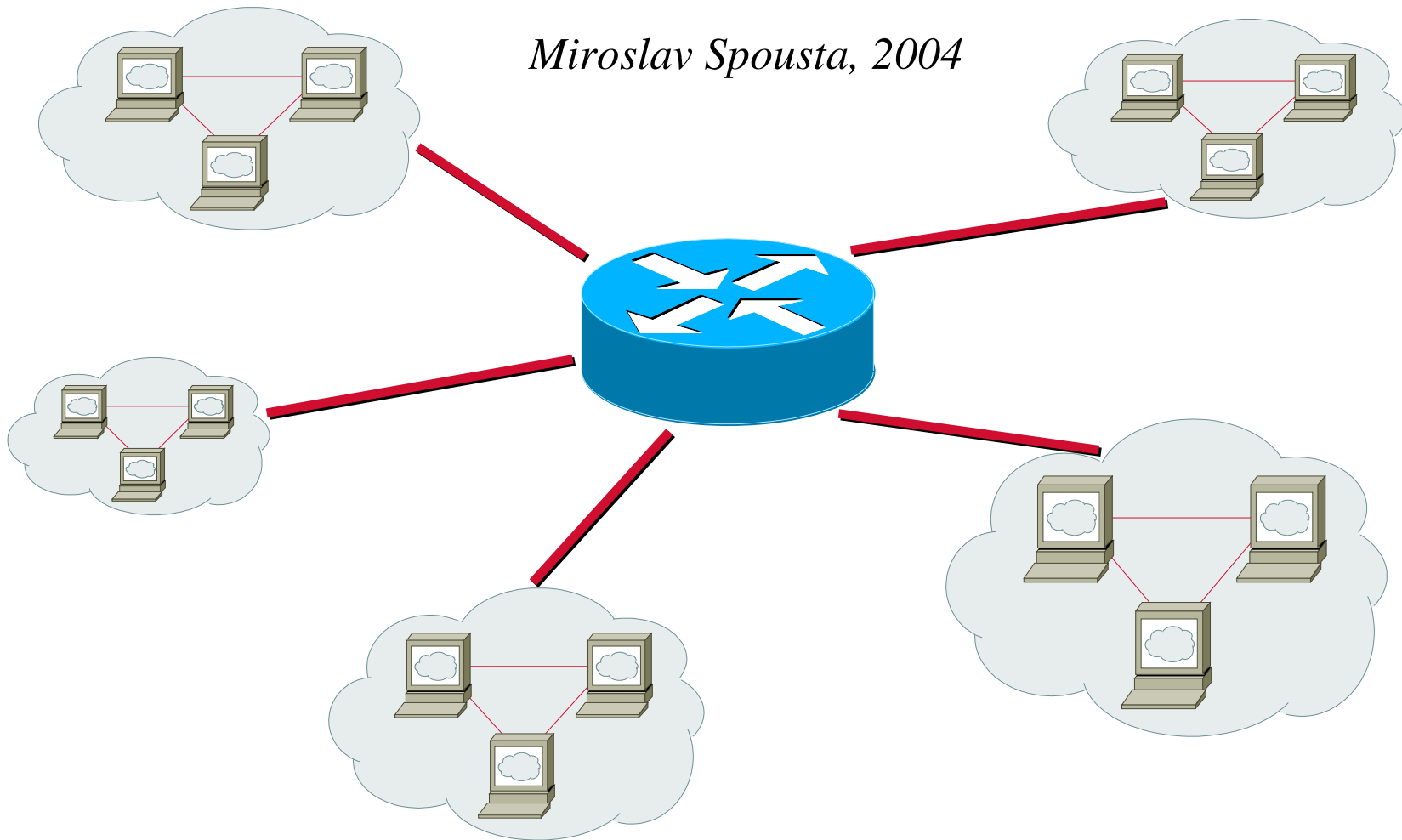


Počítačové sítě I

3. Přenos informace

Miroslav Spousta, 2004



Bit a byte

- bit (kousek) nabývá hodnoty 0 nebo 1

jedna binární číslice

- oktet je 8 bitů

1	0	1	1	0	0	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---

- byte (bajt) je základní adresovatelná jednotka

může se lišit počítač od počítače

dneska je všude 8 bitů, tedy oktet = bajt

může nabývat hodnot 0 – 255

- word (2 bajty, 16 bitů)
- double word (4 bajty, 32 bitů)

