

1 Principy síťových architektur, vrstvé modely, model ISO/OSI – komunikace, entity, protokoly, služby

1.1 Vrstvé modely

- rozdělení komunikace na několik vrstev
- vrstva:
 - definována službou poskytovanou vrstvě bezprostředně vyšší
 - využívá služeb vrstvy bezprostředně nižší
- protokol:
 - soubor pravidel používaných stejnolehlými vrstvami k vzájemné komunikaci
- výhody:
 - přizpůsobivost – stačí vyměnit vrstvy, kterých se změna týká

1.2 Model ISO/OSI

- referenční komunikační model označený zkratkou slovního spojení "International Standards Organization / Open System Interconnection" (Mezinárodní organizace pro normalizaci / propojení otevřených systémů)
- rozděluje vzájemnou komunikaci mezi počítači do sedmi souvisejících vrstev
- úkolem každé vrstvy je poskytovat služby následující vyšší vrstvě



1.2.1 Fyzická vrstva

- specifikuje bitový přenos z jednoho zařízení na druhé prostřednictvím fyzického média
- definuje fyzické, elektrické, mechanické a funkční parametry týkající se fyzického propojení jednotlivých zařízení.
- vrstva zajišťuje synchronizaci (synchronní vs. asynchronní komunikace) a multiplexing – několik logických spojení lze realizovat jedním fyzickým médiem

1.2.2 Linková vrstva

- přístup ke sdílenému médiu a adresaci na fyzickém spojení – tj. v jednom síťovém segmentu
- datové jednotky přenášené linkovou vrstvou jsou rámce (frame).

1.2.3 Síťová vrstva

- zajišťuje adresaci v rámci síťového prostředí s více fyzickými segmenty
- používá logické adresy a prostřednictvím nich přenos dat z jednoho zařízení na druhé i z jedné sítě do jiné
- datové jednotky přenášené síťovou vrstvou jsou pakety (packet)

1.2.4 Transportní vrstva

- zajišťuje spolehlivost a kvalitu přenosu jakou požadují vyšší vrstvy
 - spojově orientované (connection-oriented) služby (TCP)
 - nespojově (connectionless) služby (UDP)

- datové jednotky TPDU (Transport Layer Protocol Data Unit)

1.2.5 Relační (spojová) vrstva

- pravidla pro navazování a ukončování datových přenosů mezi uzly na síti
- služby typu překlad jmen na adresy nebo bezpečnost přístupu.
- datové jednotky SPDU (Session Layer Protocol Data Unit)

1.2.6 Prezentační vrstva

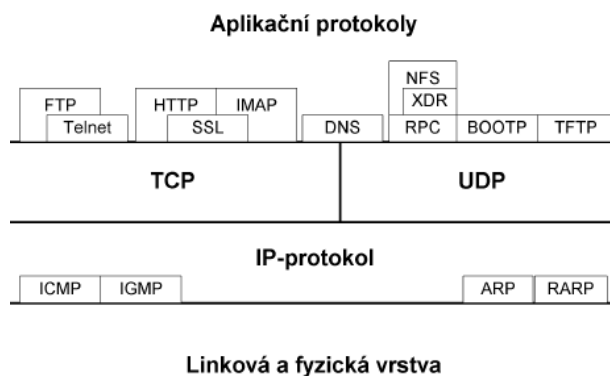
- formátování a syntaxe dat
- šifrování /dešifrování a komprese/dekomprese dat
- Datové jednotky PPDU (Presentation Layer Protocol Data Unit)

1.2.7 Aplikační vrstva

- nejvyšší vrstva v modelu
- souborové přenosy, sdílení zdrojů, přístup k databázím, prohlížení webových stránek, ovládání programů, apod.
- datové jednotky APDU (Application Layer Protocol Data Unit)

1.3 Přenosové protokoly TCP/IP

- oproti modelu ISO/OSI má „pouze“ 4 vrstvy



1.3.1 IP (Internet Protocol)

- prakticky odpovídá síťové vrstvě
- identifikace uzlu IP adresou
- přenáší IP datagramy (s adresou příjemce) -> mohou dorazit v jiném pořadí než byly odesílány

1.3.2 TCP a UDP protokoly

- odpovídají transportní vrstvě
- TCP – TCP segmenty, spojované služby
- UDP – UDP datagramy, nespojované služby
- adresování pomocí portu

1.3.3 Aplikační protokoly

- odpovídají vyšším vrstvám modelu ISO/OSI

Uživatelské protokoly

- FTP/TFTP (File Transfer Protokol / Trivial FTP)

- přenos souborů mezi počítači
- FTP – TCP, TFTP – UDP
- HTTP/HTTPS (Hypertext Transfer Protocol)
 - určený původně pro výměnu hypertextových dokumentů ve formátu HTML
 - v současnosti pomocí rozšíření MIME umí přenášet jakýkoli soubor
 - HTTPS - zabezpečená nadstavba nad HTTP, zabezpečení SSL nebo TLS
- TELNET
 - terminálový provoz
 - nešifrovaná komunikace
- POP3 / IMAP / SMTP
 - protokoly pro práci s elektronickou poštou

Služební protokoly

- směrovací protokoly
- spravovací protokoly (SNMP)

2 Charakteristiky sdělovacího prostředí, základní přenosové pojmy

2.1 Charakteristiky sdělovacího prostředí

- zkreslení signálu průchodem – útlum a fázový posun
- **Fázová charakteristika**
 - fázový posun signálu
- **Amplitudová charakteristika**
 - útlum signálu
 - udává se v decibelech (dB)
- **Šířka přenosového pásma**
 - omezeno frekvencemi - „vanová“ křivka $\rightarrow f_{\min} - f_{\max}$

2.2 Základní přenosové pojmy

2.2.1 Modulační rychlost

- jak rychle lze měnit přenášený kanál – počet změn signálu za jednotku času
- omezení šířkou pásma
- **Nyquistovo kritérium:** $v_{\text{modulační}} = 2 \cdot \text{šířka pásma [Bd]}$

2.2.2 Přenosová rychlost

- objem dat přenesených za jednotku času
- $v_{\text{přenosová}} = v_{\text{modulační}} \cdot \log_2(N)$ [bps]
- rovnají se když $n=2$
 - přenos v základním pásmu nebo v případě dvoustavové modulace
- **zvyšování přenosové rychlosti**
 - šířka pásma (změna přenosového média)
 - počet stavů
 - *Shannonův teorém*
 - $v_{\text{přenosová}} = \text{šířka pásma} \cdot \log_2(1 + \text{signál/šum})$
 - závisí pouze na kvalitě linky

2.2.3 Efektivní přenosový výkon [bps]

- objem přenesených „užitečných“ dat
- **snižující výkon**
 - režie přenosu ...
- **zvyšující výkon**
 - komprese dat

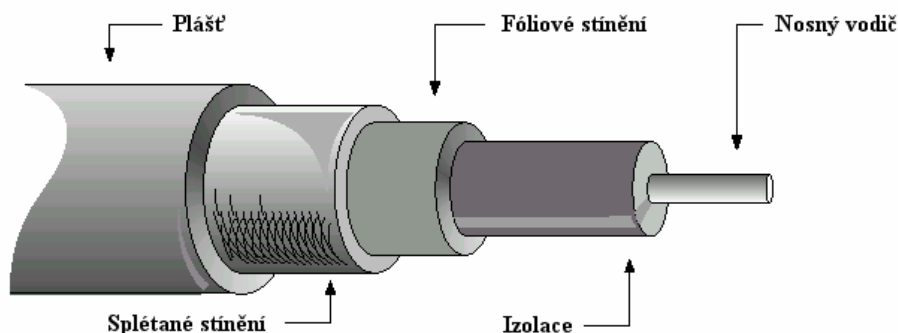
3 Přenosová média – kroucená dvoulinka, koaxiální kabel, optická vlákna, bezdrátové a družicové spoje

- nežádoucí vlastnosti: **útlum** a **zkreslení**

3.1 Kroucená dvoulinka

- **STP** (Shielded Twisted Pair) – stíněná, 150 ohmů
- **UTP** (Unshielded Twisted Pair) – nestíněná, 100 ohmů
- **FTP** (Foiled Twisted Pair) – stíněné všechny páry
- lanko nebo drát
- dva vodiče vzájemně obtočeny
 - minimalizace přeslechů a rušení
- signál přenášen jako rozdíl mezi dvěma signály
- **kategorie:**
 - *Kat. 1* - 1 Mb/s, používá telefonní rozvody
 - *Kat. 2* - 4 Mb/s, používalo se pro IBM Token Ring
 - *Kat. 3* - maximálně 16 MHz, 10baseT Ethernet
 - *Kat. 4* - maximálně 20 MHz, Token Ring 16 Mb/s
 - *Kat. 5* - maximálně 100 MHz, 100 m, 100BaseTX
 - *Kat. 5E* - maximálně 100 MHz, 25 m, 1000BaseTX
 - *Kat. 6* - maximálně 250 MHz
 - *Kat. 7* - maximálně 600 Mhz
- **výhody:**
 - snadné použití, univerzálnost (telefony atd...)
 - nízká cena
- **nevýhody:**
 - UTP citlivější na šum než koax - UTP max 100m

3.2 Koaxiální kabel



- nosný vodič - drát nebo lanko
- izolace – dielektrikum
- fóliové stínění – tenká vrstva, obvykle z hliníku, není u všech
- splétané stínění – měď nebo hliník
- šířka pásma – 500MHz
- rychlost 10 – 100 Mb/s na 1 km
- **výhody:**
 - velká odolnost proti šumu
 - relativně snadná instalace

