

Zdravíčko vespolek,

z procházení slidů (podzim 2009) jsem si klasicky dělal nějaké výpisky a vybral jsem (nezávisle na obsahu předchozích testů) to, co je dle mého názoru důležité. Zdroj – slidy + něco maličko wikipedie. Otázky jsou zpřeházené s větším než malým množstvím gramatických chyb. Chyby faktické už by neměly být tak moc na pořadu dne :) Tento výběr představuje především teoretické věci z předmětu, praktické počítání hledejte tedy jinde.

Hodně štěstí u zkoušky, Jirka

### 1.ISO/OSI

1.Fyzická vrstva – specifikuje fyzickou komunikaci. Hlavní funkce poskytované fyzickou vrstvou jsou: navazování a ukončování spojení s komunikačním médiem, spolupráce na efektivním rozložení všech zdrojů mezi všechny uživatele.

2.Spojová vrstva – poskytuje spojení mezi dvěma sousedními systémy. Uspořádává data do tzv. rámců (frames). Uspořádává fyzické rámce, opatřuje je fyzickou adresou a poskytuje synchronizaci pro fyzickou vrstvu. Na této vrstvě pracují veškeré mosty a přepínače.

3.Síťová vrstva – stará se o směrování v síti a síťové adresování. Poskytuje spojení mezi systémy, které spolu přímo nesousedí. Veškeré routery pracují na této vrstvě. Příkladem protokolu této vrstvy je IP, ARP ... . Data se dělí do paketů.

4.Transportní vrstva – Zajišťuje přenos dat mezi koncovými uzly. Hlavní protokoly TCP/UDP a jejich služby (email, www, p2p, online hry...)

5.Relační vrstva – Účelem vrstvy je organizace a synchronizace komunikace spolupracujících relačních vrstev dvou systémů. Umožňuje vytvoření a ukončení relačního spojení.

6.Prezentační vrstva – Vrstva transformuje data do tvaru, který používají jednotlivé aplikace. Vrstva se zabývá jen strukturou dat, ne jejich významem.

7.Aplikační vrstva - Vrstva poskytuje aplikacím přístup ke komunikačnímu systému a umožnit tak jejich spolupráci. Protokoly (FTP,DNS,SSH,Telnet)

### 2. ALOHA / SLOTTED ALOHA

- bezdrátová síť, 9600 B/s. Základna (řídící stanice), stanice (terminály). Stanice vysílá rámce kdykoliv má rámec připravený. Pokud stanice nedostane do určitého času potvrzení, došlo ke kolizi. Poté se náhodnou dobu počká a vysílání se zopakuje. Po n neúspěšných pokusech se vysílání ukončí.

- Slotted Aloha – doplňuje používání časových dílů, vysílání musí začínat vždy na hranici časového dílu.

Využitelnost obou kanálů je poměrně malá Aloha (18%), Slotted A.(36%) v ideálním případě

### 3.CSMA

- pravděpodobnostní protokol přístupu k médiu, při kterém jednotlivé uzly ověřují nepřítomnost dalšího provozu před vysláním na sdíleném fyzickém médiu. Modifikace Aloha sítě. Při detekování aktuálního přenosu uzel počká náhodnou dobu a pokus opakuje.

- počet kolizí se zredukuje, ale nezabrání se jim (nenulová doba šíření signálu médiem)

- varianty CSMA/CA (komunikuje s ostatními uzly o úmyslu vysílat), CSMA/CD (při detekci cizího vysílání čeká náhodnou dobu, pak pokus opakuje. Vyžaduje přídatnou elektroniku)

### 4.Stop and wait

- zdroj vyšle jeden datový rámec, poté čeká na přijetí potvrzovacího rámce (ACK). Pokud do stanoveného času nedorazí potvrzovací rámec, je datový rámec vyslán znovu. Při ztrátě / porušení ACK po uplynutí časového limitu vysílač zopakuje vyslání datového rámce, přijímač přijme týž rámec 2x. Jedná se o jednoduchý, neefektivní protokol.

### 5.Sliding Windows

- vysílač může vyslat až W rámců bez čekání na jednotlivé potvrzování. Po odeslání W rámců smí poslat další až po potvrzení přijetí správného W množství rámců. Každý ACK obsahuje číslo rámce.

- Go-Back-N ARQ (na straně vysílače)– vyslané rámce uchovává vysílač ve vyrovnávacích pamětech dokud nezíská potvrzení jejich bezchybného přenosu; počet vyrovnávacích pamětí vymezuje okno (window); při intervalu čísel rámců  $<0, 2^k >$  je šířka okna  $2^k - 1$ ; šířka okna je typicky konstantní; okno „klouže/plave“ po posloupnosti přenášených rámců; potvrzené rámce okno přivírají, vysílané rámce pootevřují

-Go-Back-N ARQ (na straně přijímače)- rozměr okna je vždy 1 ; přijímač může přijmout pouze další rámeček v pořadí vysílání rámců; rámeček, který přijde mimo toto pořadí, se ignoruje a bude vyslán znovu; klouzání – přijatý rámeček okno zavírá, vysílání potvrzení rámce okno zavírá

-Go-Back-N ARQ- časové hlídání (časovače se udržují na straně vysílače, spouští se časovač pro každý vyslaný rámeček, pokud není ACK obdrženo do limitu, vysílá znovu všechny rámce počínaje rámcem s překročeným časovým limitem); potvrzování (poškozené rámce nebo rámce přijaté mimo pořadí se ignorují, jako indikaci úspěšného přijetí se zasílá ACK, přijímač může posílat hromadné potvrzování několika rámců (až do šíře okna), potvrzení přijetí rámce n udává číslo očekávaného rámce, tj. n+1

- rozměr okna  $2^m - 1$ , kde m=bitová šířka čísla rámce. Pro  $2^m$  přijímač přijímá duplikáty;

- HDLC- reakce na poškozený datový rámeček - přijímač odesílá negativní potvrzení (REJ) a všechny následující přichodící rámce likviduje, dokud správně nepřijme první chybný rámeček.

