

Základní pojmy přenosové techniky

Ing. Jiří Vodrážka, Ph.D.
Katedra telekomunikační techniky
ČVUT-FEL
vodrazka@feld.cvut.cz
<http://access.comtel.cz>

1

O čem bude řeč...

- Osnova předmětu, literatura
- Návaznosti předmětu (TS, ZDK, PSY2, OK, DZS)
- Standardizace v přenosové technice
- Nároky na přenosovou kapacitu
- Funkce a dělení přenosové sítě
- Vícenásobné využití přenosových cest
- Kvalitativní parametry přenosu
- Kvalitativní parametry telefonních okruhů

2

Standardizace

- **ITU** - Mezinárodní telekomunikační unie (CCITT)
Radiokomunikační, telekomunikační standardizační,
telekomunikační rozvojový úsek
- **Doporučení řady ITU-T** (A až Z)
E - Telefonní sítě a ISDN
F - Jiné než telefonní telekomunikační služby
G - Přenosové systémy a média
H - Přenos jiných než telefonních signálů
I - Digitální síť integrovaných služeb
J - Přenos rozhlasových a televizních signálů
L - Konstrukce, instalace a ochrana kabelů a
venkovních součástí

3

Standardizace

- **Doporučení řady ITU-T**
M - Údržba přenosových prostředků, telefonních
obvodů
N - Údržba přenosových systémů rozhlasových a
TV signálů
O - Specifikace měřicích přístrojů
P - Kvalita telefonního přenosu
V - Přenos dat pomocí telefonní sítě
X - Datové sítě a otevřené komunikační systémy

4

Doporučení řady G

G.100-G.199 - mezinárodní telefonní spojení a
obvody
G.200-G.499 - analogové nosné systémy
Přenosová média
G.600-G.699
Digitální přenosové systémy
G.700-G.799 koncová zařízení
G.800-G.839 digitální sítě
G.840-G.899 sítě SDH
G.900-G.999 digitální trakty a linkové systémy
G.1000...

5

Příklady doporučení

G.703 digitální signály a rozhraní PDH
G.707 synchronní digitální hierarchie
G.712 rozhraní telefonních okruhů a jejich
parametry
G.782 zařízení síťových uzlů SDH
G.783 funkční bloky zařízení SDH
G.821 hodnocení bitové chybovosti digitálních
traktů
G.992 digitální účastnické přípojky ADSL

6

Další organizace

- **ETSI** - European Telecommunications Standards Institut – skupina TM (Transmission and Multiplexing), specifikace TS, zpráva TR
- **ANSI** - American National Standards Institute (T1.xxx, T1E1.x)
- **CENELEC** - European Committee for Electrotechnical Standardization (normy EN)
- Dále ISO (IEC), IEEE, ITF (RFC), ATM forum, xDSL forum aj.

7

Základní úkoly přenosových prostředků a sítí

- Přenos na požadovanou vzdálenost
- Přizpůsobení přenosovému médiu
- Sdružování přenášených signálů
- Pomocné funkce:
 - Distribuce taktovacího signálu
 - Přenos služebních signálů
 - Zajištění spolehlivosti přenosu
 - Dohled nad kvalitou přenosových cest
 - Management sítě

8

Telekomunikační služby

- Telekomunikační signály přenášíme prostřednictvím telekomunikačních sítí, které se budují za účelem poskytování služeb. Soubor technických, provozních a organizačních opatření umožňujících určitý způsob dálkové komunikace.
- **Hovorové služby**
- **Nehovorové služby**
 - o telegrafní
 - o telematické (textové, obrazové, multimediální)
 - o přenos dat (datové okruhy, propojení LAN)

9

Vysokorychlostní digitální sítě

- **neustále rostoucí požadavky na zvyšování přenosové rychlosti díky zavádění nových služeb (přenos dat, Internet)**
 - přenos obrazu a zvuku (VOD)
 - videokonference
 - elektronický obchod a bankovníctví
 - vzdělávání na dálku
 - informační služby
 - práce z domova
 - hry v síti