- přiměřená cena
- **nevýhody:**
 - náchylný k poškození
 - přenáší pouze jeden signál
 - nutnost terminace kabelu

3.3 Optická vlákna

- velká rezerva
- signály o vysoké frekvenci – 10^8 MHz
- malý odpor
- imunní vůči elektromagnetickému rušení
- „vedení“ **světla:**
 - využívá se odrazu a lomu – cílem je dosáhnout úplého odrazu → vhodně zvolit úhel dopadu
- **složení:**
 - *jádro (core)*
 - jeden nebo více skleněných vláken (popř. plastických, jednodušší na výrobu; jen na kratší vzdálenosti)
 - *plášť (cladding)*
 - společně s jádrem jako jedna část
 - ochranná vrstva (obvykle plast), nižší index lomu než jádro
 - *obal (buffer coating)*
 - vnější ochranné pouzdro
 - může být společné pro více vláken

3.3.1 Mnohavidová vlákna

- světlo šířeno ve svazcích -> vidová disperze (každému vidu trvá cesta různě „dlouho“) -> zkreslení
- tlustší jádro
- světlo v rozsahu 850nm – 1300nm
- dosah stovky metrů až kilometry

3.3.2 Jednovidová vlákna

- pouze jeden vid -> žádné zkreslení
- větší dosah (desítky až stovky kilometrů)
- tenké jádro (do $10\mu\text{m}$)
- světlo v rozsahu 1300nm – 1550nm
- složitější na výrobu, dražší

3.3.3 Vlastnosti optických kabelů

- přenos na velké vzdálenosti (stovky km bez obnovy signálu)
- rychlosti více jak 10Gb/s (laser)
- vyráběny většinou v páru (každé vlákno pro jeden směr)
- **Vlnový multiplex (WDMA)**
 - přenos několika nezávislých signálů po jednom vlákně
 - světlo je rozloženo na několik barev (běžně desítky, laboratorně tisíce)

3.4 Bezdrátové spoje

3.4.1 Rádiové spoje

- snadné generování a příjem
- relativně velký dosah, prostupují i budovami
- malá rychlost

3.4.2 Mikrovlnné spoje

- 1-12GHz, přímočaré šíření
- použití směrových parabolických antén
 - malý výkon a odolnost proti rušení
 - nutná přímá viditelnost
- max. desítky kilometrů od sebe
- rychlost: desítky Mb/s
- nejrozšířenější:
 - WiFi – 2.4 GHz, 5 GHz

3.4.3 Troposférické spoje

- odraz od horních vrstev atmosféry (cca 16 km)
- nutný velký výkon vysílače (desítky kW)
- přijímaný signál velmi slabý (asi 1 nW)

3.4.4 Družicové spoje

- geostacionární družice – přibližně 36000 km
- pasivní družice – pouze odrážejí signál
- aktivní družice – více transpondérů
 - přijímají signál, převádějí, zesilují a vysílají

3.4.5 Optické sítě

- komunikace na přímou vzdálenost, ovlivňováno počasím
- až 4km, stovky Mb/s až Gb/s

4 Přenos dat v základní pásnu, asynchronní, aritmický a synchronní přenos, udržování synchronizace, multiplexování a přepojování

4.1 Přenos dat v základním pásnu

- snaha přenášet stejnosměrný signál a měnit (modulovat) jej dle přenášených dat
- velký vliv omezené šířky přenosového pásma na signály obdélníkového průběhu
- použití:
 - koaxiální kabely
 - TP v LAN
 - obecně na kratší vzdálenosti

4.2 Asynchronní přenos

- intervaly mezi jednotlivými přenášenými bity nejsou stejné (nemá konstantní délku bitového intervalu)
- nutnost explicitního určení začátku a konce intervalu
 - 3stavová logika – synchronizační značky nebo jejich posloupnosti
- speciálním případem asynchronního přenosu je přenos Aritmický

4.3 Aritmický přenos

- znakově orientovaný přenos
- přenáší se stejné skupiny bitů (znaky)
- časové prodlevy mezi jednotlivými znaky mohou být libovolné
- start bity – začátek znaku
- jednotlivé bitové intervaly v rámci znaku si příjemce odměřuje sám
 - jeho hodiny musí být stejně rychlé jako odesílatelovi po dobu trvání vysílání jednoho znaku

4.4 Synchronní přenos

- přenáší se celé bloky dat
- přenosová rychlost musí být volena s ohledem na nejpomalejší zařízení na straně příjemce dat
- synchronizace se udržuje po celou dobu přenosu souvislého bloku dat

4.4.1 Udržování synchronizace

- samostatným časovacím signálem (zřídka)
- odvozením časováním od dat
 - hodiny příjemce seřizeny dle přicházejících dat
 - nesmí se vyskytovat dlouhé úseky beze změn -> scrambler (vkládání pseudonáhodných dat)

- sloučením časování a dat – pomocí kódování (nejčastěji)
 - **Manchester kódování**
 - u Ethernetu
 - uprostřed každého bit intervalu je vždy hrana, podle které se seřizují hodiny

4.4.2 Typy synchronizace

- **Na úrovni bitů**
 - týká se správného rozpoznání jednotlivých bitů (bit intervalů)
- **Na úrovni znaků**
 - správné rozpoznání znaků
 - arytmičtý přenos – start bity
 - synchronní přenos – odpočítávat bity
- **Na úrovni rámců**
 - rozpoznání začátku a konce linkového rámce
 - u bitově orientovaných linkových protokolů
 - křídlová značka na začátku rámce
 - u znakově orientovaných jednoduchá – začátek rámce indikuje speciální znak

4.5 Multiplexování

- řeší se problém jak rozdělit jednu cestu na více kanálů
- analogové a i digitální techniky, deterministické a statické techniky,

4.5.1 Frekvenční multiplex

- použití v analogových sítích
- jednotlivé vstupy se posunou do různých frekvenčních poloh a pak se sloučí do 1 výsledného signálu o větší šířce pásma
- neefektivní – velká režie na vzájemné oddělení signálů
- použití u ADSL , GSM – na rozdělení širších frekvenčních pásem

4.5.2 Časový multiplex

- digitální technika
 - cesta se rozdělí na časová okna (sloty) a ty se napevno přiřadí vstupům
 - během každého slotu se veškerá šířka pásma věnuje danému vstupu
- celková kapacita se dělí v poměru rozdělení slotů
- jednotlivé kanály mají předem napevno dané sloty s pevnou kapacitou, pokud ji nevyužije, může se přiřadit někomu jinému
- malá režie

4.5.3 Statický multiplex

- vhodný tam, kde kanály produkují kolísající zátěž (časový pro konstantní zátěž)
- časové sloty nejsou přiřazeny pevně, ale podle skutečné potřeby

4.5.4 Kódový multiplex CDMA

- přenosová kapacita se použije celá najednou
- vše se zabalí do jednoho bloku
- blok přenesen ke všem příjemcům – vyberou si co potřebují
- maximální efektivita
- mobilní sítě 3 generace UMTS

4.5.5 Vlnový multiplex WDMA

- pro optiku
- každá barva samostatná data
- více cest – větší kapacita

4.6 Přepojování

4.6.1 Spojované sítě

- **přepínání okruhů** - ustanovuje je komunikační cesta
- udržuje se dokud jeden z koncových uzlů neskončí
- souvislá přenosová cesta s garantovanou kapacitou - kapacita vyhrazena i když ji nepotřebují
- přenos probíhá v reálném čase +- zpoždění
- přenos má spojovaný charakter - příjemce nemusí být adresován
- data nemusí být balena do rámců – chová se jako bytová roura
- použití: původní digitální tel. síť

4.6.2 Nespojované sítě

- **přepínání paketů**
- data vysílána v samostatných paketech
- neudrží spojení mezi koncovými body
- data mohou proudit po různých cestách
- přenos neprobíhá real-time
- bloky musí být označeny

Spojovaná varianta

- na začátku je navázáno spojení mezi příjemcem a odesílatelem – virtuální okruh
- logické směrování v uzlech
- žádná garance kapacity
- všechny bloky přenášeny stejnou cestou
- každý blok stačí označit id okruhu
- použití: pro velké objemy dat a souvislé přenosy

Nespojovaná varianta

- každý blok přenášen jako samostatný blok – datagram
- každý datagram musí mít adresu cíle
- volba trasy vždy individuálně
- použití: menší objemy dat a příležitostné přenosy

4.6.3 Režimy přepojování

- **store-and-forward** - přepínač přijme celý paket, ověří CRC a poté přeposílá dále
- **cut-trough** – načte se pouze hlavička paketu a okamžitě posílá dále
- **fragment-free** – načte celé kolizní okno (64b) a přeposílá pouze když je bezchybný
- **hybridní** – kombinace

4.7 Rozdíl směrování a přepojování

4.7.1 Routing

- přepojování na síťové vrstvě
- použití směrovačů, bere v úvahu topologii sítě -> relativně náročné
- řeší se softwarově -> pomalé

4.7.2 Switching

- přepojování na linkové úrovni
- Store-and-Forward nebo Cut-Through
- bere v úvahu jen bezprostřední okolí
- HW

5 Přenos dat v přeloženém pásmu, modulace amplitudová, frekvenční a fázová

- přenáší se takový signál, který daná cesta přenáší nejlépe – harmonický nikoli obdélníkový
- 3 druhy modulací (dle přenášených dat se mění některé parametry přenášeného signálu)
 - amplitudová
 - fázová
 - frekvenční
- **vícestavová modulace**
 - modulovaný signál má určitý počet stavů n (každý může reprezentovat $\log_2 n$ bitů)
 - základní metody modulace nemohou dosáhnout nejvyšších rychlostí - **kombinace**
 - nejlépe se rozpoznají stavy u fázové modulace