Početní soustavy

- Desítková (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, ...)

dekadická, všichni známe, základ tvoří deset cifer (deset prstů)

- Dvojková (0, 1, 10, 11, 100, 101, 110, 111, 1000, ...)

binární, používá dvě cifry 0 a 1

vhodné pro kódování digitálního signálu: dva stavy signálu (např. je signál/není)

- Šestnáctková (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F, 10, 11, ...)

hexadecimální, základ šestnáct cifer

vhodné v datových komunikacích, protože $2^4 = 16$, tedy jedna hexadecimální číslice určuje 4 bity. Neboli bajt vyjádříme jako dvě hexadecimální číslice

0 – 255 můžeme zapsat jako 0x00 – 0xFF

Převod mezi soustavami

- do desítkové soustavy:

násobím odzadu hodnoty cifer mocninami základu původní soustavy, sečtu výsledky

$$0xFA = 16^0 * 10 + 16^1 * 15 = 10 + 240 = 250$$

$$10010B = 2^0 * 0 + 2^1 * 1 + 2^2 * 0 + 2^3 * 0 + 2^4 * 1 = 0 + 2 + 0 + 0 + 16 = 18$$

stejně pro libovolnou jinou soustavu, musíme ale dávat pozor na přetečení při násobení

- z desítkové soustavy:

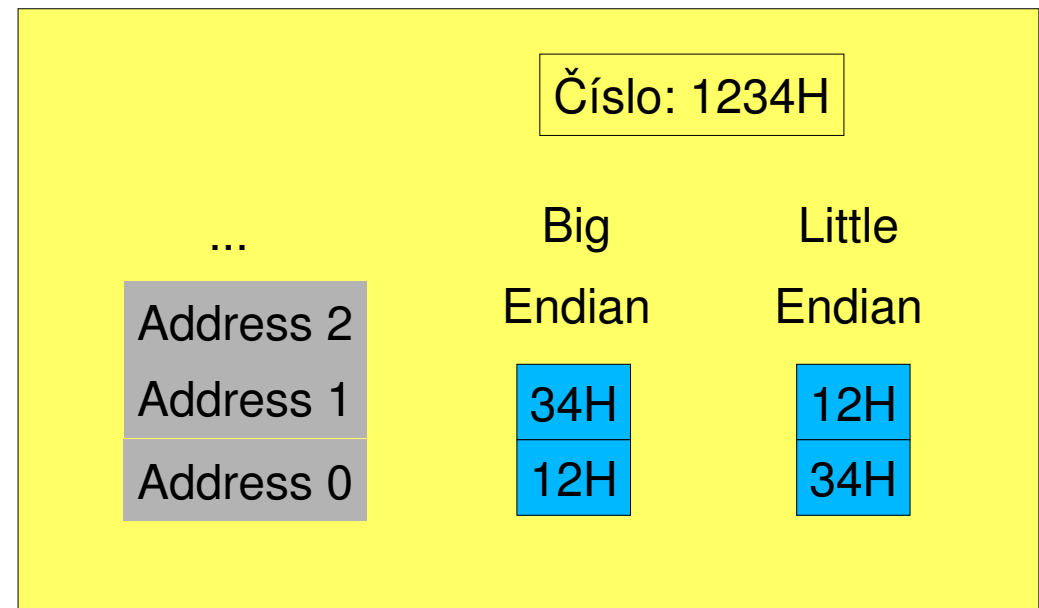
dělíme číslo základem nové soustavy a zbytky nám dávají cifry zleva

$$250 = 10 + 240 = 10 + 15 * 16 = 0xFA$$

Big vs Little Endian

Jak uložit data do paměti?