10

Telefonní signály

- **Přenos hovorové informace (voice) telefonní kanál** - 300 až 3400 Hz (přenesený el.výkon – dolní mezní kmitočet, srozumitelnost – horní mezní kmitočet)
- **Digitalizace** - kódování časového průběhu signálu (wave coding), delta modulace DM, ADM
 - **PCM** (pulzně kódová modulace) - vzorkování 8 kHz, 8 bitů na vzorek = přenosová rychlost 64 kbit/s (ITU-T G.711), komprese podle A zákona
 - **ADPCM** (adaptivní diferenciální PCM) - 32 kbit/s (ITU-T G.721). Další snahy vedly k ještě výraznějšímu snížení přenosové rychlosti (vynechání tichých úseků).

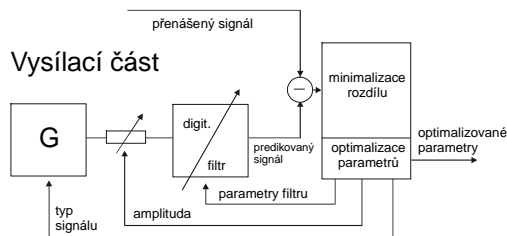
11

Parametrické metody

- **Zdrojové kódování (Source Coding)** – kompresní metody (vokodéry)
 - PCM – **segmentace** (analýza po úsecích 10 až 30 ms)
 - DSP - stanovení deskriptorů určujících přenosovou funkci **modelu vokálního traktu** (lineární filtr s časově proměnnými parametry)
 - **Lineární predikce LP** - koeficienty určujeme algoritmy minimalizujícími střední kvadratickou odchylku mezi predikovanou a skutečnou hodnotou vzorku (řešení soustavy rovnic) - 10 až 20 vzorků
 - Navíc se užívá i **dlouhodobá predikce LTP** (Long Term), korelaci mezi sousedními periodami zákl. tónu využívá k predikci následující

12

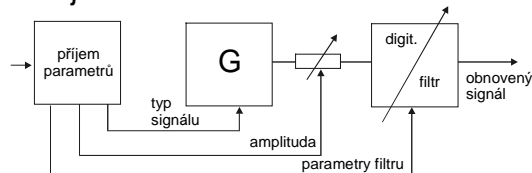
Principiální schéma



13

Principiální schéma

Přijímací část



14

Metody buzení filtru

- **Periodické impulzní/šumové** - znělý/neznělý segment (1,2 až 2,4 kbit/s, strojový charakter řeči)
- Zbytkovým signálem **RELP** (Residually Excited) zbytkový signál po LP - 1 bit ... 9,6 kbit/s
- **MPMLQ** (Multipulse Maximum Likelihood Quantization) **G.723.1** – pro multimediální komunikaci (5,3 až 6,4 kbit/s)
- Multipulzní buzení **MPE** – určují se časové polohy a velikosti impulzů (4 až 8 impulzů po 5 ms)
- Pravidelné pulzní buzení **RPE** (Regular Pulse Excitation) vybírá se z několika periodických posloupností vzájemně fázově posunutých, počítají se jen velikosti impulzů GSM - 13 kbit/s, bloky 20 ms, zpoždění kódováním 30 ms

15

Metody buzení filtru

- Kódové buzení **CELP** - blokové vektorové kódování - vzorové posloupnosti v paměti - přenos jen její adresy – tzv. **vícecestné kódování MCS** (Multi-path Search Coding):
 - S kódovou knihou (Code-book)
 - Stromové (tree)
 - Mřížkové (trellis)
- **LD-CELP** (Low Delay <2 ms) G.728, 16 kbit/s
- **CS-ACELP** (Conjugate Structure Algebrats) G.729, 8 kbit/s