## 6. Selective repeat ARQ

- opakují se pouze chybně přenesené rámce, zpracování na straně přijímače je složitější, řešení je pro spoje s velkou úrovní šumu, rámce přijaté mimo pořadí se likvidují

## 7. Selective Reject

- Vysílač : shodná struktura s Go back N, odlišnost -> rozměr okna =  $\frac{1}{2} * 2^m$

- Přijímač: okno  $\frac{1}{2} * 2^m$ , přijímač může zasílat i negativní potvrzení (NAK), sdělení čísla poškozeného rámce před uplynutím časového limitu

## 8. ARQ, efektivnost

- efektivnost je dána počtem přenesených b/s, dobou čekání na potvrzení (s)

- adekvátně rychlý spoj -> vysílač vyčerpá kapacitu okna a čeká na potvrzení, dlouhá doba čekání -> vysílač vyčerpá kapacitu okna v době čekání na potvrzení

- Stop-and-Wait ARQ – rychlost 1Mb/s, doba obrátky bitu 20ms, rámeček délky 1000b (systém by mohl vyslat do získání potvrzení 20000bitů, vyšle 1000 – efektivnost 5%)

- Go-Back-N ARQ – rychlost 1Mbps, 20ms, 1000b, šířka okna 15 rámců -> efektivnost 15000/20000=75%

## 9. HDLC (High level data link kontrol)

- nejvýznamnější protokol datového spoje, založený 1972 na standardu IBM SDLC

- primární stanice řídí provoz spoje, vytváří rámce zvané příkazy, udržuje samostatný logický spoj s každou sekundární stanicí

- sekundární stanice – je řízená primární stanicí, vytváří rámce zvané odpovědi

- kombinovaná stanice – vytváří příkazy i odpovědi

- 3 režimy: NRM (Normal response mode) – nevyvážená konfigurace, primární stanice zahajuje přenos na sekundární stanici, sekundární mohou data posílat jen jako odpověď na příkaz primární stanice ; ABM

(Asynchronous Balanced Mode) - vyvážená konfigurace, přenos může zahájit kdokoli, nejpoužívanější, žádné ztráty vyzváním ; ARM (Asynchronous Response Mode) - nevyvážená konfigurace, sekundární může zahájit přenos bez povolení od primární, málo používaná

## 10. Pole adresy a řídicí pole

- pole adresy – identifikuje sekundární stanici, která vysílá nebo bude přijímat rámeček, typická délka 8b, může se rozšiřovat o násobky 7bitů, poslední bit oktetu říká, zda je poslední (1 ano, 0 ne)

- řídicí pole - různá struktura v různých rámcích, v prvních 2b definuje typ rámce (informační, supervizorní, nečíslované)

## 11. PPP (Point-to-Point protocol)

- musí být schopný transparentně přenášet PDU síťové vrstvy – IP datagramy po 2 bodovém spoji

- požaduje se bitová transparentnost, musí přenést jakoukoliv bitovou kombinaci

- nepožaduje se chybové řízení, řízení toku, zajištění pořadí dat (řeší vyšší vrstvy)

- Data kontrol protocol - před výměnou dat musí partneři na spoji zkonfigurovat spoj, zkonfigurovat se na IP adresy a volitelně se vzájemně autentizovat

- po ukončení výměny dat se datový spoj logicky rozpojuje
- toto vše se děje pod řízením NCP (network control protocol)

## **12.Přepínání okruhů vs přepínání paketů**

- přepínání okruhů – vytváření reálných okruhů, dedikovaných spojů mezi zdrojem a cílem ; vysílání ve fyzické vrstvě ; typická technika pro „real-time audio“ – telefonie
- přepínání paketů- technika v sítích pro přenos dat ; data jsou sbalena do paketů a ty jsou přenášeny jako samostatné přenosové jednotky ; přenosy paketů v čase sdílí pevné spoje; Varianty -> *datagramová služba* – typicky poskytovaná síťovou vrstvou a *virtuální okruhy* – typicky poskytovaná vrstvou datového spoje

## **13.3 fáze virtuálního okruhu**

- Ustanovení virtuálního okruhu (zdroj a cíl pomocí svých globálních adres pomohou přepínačům si vytvořit přepínací tabulky s VCI (virtual circuit identifier) pro ustanovení spojení – virtuálního okruhu
- přenos dat (data transfer)
- zrušení virtuálního okruhu (teardown)

## **14.Typy virtuálních okruhů**

- Trvalý virtuální okruh (permanent virtual circuit – PVC) – přepínací tabulky nastaví trvale správce sítě, analogie dedikovanému nepřepínanému telefonnímu spoji ; existuje i když uzly nekomunikují; výhradně 2 bodové spojení
- Přepínaný virtuální okruh (switched VC – SVC) – ustanovuje se dynamicky na žádosti uzlů ; žádost – protokolový rámec obsahující identifikaci koncových uzlů ; přepínač při přijetí funguje jako router ; při průchodu sítě si přepínače vytvářejí iniciální obsahy záznamů v přepínacích tabulkách ; vytvořené spojení se žadateli potvrdí cílový koncový uzel potvrzovacím rámcem ; při průchodu ACK sítě si přepínače dotváření finální obsahy přepínacích tabulek

## **15.Frame Relay**

- levnější varianta WAN ; WAN síť operující pouze na úrovních fyzické vrstvy a vrstvy datového spoje; typicky páteřní síť pro dedikované přenosy ; poskytuje služby protokolům, které mají definovaný protokol síťové vrstvy (Internet) – propojení směrovačů FR sítě
- rámce – 9000b, lze je ale přizpůsobit rámcům LAN
- rychlost 1,544Mbps – 44,376Mbps (protokoly T-1 – T-3)
- síť s PVC a SVC ; podporuje se pouze detekce chyb ; porušený rámec se ztrácí, řízení toku a chybové řízení zajišťují vyšší vrstvy; FR síť přepokládá použití vysoce spolehlivých spojů

## **16.ATM – Asynchronous transfer mode**

- síť kategorie FR ; oproti FR sítím podporuje přenosové služby zajišťující spolehlivý přenos dat ; přenášené jednotky dat – rámce – se nazývají buňky (cell)
- buňka – malý blok informací pevné délky – 53B (5bajtů záhlaví, 48bajtů přenášených informací)
- zvládá přenos v reálném čase vč. audio/video
- Architektura – rozhraní mezi uživatelem ATM a přepínačem – UNI (user-to-network interface) ; mezi dvěma přepínači NNI (network-to-network interface).
- spojení mezi dvěma koncovými body ATM se dosahuje pomocí – *fyzického spojení* (transmission paths TPs) (kabel satelit), *virtuálních cest* – TPs se multiplexingem dělí mezi více VP, VP reprezentuje 1 nebo skupinu více spojení mezi 2 přepínači, *virtuálními okruhy* – VCs – základ sítě s přepínáním virtuálních okruhů
- Vrstvy ATM- *Adaptační vrstva* (přijímá přenosy od vyšších vrstev a zobrazuje je do buňek ATM a naopak), *Vrstva ATM* (podporuje služby směrování, řízení přenosu, přepínání a multiplexing), *Fyzická vrstva* (definuje přenosové médium, přenos bitů, kódování a transformace mezi elektr. a optickými signály)

