,
 - ▣ podporuje plný duplex.

100Base-FX

- 100Base-FX – IEEE 802.3u
 - ▣ dvojica optických vlákien,
 - ▣ konektory SC a ST,
 - ▣ multivídný kábel max. 2km,
 - ▣ jednovídný kábel max. 20-40km,
 - ▣ podporuje plný duplex.

Gigabitový Ethernet

55

- 1000Base-SX
- 1000Base-LX
- 1000Base-T

1000Base-SX

56

- 1000Base-SX – IEEE 802.3z
 - ▣ multivídný kábel,
 - ▣ laser 850nm,
 - ▣ multivídný kábel 62,5 μm max. 300m,
 - ▣ multivídný kábel 50 μm max. 550m,
 - ▣ plný duplex,
 - ▣ konektor SC.

1000Base-LX

57

- 1000Base-LX – IEEE 802.3z
 - jednovidový aj multivídivový kábel.
 - laser 1330nm,
 - max. dĺžka segmentu,
 - multivídivový kábel 50 μm / 62,5 μm max. 550m
 - jednovidový kábel 9 μm max. 3km
 - plný duplex,
 - konektor SC.

1000Base-T

58

- 1000Base-T – IEEE 802.3z
 - 4 páry STP krútená dvojlinka,
 - 5 úrovňová pulzne amplitúdová modulácia PAM-5,
 - min. Cat5e, Cat6,
 - max. dĺžka segmentu,
 - 100m
 - plný duplex.

10 Gigabitový Ethernet

59

- 10GBase-SR

- 10GBase-LR

- 10GBase-LRM

- 10GBase-ER

- 10GBase-T

10GBase-SR

60

- 10GBase-SR – IEEE 802.3ae
 - ▣ SR – “short range”,
 - ▣ multivídné káble 26m, 82m,
 - ▣ nové multivídné 50/125 káble OM3 do 300m,
 - ▣ lacnejší VCSEL (Vertical Cavity Surface Emitting Laser).

10GBase-LR

61

- 10GBase-LR – IEEE 802.3ae
 - ▣ LR – “short range”,
 - ▣ jednovidové káble,
 - ▣ výkonný Fabry-Perot laser 1310nm,
 - ▣ vzdialenosti 10 – 25km.

10GBase-LRM

62

- 10GBase-LRM – 802.3aq
 - ▣ LRM – “long range multimode”,
 - ▣ multivídné káble 220m,
 - ▣ nové multivídné 50/125 káble OM3 do 260m,
 - ▣ laser 1310nm.

10GBase-ER

63

- 10GBase-ER – IEEE 802.3ae
 - ER – “extended range”,
 - jednovidové káble 40km,
 - laser 1550nm.

10GBase-T

64

- 10GBBase-T – 802.3an
 - ▣ UTP aj STP káble,
 - ▣ Cat6 do 55m,
 - ▣ Cat6a do 100m,
 - ▣ nový konektor 8P8C do 650MHz.

40 a 100 Gigabitový Ethernet

65

- Vo fáze štandardizácie IEEE:
 - november 2008 štandardizovaná fyzická vrstva,
 - 40GBase-KR4 – do 1m backplane,
 - 40GBase-CR4 / 100GBase-CR10 – do 10m medenný vodič,
 - 40GBase-SR4 / 100GBase-SR10 – do 100m viacvidový kábel OM3,
 - 40GBase-LR4 / 100GBase-LR4 – do 10km jednovidový kábel,
 - 100GBase-ER4 – do 40km jednovidový kábel,

Metro Ethernet / Carrier Ethernet

66

- prechod z LAN do MAN a WAN,
- natívna implementácia technológie Ethernet v chrbticových sieťach veľkých dátových poskytovateľov,
- základ štandardy,
 - IEEE 802.1ad
 - IEEE 802.1ah

