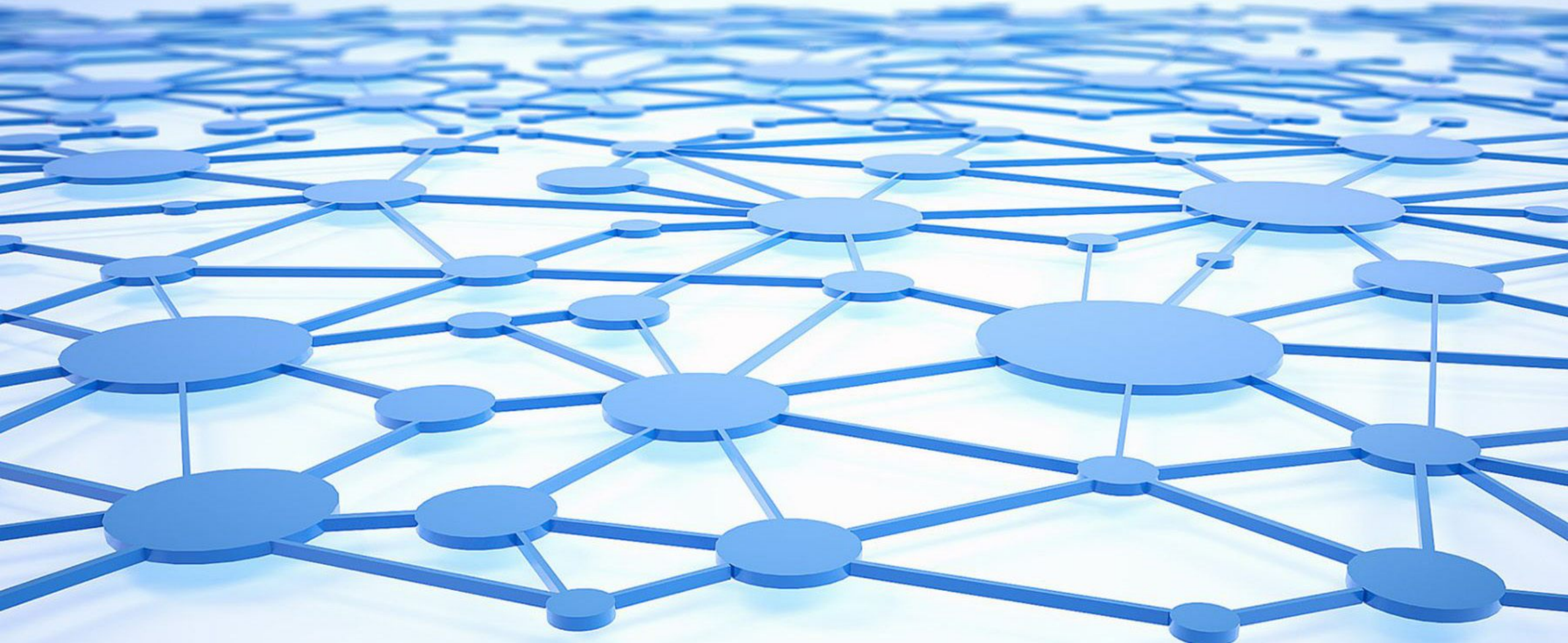


Úvod do počítačových sítí

Přednáška 4 (2021/2022)

ver. 2021-10-19-02



L1: Opakování

- Modulační rychlost / Nyquistovo kritérium
 - $v_m = 2 \cdot W$ [Bd]
- Maximální přenosová rychlost pro kanál bez šumu / kapacita přenosového kanálu
 - Vychází z Nyquistova kritéria
 - $v_p = 2 \cdot W \cdot \log_2(V)$ [b/s] , $v_p = v_m \cdot \log_2(V)$ [b/s]
- Maximální přenosová rychlost pro kanál s šumem / kapacita přenosového kanálu
 - $v_p = W \cdot \log_2(1 + S/N)$ [b/s]
- Využití kapacity přenosového kanálu – například pro arytmičtý přenos
 - $n = N/M \cdot 100$ [%]

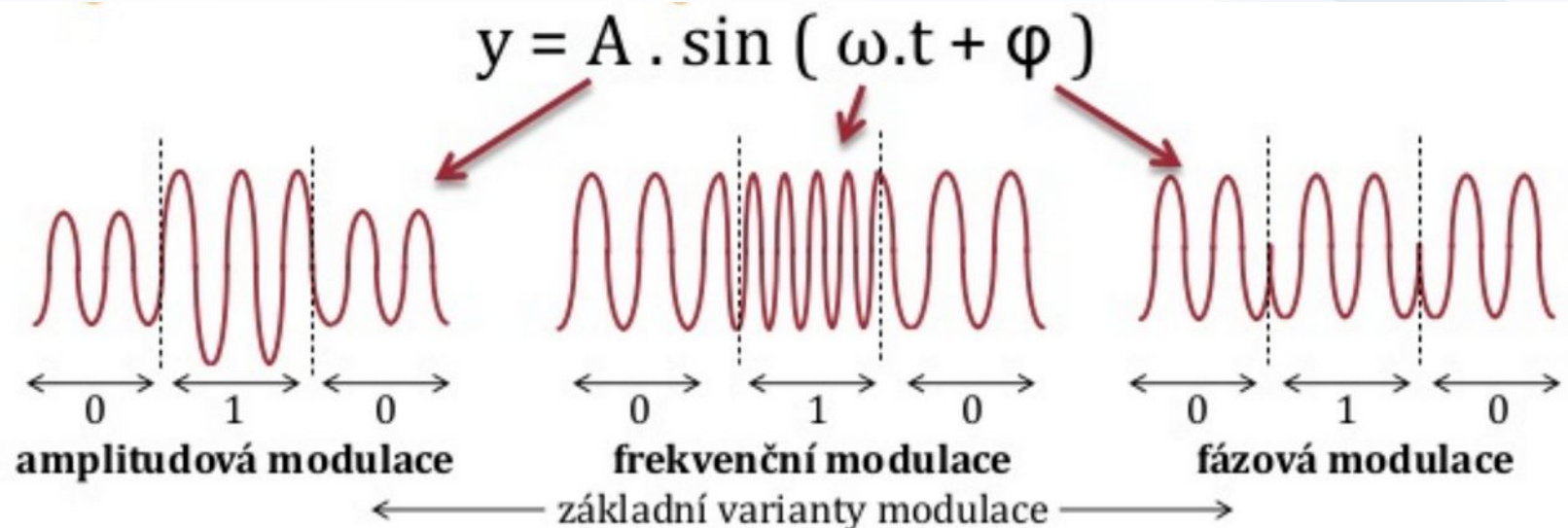
L1: Přenos v základním pásmu

- Přenos v základním pásmu / nemodulovaný přenos
 - Měníme signál přímo dle dat a odečítáme jeho konkrétní hodnotu
 - Například úroveň napětí
 - Nejedná se o ideální přenos, protože „obdélníkový“ signál se nepřenáší ideálně
 - Problém jsou především ostré hrany, které přenos „zaobluje“
 - Používá se při přenosu na kratší vzdálenosti, kde není zkreslení tak výrazné
 - Například v LAN(Ethernet)