**17. Adaptační vrstva ATM**

- dělí se na 2 podvrstvy – konvergenční podvrstva, podvrstva segmentace a desegmentace  
 - pracuje ve 4 režimech (AAL1 – přenos bitových proudů konstantní rychlosti ; AAL2 – přenos krátkých paketů (i více paketů/buňku ; AAL3/4 – konvenční přepínání paketů (dělení paketů do buňek) – 3: varianta pro VCs, 4: nespojovaná služba ; AAL5 – přenos paketů bez mechanismů řazení a chybového řízení, nespojovaná datagramová služba, řazení a chybové řízení zajišťují vyšší vrstvy

**18. Chyby přenosu dat, jejich detekce a opravy**

- fyzická vrstva je vždy předmětem závad, chyb ; jednotlivé přenášené bity nelze přijímat s nulovou pravděpodobností výskytu chyby

- chyba – změna hodnoty bitu v době mezi jeho vysláním a přijetím

- bit error rate (BER) =  $10^{-6}$  – 1 chybný bit z  $10^6$  bit; je zdánlivě velmi dobrý výsledek, ale při rychlosti přenosu dat 10Mbps se vyskytuje chyba každou 1/10s

- klasifikace chyb - 1 bitové chyby – neovlivňují se sousední bity v přenosové jednotce dat (zdroj chyb – typický bílý šum), dávkové chyby (burst errors) – chybné posloupnosti bitů délky B, mezi posledním bitem chybové dávky a prvním bitem další dávky je alespoň x bitů přenesených bezchybně (při přenosu 10Mbps způsobuje impulsní šum délky 1μs dávkové chyby délky 10b, při 100Mbps 1μs dávkové chyby délky 100b

- paritní zabezpečení - paritní bit se počítá aritmetikou mod 2 (XOR), příčná parita (sudá/lichá) parita znaku(oktetu,...), podélná parita (sudá/lichá) parita „po řádech znaků/oktetů přes celý blok“ ; použití podélné i příčné parity umožňuje detekci i sudého počtu 1-bitových chyb ve znaku, tzv. dvoudimenzionální parita; obecně

**19. Blokové kódování, blokový kód (n,k)**

- blokový kód (n,k),  $n > k$  přiřazuje k bitovému datovému slovu n bitové (vysílané) kódové slovo

- definiční matice – neobsahuje tzv. nulový řádek ; řádky matice jsou lineárně nezávislé ; minimální Hammingova vzdálenost d mezi libovolným vytvořeným kódovým slovem a jinými kódovými slovy je konstantní (viz. Výpočetní systémy ;)) ; Hammingovu vzdálenost dvou slov získáme jejich non-ekvivalencí ( $0+0, 1+1 = 0$ ,  $1+0, 0+1 = 1$ , sečteme počet jedniček)

**20. Cyklické kódy**

- cyklický kód je lineární blokový kód(n,k) s vlastností: každý cyklický posuv kódového slova takového kódu je opět kódové slovo tohoto kódu ; jsou velmi oblíbené – efektivně implementují detekci chyb a jsou snadno implementovatelné v hardware

**21. CRC (cyclic redundancy check)**

- cyklické (tedy i lineární blokové) kódy

- jsou určeny k detekci chyb v přijaté informaci

- pro blok k bitů dat (zprávu) se vygeneruje (n-k) bitová posloupnost (FCS, frame check sequence) přidávaná ke k bitům zprávy, kde n je délka generovaného slova (frame)

- data + FCS tvoří kódové slovo o délce n bitů ; CRC kódy jsou systematické kódy

- FCS se generuje tak, aby vytvořené kódové slovo bylo číslo beze zbytku dělitelné jistým předem daným číslem – klíčem ; FCS se generuje jako zbytek zprávy po dělení zprávy klíčem ; klíč hraje roli definiční matice lineárních kódů ; přenáší se kódové slovo, rámeček, o délce n bitů ; přijímač přijaté kódové slovo vydělí klíčem ; je-li zbytek nulový, přenos proběhl bez chyb (dělení polynomů polynomem...)

- CRC kódy jsou velmi užitečné při detekci chyb při přenosu dlouhých rámců

## **22.FEC (Forward error correction) – kódy pro opravu chyb**

-oprava detekované chyby se řeší opakováním vyslání(rámce) ; v systémech, které nemohou akceptovat toto řešení (velká frekvence výskytu chyb) se musí přenosové chyby opravovat na základě přijaté informace  
 -techniky pro přidávání redundance datových bitů (pro opravu, pro detekci chyb) – blokové kódování, konvoluční kódování  
 -chceme opravovat 1-bit chyby v ASCII znaku – 7bitů dat, opravný redundantní kód musí určit, který bit se změnil ; rozlišujeme 8 stavů (žádná chyba, chyba v pozici 1 ... chyba v pozici 7) ; musíme použít redundanci umožňující rozlišit 8 stavů – tj  $2^3=8 \rightarrow 7+3 = 10$  bitů ; chyba však může nastat i v redundantních bitech – 10b nestačí

## **23.Blokové kódy, příklady**

-bl.kód (3,1): k=1, n=3, n-k =2 ; každý bit se doplní 2 svými kopiemi (0 -> 000, 1-> 111) ; přijetí 001 se chápe jako 0, 010 – 0, 110 – 1 atd ... přijetí dvoubitové chyby obrátí hodnotu způsobí chybnou opravu dat

## **24.Multiplexing**

- pokud spoj nese jediný informační kanál jedná se o techniku Single Channel per carrier (SCPC), pokud spoj nese současně více informačních kanálů, jedná se o techniku *multiplexing*

## **25.FDM – Frequency division multiplexing**

- šířka pásma spoje je větší než suma šířek pásem přenášených kanálů  
 -každý přenášený signál kanálem moduluje samostatný nosný signál s unikátní nosnou frekvencí  
 -modulované nosné signály se kombinují do nového kombinovaného signálu, který se přenáší spojem  
 -mezi mod. sig. se v kombinovaném sig. udržují ochranné mezery ve frekvenčním pásmu, aby se modulované signály v kombinovaném signálu neovlivňovaly  
 -4 datové kanály s rychlostí 1Mbps se multiplexují do (analogového) satelitního spoje s šířkou pásma 1MHz ; každý datový kanál moduluje signál technikou 16-QAM -> 1Mbps pomocí 16-QAM: signálový prvek 4bitice, baudová rychlost 250 kbaud, potřebná šířka 250kHz