- nejmenší adresovatelná část paměti – bajt (256 hodnot)
- větší čísla? více bajtů!
- jak je poskládat do paměti?
- big endian: SPARC, Motorola
- little endian: Intel x86
- obojí: IA64, MIPS, ARM
- TCP/IP: **big endian** (nejvyšší byte první)



Analogový vs digitální přenos

Data se přenáší (téměř) vždy analogově

- zda je přenos analogový nebo digitální rozhoduje interpretace
- analogový přenos není nikdy ideální

tj. nedokáže přenést veličinu s neomezenou přesností

ani vysílač a přijímač

projevuje se vliv šumu a zkreslení

chyby se akumulují (sčítají)

- digitální přenos může být ideální

odolnější proti šumu a zkreslení

Šířka přenosového pásma

základní vlastnost přenosového kanálu: *šířka kmitočtového pásma*

- interval, kde zkreslení není výrazné
 - zdola i shora omezen
- čím větší šířka pásma, tím větší schopnost přenášet data
- pokud se nepřenáší harmonický signál, je potřeba širší přenosové pásmo
 - podle Fouriera: periodický signál můžeme rozložit na harmonické složky
- zkreslení:
 - vlivem útlumu, impedance
 - rušení z vnějších zdrojů, přeslechy

Šířka přenosového pásma

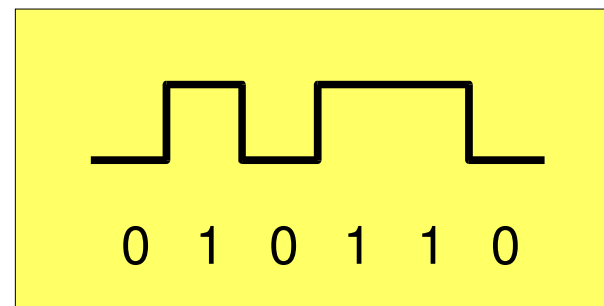
- např. veřejná telefonní síť přenáší signál o kmitočtu 300 Hz – 3400 Hz, s šířkou pásma 3100 Hz

uměle zavedené omezení kvůli skládání hovorů pro komunikaci mezi ústřednami

- kroucená dvoulinka: 100 MHz
- koaxiální kabel: stovky MHz
- optická vlákna: THz

Přenos v základním pásmu

- přenášíme obdélníkové impulzy, snažíme se je modulovat (binárními) daty
mění se napětí nebo proud
- problém: na přenášení obdélníkových impulzů je potřeba velké kmitočtové pásmo (mnoho harmonických) => vzniká velké zkreslení
- může mít velkou stejnosměrnou složku
snaha o eliminaci ss
- jak synchronizovat vysílač a přijímač?
- Ethernet na koaxiálním kabelu, kroucené dvoulince

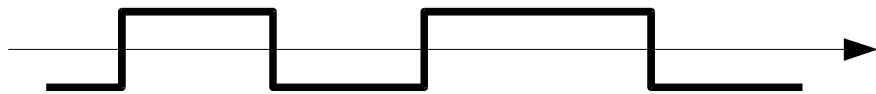


Přenos v základním pásmu

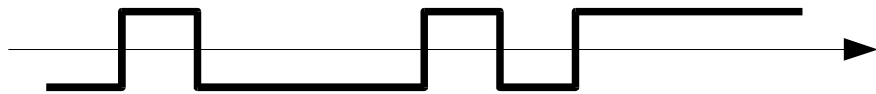
- jak odstranit stejnosměrnou složku:
 - vhodným kódováním se zaručeným výskytem hran (fázová modulace PSK)
- jak synchronizovat vysílač a přijímač
 - další „drát“
 - dostatečný počet změn v datech (opět PSK nebo 4B5B, atd.)
 - tzv. fázový závěs
- synchronizace na úrovni rámců
 - speciální posloupnost, která se nemůže vyskytnout při běžném vysílání
 - nedatové kombinace bitů