5.1 Amplitudová modulace

- amplituda je „přepínána“ mezi dvěma úrovněmi
- obsahuje nosnou vlnu a dvě (součtové a rozdílové) postranní pásma (DSB - Dual Side Band)

5.1.1 Jednopásmová AM (SSB)

- jedno z pásem se potlačí (nesou shodnou informaci)
- menší šířka pásma a menší vzájemné rušení

5.1.2 Kvadrurní AM (QAM)

- umožňuje přenos 2 nezávislých signálů v jednom frekvenčním pásmu
- kombinace fázové a amplitudové modulace
- 4-QAM, 16-QAM, 64-QAM
- používaná v DVB

5.2 Frekvenční modulace

- vstupní signál řídí kmitočet oscilátoru
- modulace: kmitočtový zdvih
- **metody demodulace**
 - *sklonové detektory (diskriminátory)*
 - rezonanční LC obvod s dostatečnou kvalitou
 - *fázový závěs*
 - fázový detektor ovládá napětí na VCO

5.3 Fázová modulace

- vstupní signál řídí fázi přenášeného signálu
- 2 druhy modulace:
 - s referenční fází – **PSK**
 - diferenciální – **DPSK**

5.3.1 Binární PSK (2PSK nebo BPSK)

- každému bitovému intervalu odpovídá 1 změna fáze

5.3.2 Binární diferenciální PSK (2DPSK nebo BDPSK)

- vyjadřuje změnu fáze oproti předchozímu bitovému intervalu
- různé fázové posuny

6 Sériová rozhraní a jejich charakteristiky

- přenosy dat na principu přepojování okruhů
- využití veřejné datové sítě pro potřeby datových přenosů
 - RS-232, modemy, terminálová emulace, dálkové ovládání, vzdálený přístup

6.1 EIA RS-232C

- asynchronní přenos (do 20m (max 80m), rychlost 115kb/s)
- start bit a parita se stop bitem
- **typy zařízení:**
 - DTE (terminál, počítač), DCE (modem periferie)
- **2 možné stavy signálů:**
 - On (mark) – kladné, vyšší napětí
 - Off (space) – opačná hodnota
- **signály:**
 - RxD – vstupní data
 - TxD – výstupní data
 - DTR – indikace připravenosti terminálu
 - DSR – ind. připravenosti periférie
 - RTS – žádost o vyslání dat – nepoužívaný (kvůli fullduplexu modemu)
 - CTS – povolení vyslání dat – nepoužívaný (kvůli fullduplexu modemu)
- **úrovně signálů**
 - $0 \geq 3V, 1 \leq -3V$

6.2 20mA proudová smyčka

- alternativa k RS-232
- lepší odolnost vůči šumu
- vzdálenost až do 1km
- rychlost viz RS-232 (115kb/s)
- úrovně signálu : 0 – 0 mA, 1 – 20mA

6.3 EIA RS-422

- diferenciální signály
- přenos pomocí kroucené dvoulinky
- až 10 přijímačů na 1 vysílač
- rychlost až 2.5Mb/s, vzdálenosti do 1.2km
- úrovně signálu : 0 – kladná polarita, 1 – záporná polarita

6.4 Rozhraní EIA RS - 423

- vylepšená RS-422, až 32 vysílačů, přijímačů nebo kombinace, do 10m až 25Mb/s, do 100m – 1Mb/s
- **pracovní režimy:**
 - *1 Twisted Pair*
 - poloduplexní přenos – režim multimaster, všechny stanice musí mít 3-stav budič
 - potřeby SW ochrany proti vysílání více zařízení najednou
 - použití - zabezpečovací zařízení
 - *2 Twisted Pair*
 - master nemusí mít 3-stav budič, každá stanice má unikátní adresu
 - master rozesílá data všem připojeným - stanice odpovídá pouze na rámce určené jí

7 Sběrnice USB a FireWire

7.1 USB (Universal Serial Bus)

- univerzálnost – náhrada specifických rozhraní
- sériový přenos
 - asynchronní režim – jako standardní sériové porty
 - synchronní režim – plně duplexní přenos
- napájení až 127 periférií 5V do součtu 0.5A
- **3 různé vrstvy**
 - Low speed – 1.5Mbit/s
 - Full speed – 12Mbit/s
 - High speed – 480Mbit/s (přidáno v USB 2.0)
- 2 typy konektorů – typ A (USB Host) a typ B (USB Device)
- kabely
 - stíněné i nestíněné 4vodičové spojení
 - dva pro napájení, 2 pro data
 - do 1.5Mbps nemusí být stíněný, max 3m
 - do 12Mbps musí být stíněný, max 5m
- přenos dat
 - stream – isochronní přenos
 - message – asynchronní přenos, pevná struktura
 - control mode (konfigurace zařízení), bulk mode (větší objem dat), interrupt mode (přerušování, změna stavu), isochronní režim (komunikace v RT)

7.2 FireWire

- až 63 zařízení v jedné síti
- 2 typy
 - **IEEE 1394 (FireWire)**
 - 400Mbps
 - 6-vodičový kabel
 - Délka kabelu 5-20m
 - **IEEE 1394b (FireWire 800)**
 - 800Mbps
 - Kabel až 100m
 - Zpětně kompatibilní
 - pomocí kabelu též napájení
- **struktura zapojení**
 - kaskádní zapojení (daisy chain)
 - periférie jedna za druhou, ID dynamicky
 - root uzel – pouze 1, má nejvyšší ID
- **přenos dat**
 - *asynchronní přenos*
 - pošlou se data a čeká se na odpověď, nová data až po příjmu potvrzení
 - *isochronní přenos*
 - přesná míra přenosu dat – není závislá na čase
 - vysílač má vždy sběrnici pouze pro sebe
 - nutné vyrovnávací paměti

8 Ochrana proti přetížení a zkratu

8.1 Možnosti přetížení

- Zkrat (diverzant)
- Přepětí (atmosférický výboj)
- konflikt na sběrnici

8.2 Ochrana proti přepětí a zkratu

8.2.1 Malá přepětí

- Zenerovy diody – antiparalelní zapojení (neznáme polaritu přepětí, nesmíme zkratovat signál)

8.2.2 Velká napětí

- **bleskojistky** – přeskočí oblouk
- **galvanické oddělení** – zařízení na 1 sběrnici jsou galvanicky odděleny
- **transformátor**
 - nepřenesení stejnojmenná složka
 - možnost plného duplexu
 - odolnost > 1kV
- **optočlen**
 - pouze simplexní přenos,
 - odolnost > 1kV
 - menší a lehčí transformátor

9 Modemy

- propojení pomocí existujících infrastruktury, která byla navržena pro jiné účely
- telefonní síť, mobilní síť, kabelová televize, silnoproudé rozvody
- analogové modemy max 33.6kbps
- digitální max 56kbps

9.1 Struktura modemu

- **vysílač** – přeložení spektra datového signálu pomocí vhodné modulace
- **přijímač** – rozpoznání signálu
- **řídící jednotka** - zabezpečuje veškeré řídicí a kontrolní funkce modemu, řídí rozhraní DTE-modem
- **synchronizační jednotka** – generování taktovacího signálu
 - odvození hodin od dat – synchronní přenos
 - hodiny od rozhraní DTE+modem – asynchronní přenos
- **linková jednotka**
 - přizpůsobuje signál vedení
 - galvanicky odděluje signál od vedení
- **Scrambler**
 - generuje ze vstupního toku dat pseudonáhodnou posloupnost dat
 - vytvoří se tzv. bílé spektrum dat
- jelikož vysílač i přijímač pracují se stejnou či blízkou frekvencí nosné tak při duplexním provozu slyší sám sebe – nutné potlačit ozvěny
 - určení koeficientů adaptivního filtrů – ty provedou odečet ozvěn
 - určuje se při navazování spojení – zkouškou linky
- navazování spojení probíhá pomocí INFO sekvence
 - každá INFO sekvence má přesně definovaný sled bitů
 - po navázání spojení modem přechází do stavu pro výměnu dat

9.2 Datové standardy

- V21 – duplexní modem, pro obecnou komutovanou tel. síť
- V22 – duplexní modem, pro komutovanou tel. síť či P2P pevnou linku
- V22bis (bis = přídavek) – pro komutovanou tel.síť a 2drátovou pevnou linku, rozšířený
- V23 – asymetrický se 75bps zpětným kanálem
- V25 – automatické vytáčení a odpovídání v komutovaných sítích
- V26, V26bis, V.27, V.29, V.32, V.32bis, V32ter, V33, V34, V90, V92

9.3 Trellisův kodér/dekodér

- pro zvýšení odolnosti vůči šumu (velká vzdálenost mezi prvky kódování)
- každý uzel označen pomocí 8 možných stavů
- linka je kreslena ze stavu v 1 časovém okamžiku do stavu v příštím čas.okamžiku a reprezentuje přechod z 1 stav do dalšího vyvolaného 2bit vstupem
 - př. přechod ze stavu 000 do 111 je vyvolán pomocí 01

9.4 Detekce a korekce chyb

- provádí především koncové zařízení
- proti impulsnímu rušení navíc speciální protokoly:
- **MNP 1-4**
 - MNP - 10 úrovní

- 1-4 – pouze detekci a korekci chyb
- 5-10 – komprese dat v přenosu
- detekce chyb – zabezpečení cyklickými kódy
- **LAP-M**
 - vychází z HDLC, zabezpečení cyklickým kódem
- **V.42**
 - pro duplexní modemy
 - obsahuje protokoly MNP i LAP-M
- **kód TCM**
 - mřížkový kód
 - obsahuje redundantní bit u sekvence signálových prvků