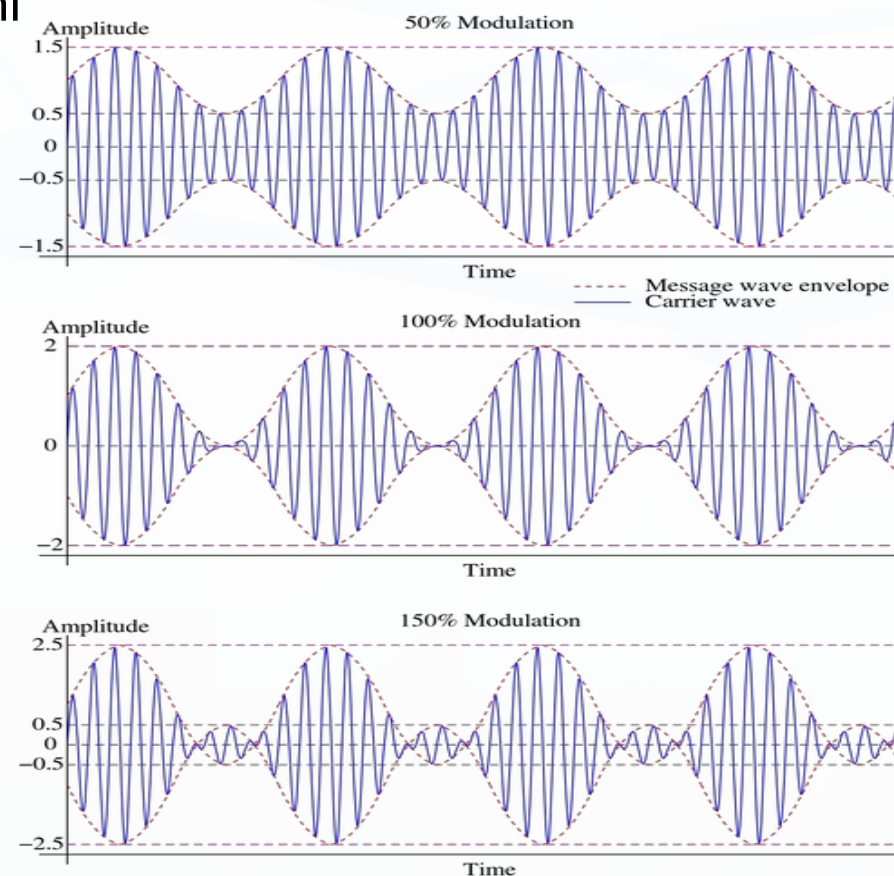
L1: Přenos v přeloženém pásmu

- Přenos v přeloženém pásmu / Modulovaný přenos
- K přenosu se využívá harmonický signál, který se kanálem šíří lépe
 - Jedná se o nosný signál – sám nenese data, ta jsou „přidána“ až prostřednictvím změny signálu: **Modulací**
- Přenášení signál „měníme/moduluje“ tak, aby byl lépe zřetelný rozdíl mezi jednotlivými stavy
- Přenášený signál je složením dle: $y = A \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi)$
 - A – amplitudová složka
 - $\omega \cdot t$ – frekvenční složka
 - φ – fázová složka
- Modulace tedy může být:
 - Amplitudová
 - Frekvenční
 - Fázová
 - Kombinace všech nebo částí předchozích jmenovaných



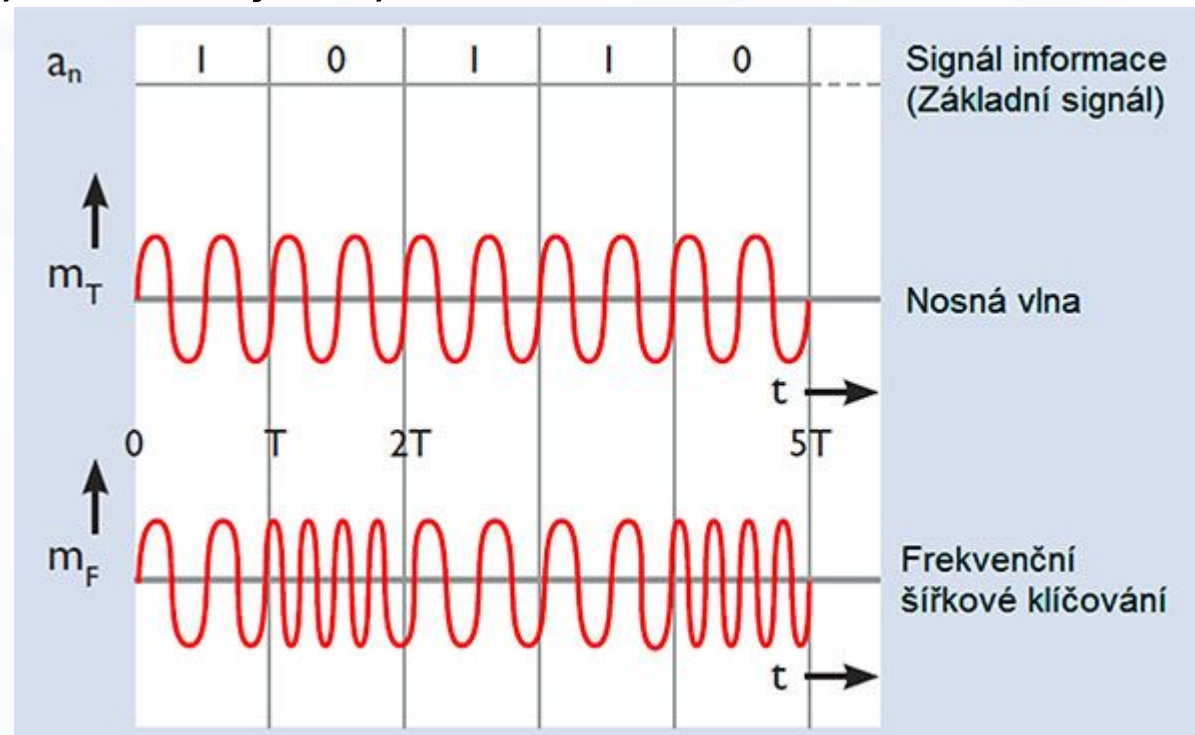
L1: Modulace signálu: Amplitudová

- AM - Měníme amplitudu signálu k rozlišení stavů
- Ostatní parametry, tedy frekvence a fáze se nemění
- Rozlišujeme dva nebo více stavů dle úrovně amplitudy