16

Věrný přenos zvuku - audio

- rozhlasové kanály a zvukový doprovod TV
- **Původní analogové kanály:**
 - typ Q - 15 kHz: 40 až 15000 Hz
 - typ A - 10 kHz, B - 6,4 kHz, TR - 5 kHz: 50 Hz až 10; 6,4; 5 kHz
 Rozhlas AM, FM (2 kanály – rozdílový signál L-R)
- **Digitalizace PCM:**
 - rozhlasová kvalita - vzorkovací frekvence 32 kHz a 16 bitů na vzorek - 512 kbit/s na jeden kanál
 - studiová kvalita - vzorkovací frekvence 48 kHz a 20 bitů na vzorek - 960 kbit/s na jeden kanál
 - kvalita CD - vzorkovací frekvence 44,1 kHz a 16 bitů na vzorek - 705,6 kbit/s na jeden kanál

17

Audio – digitální komprese

- **Komprese** pro digitální rozhlas **DAB** a zvukový doprovod digitální televize **DVB** - ztrátová komprese
 - **MUSICAM** (Masking pattern adapted Universal Subband Integrated Coding And Multiplexing) - součást MPEG – zvukový doprovod (MP3)
 - vzorkování 48 kHz; 20 bitů na vzorek, 32 subpásem šířky 750 Hz - využívá se maskovací jev lidského ucha (obdobné kódování se používá i u metody ATRAC u MiniDisku)
 - typicky – 32 až 192 kbit/s na kanál
- Přenos hudební informace - komunikační rozhraní **MIDI** - pouze hudební zvuky (tóny) - 31,25 kbit/s

18

Přenos obrazu

- Rozklad obrazu na snímky a plochy na řádky a body, popsány jasnou a barvou RGB (červená, zelená, modrá)
- **Statický obraz (grafika)** - přenos souboru určité velikosti
 - bitmapové formáty (bmp, TIF, apod.)
 - komprimované formáty (JPEG, GIF)
 - dokumentová telegrafie (faksimile), např. strana A4 - 1Mbit při 4,8 kbit/s přibližně 1 minuta
- **Animovaná grafika** vektorový popis prostoru, objektů a jejich pohybu - nízké nároky v porovnání s přenosem úplného pohyblivého obrazu

19

Pohyblivý obraz - video

- vysoké nároky na přenos (v reálném čase)
- **Obrazový signál TV** - periodickým vysílání snímků (řádkový a snímkový rozklad)
 - **625 řádků**, poměr stran obrazu 4/3, 50 pulsů/s (prokládání)
 - šířka pásma **6,5 MHz**
 - řádkové a snímkové **synchronizační a zatemňovací impulsy**
 - jasová složka Y v základním pásmu (šířka cca 5,5 MHz)
 - **barvosné rozdílové složky** B-Y a R-Y modulovány QAM (šířka cca 1,3 MHz) na nosné 4,434 MHz (PAL) – mezery ve spektru Y
 - **zvukový doprovod** modulovaný FM nad obrazovým signálem (5,5MHz)
 - **analogová distribuce** – AM s částečně potlačeným postranním pásmem šířka pásma cca 8 MHz (pozemské vysílání, satelity, kabelová televize)

20

Digitalizace obrazového signálu

- **Přímá digitalizace** obrazového signálu
 - **Uzavřené PCM kódování** BTM vcelku, $f_s = 13,5$ MHz, 9 bitů - 120 Mbit/s (E4)
 - **Oddělené kódování** samostatně barevné složky R, G, B, použita DPCM (Diferenciální PCM) - 3x 34 Mbit/s (E3)
- **Digitální formáty**
 - **Studiový formát** 4:2:2, Y: 720 vzorků x 576 řádek (viditelné), barvy – polovina = 360 vzorků x 576 řádek ... 216 Mbit/s
 - **Redukovaný formát** 4:2:0 (broadcast) Y: 720 vzorků x 576 řádek, barvy – polovina = 360 vzorků x polovina = 288 řádek... 162 Mbit/s
 - **HDTV** 1440x1152 (4/3), 1920x1152 (16/9)