9.5 Komprese dat

- snížení redundance původní datové sekvence – lepší využití nabízené rychlosti
 - znaková redundance
 - nahrazení stejných (opakujících se) skupin znaků zkráceným bitovým výrazem
 - bloková redundance
 - nahrazení stejných (opakujících se) skupin znaků zkráceným výrazem
 - poziční redundance
 - nahrazuje skupiny znaků, vyskytující se na předem odhadnutelné pozici
- **MNP 5**
 - asynchronní algoritmus, vychází z Huffmanovo kódování
 - snížení znakové redundance
 - každý byte je podroben kompresi a poté zabezpečen dle MNP4
- **MNP 6**
 - Pro rychlé poloduplexní modemy
- **MNP 7**
 - Snižuje i blokovou a poziční redundanci

10 Funkce linkové vrstvy, metody detekce a opravy chyb, metody řízení toku dat

- přenáší celý blok dat (rámec)..
- může fungovat spolehlivě - nespolehlivě, spojovaně - nespojovaně.
- **funkce:**
 - synchronizace na úrovni rámců
 - zajištění spolehlivosti (detekce chyb a náprava)
 - řízení toku (zajistit aby vysílající nezahltl příjemce)
 - přístup ke sdílenému médiu (řeší konflikty)
- původně zajišťovala přenos dat k přímým sousedům – nyní i přenos pře mezilehlé uzly
 - ATM, Frame Relay
- propojení na principu mostu (bridge) nebo přepínače

10.1 Detekce chyb při přenosu

- jen pokud je to od této vrstvy vyžadováno
- **možnosti**
 - parita – příčná, podélná a křížová
 - kontrolní součty
 - CRC (cyklické redundantní kódy)
- **druhy chyb**
 - pozměněná data – změněny jednotlivé bity
 - shluky chyb – změněny celé bloky dat
 - výpadky dat – ztráta
- u synchronního přenosu stačí chybu detekovat na úrovni celých rámců

10.1.1 Zabezpečení paritou

- nejjednodušší způsob
- **příčna** – ke každému zabezpečovacímu slovu přidán 1 paritní
 - sudá – celkový počet je sudý
 - lichá – celkový počet je lichý
- **podélná** – zabezpečení celého bloku dat chápeme jako posloupnost jednotlivých znaků
 - sudý či lichý počet bitů jedničkových bitů ve stejnohlých bitových pozicích
- **křížová** – kombinace obou
- během přenosu lze průběžně provádět kontrolu

10.1.2 Zabezpečení kontrolním součtem

- jednotlivé byty se chápou jako čísla a sečtou se -> výsledný údaj se použije jako kontrolní součet

10.1.3 CRC (Cyclic Redundancy Check)

- každý přenášený rámec je doplněn o zbytek po dělení polynomem (FCS)
- HW i SW

10.1.4 Samoopravné kódy

- Hammingův kód – kód schopný detekovat místo chyby, je založený na existenci povolených a zakázaných kódových kombinací
- povolené hodnoty – hodnoty které mají od sebe navzájem Ham, vzdálenost minimálně k

- zakázané hodnoty – všechny ostatní

10.1.5 Řízení opravy chyb

- 2 způsoby
 - Spolehlivá služba – příjemce se po detekci chyby musí postarat o nápravu
 - Nespolehlivá služba – po detekci chyby se rámeček může zahodit
- Upozornění jak přenos dopadl
 - Potvrzení – ACK/NAK
 - Detekce – zpět CRC
 - Informace – zpět celý rámeček

10.2 Potvrzovací schémata

- pro zajištění spolehlivosti
- pro řízení toku dat – regulace tempa odesílání dat

10.2.1 Stop-and-wait ARQ

- po bloku čeká jeho ACK/NAK potvrzení,
 - po záporném potvrzení se přenos opakuje, počet pokusů je parametrem protokolu
 - přenos se opakuje i v případě, že nedojde odpověď do time-outu
- ztrácejí se jak rámce, tak potvrzení a mohou vznikat duplicity
- výhody:
 - jednoduchá implementace
- nevýhody:
 - vysílač neustále čeká na potvrzení
 - nevyužití kapacity kanálu
- **Continuous RQ** - možné vylepšení – více nepotvrzených rámců na straně příjemce
 - vysílač průběžně posílá rámce, aniž by čekal na jejich potvrzení
 - nutné mít FIFO frontu nepotvrzených rámců
 - rámce se musejí číslovat – vysílač posílá potvrzení (číslo rámce)
 - pokud vysílač přijme zpětně NAK, musí provést opakování
 - selektivní opakování (**Selective-Reject ARQ**)
 - jen ten rámeček který nedošel, příjemce však musí rámce ukládat do buffer (náročné na paměť)
 - návrat zpět (**Go-Back-N ARQ**)
 - vyšle se rámeček chybný a všechny po něm
 - rámce přijaté mimo pořadí se zahazují nebo ukládají do cache paměti

10.2.2 Vlastnosti kontinuálního potvrzování

- dokáží lépe „snášet“ větší přenosové zpoždění
- hodí se na WAN linky, používá se např. v protokolech TCP/IP
- **samostatné potvrzování**
 - potvrzení je přenášeno jako samostatný rámeček speciálního typu, větší režie (potvrzení je malé)
- **nesamostatné potvrzování**
 - potvrzení je zasláno jako součást datových rámců, označováno jako piggybacking

10.3 Řízení toku dat

- nutné čekat na příjemce – vysílač ho nesmí zahltnit

- na úrovni znaků:
 - HW handshake – signály RTS a CTS rozhraní
 - SW handshake – příjemce posílá znaky XON/OFF pro regulaci toku dat
- na úrovni rámců
 - příjemce si reguluje, zda chce poslat další rámeček

10.3.1 Sop-and-wait

- odesílatel vyšle rámeček, příjemce jej přijme a odešle kladné potvrzení, na které čeká odesílatel
- teprve po přijetí tohoto potvrzení může odesílatel opět vysílat

10.3.2 Metoda klouzajícího okénka

- strana vysílače obsahuje vysílací okénko (vyslané rámečky – čekají na potvrzení)
- odesílatel nastaví jeho velikost – počet rámců které lze odeslat do fronty
- přijímač si dle čísla uvnitř okénka zjistí jaký má přijmout rámeček, pokud přijme jiný, zahodí ho,
- pokud přijme číslo, které odpovídá dolní hraně okénka, celé okno se posune
- při vysílání rámečky se inkrementuje HI
- při potvrzení odeslaného rámečky se inkrementuje LO
- je-li $HI - LO < K$, kde K je velikost okénka, zastaví se další vysílání rámců, dokud není tato podmínka splněna

11 Pracovní režimu protokolů linkové vrstvy

- zajišťují přenos dat mezi sousedními uzly sítě
- závislé a typu sítě
- poskytují jak spojované tak nespojované služby
- **Komunikace**
 - jednobodový spoj – protokol zajistí přímou komunikaci
 - mnohobodový spoj – sdílené médium neumožňující vícenásobné přidělení
 - musí existovat mechanismus na přidělení média
- **Přístupové metody**
 - nepředpokládají centrálního arbitra
 - CSMA/CD – použití v Ethernetu (lokálním),
 - Metoda s náhodným přístupem a detekcí nosné
 - Token-pasing (pešek) – pro sítě Token-ring a Token-bus

11.1 Pracovní režimy

11.1.1 NRM (Normal Response Mode)

- Nevyvážená konfigurace
- 1 primary stanice a více secondary stanic
- Okruh
 - 1bodový
 - Mnohobodový
- Příkazy primary stanice – příkazy
- Příkazy ze secondary stanic – odpovědi
- Adresa značí adresu podřízené stanice

11.1.2 ARM (Asynchronous Response Mode)

- Symetrická konfigurace
- Rovnocenné stanice na 2bodovém okruhu
- Dvě dvojice primárních a sekundárních stanic
- Informace se přenáší pouze jako příkazy, potvrzení pouze jako odpovědi, rozlišení je dáno adresami – adresa určuje adresu S stanice příslušné dvojice
- Nutné je řešit problém, kdy obě stanice (P1, S2) vyžadují současně přenos v daném směru

11.1.3 ABM (Asynchronous Balanced Mode)

- Vyvážená konfigurace
- Stanice se nazývají kombinované
- Rozlišení opět adresami – příkaz obsahuje protější adresu, odpověď místní
- Data přenášena jako příkazy v režimu výběr
- Režim výzva se používá k vyžádání potvrzení nebo hlášení o stavu protější stanice

12 Potokoly Kermit, BSC, HDLC a odvozené protokoly

12.1 Znakově orientované protokoly

- protokoly závislé na použité znakové sadě – ASCII/EBCDIC
- řídicí znaky jsou vyhrazeny, nejsou na fixních pozicích

12.1.1 Kermit

- pro usnadnění přenosu souborů mezi různými protokoly
- během jedné relace dokáže přenést několik znakových i binárních souborů a sám zajistí potřebné konverze
- délka bloku je variabilní

12.1.2 Protokol BSC

- poloduplexní znakový přenos dat mezi 1 řídicí a 1 či více podřízenými stanicemi
- při asynchronním přenosu znaky ohrázeny Start a Stop bity
- při synchronním se vysílají pouze informační bity, mezery jsou vyplněny znaky SYN
- sériový či paralelní

12.2 Bitově orientované protokoly

- rámce jsou ohraničeny křídlovými značkami
- pro transparentnost dat se využívá tzv. bit stuffing