Kódování datového signálu

0 1 1 0 0 1 1 1 0 0

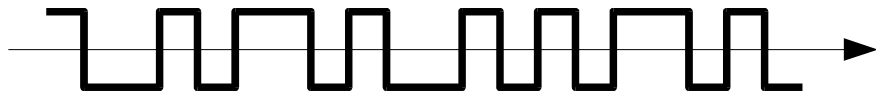


NRZ (Non Return Zero)



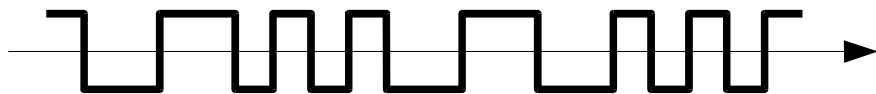
NRZI (Non Return Zero Inverted)

[0 – nic, 1 – změny]



PSK (Phase Shift Keying, Manchester)

[fázová modulace]



DPSK (Differential PSK, Diff. Manchester)

[0 – fáze zůstává, 1 – změna fáze]



PSK RZ (PSK Return Zero)

Přenos v přeloženém pásmu

- pro přenos použijeme harmonický signál (sinusovku)

takový signál se přenáší nejlépe po daném médiu

má podstatně menší zkreslení

jak reprezentovat binární data? Modulací!

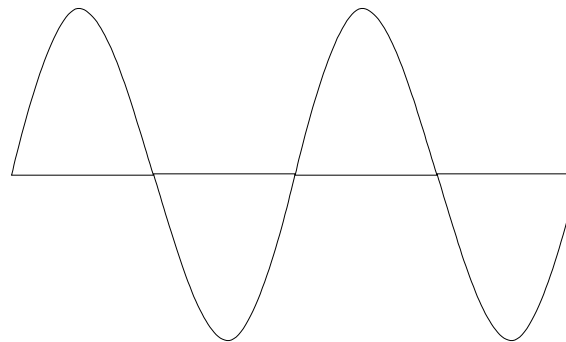
$$u(t) = U \sin(\omega \cdot t + \varphi)$$

- modulací ovlivňujeme:

amplitudu (U): optické sítě

kmitočet (ω): metalické sítě

fázi (φ): metalické sítě



Modulace

- amplitudová modulace

měníme velikost U

- frekvenční modulace

změna frekvence ω

- fázová modulace

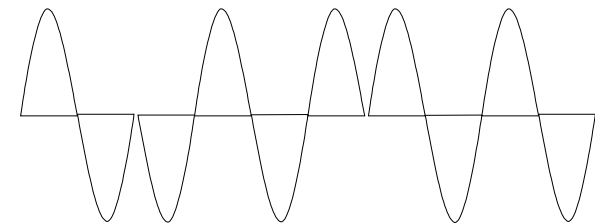
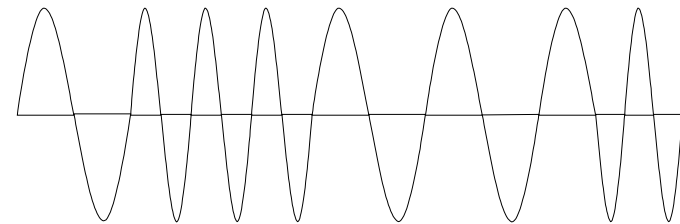
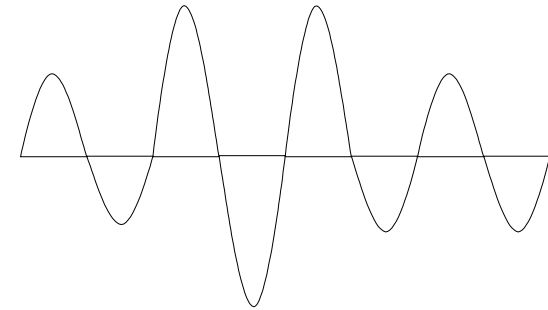
měníme posunutí sinusoidy v čase φ