21

Kompresce videosignálu

- redundance v obrazu (ztrátová komprese), predikce snímků (vektory pohybu), transformační metody - podstatné snížení přenosové rychlosti (kodér se přizpůsobí propustnosti kanálu)
- **Motion Pictures Expert Group**
 - MPEG-1 (ISO 11172), do 1,5 Mbit/s
 - MPEG-2 (ISO 13818) - střední kvalitativní úroveň SDTV - 4 až 6 Mbit/s (max. 15 Mbit/s), HDTV až do 80 Mbit/s
 - MPEG-4 videotel. a videokonf. 4,8 kbit/s až Mbit/s
- **Sítě ISDN** - videotelefon a videokonference alternativně
 - H.261 (n x 64 kbit/s) formát 352x288 (barvy ¼), 30; 15; 7,5 snímků/s
 - H.263 (do 64 kbit/s) 172x144 nebo 128x96 (barvy ¼) 15; 7,5 snímků/s
- Digitální distribuce **DVB-T** (terestriální – pozemské, S - satelitní, C - kabelové), jednokmitočtový plán, OFDM

22

Přenos textu a dat

- elektronická pošta E-mail, systémy zprostředkování zpráv (Message Handling System, SMS)
- TELEX (přes dálkopisnou - telegrafní síť) 50 bit/s
- TELETEX (telefonní síť - 2400 bit/s)
- **Dákové řízení, měření a ovládání**
 - telefonní modemy - 200, 1200, 2400, 4800, 9600, 14400, 19200, 33600 bit/s, rozhraní V.24/V.28
 - síť X.25; X.24/V.10, X.21/V.11, ISDN (n x 64 kbit/s)
- **Propojení lokálních datových sítí**
 - Lokální síť LAN - 10, 100, 1000 Mbit/s (Ethernet)
 - Síť ATM (25, 34, 44, 155, 622 Mbit/s)

23

Nároky na přenos

- Původně **oddělené sítě**
 - Telegrafní – dálkopisné
 - Telefonní
 - Datové, řízení, regulace
 - Distribuce rozhlasu (propojení studií, reportážních stanovišť, rozhlas po drátě)
 - Distribuce televize (propojení studií, reportážních stanovišť, kabelová televize)
- Snaha o **jednotnou síť** na digitálním základě
 - ISDN
 - B-ISDN (ATM)
 - Internet (IP)
 - NGN (Next Generation Network)

24

technologie	přenosová rychlost	poznámka
telefonní modem	1200 až 56000 bit/s	56 kbit/s jen směrem k účastníkovi
ISDN 2B	128 kbit/s	včetně služební informace 144 kbit/s
ISDN 30B	1920 kbit/s	včetně služební informace 2048 kbit/s
PDH E1	1984 kbit/s	včetně služební informace 2048 kbit/s
HDSL, SHDSL	až 2304 kbit/s	včetně služební informace 2312 kbit/s
ADSL	až 8000 kbit/s	ve zpětném směru jen 1000 kbit/s
PDH E2	8192 kbit/s	včetně služební informace 8448 kbit/s
PDH E3	33,8 Mbit/s	včetně služební informace 34,37 Mbit/s
VDSL	až 52 Mbit/s	ve zpětném směru jen 6 nebo 26/26 Mbit/s
PDH E4	137,5 Mbit/s	včetně služební informace 139,3 Mbit/s
SDH STM-1	149,76 Mbit/s	včetně služební informace 155,52 Mbit/s
SDH STM-4	599 Mbit/s	včetně služební informace 622 Mbit/s
SDH STM-16	2396 Mbit/s	včetně služební informace 2488 Mbit/s
WDM 16xSTM-16	38336 Mbit/s	včetně služební informace 39808 Mbit/s

25

Charakteristiky přenosu

- Přenosová rychlost – konstantní či proměnná s parametry max. – min. rychlost, garantovaná, střední apod.
- Symetrie digitálního toku od a k účastníkovi
- Možný stupeň komprese digitálního toku
- Maximální přípustná chybovost
- Maximální akceptovatelné zpoždění signálu a jeho kolísání
- Míra využití přenosového kanálu (např. pro telefonii 50%)
- Průměrná délka relace
- Poptávka po službě a její časové rozložení