12.2.1 HDLC (High-level Data Link Control)

- odvozen z protokolu SDLC
- synchronní plně duplexní komunikace v konfiguraci 2bodové i mnohabodové
- používán (nebo jeho emulace) v ISDN, Frame Relay
- adresa je dlouhá 0, 8 nebo 16 bitů

Funkce protokolu

- vytváření a rušení spojení - před přenosem se musí spojení navázat (ABM, ARM, NRM)
- přenos dat – např. NRM – přenos všech I-rámců je řízen master stanicí
- řízení opravy chyb
 - kladné potvrzování, záporné potvrzování
- řízení toku dat
 - metoda klouzajícího okénka

12.2.2 Odvozené od HDLC

LapB – Link Access Procedure Balanced

- protokol ze zásobníku X.25, podmnožina HDLC, pouze SABM režim
- jiný formát řídicího pole, adresa využita pro specifikaci povelu
- pouze na linkách bod-bod

LapD – Link Access Procedure on the D Channel

- protokol linkové vrstvy navržený pro signalační požadavky v sítích ISDN
 - mutace HDLC, použití v ISDN na 2.vrstvě u D-kanálu

- pouze SABME režim, jinak odpovídá LAPB

LapF – Link Access Procedure Frame Relay

- rámce 5-8189 B
- nemá řídicí pole, spojeno s adresovým polem:
 - DLCI: Data Link Connection Identifier
 - C/R - Command/Response
 - DE - Discard Eligible - nastavuje stanice pro explicitní označení
- provozu s nižší prioritou nebo frame handler při překročení CIR (Committed Information Rate, dohodnutá rámcová rychlost)
- FECN - Forward Explicit Congestion Notification - síť oznamuje příjemci stav přetížení
- BECN - Backward Explicit Congestion Notification - síť nebo příjemce, který obdržel FECN oznamuje odesílateli stav přetížení

LapM – Link Access Protokol for Modems

- Požadavek na opakování vysílání (ARQ) používaný modemy s protokolem V.42 pro korekci chyb

13 Lokální počítačové sítě, model IEEE 802, Protokoly LAN

- metody přístupu na médium
 - náhodné
 - deterministické
- topologie
 - hvězda, kruh, strom

13.1 IEEE 802

- popisuje architekturu LAN sítí
- linková vrstva rozdělena na 2 vrstvy
 - **LLC** (Logical Link Control) - řízení linkového spoje (synchronizace, řízení toku apod), poskytuje rozhraní pro vyšší vrstvy
 - **MAC** (Media Access) Control – přístup k médiu , zapouzdření rámců + zabezpečení, rozpoznání adres
- definuje topologii sítě, přístupovou metodu, kabely i rychlosti přenosu – fyzickou vrstvu
- 802.3 – Ethernet – CSMA/CD
- 802.4 – TokenBus
- 802.5 – Token Ring
- 802.11 – Wireless
- Služby LLC
 - Operace type 1 – nepotvrzený přenos - Žádné logické spojení, řízení toku dat ani opravy chyb
 - Operace Type 2 – Acknowledged connection oriented – řízení toku dat a opravy chyb. Navíc příkazy pro navazování
- Služby rozhraní LLC/MAC - pouze operace s daty
 - Dotaz jsou –li přítomna data
 - Data jsou k dispozici
 - Potvrzení request

13.2 Ethernet

13.2.1 802.3

- Sběrníková topologie
- Rychlosti do 10Mbps
- CSMA/CD přístup na sběrnici
- Data se přenáší všem uzlům
- Pracuje obvykle v základním pásmu
- Formát rámce Ethernet II
 - Preamble - Pro synchronizaci, SFD – ukončuje začátek rámce, za ním jsou již data, Dest addr, Src addr, Type – protokol použitý na vyšších úrovních
- Formát rámce raw 802.3 (navíc)
 - Length – délka části data, LLC – zde je pouze výplň FFFF

13.2.2 Ethernet 10Base2 (802.3a)

- Poloduplexní přenos, Tenký ethernet
- Max délka segmentu 185m
- Možné propojit max 5 segmentů
- Každý segment ukončen terminátorem a na konci uzemněn

13.2.3 Ethernet 10Base5

- Silný ethernet
- Vyžaduje použití transceiveru a drop kabelu
- Max délka segmentu 500m
- Propojení max 5 segmentů
- Na 1 segment max 100 uzlů

13.2.4 Ethernet 10BaseT

- Twisted Pair Ethernet
- Poloduplexní a plně duplexní přenos
- Hvězdicová topologie
- Každý uzel k centrálnímu HUBu
- Max vzdálenost mezi HUBem a uzlem je 100m (STP až 400m)
- HUBy možno řadit kaskádově, max 5 segmentů pomocí 4 HUBů

13.2.5 Ethernet 10BaseFL

- Ethernet pomocí optiky
- Max délka kabelu 2km, Max 2 opakovače

13.2.6 Ethernet 10Broad36

- Koaxiální kabel pracující v přeloženém pásmu – přenos nejenom dat ale i multimédií
- Stanice se připojují pomocí transceiveru a pomocného (drop) kabelu
- Max délka kabelu 1.8km
- Fyzický rozsah sítě – až 3.6km (s drop kabely až 3,7km)

13.3 Fast Ethernet

- Synchronní vysílání, half/full duplex
- Zkrácení dosahu segmentu (100m)
- Efektivnější kódování (4B/5B)
- fyzická vrstva rozdělena na 2 podvrstvy
 - PHY – Physical Layer Device
 - 3 varianty:
 - **100Base-TX**
 - Kabely kategorie 5 (UTP i STP)
 - Max vzdálenost 2 uzlů 205m (spíš 100m)
 - **100Base-FX**
 - Optika - multivídná
 - Vzdálenost 2 uzlů 2km
 - **100Base-T4**
 - UTP 3,4,5 se 4páry vodičů
 - Vzdálenost 205m
 - MII – Medium Independent Interface
 - přizpůsobení mezi PHY a řídicími obvody

13.4 Gigabit Ethernet

- Rychlost až 1Gbps, CSMA/CD
- zrychlení: Kódováním 8B/10B. Prodloužený slot-time (doba na detekci kolize)
- jen 1 opakovač v kolizní doméně

13.4.1 Ethernet 1000BaseX

- **1000BaseLX**
 - Optika
 - Délka kabelu: 550m pro multivid, 5km pro jednovid
- **1000BaseSX**
 - Optika – pouze multi
 - Max délka 550m
- **1000BaseCX**
 - Stíněný twinaxiální kabel – 25m

13.4.2 Ethernet 1000BaseT

- kroucená 2linky kat 5 (4 páry)
- na každém páru běží data 250Mbps
- pro kódování na PAM 5
- dosah 100m (spíš 25m)

13.5 10Gbps Ethernet

- plně duplexní
- pouze na optice
- mnohovid – 65m
- single – 10ky km
- **10GBase-S**
 - mnohovid, krátký laser (850nm), délka kabelu 300m
- **10GBase-L**
 - jednovid, dlouhý laser (1310nm), délka kabelu 10km+
- **10GBase-E**
 - jednovid, velmi dlouhý laser (1550), délka kabelu 40km+
- **10GBase-LX4**
 - technologie WDM
 - laser o délce v okolí (1310nm)
 - mnohovid – 300m
 - jednovid – 10km

13.6 Token Ring

- kruhová topologie
- efektivní pro síť zatíženou datovým provozem od mnoha uživatelů
- 3 typy TR:
 - standard – 4, 16Mbps
 - fast Token – 100Mbps
 - gigabyte Token – 1000Mbps
- Propojení
 - logický kruh, fyzická hvězda
 - médium pouze optika nebo kroucená dvoulinka
 - signál šířen v základním pásmu
 - každý uzel připojen na koncentrátor – MAU
 - možno MAU propojit – vytvoření větších kruhů
- Fyzická vrstva
 - pro 4, 16 – kódování diferenciální Manchester
 - pro 100 či 1000Mbps fyzická vrstva Ethernetu (4B/5B, 8B/10B)

- Předávání pověření
 - metoda peška
 - token vytvořen při inicializaci sítě
- token:
 - busy (používané), idle (volný)
- uzel označí token busy a pošle data s tokenem na cílovou adresu, příjemce potvrdí datový rámec posláním dat s tokenem zpět odesílateli
- odesílatel token označí idle a předá ho dalšímu
- nevýhodou je nutnost existence aktivního monitoru a 1 či více pohotovostních monitorů

13.6.1 Funkce monitorovací stanice

- úlohu AM (Active Monitor) plní uzel, který pověření vygeneroval
 - Generuje hod. signál
 - Sleduje ztrátu tokenu
 - Odstrňuje bloudící rámce
 - Iniciuje zjišťování sousedů v kruhu
- Sleduje stav tokenu – při ztrátě generuje nový
- SM (Standby Monitor) kontrolují AM
 - při výpadku AM tak jeden z SM se stává novým AM

13.7 FDDI

- Fiber Distributed Data Interface
- 100Mbps
- vhodná pro páteřní sítě
- používá dvojitý kruh -> spolehlivost
 - primární kruh – pro běžný chod
 - sekundární – záloha primárního, data se šíří opačným směrem než v primárním
- překlenutí velkých vzdáleností
- podpora velkých rámců

13.7.1 Fyzická vrstva

- elektrické a mechanické rozhraní k síťovému médiu a služby pro 2 vrstvu
- PMD
 - specifikuje všechna média a zařízení připojující se k médiu
 - 4 standardy
 - MF-PMD – pro mnohavidová vlákna
 - SMF-PMD – pro 1vidová vlákna
 - TP-PMD – přenos FDDI po 2lince
 - LCF-PMD – přenos FDDI po levné optice
- PHY
 - definuje mechanismus hodin časové synchronizace, kódování/dekódování, skutečný hodinový kmitočet, tvar signálu pro vysílání