- mohou se kombinovat (QAM)

kombinace frekvenční a fázové modulace

12 posuvů, 3 úrovně, 36 stavů, používá se jen 16

najednou se zakódují 4 bity



Modulační rychlost

- počet změn za sekundu, jednotka Baud
- jak rychle se mění vstupní signál (baseband) nebo modulovaná veličina (broadband)
- Nyquistovo kritérium: $\max(v_{\text{modulační}}) = 2 * \text{šířka pásma}$
- stačí vzorkovat 2x za každou periodu
více signálu komunikační kanál nepojme

Modulační vs přenosová rychlost

- Modulační rychlost

jak rychle se mění přenášený signál

měří se v Baudech (Bd)

každá změna signálu nese určité množství informace, záleží na velikosti stavového prostoru

- přenosová rychlost

kolik dat se přenese za jednotku času (sekunda)

měří se v bitech za sekundu (bps)

může být nižší i vyšší než modulační

Modulační vs přenosová rychlost

- Základní vztah mezi modulační a přenosovou rychlostí:

$$v_{\text{přenosová}} = v_{\text{modulační}} * \log_2(N)$$

- N ... počet stavů přenášeného signálu
- pokud $N = 2$, jsou si rychlosti rovny
dvoustavová modulace
- Ethernet (PSK): na zakódování jednoho bitu je potřeba dvou změn signálu – modulační rychlost je dvojnásobná
- RS-232 (sériový port): $N = 2$ (tedy rychlosti se rovnají)
- Modem 56kbps, 8000 Bd, $N = 128$

Zvýšení přenosové rychlosti

Jak zrychlit přenos?

- zvětšením přenosového pásma

použít jiné médium, většinou vyšší cena

- zvýšením počtu stavů modulace

nelze donekonečna, čím více stavů, tím větší problém je rozeznat

- Shannonova věta:

$$\max(v_{\text{přenosová}}) = \text{šířka_pásma} * \log_2(1 + \text{signál/šum})$$

- není závislé na přenosové technologii(!)

Přenosový výkon

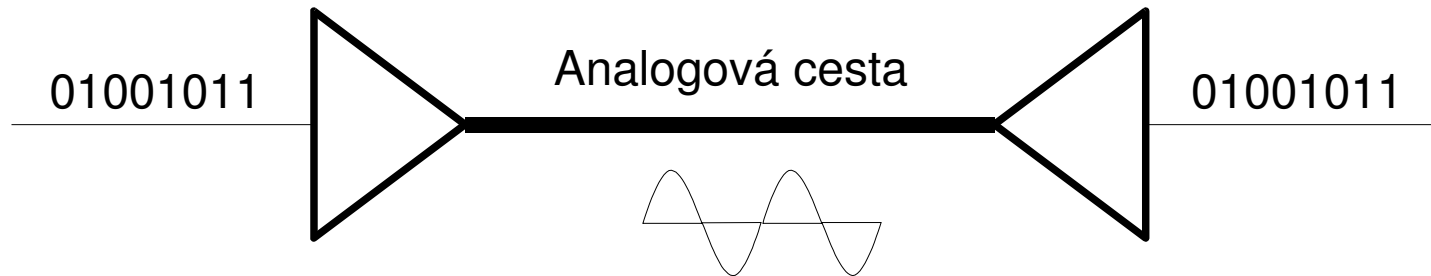
- přenosová rychlost udává rychlost přenosu jednoho bitu po médiu
 - bity se nemusí přenášet souvisle
 - některé nemusí sloužit k přenosu dat
- přenosový výkon měří počet přenesených *užitečných* dat za 1 sekundu
- zvýšení výkonu: komprese (např. běžné telefonní modemy až 4:1)
- snížení výkonu: režie