Štandardizácia štruktúrovanej kabeláže



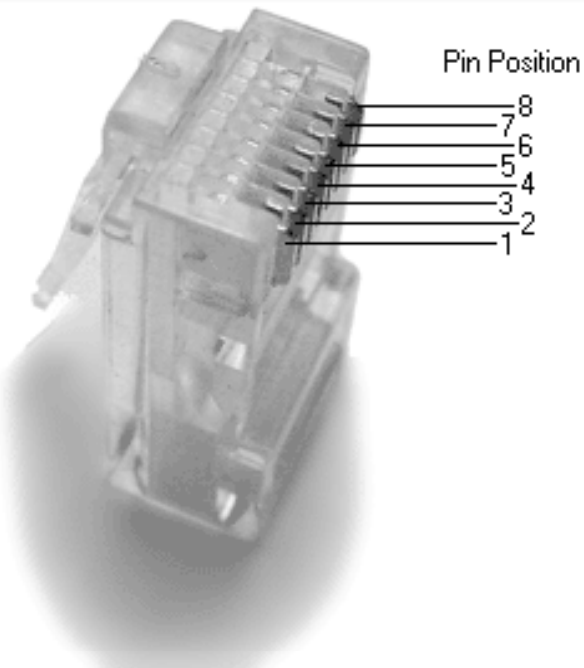














67

- Štandardizácia:
 - ▣ ANSI/TIA/EIA-568-A-9 (kategórie 1-6),
 - ▣ ISO 11801:1995 (triedy A-D).
- Definovanie:
 - ▣ topológie prepojenia,
 - ▣ štruktúry prepojenia,
 - ▣ prenosového média,
 - ▣ konektorov,
 - ▣ elektrických vlastností prenosového média a konektorov.

Štandardizácia štruktúrovanej kabeláže

68

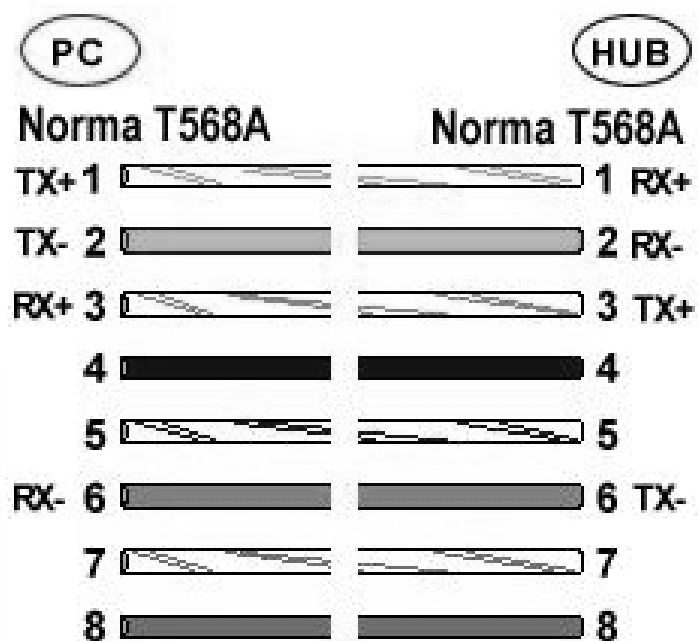
T568A and T568B Wiring

Pin	T568A Pair	T568B Pair	Wire	T568A Color	T568B Color	Pins on plug face (socket is reversed)
1	3	2	tip	 white/green stripe	 white/orange stripe	
2	3	2	ring	 green solid	 orange solid	
3	2	3	tip	 white/orange stripe	 white/green stripe	
4	1	1	ring	 blue solid	 blue solid	
5	1	1	tip	 white/blue stripe	 white/blue stripe	
6	2	3	ring	 orange solid	 green solid	
7	4	4	tip	 white/brown stripe	 white/brown stripe	
8	4	4	ring	 brown solid	 brown solid	

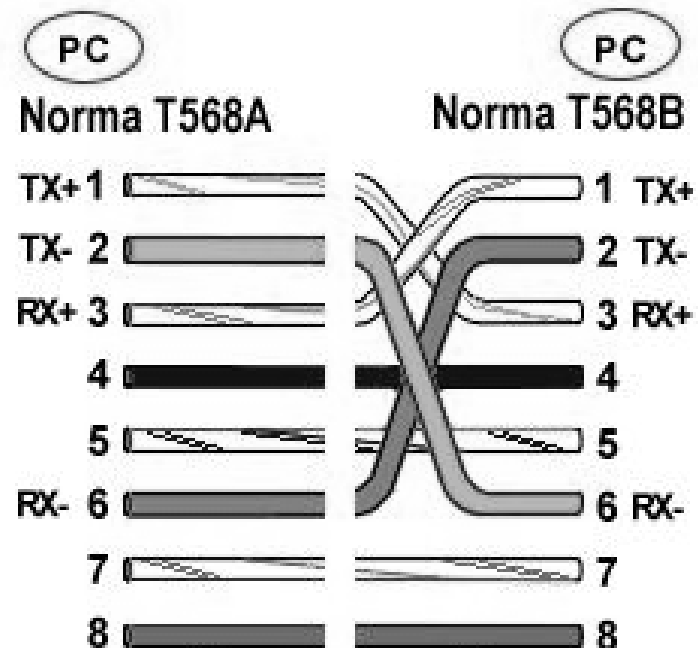
Štandardizácia štruktúrovanej kabeláže

69

priamy kábel



krížený kábel



KOMUNIKAČNÉ A INFORMAČNÉ SIETE

FYZICKÁ VRSTVA

Ing. Michal Halás, PhD.

halas@kti.elf.stuba.sk, B-514 , <http://www.kti.elf.stuba.sk/~halas>