26

Vývoj přenosových prostředků

- **1. etapa - 1835 až cca 1925** - telegrafie (1901 radiotelegrafie)
- **2. etapa - 1880 až 1945** - nf telefonie (1876 telefon, 1910 pupinované tlf. kabely, 1915 vidlice a elektronka - 2 dr. a 4 dr. vedení se zesilovači)
- **3. etapa - 1918 až 2000** - nosné tlf. systémy FDM (1913 zpětná vazba a oscilátor, 1936 koaxiální kabely, 1945 směrové mikrovlnné spoje, 1966 družicové spoje)
- **4. etapa - 1962 až dosud** - digitální přenosové systémy TDM (1938 PCM, 1958 první IO, 1970 světlovodná vlákna), 90. léta - SDH, přístupové sítě
- **5. etapa od 90. let** - fotonika, WDM, optické zesilovače, optické spojování; sítě NGN (IP), mobilní komunikace

27

Vícenásobné využití přenosových cest

- Frekvenční dělení **FDM** (radiové systémy, ADSL, nosné telefonní systémy)
- Časové dělení **TDM** (základ digitálních systémů, kanálové intervaly)
- Vlnové dělení **WDM** (optické systémy, varianta FDM)
- Kódové dělení (CDM)

28

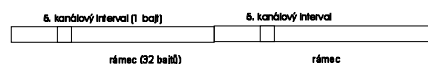
Způsoby komunikace a přenosu

- **Komunikace**
 - Se spojováním (PCM-TS, X.25–pakety, ATM–buňky)
 - Bez spojování (IP–datagramy)
- **Přenosový mód**
 - Synchronní (STM, TDM)
 - Asynchronní (paketový, ATM, statistický MX)
- **Bitový tok**
 - Izochronní
 - Arytmický

29

Přenosové módy

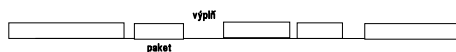
Synchronní přenosový mód



Asynchronní přenosový mód



Paketový přenos



30

ATM

- Přepojování **buňek** délky 53 byte pomocí VPI, VCI (virtuální cesty a okruhy) – vytváří se
 - PVC – pevné okruhy (IP over ATM, TDM over ATM)
 - SVC – přepínané okruhy (ATM – síťová vrstva)
- Vrstvy: **AAL – ATM – PHY** + management
- Kategorie podporovaných služeb:
 - Konstantní rychlost **CBR**
 - Proměnná rychlost **VBR** (real-time, non rt-VBR)
 - Dostupná **ABR**, nespecifikovaná **UBR**

31

ATM – adaptační vrstva

Třída	A	B	C	D
v čase	kontinuální		nekontinuální	
rychlost	Konstantní CBR		Proměnná VBR	
Druh komunikace	se sestavením spojení			bez sestavení
	emulace synchronního módu (voice)	komprim. video, audio, voice	datový přenos X.25	datový přenos IP
Typ služby	1	2	3/4	
AAL	5 (jednodušší adaptace)			

32

ATM – adaptace

- **AAL** stará se o segmentaci dat do buňek
 - CS – Convergence Sublayer
 - SAR – Segmentation and Ressembly sublayer
- **Záhlaví** 5 byte – PTI – typ přenášené informace (HEC zabezpečeno jen záhlaví)
- **Informační část** 48 byte (služební + informační)
 - AAL1 – 1 až 2 byte CRC (+pointer)
 - AAL2 – 1 byte + pakety s vlastním záhlavím (3 byte)
 - AAL3/4 – 44 informačních byte (záhlaví, zabezpečení)
 - AAL5 – 48 informačních byte

33

TDM over ATM

Přenos **hovorového signálu** G.711

- AAL1 - 1 buňka pojme 47 vzorků - zpoždění 6 ms
- 64 kbit/s vzroste o režii 13% na 72 kbit/s (efektivita 88%)
- Redukce zpoždění (3 ms režie 120%, 141 kbit/s, ef. 45%)

Emulace okruhů (E1)

- obnova taktu v přijímači - synchronizace s vysílačem
 - přenos velikosti zbytkového času RTS (Residual Time Stamp) - rozdíl taktu vysílače a sítě do přijímače
 - adaptivní metoda s vyrovnáním časových poloh pomocí vyrovnávací paměti (stupeň naplnění řídí místní takt)
 - přenos synchronizace v informačním poli