Duplexní komunikace

- komunikace mezi entitami může být jednosměrná nebo obousměrná
- jednosměrná: kanál (simplexní přenos)
- obousměrná: okruh (duplexní přenos)
 - dvojice protisměrných kanálů
- střídavě obousměrná (poloduplexní (half duplex) přenos)
 - také se může směr po jednom kanálu střídat
- Pozor, někdy se udává přenosová rychlost jako součet rychlostí oběma směry
 - marketing, např. switchovaný Ethernet: 200 Mbps

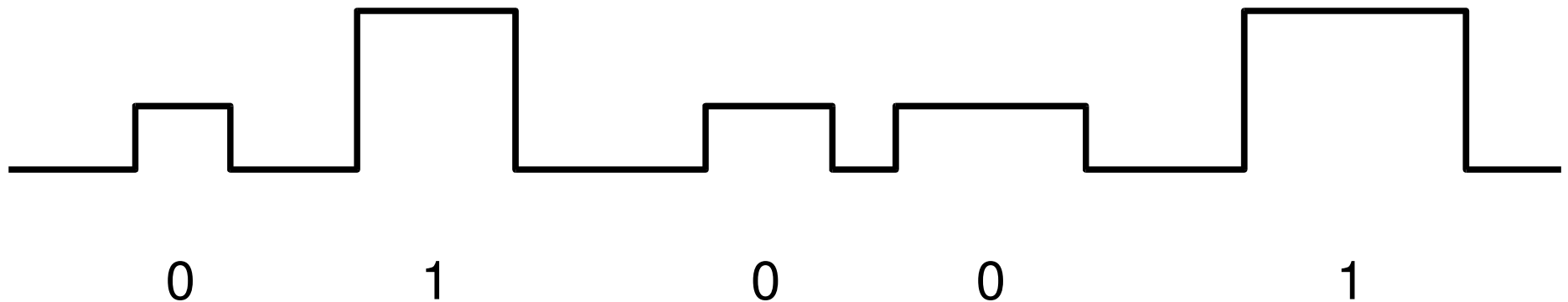
Modem

- MODulátor – DEModulátor
- slouží k přizpůsobení signálů pro přenos médiiem
- modulace: digitální signál se mění na analogový
- demodulace: na druhé straně zase zpět na digitální



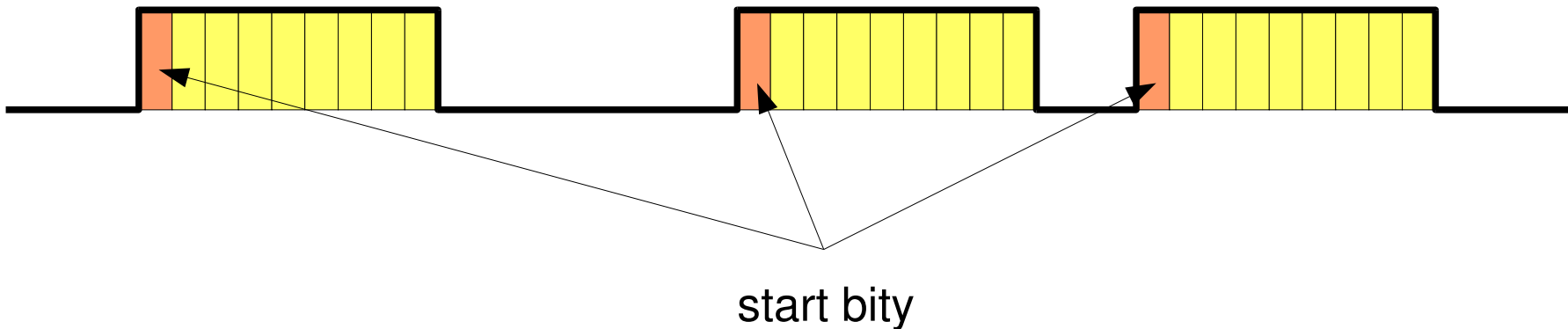
Asynchronní přenos

- chybí synchronizace
- každý přenášený bit může trvat různě dlouho
- začátek i konec bitu musí být nějak signalizován (stavem různým od 0 a 1)



