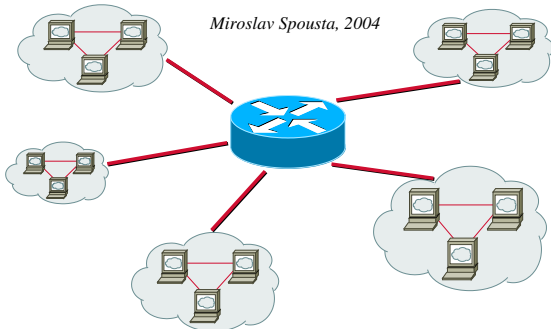


Počítačové sítě I

3. Přenos informace

Miroslav Spousta, 2004



1

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)

2

Počtení 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

3

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

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

4

Big vs Little Endian

Jak uložit data do paměti?

- nejmenší adresovatelná část paměti – bajt (256 hodnot)

- větší čísla? více bajtů!

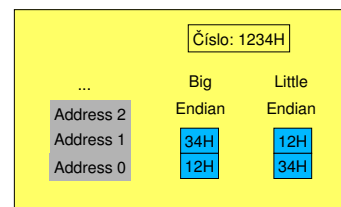
- jak je poskládat do paměti?

- big endian: SPARC, Motorola

- little endian: Intel x86

- obojí: IA64, MIPS, ARM

- TCP/IP: **big endian** (nejvyšší byte první)



5

Analogový vs digitální přenos

Data se přenášejí (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

6

Šířka přenosového pásma

základní vlastnost přenosového kanálu: *šířka kmitočtového pásma*

- interval, kde zkreslení není výrazné
 - zdoła 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

7

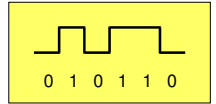
Šířka přenosového pásma

- 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

8

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 dvoulinky



9

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

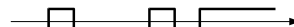
10

Kódování datového signálu

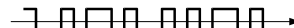
0 1 1 0 0 1 1 1 0 0



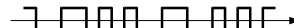
NRZ (Non Return Zero)



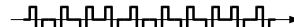
NRZI (Non Return Zero Inverted)
[0 – nic, 1 – změny]



PSK (Phase Shift Keying, Manchester)
[fázová modulace]



DPSK (Differential PSK, Diff. Manchester)
[0 – fáze zůstává, 1 – změna fáze]



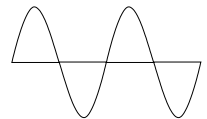
PSK RZ (PSK Return Zero)

11

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!
- modulací ovlivňujeme:
 - amplitudu (U): optické sítě
 - kmitočet (ω): metalické sítě
 - fázi (φ): metalické sítě

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



12

Modulace

- amplitudová modulace

měníme velikost U

- frekvenční modulace

změna frekvence ω

- fázová modulace

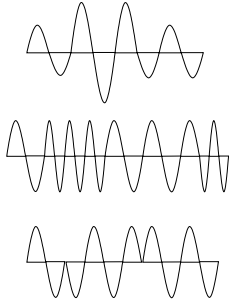
měníme posunutí sinusoidy v čase φ

- mohou se kombinovat (QAM)

kombinace frekvenční a fázové modulace

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

najednou se zakódují 4 bity



13

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

14

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 přeneše za jednotku času (sekunda)

měří se v bitech za sekundu (bps)

může být nižší i vyšší než modulační

15

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 rovné

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, $N = 128$

16

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(!)

17

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

18

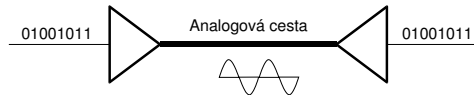
Duplexní komunikace

- 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

19

Modem

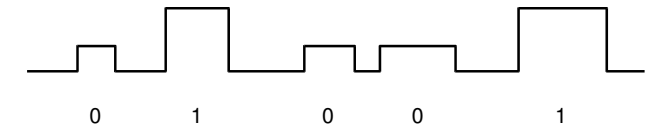
- MODulátor – DEModulátor
- slouží k přizpůsobení signálů pro přenos médiiem
- modulace: digitální signál se mění na analogový
- demodulace: na druhé straně zase zpět na digitální



20

Asynchronní přenos

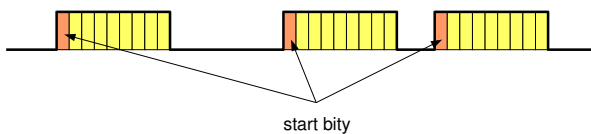
- chybí synchronizace
- každý přenášený bit může trvat různě dlouho
- začátek i konec bitu musí být nějak signalizován (stavem různým od 0 a 1)



21

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 arytický



22

Synchronní přenos

- při asynchronním přenosu se příjemce synchronizuje s odesílatelem na úrovni znaků, mezi znaky se hodiny můžou roz synchronizovat
- 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
- odvozování 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

23

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)

24

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 ústředěn, 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

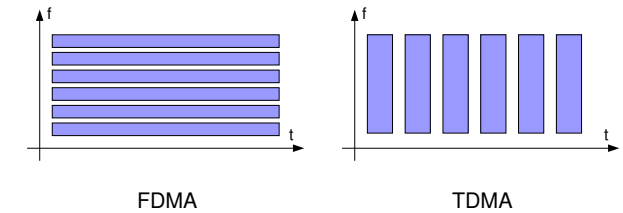
25

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)

26

FDMA a TDMA



27

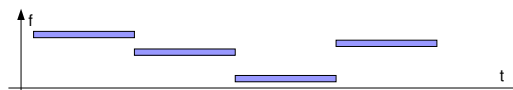
Statistické

- 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

28

Rozprostřené spektrum

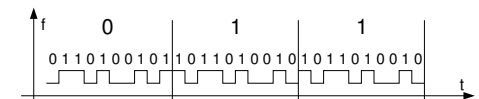
- FHSS, Frequency Hopping Spread Spectrum
- většinou pro bezdrátovou komunikaci, využívá více kanálů
- během práce mění kmitočet, na každém kanále pracuje omezenou dobu, pak přeskočí na jiný kanál
- komunikující stanice mění frekvence synchronně, pro vnějšího pozorovatele náhodně
- různé (ortogonální)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



29

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)



30