## **26.Hierarchie analogového multiplexingu**

-*Tradiční telefonie*: kanály s malou šířkou pásma jsou multiplexované do kanálu s větší šířkou pásma ; pro analogové signály se používá FDM  
 -*Hierarchie*: 12hlasových kanálů ->group 12x4 KHz =48KHz ; 5 group -> supergroup 5x48=240KHz(60 hovorů současně jedním spojem) ; 10 supergroup -> mastergroup 10x240=2,52MHz (600hovorů) ; 6 mastergroup -> jumbogroup 6x 2,52MHz = 15,12MHz (3,6k hovorů)

## **27.Wavelength division multiplexing (WDM)**

-jistá forma FDM  
 -použití více světelných paprsků na různých frekvencích – určeno pro přenos optickými vlákny, každá barva světla (vlnová délka, frekvence) reprezentuje 1 kanál, oblast vlnových délek 1550nm, kanály mívají kolem 50GHz  
 -1997 Bell Labs – 100 paprsků, každý přenáší data rychlostí 1Gbps = 1Tbps  
 -komerčně dostupné systémy se 160 kanály po 10Gbps ; laboratorně 256x39,8Gbps =10,1Tbps na 100km

## **28.Časový multiplex (Time division multiplex, TDM)**

-kanál získává k výhradnímu využití na jistou dobu celou dostupnou šířku přenosového systému  
 -přednosti – v každém okamžiku se v médiu nachází pouze 1 nosný signál ; vysoká propustnost i při mnoha uživateli ; nedostatky – nutná precizní synchronizace  
 -dosažitelná rychlost přenosu dat v médiu musí být větší než požadovaná rychlost přenosu dat daného kanálu  
 -časový díl – time slot – prostor na prokládání kanálů

-Statistický TDM – kanály soupeří o časové díly – data jednotlivých kanálů se přechovávají ve vyrovnávacích pamětech a vysílají se v dostupných/získaných časových dílech

-Synchronní TDM – kanály mají časové díly přidělené staticky – jeden cyklus přenosu všech časových dílů všech kanálů TDM rámec (TDM frame)

-4 datové kanály s rychlostí 1Kbps se multiplexují po 1bitu – doba trvání bitu před multiplexováním 1ms, datová rychlost spoje =  $4 \times 1\text{Kbps} = 4\text{Kbps}$ , délka časového dílu v čase =  $1/4\text{ms} = 250\mu\text{s}$ , délka rámce v čase 1ms

-4 datové kanály 100Kbps se multiplexují po 2 bitech – délka čas. rámce = 8bitů po 2 na datový kanál, rychlost přenosu rámců 50 000 rámců /s, doba trvání rámce 20 $\mu\text{s}$ , bitová rychlost 400Kbps, doba přenosu multiplexovaného 1bitu = 2,5 $\mu\text{s}$

### **29.Synchronizace TDM**

-4 datové kanály s rychlostí 250 znaků/s, prokládání po znaku, znak = 8bitů, v každém rámci 1 synch. bit

-rychlost přenosu dat každého zdroje =  $250 \times 8 = 2\text{Kbps}$ , doba trvání přenášeného znaku = 4ms, rychlost přenosu rámců = 250 rámců/s, doba trvání rámce = 4ms (musí být shodná s dobou trvání znaku), délka rámce  $4 \times 8 + 1 = 33\text{b}$ , rychlost přenosu dat multiplexovaným spojem =  $250 \times 33 = 8250\text{bps}$

### **30.Digital Carrier Systems, DS-1, rámec při přenosu hlasu**

-multiplexuje se 24 kanálů – vzorkuje se 24 telefonních hovorů 800x/s

- v pěti rámcích po sobě se vzorky kódují do osmic bitů ; v šestém rámci se vzorky kódují do sedmic bitů, 8. bity vzorků jsou řídicí, v každém hlasovém kanálu se vytváří řídicí kanál pro síťové řízení a směrování

-každých 125 $\mu\text{s}$  se vysílá TDM rámec 193b ( $8 \times 24 + 1$ ) ; každému ze 24 telefonů / kanálů v rámci odpovídá jedna 8b pozice

-0.bit v rámci je synchronizační, vysílání se děje rychlostí  $8000 \times 193\text{b/s} = 1,544\text{Mbps}$

### **31.Digital Carrier Systems, DS-1, rámec při přenosu dat**

-stejně strukturování rámce – 24kanálů, 1 synch. bit, 23kanálů je datových, kanál 24 je pomocný řídicí (synchr.) kanál ; bity 1-7 kanálu přenášejí řízení nebo data rychlostí až 56kbps ( $8000 \times 7\text{b/s}$ )

-bit 8 nese informaci co tato data jsou (v tomto rámci): řídicí/uživatelská data ; bity 2-7 lze využít pro techniku zvanou subrate multiplexing

### **32.ADSL (Asymmetrical digital subscriber line)**

-technologie vhodná pro spoj mezi domácím účastníkem a sítí pro tzv. místní smyčku (local loop) ; nedostatečná technologie pro business; využívají se instalované kabely z krouceného dvoudrátu (původně pro přenos analogového signálu se šířkou 4kHz, jsou ale schopné přenášet analog. signály se šířkou až 1,1MHz)

-systém používá datovou rychlost odpovídající okamžitým šumovým podmínkám na místní smyčce

-pomocí 256 FDM kanálů se šířkou 4kHz se sdílí na místní smyčce hlasový a datový přenos

-prvních 25kHz se ponechá pro hlasový přenos ; hlasový kanál je oddělen od datových oddělovacími kanály 1-5;

-zbytek šířky pásma 200kHz pro 25 upstream kanálů 6-30, QAM 15b/bd ( $24+1$ , uživatel, řízení),  $24 \times 4000 \times 15 = 1,44\text{Mbps}$  ; zbytek do 1,1MHz se použije pro downstream kanály 31-255, QAM, 15b/bd,  $224 \times 4000 \times 15 = 13,44\text{Mbps}$  (prakticky 9Mbps)

### **34.DMT (Discrete multitone)**

-modem si při inicializaci testovacím signálem zjistí SNR v podkanálu

-podle velikosti SNR si modem určí rychlost přenosu dat v podkanálu volbou n při použití modulace n-QAM

-každý podkanál může přenášet data rychlostí 0-64kbps, downstream může mít 224 podkanálů (teoreticky až 13,44Mbps)



**35.ADSL,SDSL,VDSL,HDSL**

*ADSL*-viz. předchozí ; analog signály do 3,7km, plný duplex, asymetrie 1,5-9Mbps down, 16-640kbps up  
*SDSL*-1xtwist, dig. signály, do 3km, symetrie 1,544-2,048Mbps, ekvivalent spojů T1/E1, bez možnosti koexistence hlasu a dat, zabírá celé pásmo