13.7.2 Linková vrstva

- tvorba vysílání rámců a kontrola chyb
- LLC
- MAC
 - řízení přístupu k médiu, rozpoznání adresy stanice, generování a zabezpečení dat
 - 3 typy provozu
 - Synchronní – zaručená doba příchodu pověření

- Asynchronní – jako Token Ring, možnost prioritního vysílání
- Omezený – pro rychlý přenos mezi 2 uzly

13.7.3 Připojení do kruhu

- k hlavnímu i záložnímu kruhu
- pouze k hlavnímu
- typy portů
- A – pro primární kruh (Primary In, Secondary Out), spojen s B portem sousedního uzlu
- B – pro sekundární kruh (Secondary In, Primary Out), spojen s A portem sousedního uzlu
- Master M – porty rozbočovače
- Slave S – lze připojit pouze do M portu, nelz připojit do dvojitého kruhu

13.7.4 Ring Wrapping

- umožňuje nepřetržitou práci v případě výpadku propojovacího kabelu i celého DAC rozbočovače
- nesmí nastat k výpadku více stanic -> segmentace kruhu

13.7.5 Topologie

- dual ring – pouze rozbočovače DAC a stanice DAS s připojením do obou kruhů
- tree – stromová struktura
- kombinace obou
- **Dual Homing**
 - uzel propojen dvěma samostatnými linkami z portů A a B do M různých rozbočovačů vyšší úrovně -> zabezpečení kritických uzlů

13.7.6 Vysílání dat

- po příjmu pověření stanice odešle data a hned za nimi pošle pověření
- každá stanice počítá TTRT
 - doba oběhu signálu kruhem
 - doba potřebná k vyslání pověření
 - doba potřebná k vyslání max rámce
 - doba alokace pro synchronní vysílání

13.8 FDDI-II

- rozšíření FDDI o isochronní přenos
- stanice ve 2 režimech
 - základní – režim FDDI
 - hybridní – isochronní
- **isochronní přenos**
 - periodicky se generuje speciální rámec vybranou stanicí
- není moc přínosná a nepoužívaná – metoda Token Passing dostatečně spravedlivá

14 Telefonní síť a T spoje, plesiochronní a synchronní kanály

- Analogová síť
 - ústředny vzájemně propojeny, které mohou přenášet více hovorů najednou
 - hovory skládány pomocí FDM
 - konverze do digitální podoby – modemem
- Digitální síť
 - použití čistě digitálních ústředen – hovory mezi ústřednami jsou slučovány technikou TDM
 - místní smyčky pracují stále analogově, tel.přístroje pracují stále analogově a přenos je analogový. Převod do/z digitální podoby na vstupu ústředny
- Digitalizace lidského hlasu
 - dle Nyquistova kritéria se musí vzorkovat 8000x/s – každých 125μs
 - řeší se technikou PCM – každý vzorek se vyjádří pomocí 8b
 - 8000 vzorků po 8b = 64000b/s
 - dig. ústředny – rezerva 64kb/s pro každý hovor

14.1 T-spoje

- zavedeno v USA firmou AT&T
- definuje přenosové kanály, které poté pronajímá
- existuje celá hierarchie, jsou odstupňované dle přenosové rychlosti
- 2bodová přenosová cesta – možnost rozdělit na několik kanálů
- na každých 7 datových bitů potřeba 1 řídicí bit
- obsahuje 24 hlasových kanálů
- North American Digital Hierarchy - hierarchie standardů
 - definice způsobů pro přenos hlasových kanálů po jednotlivých variantách T-spojů

14.2 E-spoje

- předpokládá kódování okamžité hodnoty analogového signálu do 8 bitů
- obsahuje 32 kanálů – z toho 30 hlasových
- vzorkování 8000x/s
- přenosová rychlost – $8000 \times 32 \times 8 = 2\,048\,000 = 2,048\text{Mb/s}$
- označován jako evropský T-spoj

14.3 Plesiochronní kanály a synchronní kanály

- sdružení většího počtu digitálních komunikačních kanálů (soustava zařízení a jim odpovídajících signálů vyššího řádu)

14.3.1 Plesiochronní digitální hierarchie PDH

- sdružované signály nemají oproti signálu vyššího řádu definovaný pevný časový vztah
- v signálu vyššího řádu vyčleněna určitá rezerva pro odchylky přenosových rychlostí
- bity signálů nižších řádů se řadí periodicky za sebe
- přesně definováno bitové místo kde se provádí stuffing
- problémem je odlišné pojetí hierarchie 1.řádu
 - USA a Japonsko – PCM24 – T-spoje
 - Evropa PCM30/32 – E-spoje
 - Problém při mezikontinentálních přenosech

14.3.2 Synchronní digitální hierarchie SDH

- hierarchie na nových principech, celosvětově standardizovaná
- použití řízeného prokládání po celých bytech – jednoduchá adresace pole tzv. ukazatelem
- veškeré signály se multiplexují synchronně s pevným časovým vztahem mezi signálem vyššího a nižšího řádu
- počítá se vysokými rychlostmi (nejnižší stupeň SDH = nejvyššímu stupni PDH - ~150Mb/s)
- médium – optika
- vychází ze standardu SONET – signálu STM-1 SDH odpovídá druhý hierarchický stupeň STS-3SONET

Hierarchické stupně SDH

- nejnižší STM-1, poté sdružování 4 signálů nižšího řádu (STM-4, 16, 64)
- začleňování signálů PDH do SDH
 - důležité pro zpětnou kompatibilitu

15 ISDN, rozhraní, signalizace

- digitální síť integrovaných služeb.
- přenosové cesty mezi ústřednami plně digitalizovány
- analogová část sítě - účastnická přípojka
- **Typy kanálu:**
 - A – analogový telefonní kanál
 - B – digitální kanál s přenosovou rychlostí 64kbps pro přenos hlasu nebo dat
 - C – dig. kanál s přenosovou rychlostí 8 nebo 16kbps
 - D – dig. kanál pro služební účely, rychlost 16 nebo 64kbps
 - E – dig. kanál pro interní potřeby ISDN, rychlost 64kbps
 - H – dig. kanál s přenosovou rychlostí 384, 1536 nebo 1920 kbps
- nejsou přípustné lib. kombinace, pouze:
 - basic rate (2B, 1D)
 - primary rate (USA, Jap – 23B, 1D; Evropa – 30B, 1D)
 - hybrid (1A, 1C)

15.1 BRI (Basic Rate Interface)

- přenosová kapacita: $2 \cdot 64 + 16 = 144$ kbps
- až 7 zařízení k jedné přípojce
- Výhody:
 - z hlediska telefonování mnoho funkcí: identifikace, přesměrování, konference
 - z hlediska datových komunikací: vyšší rychlost, velmi rychlé navázání spojení, existence 2 kanálů s možností slučování
- Nevýhody
 - Zpoplatnění každého kanálu zvlášť

15.2 PRA / při (Primary Rate Access / Interface)

- pro firmy, providery, operátory
- třicet B - kanálů s přenosovou rychlostí 64 kb/s pro přenos dat, jeden D - kanál s přenosovou rychlostí 64 kb/s pro signalizaci

15.3 3 dolní vrstvy ISO/OSI

15.3.1 Fyzická vrstva

- Poskytuje služby vyšším vrstvám
- Přístup k D-kanálu
 - data D-kanálu jsou strukturována do HDLC rámců
 - klid na kanálu je vyjádřen samými 1
 - využití Echo kanálu – pro kontrolu
 - kontrola vysílání – to co se posílá na D-kanál musí být slyšet na E-kanálu
- Udržení činnosti fyzického spoje, Indikace stavu
- použití 2 druhů kódování U-rozhraní
 - 2B1Q – 4-stavové kódování, z dvojice bitů je vytvořen 1 4-stav.symbol
 - 4B3T – 3-stav kódování, u každé čtveřice bitů vytvořeny 3-stav symboly

15.3.2 Linková vrstva

- signalizace
- paketový přenos
- přenosové služby
- telematické služby

15.3.3 Síťová vrstva

- zajišťuje směrování datových jednotek sítí
- adresování a směrování

16 Technologie xDSL

- další vývoj ISDN – využívá se stávající tel. přípojky
- nutný zásah do telefonní sítě
 - na oba konce přípojky dát zařízení
 - až několik Mb/s
 - původní kom. Kanál pro hlas zachován – členění pásma
- celá řada variant (HDSL, ADSL apod) - liší se modulací, rychlostí atd.
- **symetrická technologie** – pro down//upload stejné rychlost
 - IDSL, SDSL, HDSL, HDSL-2, VDSL
- **asymetrická** – rozdílné rychlosti
 - ADSL, ADSL-lite, R-ADSL, VDSL

16.1 IDSL

- data přenášená ve stejném pásmu jak hlas – nejde najednou, délka max 10.7km
- jediná výhoda – nejedná se o vytáčené spojení

16.2 HDSL (High Bit-rate Digital Subscriber Line)

- ke vzájemnému propojení ústředěn tel. firem
- Technologie HDSL je nabízena ve dvou provedeních
 - 1,544 Mb/s, což odpovídá lince T1 (USA),
 - 2,048 Mb/s, což odpovídá evropské lince E1.
- HDSL vyžaduje dva nebo tři páry telefonních vodičů (při rychlostech 1,544 Mb/s nebo 2,048 Mb/s) -> podstatně vyšší spolehlivost přenosu dat
- vylepšení je **HDSL-2**
 - využívá se pouze 1 páru vodičů

16.3 SDSL (Symetric Digital Subscriber Line)

- využívá pro přenos pouze jednoho páru.
- symetrická varianta ADSL,
- přenosové rychlosti pro SDSL se pohybují od 144 do 2 320 Kb/s pro každý směr.
- vhodná pro rychlé datové připojení koncových uživatelů, kde není nutné za každou cenu udržet konstantní přenosovou rychlost 2 Mb/s.