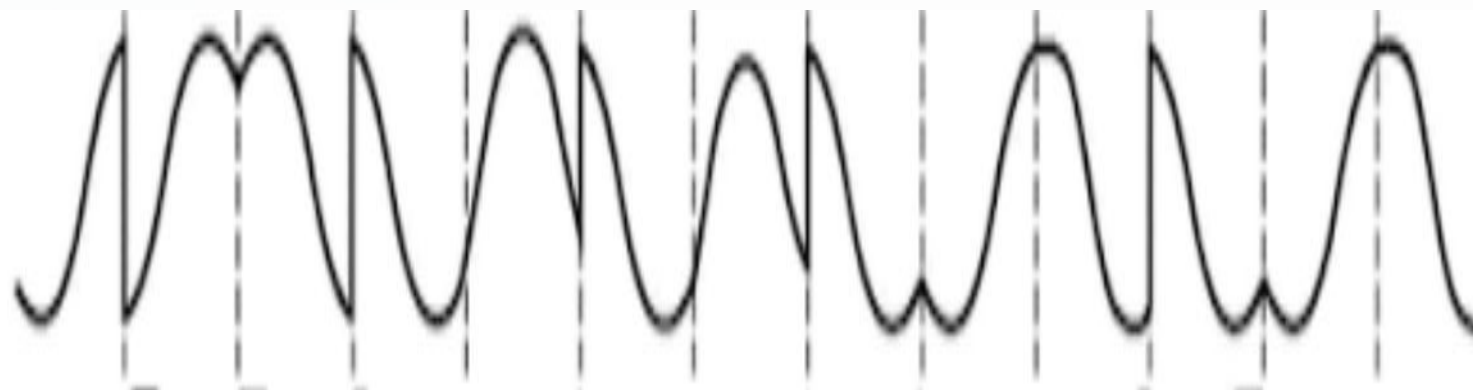
L1: Modulace signálu: Frekvenční

- FM – Mění se frekvence signálu
- Ostatní parametry, tedy amplituda a fáze se nemění
- V základu opět rozlišujeme dva stavy, ale může jich být i více

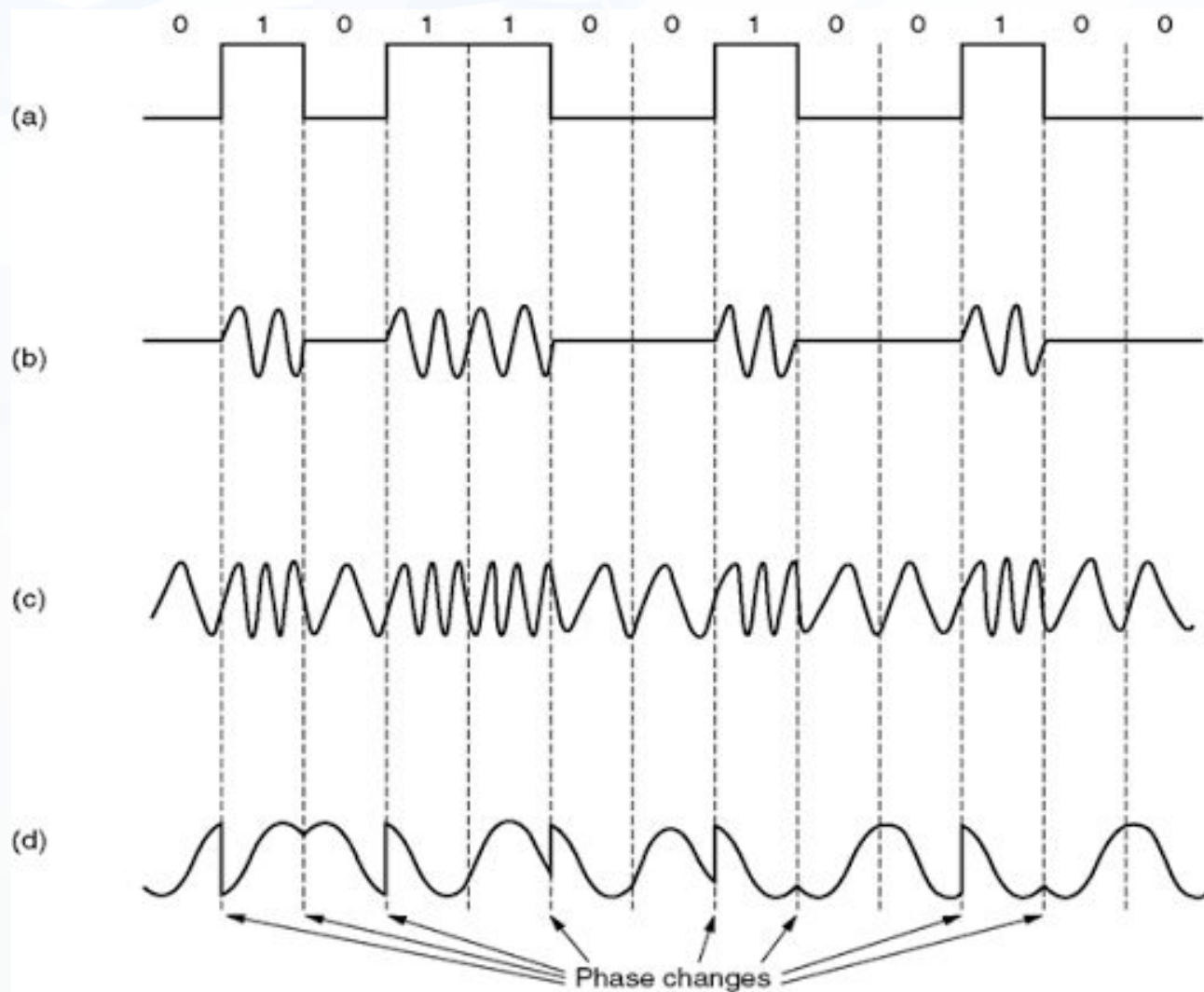


L1: Modulace signálu: Fázová

- PM – Fázová modulace
- Ostatní parametry, tedy amplituda a frekvence se nemění
- Změnu hodnoty signálu (0,1) signalizuje změna fáze
 - Pokud se fáze nezmění, nemění se ani přenášená hodnota
 - Jinak řečeno bez posunu fáze při taktu hodin přenášíme stejná data