*VDSL*-analog. sig. do 1,4km, asymetrie, 13-52Mbps down, 1,2-2.3Mbps up; coax, optika, twist ; modulace DMT  
*HDSL*- 2x twist, dig. sig. do 3,5km, plný duplex, symetrie 1,544-2,048Mbps, ekvivalent T1/E1, kódování 2B1Q

**36.HFC síť (hybrid fiber-coaxial net)**

- RCH(regional cable head)až 400k účastníků na to napojen distribution hub (až 40k), na koaxiálu typicky až 1k účastníků; obousměrná síť, účastník může být v interakci s poskytovatelem služeb internetu, který mu zpřístupňuje distribution hub nebo RHC

-5-750MHz, dělení na video, odchozí a příchozí pásmo ; video – 54-550MHz, příchozí – 550-750MHz (standartizováno 27Mbps), odchozí pásmo 5-42MHz (až 12Mbps)

-účastníci sdílí jak odchozí tak příchozí pásmo

-*odchozí*-š.p 37MHz, 6kan. po 6MHz, FDM; 1 účastník použije 1 kanál pro zaslání zprávy poskytovateli, účastníci o volný kanál soupeří, získání kanálu potvrzuje poskytovatel příchozím kanálem

-*příchozí*-33kan. po 6MHz, FDM, sdíleno, data poskytovatel vysílá adresně na účastníka, všichni účastníci sdílejí 1 kan., odebírají pouze jim adresovaná data, ostatní ignorují

**37.SONET/SDH**

-kompatibilní systémy, navržené pro vysokorychlostní přenos optickými kabely ; synchronní síť, v celé síti řídí časování jediné hodiny; rámec SONET může přenášet rámce DS-0, DS-1 ; rámec SONET se chová jako TDM – dělení rámců SONET na části obsahující rámce DS-i

-poskytuje univerzální propojitelnost

-standarty formátování rámců a rychlostí přenosu dat

-standarty OC-i (Optical carriers) pro optické signály ; od 51,84Mbps-159,25Gbps

-SDH signály: standard STM-1 začíná až na 155.52Mbps

-*rámec STS-1*- délka 810b, vysílá se každých 125μs, tj 8000x/s ; SPE (synchronous payload Envelope –data) ; datová rychlost 8000x810x8=51,84Mbps ; 27B záhlaví, proto užitečná jen v SPE – 49,536Mbps ; záhlaví – definice uspořádání dat v datové části

-rámce se vysílají jeden za druhým bez mezer i když jsou prázdné

-*přenos signálů DS-1 až DS-3 sítí SONET/SDH*- přenáší SPE, STS-1 je mnohem rychlejší než DS-1 až DS-3 ; SONET umožňuje přenášet v SPE signály DS-1 – DS-3, v SPE lze vytvářet virtual tributaries (virtuální přítoky)

**38. Přepínače**

- switch ; zprostředkující hardware nebo software dočasně propojující komunikující zařízení

-v přepínané síti některé přepínací uzly připojují komunikující zařízení, některé pouze směřují toky signálů přepínaných spojení

-přepínání kanálů, přepínání paketů, přepínání zpráv

**39.Média vodičového typu**

*twist/kroucená dvojlinka a koaxiál* – média vhodná pro audio i video přenosy, poskytují slušnou, nikoli však velkou šířku pásma, signál se v nich přenosem amplitudově a fázově zkresluje, twist je navíc náchylný na přeslechy ze sousedních kanálů ; jeden vodič vede, druhý slouží jako zem ; LAN spoj pro rychlosti 10-100Mbps, levné, snadná manipulace ; *nestíněná(UTP)*-telefonní vodič, nejlevnější, snadná možnost přeslechů;

*stíněná(STP)*- kovový úplet redukující interference, dražší, obtížněji manipulovatelné médium

*optické vlákno*-o několik řádů větší šířka pásma než twist a coax ; velmi nízké zkreslení a útlum ; aplikovatelné jak pro domácí tak i pro transatlantické přenosy ; rychlosti přenosu dat až stovky Gbps, malý rozměr, nízká váha, elektromagnetická izolovanost, větší mezery mezi opakovacími – desítky km

**40. Optické vlákno podrobnosti**

-frekvence  $10^{14}$  -  $10^{15}$  Hz, infračervené světlo až viditelné světlo ; zdroj světla LED – levnější, ILD (laser diode) – dražší, vyšší rychlosti ; režimy šíření signálu, vysílání – multimode step-index (konstantní hustota jádra, více paprsků z jednoho zdroje se šíří různými cestami, neurčitý výsledek), multimode graded-index (hustota jádra v centru vyšší než na okrajích, paprsky se šíří stojatým vlněním, určitý výsledek), single mode (konstantní hustota, velmi tenké jádro, malý index lomu, paprsky se šíří téměř rovnoběžně, velmi přesný výsledek)  
 -lze aplikovat multiplex WDM – ekvivalent FDM, data modulována do různých částí světelného spektra  
 -používá se rovněž DWDM (Dense wavelength division multiplexing) – rychlost až 200Gbps, 80 paralelních kanálů ve frekvenčním spektru, v každém kanálu lze uplatnit jiné přenosové mechanismy

**41. Typické aplikace bezdrátových přenosů**

-rádio, TV (stovky KHz-stovky MHz), pozemní mikrovlny 2-40GHz, především pásma 4-12GHz (dálkové telefonní spoje a datové spoje, přímá viditelnost vysílač-přijímač, opak. po 10-100km)  
 -satelity – 4/6GHz, 12/14GHz (up/down)  
 -buňkové sítě mobilů – 1-2GHz  
 -bezdrátové LAN – jednotky GHz  
 -infračervené světlo – přímá / odražená radiace na krátkou vzdálenost

**42. Elektromagnetické spektrum – bezdrátové využití**

ELF-VLF – audiopásmo, lodní navigace z pobřeží ; velmi dlouhé vlny, 10-1000km, Hz-30kHz, šíření pozemní vlnou, velmi malá širka pásma 1-10%, pomalé rychlosti přenosu dat, silné interference mnoha uživatelů, pro dig. vysílání nepoužitelné

LF-MF, pásmo AM radio. vys., námořní radio majáky ; dlouhé, střední vlny, 100m-1km, 30kHz-3MHz, šíření pozemní vlnou (do 2MHz), dosah až stovek km, rušení atmosférickými poruchami hlavně za denního světla a šumem z lidské činnosti na straně přijímače