34

Komprimované hovorové signály

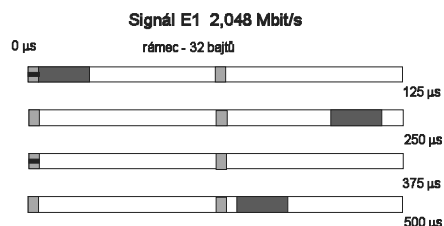
- **AAL2** více PDU v buňce
 - např. **16 kbit/s LD-CELP** (G.728) – zpoždění kódováním 2 ms (4 byte/2 ms)
 - Díky režii (3 byte na PDU) naroste na 33,2 kbit/s
 - Efektivita 48%

V současné době se ATM využívá nejčastěji jako 2. vrstva pod **IP** nebo k **emulaci okruhů** TDM.

35

Fyzická vrstva ATM

- V páteřních sítích nejčastěji SDH
- V přístupové síti E1, ADSL, SHDSL, LDMS



36

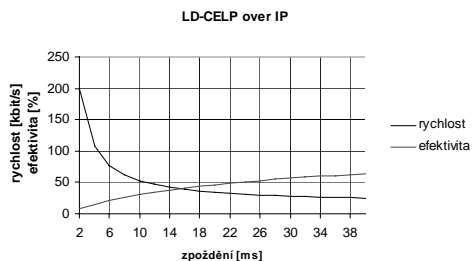
TDM over IP

- Kritické je zpoždění (nízké a konstantní)
- Nutné pomocné protokoly RSVP, DiffServ, 802.1p
- **Emulace okruhu E1**
 - Záhlaví paketu IP - 12 byte
 - Záhlaví UDP – 8 byte
 - Záhlaví rámce Ethernet – 18 byte
 - celkem režie **46 byte**

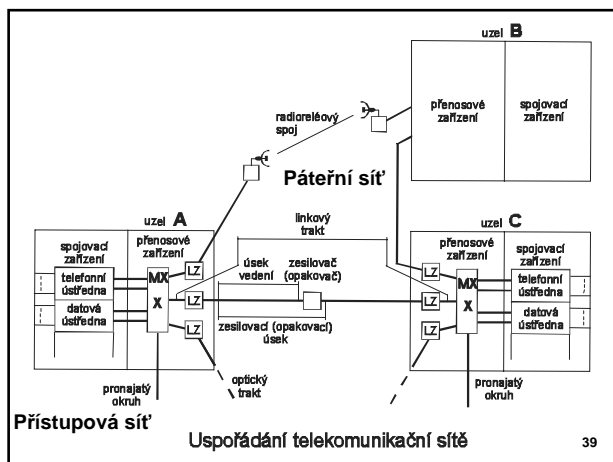
37

Voice over IP

- Zásadní vliv režie záhlaví (např. pro kodek 16 kbit/s)



38



39

Přenosová síť

- **Páteřní síť** tvořena spojnicemi a uzly (vrcholy a hrany)
 - Spojnice - fyzické přenosové cesty (zesilovače, opakovače, retranslační stanice a jim odpovídající úseky)
 - Uzel sítě - přenosová, spojovací zařízení, informační zdroje
 - Uzel přenosové sítě - část telekomunikačního uzlu zahrnující přenosová zařízení. Součástí uzlu je linkové zakončení (LTE)
- **Přenosové zařízení**
 - Bezchybný, spolehlivý a bezpečný přenos všech příspěvkových signálů telekomunikačními okruhy (kanály) do cílového uzlu
 - muldex (multiplexor a demultiplexor) MUX - sdružuje signály
 - rozvaděč, přepojovač (Cross-connect)
 - linkové zakončení, opakovač, napájení, management, synchronizace