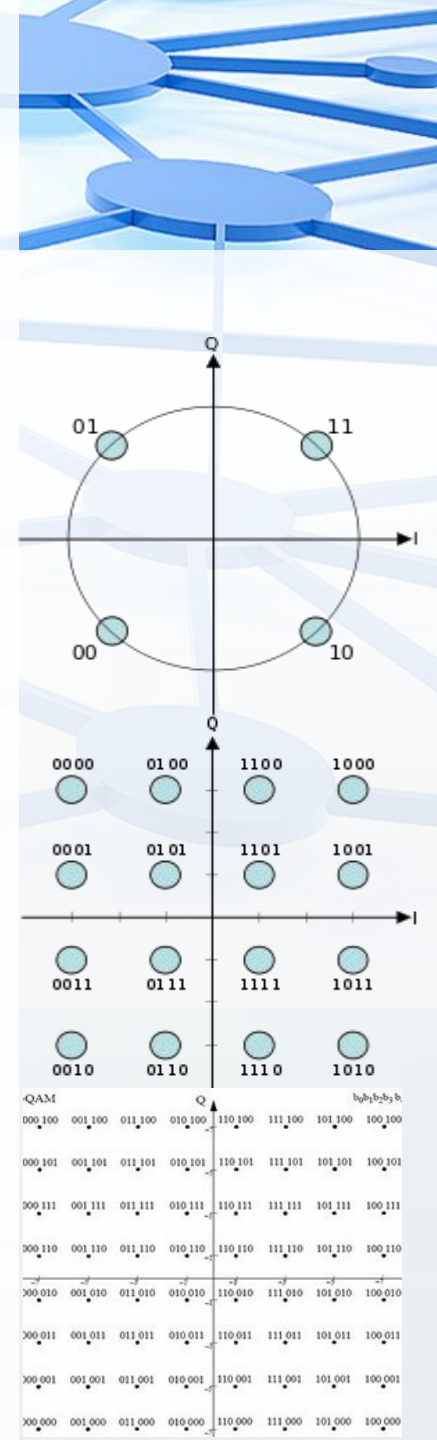
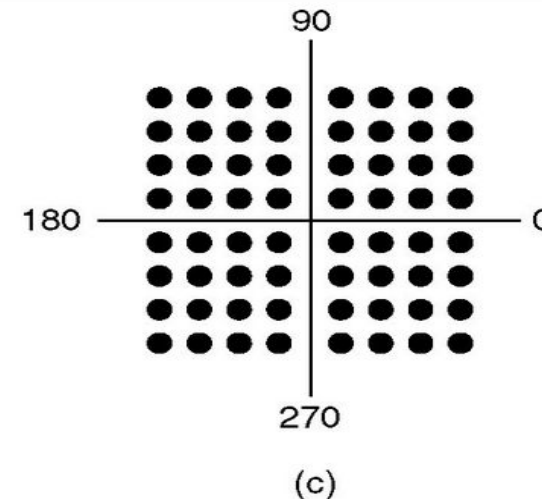
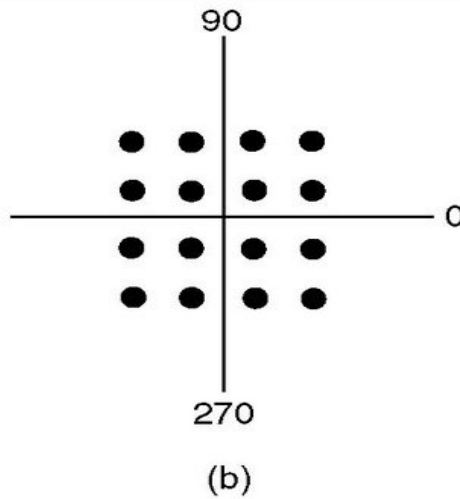
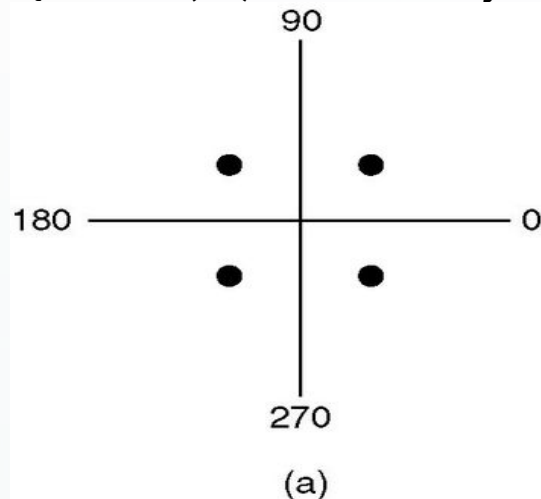


L1: Modulace signálu: Porovnání



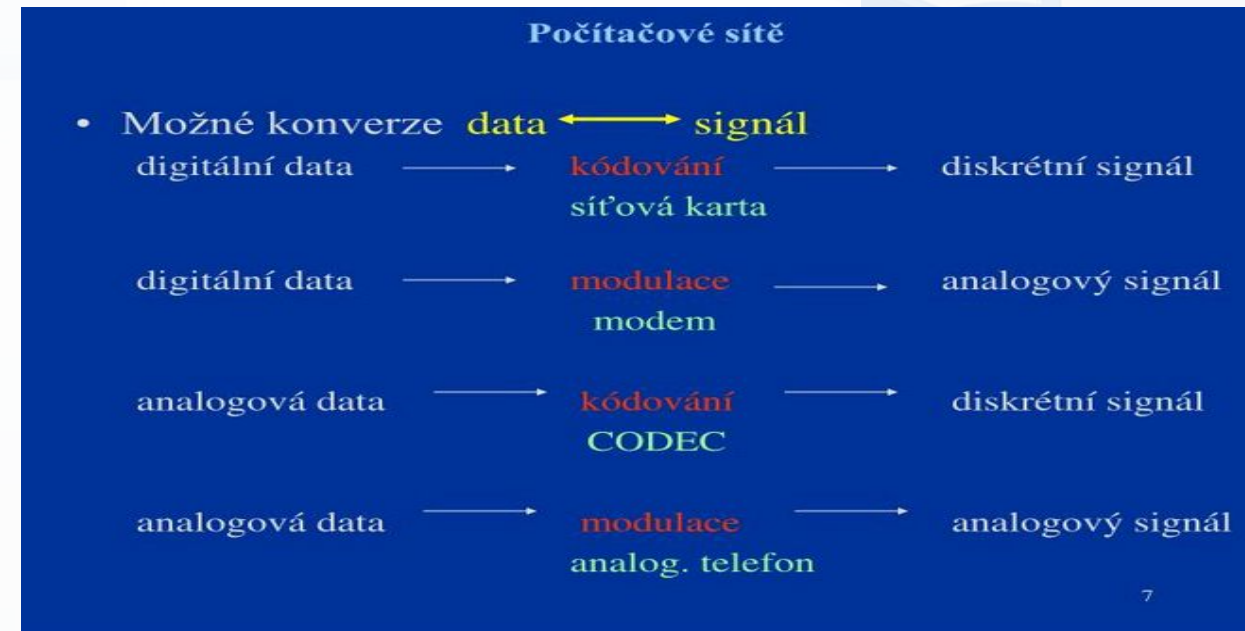
L1: Modulace signálu: Kombinované modulace

- V praxi se často modulace kombinují, tedy nemění se jen jedna složka, ale více složek z:
 - Amplituda, frekvence, fáze
 - QPSK (a) – schodný konstelační diagram s QAM-4, umožňuje kódovat 2 bity na symbol
 - QAM-16 (b) – využívá dva nosné signály se stejnou frekvencí, posunuté o 90 stupňů
 - Jeden signál modulován amplitudově, druhý signál modulovaný frekvenčně
 - 4bity na jednu změnu
 - QAM-64 (c) - 6 bitů na jednu změnu