HF-krátké vlny, 10-100m, 3MHz-30MHz, šíření odrazem od ionosféry, armádní komunikace, komunikace na dlouhé vzdálenosti (lodě, letadla)

VHF/UHF-pásmo FM radio. vys., metrové vlny, 30MHz-1GHz, jednoduché malé antény do automobilů, mobilní telefonie (GSM, 3G)

UHF/SHF-mikrovlny, metrové až centimetrové vlny, 1GHz- desítky GHz, bezdrátové LAN, satelitní spojení, omezení je dané absorbcí vln vodou a molekulami kyslíku, slábnutí sig. závislé na počasí

SHF a vyšší – orientované rádiové spoje, satelitní spojení – centrimetrové až milimetrové vlny, desítky GHz-stovky GHz, malá anténa, koncentrace signálu do paprsku, plánované LAN systémy i pro EHF spektrum (milimetrové vlny), dostupné velké šířky pásma

Infračervené světlo – mili-až nanometrové vlny, pásmo 300GHz- 200THz, 2/více bodové spoje, nutná přímá viditelnost vysílač-přijímač, lze přijímat i odrazy od strupu apod., neprochází stěnou

**43. Vrstva datového spoje**

-leží mezi fyzickou a síťovou vrstvou ; používá služby fyzické vrstvy, poskytuje služby vrstvě síťové  
 -přenáší pakety mezi dvěma komunikujícími entitami (uzly) propojenými sdíleným přenosovým médiem  
 -zaručuje spolehlivost přenosu mezi těmito entitami, řídí přístup těchto entit k přenosovému médiu  
-Služby: práce s pakety, adresování (opatřování MAC adresou), chybové řízení, řízení toku, řízení přístupu k médiu



**44.Fyzická vrstva**

-informace mezi komunikujícími uzly fyzicky přenáší na přenosové médium ; funkcionalitu bezprostředně spolupracující s přenosovým médiem poskytuje fyzická vrstva uzlu ; fyzická vrstva poskytuje služby pro vrstvu datového spoje ; fyzická vrstva řídí děje v přenosovém médiu  
 -kóduje bity do elektromagnetických signálů, určuje použité rychlosti b/s ; synchronizace časových intervalů pro zobrazování bitů do signálů mezi vysílačem a přijímačem

**45.Pulsní (baudová) rychlost, bitová rychlost**

-pulsní (puls/s), bitová (b/s)  
 -jestliže 1 puls kóduje 1 bit  $\text{puls.rychlost} = \text{bit. rychlost}$   
 -jestliže 1 puls kóduje  $n(n>1)$  bitů ,  $\text{pulsní rychlost} < \text{bitová rychlost}$   
 -jestliže  $n(n>1)$  pulsů kóduje 1 bit,  $\text{pulsní rychlost} > \text{bitová rychlost}$   
 -bitová rychlost =  $\text{pulsní rychlost} \times \log_2 L$  (sig. kódující data se stupněm dat 2 pulsy s dobou pulsu 1ms – bit.  
 $\text{rychlost} = 1000 \times \log_2 2 = 1000 \text{ b/s}$  ; stupeň dat 4, 1ms =  $1000 \times \log_2 4 = 2000 \text{ b/s}$ )

**46.Kódovací schémata**

Unipolární – 1 kladná hodnota amplitudy, 0 nulová hodnota amplitudy

Polární (Non return to zero) – NRZ-L 1/0 záporná/kladná amplituda ; NRZ-I : 1-změna polarizace amplitudy, 0-žádná změna

Return to Zero – 0/1 = záporná/kladná amplituda v první polovině bitového intervalu, druhá polovina bit. intervalu žádný signál

Manchester – 1bit zakóduje 2 prvky signálu, přechod v polovině bit. intervalu kóduje 1/0 a synchronizuje, 0 dolů, 1 nahoru

Diferenciální Manchester – 1 bit = 2 prvky signálu, inverze amplitudy, 0 – inverze signálu na počátku bit. intervalu, 1=žádná změna

AMI – 1 alternující změna polarizace amplitudy, 0 – žádný signál

**47.Scrambling, kód B8ZS**

-používají US/Jap dig. přenosové systémy, modifikace Bip-AMI, nahrazuje posloupnost 8 nul posloupností s 2 porušeními kódu AMI ; pokud se vyskytne oktet nul a poslední předcházející puls před ním byl pozitivní, pak se oktet zakóduje oktetem 000 + - 0 - + první + reprezentuje porušení definice AMI (resp. 000 -+0+-, první – reprezentuje porušení AMI)

-počet + a – v nahrazovací posloupnosti je sudý

**48.Scrambling , kód HDB3**

-používají evropské dig. přenosové systémy E1, modifikace Bip.-AMI. Na výstup se použít nejvýše 3 po sobě jdoucí nuly, pokud následují za sebou 4 nuly záměrně se zavede porušení alternace polarity (2 impulsy téže polarity následující za sebou) a místo 4 nul se vysílá definované 4 bitové kódové slovo

-každá čtveřice 0 je nahrazena kódovým slovem symbolicky definovaným jako B00V

-V - + A ekvivalent, který porušuje pravidlo alternace bipolarity ve spojení s B ; B-je 0 nebo +/-A , volí se tak, aby následující puls V porušil pravidlo alternace bipolarity

**49.kód MLT-3,2B1Q**

MLT-3-zavedlo Cisco Systems pro optická vlákna, používá jedna z variant 100Mb ethernet, analogie NRZ-1, 3 úrovně signálu (+1,0,-1)

-přechod z jedné úrovně na příští úroveň se děje na začátku bitu 1

-žádný přechod na začátku bitu 0

2B1Q-4 úrovně napětí, každý puls reprezentuje 2 bity, používá se v sítích ISDN na základní úrovni, bitová rychlost je 2x vyšší než baudová

#### **50.4B/5B**

- používá jedna z variant 100Mb Ethernet ; dosahuje zvýšení výkonu kódování pomocí uměle zavedené redundance se navíc zabezpečuje synchronizace, umožňuje zadávání protokolárních povelů, umožňuje detekce chyb
- dělení proudu bitů na 4bitové bloky, náhrada originálních 4 bitových bloků 5 bitovými bloky podporujícími synchronizaci, detekci chyb a umožňující zadávání příkazů pro přijímač kombinacemi nevyužitými pro kódování dat

#### **51.8B/10B/8B/16T**

- 8B/10B-varianta 4B/5B, nahrazují se osmice deseticemi ; lze účinněji implementovat opravy chyb
- 8B/6T- blok 8b dat se kóduje do 6 tříhodnotových signálů, 8b = 256možností ; bohatá redundance se využívá pro synchronizaci a opravy chyb