40

Přenosová cesta, médium

- Prostředí pro šíření elektromagnetické vlny
- **linkový trakt:** fyzické médium, opakovače, LTE
 - **metalický**
 - o symetrický pár (telefonní páry, UTP, STP v sítích LAN)
 - o koaxiální pár (rozvody kabelové TV, LAN)
 - **optický**
 - o vláknové (mnohovidové, gradientní, jednovidové skleněné vlákno, plastová vlákna)
 - o směrové - volný prostor na přímou viditelnost
 - **radiový**
 - o všesměrové (distribuce rozhlasu a TV, mobilní sítě)
 - o směrové - radioreléové, pevné bezdrátové FWA
 - o družicové spoje - GEO, MEO, LEO

41

Dělení sítě

- **Úrovně sítě**
 - **Páteřní** (transportní)
 - Tranzitní
 - Regionální
 - **Přístupová**
 - Primární
 - Sekundární
- **Topologie** (polygonální, mřížová, kruhová) – dělení do subsítí (dílčí sítě)
- **Funkční celky** (přenosová, signalizační, řídicí - TMN)
- **Architektura** komunikace - vrstvy (RM-OSI)

42

Páteřní síť

- přenášejí signály mezi uzly sítě
- přenášejí vysoké objemy dat přenosovými rychlostmi řádově stovky Mbit/s až stovky Gbit/s
- obvykle transportují signály na značné vzdálenosti
- přenosová zařízení bývají umístěna přímo v objektech provozovatelů
- budují na optických přenosových médiích
- vysoké nároky na spolehlivost přenosu (ochrana a obnova, dohledový systém)

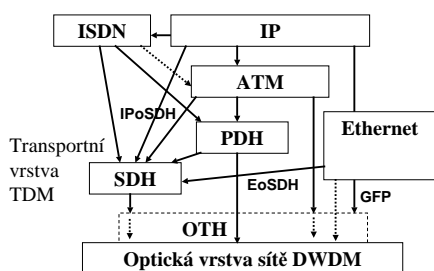
43

Přístupové sítě

- provádějí soustředění provozu z dané oblasti k obslužnému uzlu telekomunikační sítě
- přenášejí různorodé objemy dat od desítek kbit/s (pomalá data, telefonní hovory) do stovek Mbit/s (digitální video, multimediální služby)
- transportují data na krátké a střední vzdálenosti
- přenosové zařízení dislokováno u uživatelů (problémy s napájením, ochranou proti neoprávněnému zásahu)
- pomocí dohledového systému je nutné zajistit operativní přizpůsobení požadavkům účastníka

44

Kombinace technologií



45

Kvalita služeb

- Schopnost poskytovat služby na určité úrovni - kvalita služeb **QoS** (Quality of Services) – komplexní pojem
- **Přenosové sítě** – výkonnost přenosu (Performance monitoring) – chybovost bitová BER, bloková
- **Paketové sítě** ITU-T G.1010:
 - **Zpoždění** při přenosu (delay)
 - **Kolísání zpoždění** při přenosu (delay variation)
 - Ztrátovost informace (information loss) způsobená chybovostí vyjadřovaná v četnosti ztracených paketů **PLR** (Packet Loss Rate)

46

Charakter doručování	interaktivní	vyžadující odpověď	včasné	není kritické
Zpoždění	<<1 s	~2 s	~10 s	>>10 s
Chyby lze tolerovat do určité výše	Konverzace pomocí hlasu a obrazu (telefon, videotelefon)	Hlasové a obrazové zprávy	Audio a video na přání (streaming)	telefax
Nutný přenos bez chyb	Povely a řízení (např. Telnet, interaktivní hry)	Transakce (např. elektronické obchodování) a hledání informací (browsing)	Zasílání zpráv a stahování souborů (např. E-mail, download)	Stahování souborů a přenos na pozadí (background)

47

aplikace	symetrie	typická rychlost [kbit/s]	zpoždění [s]	kolísání zpoždění [ms]	PLR
Přenos zvukové informace (voice, audio)					
telefonie	symetricky	4 až 64	<0,4 preferováno <0,15	<1	<3%
hlasové zprávy	jednosměrně	4 až 32	<1	<1	<3%
rozhlasové pořady (audio na přání)	jednosměrně	16 až 128	<10	<<1	<1%
Přenos obrazové informace (video)					
videotelefon	symetricky	16 až 384	<0,4 preferováno <0,15	<1%	<1%
TV pořady (video na přání)	jednosměrně	16 až 384 (pro vyšší kvalitu až jednotky Mbit/s)	<10		