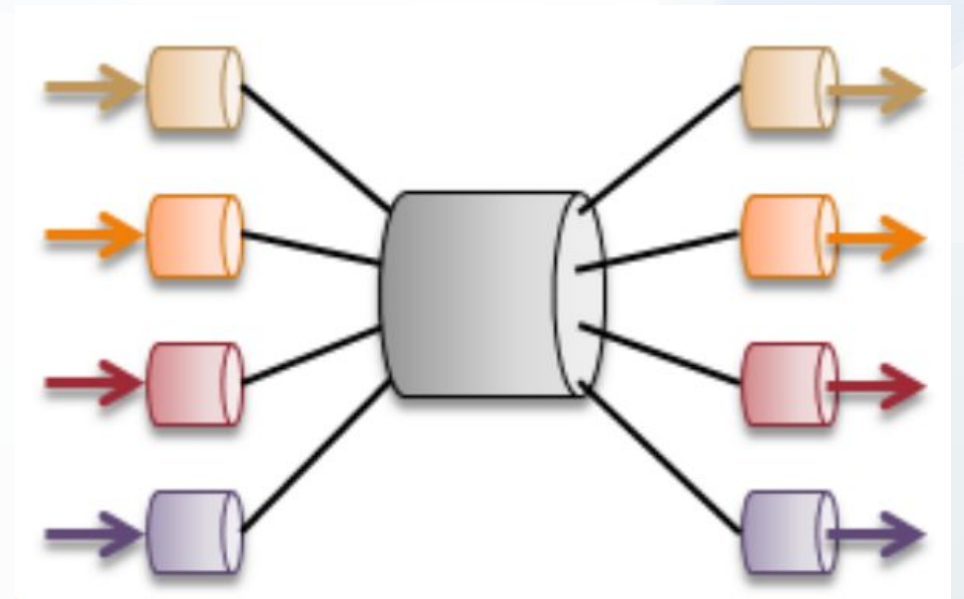
L1: Konverze signálů

- Na různých místech v síti dochází k různým přenosům
 - V základním či přeložením pásmu
- Tyto přenosy umožňují různá zařízení / software
 - Síťová karta – přenos v základním pásmu
 - Modem – přenos v přeloženém pásmu
 - kodek a „analogový telefon“
 - Opačný problém jak přenést analogová data



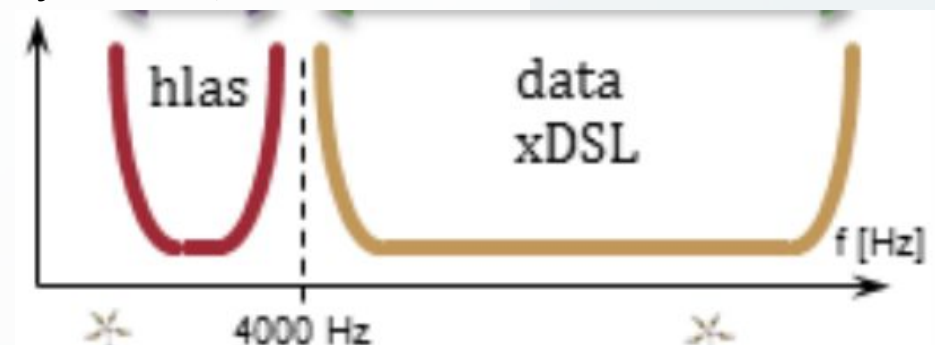
L1: Multiplex

- Multiplex - způsob jak realizovat více „paralelních“ přenosů jednou datovou cestou – jedním přenosovým kanálem
- Dva důvody použití
 - Mám pouze jedinou přenosovou cestu, ale potřebuji přenést více samostatných signálů
 - Data cesta nemusí být trvale kompletně využita a tedy se vyplatí ji sdílet
 - Mám přenosovou cestu, jejích parametry umožňují realizovat více přenosů
 - Šetřím zdroje bez omezení rychlost
- Základní dělení multiplexů
 - Analogový – vychází z fyzikálních možností přenosového kanálu
 - Frekvenční
 - Vlnový
 - Digitální – nejedná se o „plné“ sdílení, ale dodávám další logiku, která sdílení umožňuje
 - Časový
 - Statistický
 - Kódový



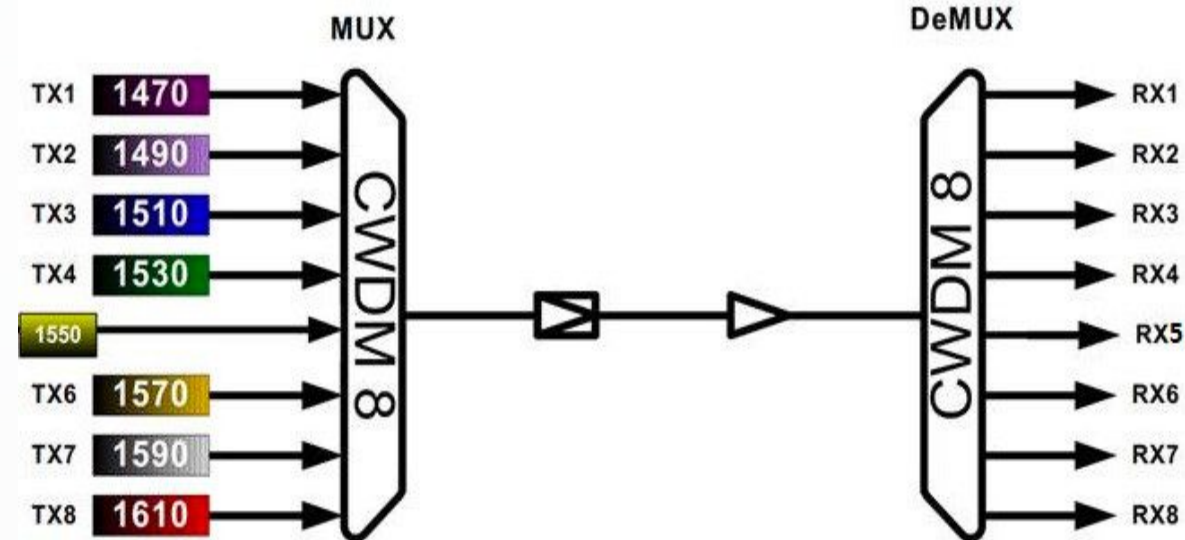
L1: Multiplex: Frekvenční

- FDM - Frekvenční multiplex je typ analogového multiplexu
 - Přenášíme různé signály s různou frekvencí
- Vycházíme ze dvou předpokladů
 - Přenášený signál je harmonický a frekvenčně omezený – potřebuje jen určitou „úzkou“ šířku pásma
 - Přenosová cesta disponuje větší šířkou pásma a tedy může přenášet více signálů různých frekvencí
 - Může virtuální přenosový kanál rozdělit na sloty dle frekvencí a jednotlivým přenosům vyhradit konkrétní sloty
 - Definice šířky pásma kanálu i velikosti slotů jsou konstantní (ale nemusí být stejně velké)
 - Jednotlivé sloty na sebe nemohou „pevně doléhat“
 - Je nutný rozestup kvůli přeslechům – nedokonalostem použité technologie
 - Použití v praxi:
 - Analogové rozhlasové a televizní vysílání
 - V telefonní síti k oddělení hlasových a datových přenosů