16.4 VDSL (Very High Bit-Rate Digital Subscriber Line)

- asymetrické rozložení přenosové kapacity,
- pro "downstream" je vyhrazena kapacita od 13 do 52 Mb/s,
- pro "upstream" je to 1,5-2,3 Mb/s
- lze však nastavit i pro symetrické přenosy, pak je přenosová rychlost jednoho kanálu jedním směrem 34 Mb/s
- přenos po jediném páru telefonních vodičů, avšak oproti ADSL na podstatně menší vzdálenost maximálně asi 1 250 metrů od telefonní ústředny
- vhodnost pro aplikace jako digitální televize, nebo VoD (Video On Demand) atd.

16.5 ADSL

- ADSL používá vyšší frekvenční pásmo než pro klasický telefonní hovor, je možné na stejném vedení současně provozovat standardní analogovou telefonní linku nebo ISDN přípojku

- oddělení v zařízení – splitter
- download 8 Mb/s,
- upload až 1 Mb/s.

16.6 ADSL LITE

- odlehčená verze základního ADSL označovanou jako G.Lite.
- maximální přenosová rychlost 1,5 Mb/s v downstreamu je plně dostačující pro méně náročné uživatele a díky jednoduššímu a levnějšímu provedení má větší šanci na rozšíření i do domácností.

16.7 R-ADSL (Rate-Adaptive DSL)

- stejná technologie jako v případě základní ADSL
- na rozdíl od ADSL schopnost analyzovat stav komunikační linky a jejímu momentálnímu stavu také přizpůsobit přenosovou rychlost
- přenosová rychlost na lince se mění buď podle jejího stavu při sestavování spojení, anebo během přenosu na základě signálu z ústředny

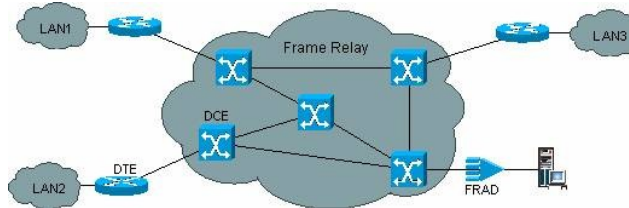
17 Paketové sítě X.25 a Frame Relay

17.1 X.25

- X.25 je historicky první paketová přepínaná síť
- X.25 vychází z logické hvězdy
- Všechna místa zákazníka jsou připojena k síti poskytovatele připojení jedním spojem. Mezi jednotlivými uzly, tzn. libovolně nebo jen z poboček do centra jsou nastaveny virtuální spoje (PVC a SVC)
- Centrum musí být připojeno vyšší rychlostí - mělo by se jednat o součet rychlostí jednotlivých poboček
- Pracuje na principu přepojování paketů a spolehlivě

17.2 Frame Relay

- technologie, která slouží k přenosu dat přes rozlehlé (WAN) sítě
- pracuje na principu přepínání paketů, statické multiplexování (bez pevně daných časových slotů)
- data jsou rozdělena na rámce (frame), a každý rámec je opatřen informací o tom, kam má být doručen
- pokrývá fyzickou a linkovou vrstvu v ISO/OSI

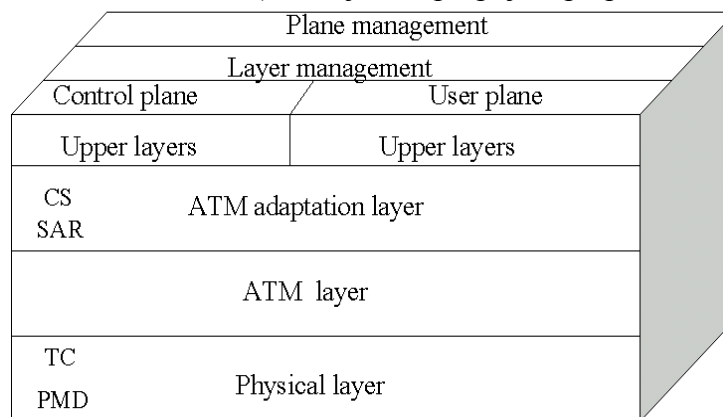


- **Oprava chyb**
 - provoz obvykle na datových linkách s vysokou spolehlivostí, nepoužívá žádnou metodu opravy chyb
 - každý rámec je zabezpečen CRC kódem a pokud tento odhalí poškození rámce při přenosu, je chybný rámec zahozen.
 - o opakované vyslání zahozených dat se musí postarat protokol vyšší vrstvy -> nízká režie
- **Řízení toku dat**
 - příznakové bity v hlavičce rámce -> informování odesílatele nebo příjemce, že v průběhu přenosu došlo v některém místě sítě k přetížení
 - Identifikátor možnosti vyřazení rámce bit (DE)
 - Dopředné oznámení o přetížení (FECN)
 - Zpětné oznámení o přetížení (BECN)
- **Adresování**
 - identifikátory datového spojení - specifikují a rozlišují virtuální okruh
 - síť používá jak pevné (PVC) tak přepínané virtuální okruhy (SVC)
 - také existuje SPVC (soft PVC)
 - kombinace
 - nepoužívá se signalizace – virtuální okruh je dán a iniciuje ho první přepínač v síti
- **Výhody**
 - pro různé typy provozu, dobrá výkonnost, šířka pásma na vyžádání, pružná topologie
- **Nevýhody**
 - přenašení datových jednotek proměnné délky, nepodporuje přenos dat citlivých na zpoždění – hlas (nutno řešit nastavbou)

18 Technologie ATM, model, typy provozu, třídy služeb

18.1 Základní vlastnosti ATM:

- spojově orientovaná technologie
- ATM síť – soubor přepínačů propojených 2bodovými spoji
- data jsou rozděleny do ATM buněk o velikosti 53 bytů (z toho 5 bytů hlavička)
- přenosové rychlosti až 155 Mbit/s
- 2 typy rozhraní:
 - UNI (User Node Interface) – propojení směrovačů, hostitelských systémů s ATM přepínači
 - NNI (Network Node Interface) – vzájemné propojení přepínačů



18.2 ATM spojení:

- propojení virtuálními okruhy
- virtuální cesty (virtual path) VPI (identifikátor)
 - obsahují více virtuálních kanálů
- virtuální kanály (virtual channel) VCI (identifikátor)
- přepínání virtuálních cest / kanálů
- VPI a VCI mají pouze lokální význam (vztahuje se k lince)
- typy spojení:
 - PVC (Permanent Virtual Circuit): VPI/VCI nastavováno ručně
 - SVC (Switched Virtual Circuit): dynamické vytváření a rušení spojení (signalizační protokoly)
 - Soft PVC
 - PVC vytvářeno manuálně na úrovni UNI, dynamicky mezi NNI
- spojení typu Bod – Bod
 - jednosměrné nebo obousměrné
- spojení typu Bod – Multibod
 - jednosměrné
 - kořen a list (počátek, konec), připojování (join) a odpojování (leave) listů k doručovacímu stromu

18.3 ATM buňka

- přenášená data rozděleny do jednotlivých buněk
- velikost 53 bytů (48 bytů data, 5 bytů hlavička)
- použití buněk je z důvodu co nejmenšího zpoždění přenosu

18.4 AAL (ATM Adaptation Layers)

- adaptační vrstvy ATM, kvůli podpoře protokolů, které nejsou založeny na ATM
- definují, jak rozdělovat pakety vyšších vrstev do ATM buněk
- příklady „služeb“, které potřebují AAL – Gb Ethernet, IP, Frame Relay, SONET, UMTS ...
- **hlavní činnosti AAL:**
 - segmentace a skládání paketů vyšších vrstev
 - ošetření chyb přenosu
 - ošetření ztracených a špatně umístěných buněk
 - časování a řízení toku
- **typy AAL:**
 - *Type 1:*
podpora CBR, synchronní, spojově orientovaný, podpora T1, E1 a x64kbit/s emulace
 - *Type 2:*
VBR-RT, synchronní, spojově orientovaný, podpora Voice over ATM
 - *Type 3/4:*
VBR, asynchronní, spojově/nespojově orientovaný, podpora Frame Relay, X.25
 - *Type 5:*
podobné typu 3/4, podpora IP over ATM, Ethernet over ATM, SIMDS, LAN emulation (LANE), nejvíce rozšířený

18.5 Signalizace

- využívá virtuální kanál VPI/VCI = 0/5
- vytvářené spojení je potvrzované
- signalizační protokol zjednodušení Q.2931

18.6 Adresace

- identifikace zdrojových a cílových uzlů
- typy:
 - *Peer model*
 - využívání adresování i smerovacích protokolů „neseného“ protokolu (IP, OSPF)
 - složitější ATM přepínače
 - *Subnetwork (Overlay) model*
 - nové adresní schéma
 - existující protokoly operují nad ATM
 - obdoba IP nad X.25 nebo IP nad PPP
 - potřeba ARP (mapování IP adres na ATM adresy)
 - oddělení ATM od vyšších protokolů
- 3 formáty adres:
 - NSAP E.164 (ITU)
 - DCC (Data Country Code) – státy
 - ICD (BSI) – organizace

18.7 QoS (Quality of Services)

- QoS - vlastnost sítě, pomocí které je možné rozlišovat mezi různými třídami přenosů a chápat je diferencovaně.
- Při vytváření spojení ATM sítě mohou aplikace specifikovat parametry, které se vztahují k charakteristice přenášeného provozu:
- *PCR (Peak Cell Rate)*
maximální okamžitá rychlost vysílání buněk

- *SCR (Sustained Cell Rate)*
rychlost vysílání měřená v dlouhodobém průměru
- *CLR (Cell Loss Ratio)*
poměrné množství buněk ztracených sítě z důvodu chyb nebo zahlcení
- *CTD (Cell Transfer Delay)*
zpoždění buňky mezi vstupním a výstupním bodem sítě
- *CDV (Cell Delay Variation)*
míra kolísání CTD
- *BT (Burst Tolerance)*
maximální velikost nárazového provozu, který může být zasílán maximální okamžitou rychlostí (PCR)
- *MCR (Minimum Cell Rate)*
minimální požadovaná rychlost

18.8 Třídy služeb

- Důvod: různé požadavky na různé charakter přenosu.