#### **52.Vzorkování, Vzorkování PAM**

- přenos telefonních hovorů na velké vzdálenosti, analogové signály se musí zesilovat vč. zkreslení šumu, digitální signály se opakují a obnovují v původní podobě
- vzorkování PAM (Pulse amplitude modulation) – PAM pulsy jsou stále analog. signál, nikoli dig. signál, pro přenos digitálními signály se musí PAM signál digitalizovat

#### **53.Rychlost vzorkování, Nyquistova věta o vzorkování**

- přesnost digitální reprodukce analogového signálu závisí na počtu vzorků (nekonečně mnoho vzorků – přesná, málo – reprodukce směru změn)
- Nyquistova věta o vzorkování*- pro přesnou reprodukci analog. signálu z PAM pulsů musí být rychlost vzorkování alespoň dvojnásobek nejvyšší frekvence původního signálu ; rychlost vzorkování musí alespoň dvojnásobně převyšovat nejvyšší frekvenci ve vzorkovaném signálu
- Telefonní kanál – maximální šířka signálu je 4kHz ; signál je tudíž nutné vzorkovat 8000x/s, každých 125μs ; vzorek se kvantizuje typicky do 256 úrovní ; vzorky se kódují do osmic bitů ; pro přenos je nutná rychlost 8b x 8000/s = 64kb/s ;
- Kanál barevné televize – efektivní šířka pásma signálu je 4,6MHz, signál je tudíž nutné vzorkovat 9 646 899x/s, pro dosažení rozumné kvality se vzorky kvantizují do 1024 úrovní, vzorky se kódují do desetic bitů ; pro přenos je nutná rychlost 10b x 9,2Mbps = 92Mbps

#### **54.Režimy digitálního vysílání**

- Sériové vysílání – synchronní vysílání, asynchr. vysílání, v 1 bitovém intervalu se vysílá 1b jedním vodičem
- Paralelní vysílání – v 1b intervalu se vysílá n, n>1 bitů n vodiči ; typicky n=8 vodičů v 1 kabelu; dražší řešení, obvykle na krátké vzdálenosti

#### **55.Asynchronní vysílání**

- sériové vysílání po skupinách bitů s libovolnými prodlevami mezi skupinami – typická skupina : byte = 8b
- asynchronnost na úrovni skupin bitů, bity ve skupině se přenášejí synchronně
- 1 start bit, 1 stop bit – byte (8b) se vysílá jako 10-ice bitů
- vhodný režim pro pomalé spoje + asynchr. aplikace

#### **56.Synchronní vysílání**

- vysílání bez start/stop bitů a bez mezer mezi skupinami
- vysílá se celý rámec souvisle
- přijímač se musí po celou dobu příjmu rámce udržet synchronní s vysílačem
- předností je nulová režie, používá se pro vysokorychlostní spoje (přenos dat mezi počítači)
- dekompozici na bajty zajišťuje datová vrstva

### **57. Analogový / digitální signál**

- Analogový sig. – v čase se mění hladce ; lze ho šířit jak vodiči, tak bezdrátovým prostředím
- Digitální sig. – má po jistou dobu konstantní úroveň a pak se skokově změní na jinou konstantní úroveň ; je při přenosu méně ovlivnitelný šumem než analog., tlumí se (slábne) při přenosu mnohem více než analog. ; lze šířit pouze vodiči

### **58.Periodický signál (analogový nebo digitální)**

- v měřitelném časovém rámci / periodě / vytváří (analog. nebo digitál.) typový vzorek opakovaně se vyskytující v následujících identických periodách ; perioda signálu se značí T
- perioda T, frekvence  $f=1/T$  ; amplituda A, fázový posuv  $\varphi$ , vlnová délka,  $\lambda=v \cdot T$ , ve vakuu=  $3 \times 10^5$  km/s
- digitální i analogové signály mohou být periodické a aperiodické
- pro přenos dat se obvykle používají – periodické analogové a aperiodické digitální signály

### **59.Kompozitní signály**

- sinusová vlna s frekvencí 60Hz se používá např. pro přenos energie
- sinusová vlna s jedinou frekvencí není použitelná pro obecný přenos dat
- pro efektivnější přenos dat kódování dat do signálu (1 sign. prvek nese více bitů) se musí měnit více charakteristik signálu
- výsledný signál již pak není sinusovou vlnou, současnou změnou více charakteristik vzniká kompozitní signál, ten je vytvářen kompozicí více sinusových vln lišících se amplitudou a/nebo frekvencí a/nebo fází

### **60.Šířka pásma**

- je to vlastnost přenosového média (rozdíl mezi nejvyšší a nejnižší frekvencí, které médium propouští)
- pojem šířka pásma se často používá rovněž pro označení šířky spektra signálu
- efektivní šířka pásma signálu obsahuje složky signálu, které přenáší množství energie nutné pro rozpoznání přenášené informace
- pokud je šířka pásma menší než efektivní šířka pásma signálu, signál se průchodem média zkresluje

### **61.Digitální signál, bitový interval, bitová rychlost**

- pro většinu dig. signálů je pojem perioda irelevantní digitální signály jsou vesměs
- bitový interval – pojem nahrazující pojem perioda
- bitová rychlost – pojem nahrazující pojem frekvence

### **62.Dig. šířka pásma vs analog. šířka pásma**

- když se vysílá analog. signál médiem, používáme pojem (analog.) šířka pásma -> v Hz, interval frekvencí, které médium propouští
- když se vysílá digitální signál médiem, používáme pojem (digit.) šířka pásma -> v b/s, max. bitová rychlost, které médium umožňuje použít

### **63.Způsoby vyjadřování rychlosti přenosu digitálních dat**

- baudová rychlost – počet signálových prvků /s [Bd]
- bitová rychlost resp. přenosu dat - počet bitů /s [b/s]
- oba způsoby se shodují jen při 2-hodnotovém prvku signálu
- baudová rychlost = bitová rychlost (0: jedna hladina signálu, 1: opačná hladina signálu, např. kód dig. signálu NRZ
- baudová rychlost < bitová rychlost – 2 amplitudy analog. sig. ve 4 hodnotách fáze =  $8(=2^3)$  kombinací ; jeden prvek signálu reprezentuje 3 bitovou kombinaci
- baudová rychlost > bitová rychlost – každý bit se kóduje do více prvků signálu ; např. do několika pulsů (Manchester kódování (Ethernet))