Arytmický přenos

- znakový přenos
- jednotlivé bity v rámci znaku se přenášejí synchronně
- časové prodlevy mezi znaky mohou být libovolné
- počáteční synchronizaci zajišťuje tzv. *start bit*
- když se řekne asynchronní, většinou se myslí arytmičtý



Synchronní přenos

- při asynchronním přenosu se příjemce synchronizuje s odesílatelem na úrovni znaků, mezi znaky se hodiny můžou rozsynchronizovat
- při synchronním přenosu se synchronizují komunikující strany po dobu přenosu celého bloku dat (případně stále)
- synchronizace samostatným hodinovým signálem (po samostatném vodiči)
příliš se nepoužívá
- odvozováním časování z dat
příjímač se synchronizuje například na hraně dat
je potřeba zajistit dostatečný výskyt změn v datech
nejčastěji se „smíchají“ data a časování do jednoho signálu

Mnohonásobný přístup

- Máme jeden velký kanál, chceme ho rozdělit na více menších
neboli skládáme menší kanály do větších: multiplexování
např. telefonní hovory
- techniky multiplexování
analogové i digitální
deterministické i „statistické“
speciální (optická vlákna)

Kmitočtový multiplex

- FDMA, Frequency Division Multiple Access
- kmitočtové pásmo se rozdělí na části (rozsahy frekvencí) o určité velikosti – kanály
- každý kanál může být využit nezávisle
- na obou koncích přenosového kanálu je modem s kmitočtovým filtrem
- původně pro propojení telefonních ústředen, dnes např. u ADSL
 - jednotlivé hovory se posunou do různých frekvenčních poloh a sloučí
 - na koncové straně jsou kmitočtové filtry na jednotlivá pásma
- náročný na realizaci (posun frekvencí)
- je neefektivní – je potřeba velký odstup mezi kanály

Časový multiplex

- TDMA, Time Division Multiple Access
- celá přenosová cesta je postupně přidělována jednotlivým kanálům (stanicím) na omezenou dobu (slot)

dělení není nutně rovnoměrné

ale je pevně dáno předem (data není třeba identifikovat, stačí, že se vysílají v okamžiku přiděleném danému kanálu)