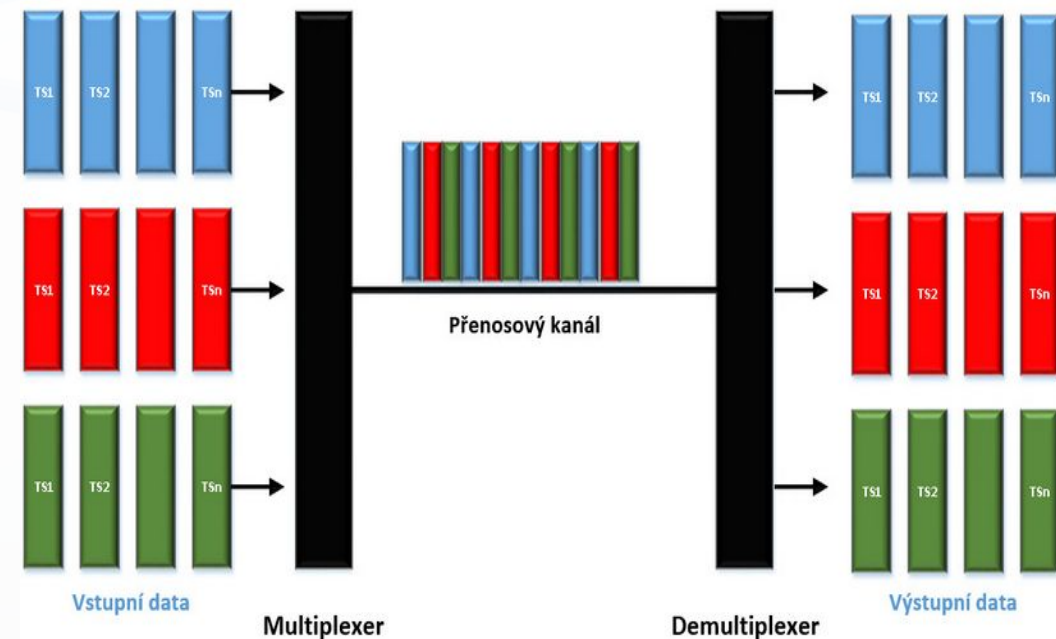
L1: Multiplex: Vlnový

- WDM – Vlnový multiplex je typ analogového multiplexu
 - Přenášíme různé signály s různou vlnovou délkou - „jinak barevné signály“
- Vycházíme z předpokladu, že přenosový kanál – např optické vlákno – dokáže přenášet světelný signál o různých vlnových dálkách a že jsme schopni tyto signály od sebe odlišit
- Velmi časté použití v patřeniích síťových technologiích
 - Můžeme navyšovat kapacitu přenosového kanálů bez nutnosti pokládky dalších vodičů



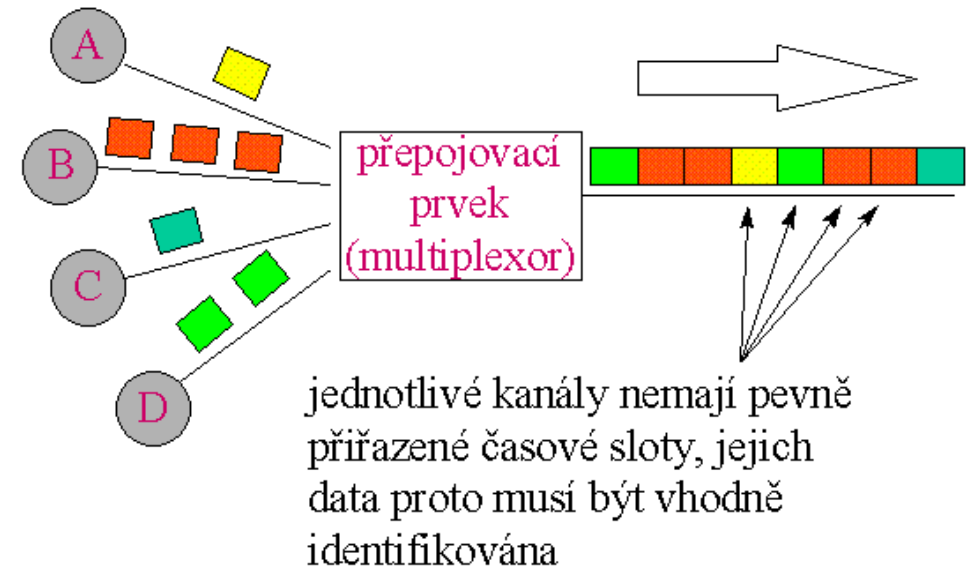
L1: Multiplex: Časový

- TDM – Časový multiplex je typ digitálního multiplexu
 - Reálně neumožňuje paralelní přenosy, ale sdílí přenosové medium
- Vycházíme z předpokladů:
 - přenosový kanál je schopen přenášet jen jeden signál
 - není možné zajistit další přenosové kanály
 - V ideálním případě není přenosový kanál trvale využitý na 100%
- Realizace:
 - přenosový kanál je rozdělen na pevně daná časová pásma
 - kvanta času
 - Každý účastník dostane přidělené konkrétní časové pásmu, kdy může vysílat
- Vzniká problém při různé intenzitě vysílání jednotlivých účastníků
 - Někdo chce vysílat, ale musí čekat až na něj přijde řada
 - Jiný účastník vysílá řídce a jeho časový slot je nevyužitý



L1: Multiplex: Statistický

- STDM – Statistický multiplex je typ digitálního multiplexu
 - Řeší problém časového multiplexu pro kolísavou hustotu vysílání
- Vycházíme z předpokladů:
 - přenosový kanál je schopen přenášet jen jeden signál
 - není možné zajistit další přenosové kanály
 - V ideálním případě není přenosový kanál trvale využitý na 100%
 - Různí účastníci vysílají různě často – s různou statistikou
- Realizace:
 - přenosový kanál je rozdělen na pevně daná časová pásma
 - Stejně jako u časového multiplexu
 - Žádný účastník nemá pevně přidělený čas, ale může vysílat kdykoliv na něj vyjde řada
 - Je nutné jednotlivé zdroje vhodně oddělit
 - Například označení kódem na začátku dat
- Řeší problém kolísavé potřeby vysílání
- Má lepší využití přenosové kapacity
- Negarantuje přístup k přenosu do určitého času



L1: Multiplex: Kódový

- CDM – Kódový multiplex je typ digitálního multiplexu
- Vycházíme z předpokladů:
 - Je vhodné využít v maximální možné míře přenosový kanál
 - Je možné přenášet data od všech účastníků naráz a příjemce si vybere
- Realizace:
 - Data všech účastníků jsou přenášena naráz všem příjemcům
 - Data jsou „vhodně“ kódována a příjemce si vybere jen ta co potřebuje
 - Data musí být vhodně kódována, aby bylo možné jednotlivé zprávy dekódovat
 - Kódovaná data musí být vzájemně ortogonální
 - Mají nulový skalární součin => jsou na sobě zcela nezávislé
- Používá se mobilních sítích - technologie CDMA