#### **64. Analogové versus digitální vysílání**

- pro rozpoznání digitálního signálu při příjmu postačuje přenášet konečný počet harmonických složek
- přenosový kanál musí být typu dolní propust
- přenosový kanál typu dolní propust lze použít pouze tehdy, když je přenosové médium dedikované pro spojení 2 zařízení (point-to-point) nebo je sdílené více zařízeními střídavě v čase (časový multiplex)
- digitální sig. lze přenášet digitální data i analogová data

#### **65. Meze bitové rychlosti přenosu dat**

- max. dosažitelná bit. rychlost přenosu dat kanálem je dána – dostupnou šířkou pásma, rozsahem frekvencí propouštěných přenosovým kanálem, počtem rozpoznatelných prvků signálu způsobem kódování dat do signálových prvků
- kvalitou kanálu – množstvím cizorodé, škodlivé energie v kanálu, šumu

#### **66. Nyquistova věta**

- platí pro idealizovaný kanál BEZ ŠUMU
- určuje maximální rychlost přenosu dat  $C$  (b/s) více-prvkovým signálem v kanálu bez šumu s šířkou pásma  $B$  (Hz)
- $C = 2B \times \log_2 M$ , kde  $M$  = počet signálových úrovní, typicky 2,4,16,64 (při 3kHz telefonní pásmo, binárně přenášení dat rychlostí až 6kbps)

#### **67. Poměr signál/šum**

- Signal-to-Noise Ratio (SNR, resp.  $S/N$ )
- poměr výkonu datového signálu  $N_1$  ( $S$ , signal) k výkonu šumového signálu  $N_2$  v kanále ( $N$ , noise)
- typicky měřený na straně přijímače  $SNR_{dB} = 10 \log_{10} N_1/N_2$  [dB]
- poměr SNR na vstupu přijímače je klíčovým bodem návrhu komunikačního systému:  $SNR > 10\text{dB}$  (výkon šumu nepřesahuje 10% výkonu signálu, přenos dat lze řešit bez zabezpečování proti vlivu šumu) ;  $10\text{dB} > SNR > 4\text{dB}$  (realizace přenosu dat vyžaduje aplikaci zabezpečení proti vlivu šumu) ;  $SNR < 4\text{dB}$  (výkon šumu se blíží k 50% výkonu signálu, nemožňuje racionálně zabezpečit přenos dat)

#### **68. Síla signálu, decibely**

- používá se jednotka Bel, běžně její desetina - decibel (dB) ; 1 dB – minimální změna úrovně zvuku rozpoznatelná lidským sluchem ; decibel – jednotka míry poměru mezi 2 úrovněmi signálu ;
- decibellový zisk / ztráta –  $G_{dB} = 10 \log_{10} P_{out} / P_{in}$  (kde  $P$  značí výkon)

#### **69. BER – Bit error rate**

- pravděpodobnost výskytu 1-bitové chyby během přenosu dat, typické vyjadřování BER  $10^{-6}$  značí výskyt 1 chyby na  $10^6$  bitů
- BER je vymežována hodnotou SNR, zvýšení BER je způsobeno – snížením výkonu signálu – ztráta směřování antény, útlum signálu
- zvýšením výkonu šumu – interference, vznik zdroje šumu

#### **70. Shannonova věta**

- rychlost přenosu dat  $C$  kanálem s šířkou pásma  $B$  se ŠUMEM o nenulovém výkonu
- $C = B \log_2 (1 + S/N)$
- reprezentuje teoretické dosažitelné maximum, v praxi se pracuje s nižšími rychlostmi než se Shannonovou rychlostí
- vysoká hodnota SNR odpovídá vysoce kvalitnímu přenosovému prostředí, ve kterém lze např. používat malý počet mezilehlých opakovacích
- SNR stanovuje horní mez dosažitelné rychlosti přenosu dat

### **71. Defekty při přenosu signálu**

-Útlum, slábnutí - slábnutí signálu, ztráta energie -způsobí např. odpor média (oteplování média) přeměna elektromagnetické energie na teplo

-Zkreslování (kompozitního signálu)- ztráta tvaru, způsobuje rozdílnost rychlostí šíření signálu na různých frekvencích

-Šum- vliv cizorodé energie, termální šum, indukovaný signál, přeslech, impulzní šum, ...

### **72. Digitální modulace, baudová / bitová rychlost, nosný signál**

-baudová rychlost – počet přenesených signálových prvků /s , bitová rychlost – počet přenesených bitů /s

-nosný signál (hantýrka – nosná frekvence) – bázový analogový signál modulovaný (změnami amplitudy, frekvence a/nebo fáze), modulujícím signálem – digitálními daty ; přijímač je naladěný na příjem nosného signálu

### **73. ASK Amplitudová digitální modulace**

- také on/off keying, OOK, jeden signálový prvek – nulová amplituda ; digitální modulace nejvíce ovlivňovaná šumem

-fourierův rozklad ASK signálu na harmonické složky je teoreticky na nekonečnou šířku pásma

### **74.QAM – Kvadrurní amplitudová modulace**

-PSK špatně rozlišuje malé difference , ASK špatně rolišuje více než 2 hodnoty amplitudy, ASK je citlivá na šum

-QAM je vylepšení PSK kombinací s ASK – mění se 2 charakteristiky signálu, fáze a amplituda -> cílem je maximální možná odlišnost hodnot signálových prvků, počet změn amplitud bývá menší než počet změn fází  
-minimum šířky pásma QAM je stejné jako pro ASK / PSK, QAM má stejné přednosti před ASK jako má PSK (samostudium! :-D)

-konstelační vzorek 8-QAM má 8 bodů rovnoměrně rozprostřených po kružnici. Je-li bit.rychlost 3000b/s, baudová rychlost je  $8=2^3$ ,  $3000/3 = 1000$  (baud) ; rychlost signálu 64-QAM  $72000\text{b/s}$   $\log_2 64=6$ ,  $72000/6 = 12\,000$  (baud) ; 16-QAM 1000 baud, bitová rychlost –  $\log_2 16 = 4$ ,  $1000 \times 4 = 4000$  b/s

### **75.Digitální modulace, analogová modulace**

-Digitální modulace-digitální data -> na analogový signál v základním pásmu ; základní pásmo – zde ve významu pásmo frekvencí signálu před jeho modulací pro přenos v jiném pásmu frekvencí (0 až  $f_{\max}$ ); základní metody digitální modulace – ASK, FSK, PSK, QAM

-Analogová modulace- předkládá centrální frekvenci analogového signálu ze základního pásma do pásma nové nosné rádiové frekvence ; výsledný signál zabírá pásmo frekvencí centrované okolo nové frekvence nosného signálu; Máme 3 techniky modulace – Amplitudová, frekvenční, fázová