18.8.1 CBR (Constant Bit Rate)

- konstantní rychlost přenosu
- garance max. přenosového zpoždění
- buňka vyhrazena pro CBR nemůže být použita jinak
- použití: vše co by jinak potřeboval samostatný „drát“ nebo generuje konstantní datový tok (nekomprimované video, zvuk...)

18.8.2 VBR (Variable Bit Rate)

- každý přenos dohodne kapacitu mezi MIN a MAX (kapacita do MAX rezervována)
- nevyužitá buňka se mohou využít jinak
- RT-VBR (Real Time) – minimální nebo garantované zpoždění (kompr. obraz, zvuk)
- NRT-VBR (Non Real Time) – dávkové přenosy (transakční systémy, rezervační systémy)

18.8.3 ABR (Available Bit Rate)

- každý přenos dohodne kapacitu mezi MIN a MAX (kapacita MIN rezervována)
- vyšší než MIN je poskytnuta pouze, pokud jsou volné zdroje
- použití: propojení LAN sítě

18.8.4 UBR (Unspecified Bit Rate)

- žádné garance
- požadavky jsou prováděny až po provedení CBR, VBR a ABR
- jako „BestEffort“ z paketových přenosů
- použití FIFO pro data, která čekají na zpracování
- použití: aplikace tolerující nepravidelnost doručování a možnosti ztráty dat (IP, UDP, TCP)

19 Bezdrátové sítě IEEE 802.11, přenosové techniky, přístupová metoda, fixní bezdrátové sítě FWA

- **2.4 GHz, 5 GHz** – generální licence ČTU, nezaručená kapacita, nižší spolehlivost
- **3.5 GHz** – pásmo pro FWA, přenosy dat a hlasu v nižších kapacitách, nutnost povolení od ČTU
- **26 GHz** – pásmo pro FWA, nutnost povolení od ČTU, garantovaný vysokorychlostní přenos
- **40.5 GHz až 43.5GHz** – nutnost povolení, univerzální pásmo MWS (Multimedia Wireless System)

19.1 IEEE 802.11

- původní standard - 1 a 2 Mbit/s rychlost s frekvencí 2.4 GHz (1999)
- 3 přenosové technologie:
- **DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)**
 - technika přímého rozprostřeného spektra
 - každý jednotlivý bit určený k přenosu, je nejprve nahrazen určitou početnější sekvencí bitů (tzv. chipů), přenášena (modulována na nosný signál) je pak tato sekvence bitů
 - signál je rozprostřen do větší části radiového spektra, je méně citlivý vůči rušení (což zvyšuje spolehlivost přenosu)
 - příjemce musí znát chipping kód odesílatele
 - vhodné pouze do 2-20 Mb/s
- **FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum)**
 - technika rozprostřeného spektra s přeskokováním kmitočtů
 - nosná frekvence je periodicky měněna
 - dostupné pásmo je rozděleno na 79 kanálů o šířce 1Mhz
 - výskyt kolize není kritický
 - vhodný pouze do 1-3 Mb/s
- **OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)**
 - širší pásmo se rozdělí na několik (desítek až stovek) užších částí (subkanály)
 - každý kanál přenáší samostatná data
- **Přístupová metoda CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access / Collision Avoidance)**
 - stanice naslouchá a pokud je médium volné, počká ještě určený čas

19.2 IEEE 802.11b alias Wi-Fi

- bezlicenční nekoordinované pásmo 2.4 GHz
- pouze DSSS
- rychlost až 11 Mb/s (reálně 5-6 Mb/s)

19.3 IEEE 802.11a alias Wi-Fi5

- dříve licenční pásmo, dnes bezlicenční, 5GHz
 - „nízké“ (5.15 – 5.25) – max výkon 50mW
 - „střední“ (5.25 – 5.35) – max výkon 250mW
 - „vysoké“ (5.725 – 5.825) . max výkon 1W
- 54 Mbit/s (reálná 30-36Mb/s)
- modulace OFDM
- „velké“ vzdálenosti

19.4 IEEE 802.11g

- zpětně kompatibilní kompatibilní s 802.11b
- pásmo stejné jako 802.11b – 2.4 GHz
- max rychlost až 54Mb/s
 - OFDM pro rychlosti 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48 a 54 Mb/s
 - DSSS-CCK pro rychlosti 1, 2, 5.5 a 11 Mb/s
- vysílací výkon je snížen oproti IEEE 802.11b z 200 mW na 65 mW.

19.5 Linková vrstva 802.11

19.5.1 Aplikace Ethernetu

- Ethernet pakety mohou mít délku až 1518 B pro bezdrát přenos vhodnější používat spíše kratší pakety -> definován mechanismus fragmentace a znovusestavení paketů na MAC vrstvě
 - jednoduchý algoritmus "pošli a čekej", kdy vysílající stanice vysílá další fragment teprve na základě potvrzení nebo opakuje vysílání nepotvrzeného fragmentu. Po určitém počtu neúspěšných retransmisí daného fragmentu je zahozen celý rámec

19.5.2 Topologie sítí

- **Ad-Hoc**
 - principu peer-to-peer, tzn. že všechny počítače připojené do sítě si jsou rovny
 - není nutné žádné centrum sítě
- **Infrastructure**
 - založen na použití přístupového bodu, anglicky Acces Point, zkráceně AP.
 - Acces Point se dá považovat za bezdrátový hub
 - většinou se rozvede páteřní síť pomocí ethernetu a na strategických místech se umístí přístupové body, které umožní přístup bezdrátovým klientům

19.6 IEEE 802.15 BlueTooth

- Wireless Personal Area Network, (WPAN)
- pásmo 2.4 GHz
- dosah až 100m – praxe 10-20m

19.7 ETSI-HIPERLAN (Hi Performance Radio LAN)

- pásmo 5,15 – 5.35 GHz
- pouze uvnitř budov
- dosah 80m, rychlost 54Mb/s, praxe 34Mbps, použití OFDM
- bezpečnost, QoS

19.8 Fixní bezdrátové sítě FWA

- pevné připojení uživatele do WAN
- fixed – pouze pro pevné spoje, ne mobilní
- licencované pásma
 - 3.5GHz – úzkopásmové, max 2Mb/s, dosah 30-50km
 - 26GHz – širokopásmové, max 30Mb/s, dosah 5km
- jiný přenosový protokol - nehrozí rušení jiných přenosů
- propojení – Point2Point, Point2MulitPoint

20 Celulární síť (GSM, HSCSD, GPRS, EDGE, UMTS)

- buňka celulární sítě je vysílač, který pokrývá určité území, jenž navazuje na území pokryté jinými buňkami (vysílači)
- frekvence od 300 MHz do cca 3 GHz

20.1 GSM

- základní pracovní pásmo 900MHz nebo 1800MHz
- 124 kanálu šířky 200kHz je rozděleno mezi operátory v rámci licence
- operátor přidělí konkrétní kanál určité buňce o průměru 1 – 3km – FDMA (frekvenční multiplex)
- Pomocí TDMA (časový multiplex) se přenáší v buňce 8/16 nezávislých účastnických modulačních signálů
- datové přenosy:
 - sdružování timeslotů
 - **přepojování okruhů**
 - pevné vyhrazení určitého počtu time-slotů – HSCDS
 - **přepojování paketů**
 - data jsou upravena do podoby s id příjemce a přenášena do time-slotů, které jsou k dispozici - GPRS

20.2 HSCDS (High Speed Circuit Switched Data)

- 2G
- přepojování okruhů – pevné spoje s vyhrazenými time-slotsy
- rychlost v rámci jednoho slotu 14.4kb/s
- příklad přiřazení 3+1: 43kb/s down, 14.4kb/s up

20.3 GPRS (General Packet Radio Service)

- 2.5G
- přepínání paketů
- využívání současně několik timeslotů (jeden timeslot 21.4 kb/s)
- má nižší prioritu než hlasové přenosy a než HSCSD
- podpora QoS

20.4 EDGE (Enhanced Data Rates for Global Evolution)

- 8 úroňová fázová modulace
- rychlost 48kbps/timeslot, max rychlost přenosu 384kbps
- zahrnuje dvě hlavní části:
 - **EGPRS** (Enhanced GPRS) – pro přepínání paketů – paketové přenosy
 - **ECSD** (Enhanced Circuit Switched Data) – pro přepojování okruhů, CS (Circuit Switched) – dnes se většinou nepoužívá

20.5 UMTS (Universal Mobile Communications Service)

- 3G – jiné síť než GSM (koncipován jako následník)
- přepínání paketů
- pracovní pásmo v Evropě – 1885 až 2025MHz
- podpora QoS, rychlosti 144kbps, 384kbps, 2048kbps