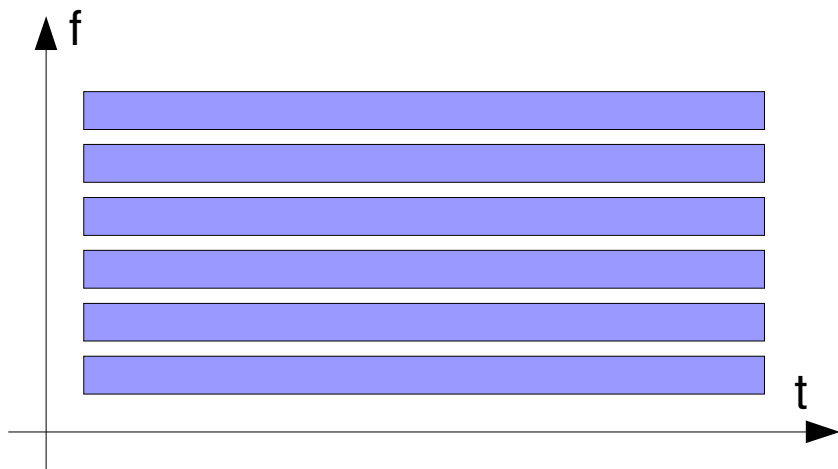
potřeba přesné synchronizace

- Sítě GSM pracují v pásmu 900 a 1800 MHz

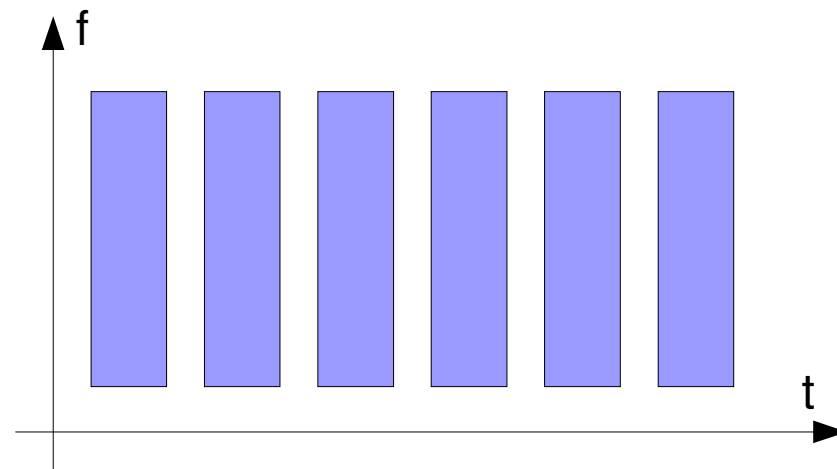
FDMA: jednosměrné kanály o šířce 200 kHz, v rámci kanálů TDMA na 8 slotů

hovor potřebuje 2 sloty (každý jedním směrem)

FDMA a TDMA



FDMA



TDMA

Statistické

- část pásma může zůstat nevyužitá

uzel, kterému je slot přidělen nemá data k vyslání

volná kapacita není dostupná těm, kteří mohou vysílat

- STDM (Statistical Time Division Multiplex)

kanál je přidělován podle potřeb, používá se vyrovnávací paměť

v zásadě se jedná o variantu paketového přenosu

- WDM (Wavelength Division Multiplex)

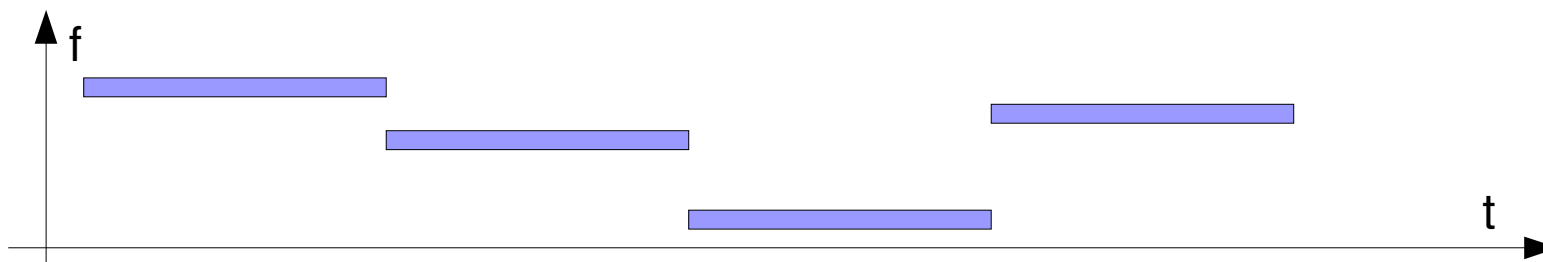
v optických sítích

přenáší se více nosných délek (barev) najednou

dokonce je možné použít jedno vlákno pro obousměrný provoz

Rozprostřené spektrum

- FHSS, Frequency Hopping Spread Spectrum
- většinou pro bezdrátovou komunikaci, využívá více kanálů
- během práce mění kmitočet, na každém kanále pracuje omezenou dobu, pak přeskočí na jiný kanál
- komunikující stanice mění frekvence synchronně, pro vnějšího pozorovatele náhodně
- různé (ortogonální) posloupnosti umožňují práci více stanic současně



Kódový multiplex

- DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) neboli CDMA (Code Division Multiple Access)
- kapacita spoje se využívá celá (každý vysílač používá celé přenosové pásmo) => může být velmi efektivní
- na nosnou frekvenci jsou namodulovány pseudonáhodné posloupnosti bitů
jedna posloupnost pro 0, jiná pro 1, posloupnosti mají desítky až stovky bitů
- přijímač dokáže rozpoznat i částečně zarušený signál (korekční algoritmus)