L1: Zpoždění v přenosech

- Zpoždění signálu je nežádoucí, ale logický jev v přenosu dat
 - Bylo by ideální kdyby byla data přenesena „okamžitě“, ale to je nereálné
 - Přenos je omezen fyzikálními vlastnostmi signálu a vodiče, kódováním, modulací, zpracováním na straně příjemce, zahlceností datové cesty atd.
- Zpoždění můžeme dělit na:
 - Zpoždění při zpracování – nemění se, lze predikovat
 - Zpoždění signálu
 - Jak dlouho trvá než se signál dostane z jednoho konce přenosového média na druhý
 - Závisí na rychlosti šíření signálu – například světla
 - Závisí na délce přenosového média
 - Zpoždění přenosu
 - Jak dlouho trvá přenos celého bloku dat
 - Závisí na přenosové rychlosti – b/s
 - Nezávisí na délce přenosového média
 - Zpoždění ve frontách – mění se v čase, není možné predikovat
 - Vstupní fronta přijímače
 - Fronta na zpracování na CPU
 - Výstupní fronta vysílače

L1: Latence a RTT

- Obojí vypovídá o míře zpoždění – a tedy o kvalitě přenosové cesty
 - Obojí chceme mít co nejnižší
- Latence – míra zpoždění (jednosměrná)
 - Jak dlouho trvá jedna cesta data včetně zpracování od vysílače k přijímači
 - Různá přenosová media a technologie mají různou
 - GSM: až 800ms, LTE: pod 100ms, xDSL: desítky ms, Ethernet: kolem 0,3 ms
 - Různé technologie potřebují nejhůře nějakou míru latence aby správně fungovaly
 - Telefonie: do 200ms, on-line hry: méně než 100ms,
- RTT – Round Trip Time - „doba obrátky“
 - „obou směrná latence“
 - Jako dlouho trvá datům cesta tam a zpět
 - Je závislá na velikosti dat – logicky přenos více dat trvá déle
 - Může jej testovat pomocí ICMP – příkazem ping

```
Microsoft(R) Windows DOS
(C)Copyright Microsoft Corp 1990-2001.

C:\DOCUME~1\CHAD\DESKTOP>ping www.youtube.com

Pinging youtube-ui.l.google.com [74.125.127.113] with 32 bytes of data:

Reply from 74.125.127.113: bytes=32 time=53ms TTL=247
Reply from 74.125.127.113: bytes=32 time=55ms TTL=247
Reply from 74.125.127.113: bytes=32 time=54ms TTL=247
Reply from 74.125.127.113: bytes=32 time=53ms TTL=247

Ping statistics for 74.125.127.113:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 53ms, Maximum = 55ms, Average = 53ms

C:\DOCUME~1\CHAD\DESKTOP>
```

L1:Jitter

- Jitter – rozptyl nebo také kolísání parametrů přenosu
 - Defakto určuje míru nestability přenosu z pohledu parametrů přenosu
- Možno měřit tu latence i RRT
- Často je vyjadřován jako dvojice hodnot - min a max nad měřenými daty
- Opět, stejně jako u latence a RTT chceme co „nejnižší“, ale z jiného důvodu
 - Nízká latence či RTT vypovídají o kvalitě přenosu z pohledu rychlosti
 - Jitter neříká o rychlosti nic, ale říká nakolik se dá na současný stav parametrů sítě spolehnout
- Nízký rozptyl je zásadní například u multimediálních či hlasových přenosů
 - Potřebujeme aby data přicházela pravidelně a trvale, aby nedocházelo k „trhání“ hlasu či obrazu

L1: Přenosová media

- Vedená / drátová media, vedena hmotným materiálem, snadnější zacílení signálu
 - Kroucená dvojlinka
 - Koaxiální kabel
 - Optické vlákno
- Nevedená / bezdrátová, volně se šířící prostorem či hmotou (vzduch, voda, vakuum)
 - Rádiové
 - Infračervené
 - Optické

L1: Přenosová media – kroucená dvojlinka



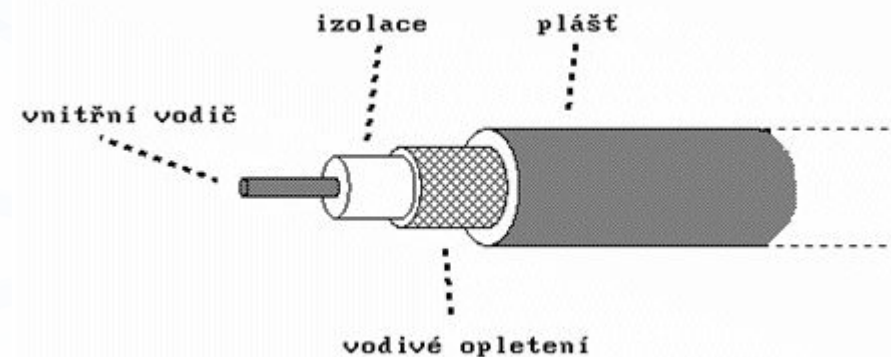
- Základní princip a parametry představeny na první přednášce
- Mechanicky velice odolná
- Čím lepší stínění, provedení a materiál, tím lepší parametry a tím i dostupná přenosová rychlost
- Typické využití v LAN
- Dnes nejběžněji používaný vodič pro počítačovou síť

Category	Standard	Data rate	Frequency	# of Conductors
Cat 5	100BASE-TX	100 Mbit	100 MHz	4 or 8
Cat 5e	1000BASE-TX	1 Gbit	100 MHz Duplex	8
Cat 6	EIA/TIA 568B2.1	1-10 Gbit*	250 MHz	8
Cat 6A	10GBASE-T	10 Gbit	500 MHz	8
Cat 7	10GBASE-T	10 Gbit	600 MHz	8
Cat 7A	10GBASE-T	10 Gbit	1000 MHz	8
Cat 8	40GBASE-T	40 Gbit	1600-2000 MHz	8
* Depends on length and cable type				

L1: Přenosová media – koaxiální kabel



- Základní princip a parametry představeny na první přednášce
- Mechanicky velice odolná
- Obecně lepší parametry pro přenos než kroucená dvojlinka
 - Především kvůli vodivému opletení, které zajišťuje lepší stínění
- Dříve používaný samostatně pro LAN a Ethernet (10Base5, 10Base2) a dálkových kabelech – např podmořské vedení
- Dnes typicky použitý pro kabelové televize, jejichž rozvody se používají jako součást počítačové sítě mezi ISP a LAN

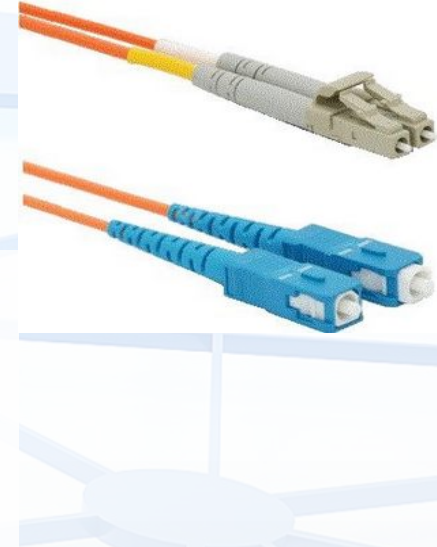


zdroj: <https://www.earchiv.cz/b05>

Cable picture				
Description	Sucoform_86 Koaxiálkabel, Low Loss	RG196_A/U Koaxiálkabel	LN 5001 Koaxiálkabel, Low Noise Kabel	RGL196 Koaxiálkabel, Low Noise
Electrical values				
Impedance	[Ω]	50 Ω	50 Ω	50 Ω
Max. frequency	[GHz]	40	1	2.5

zdroj: <https://www.koax24.de/en/product-info/coaxial-cable/coaxial-cable-50-ohm/15-21-mm-size1/rg405-u.html>

L1: Přenosová media – optická vlákna



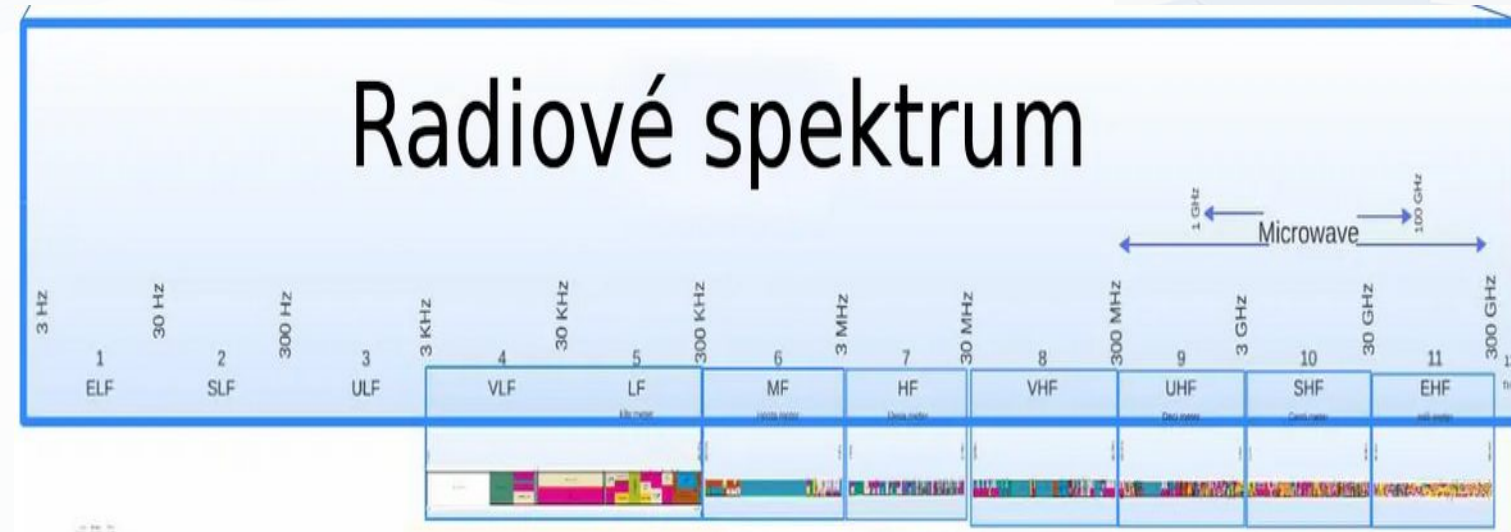
- Základní princip a parametry představeny na první přednášce
- Mechanicky velice křehké – platí pro křemíková vlákna
 - Na malé vzdálenosti je možné křemík nahradit plastem
 - Horší parametry, ale vyšší odolnost a nižší cena
- Nulová interference s okolím
- K přenosu se typicky využívá infračervené světlo v pásmech 850 - 1550nm
 - Má nižší útlum než viditelné světlo
- Dvě základní provedení
 - Jednovídná – 1310 - 1550 nm
 - Jeden přesný signál na dlouhé vzdálenosti, bez odrazu
 - Nasvícovaná laserem
 - Multivídná 850 - 1310 nm
 - Více signálů v jednom vlákne, využívá odrazu
 - Vlnový multiplex
 - K nasvícování stačí LED
- Převod
 - Vlnová délka (λ)
 $\lambda = 300 / f$ [m]
 - Frekvence/kmitočet
 $f = 300 / \lambda$ [MHz]



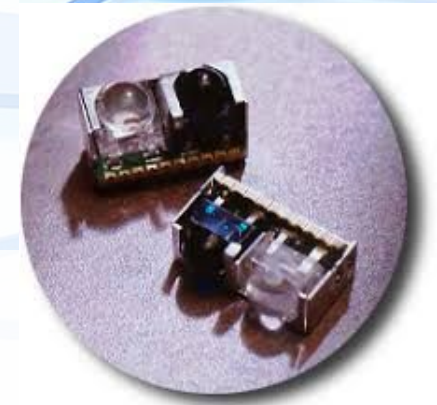
L1: Přenosová media – radiové spoje



- Nemá žádné vodící medium, ale šíří se prostorem
- Jedná se o radiové nebo mikrovlnné signály
- Signál který přenášíme je typicky úzký – omezen šířkou pásma
- Dva možné způsoby vysílání
 - Přenos úzkopásmový
 - Využívá jen takovou šířku pásma, kterou skutečně potřebuje
 - Citlivý na rušení, snadný odposlech
 - Přenos v rozprostřeném spektru
 - Využívá větší šířku pásma než skutečně potřebuje
 - Mění frekvence na kterých je přenos realizovaný
 - Odolnější vůči rušení i odposlechu
 - Více technik rozptřeni
 - FSSS, DSSS, FDM, UWB
- Typické využití od místních WLAN po středně dlouhé spoje
 - Max v malých jednotkách kilometrů
 - Nutné přímá viditelnost



L1: Přenosová media – infračervené spoje - IrDA



- Nemá žádné vodící medium, ale šíří se prostorem
- Jedná se o infračervené signály
 - Používá se LED diod v infra spektru (880nm)
- Vyžaduje přímou viditelnost – směřování zařízení na sebe
- Typicky velice malý dosah – max desítky centimetrů
- Často používán na dálkových ovladačích
- V současné době počítačových přenosech nahrazován Bluetooth
 - Má delší dosah – až metry a nevyžaduje přímou viditelnost
- Maximální rychlost 4Mbps

L1: Přenosová media – optické spoje

- Bezdrátový optický spoj - FSO, Free Space Optics
- Nemá žádné vodící medium, ale šíří se prostorem
- Jedná se typicky o laserová pojítka
- Vyžaduje přímou viditelnost – směřování zařízení na sebe
- Vyžaduje velice přesné zaměření
- Velice odolné vůči odposlechům či rušení
 - Paprsek je velice tenký a není vidět
 - Využívá frekvence 1GHz a více
- Typické propojení jednotlivých budov
- Maximální přenosové rychlosti až do 10Gbps
- Maximální přenosová vzdálenost až 15km