48

Hodnocení kvality telefonních systémů

- **Měření telefonních kanálů**
- Koncová zařízení (telefonní přístroje) musíme posuzovat včetně akustické části (měniče) – **telefonometrická měření**
- Parametrické metody kódování a přenos přes paketové sítě vyžadují **odlišné metody kvalitativního posuzování** než PCM – subjektivního hodnocení kvality telefonního signálu

49

Měření telefonních kanálů

- Parametry týkající se **rozhraní** (vstup a výstup)
 - Vstupní a výstupní impedance (přizpůsobení)
 - Činitel odrazu – útlum odrazu (útlum nepřizpůsobení)
 - Útlum nesymetrie – LCL (Longitudinal Conversion Loss) – nesymetrie vodičů páru oproti zemi
 - Útlum nevyvážení TBRL (Terminal Balance Return Loss)
 - Jmenovité úrovně
- **Lineární zkreslení**
 - Útlumové zpoždění
 - Skupinové zpoždění
 - Zkreslení skupinového zpoždění

50

Měření telefonních kanálů

- **Nelineární zkreslení**
 - Harmonické zkreslení – činitel harmonického zkreslení i -tého řádu, činitel celkového zkreslení
 - Amplitudové zkreslení
 - Intermodulační zkreslení
- **Rušivé signály**
 - Vážený šum (psofometr) ... L_{mn0p}
 - Odstup signálu od přeslechu
 - Odstup signálu od celkového šumu (zkreslení)
 - Potlačení mimopásmových a vnitropásmových kmitočtů

51

Telefonometrická měření

- měření vlastností telefonních přístrojů
 - měření vlastností elektroakustických měničů
 - měření vlastností částí nebo celých telefonních spojů začínajících mikrofonem a končících sluchátkem (analogové sítě)
- Porovnávání s telefonometrickým normálem (hovor mezi osobami ve volném prostoru - 1m)
- **Subjektivní metody** - člověk: hlas + sluch
 - **Objektivní metody** - přístroj: umělá hlava (ústa + ucho), generátor šumu

52

Zjišťované parametry

- **Normál:** vysílací část (+mikrofon) – útlumový článek (přenosová cesta) – přijímací část (+sluchátko)
- Měřenou částí řetězce nahradíme referenční část**
- **Srozumitelnost** větná, slovní, slabiková (logatomická)
 - **Vztažný útlum RE** (Reference Equivalents)
 - **Korigovaný vztažný útlum CRE** (Corrected RE)
- Předepisovalo se rozložení útlumu v analogové síti
- **Míra hlasitosti LR** (Loudness Rating) – pro tlf. přístroje

53

Kvalita přenosu telefonního signálu

- **VTQOS** (Voice Transmission Quality of Service)
- S kompresí, mobilní komunikací a IP je spojena řada **různorodých kritických faktorů** (impulzní rušení, krátkodobé výpadky, nelin. zkreslení, zpoždění)
- Snaha o shrnutí kvalit. kritérií do **jednoho parametru**
 - Staticky zpracované subjektivní hodnocení MOS (Mean Opinion Score) - body 1 až 5 pro poslechové úsilí a kvalitu
 - Vyhodnocení naměřených parametrů – **E-model** (Ear)
 - Porovnávání spekter – **PSQM** (Perceptual Speech Quality Measurement) dle ITU-T P.861

54

E-model (ETSI ETR-250)

$$R = R_0 - I_s - I_d - I_e + A$$

- Koefficient R (Rating) od 0 do 100
- R_0 – odvozen z S/N
- I_s – lineární zkreslení (např. pokles úrovně)
- I_d – zkreslení způsobené zpožděním
- I_e – nelineární zkreslení (ztrátová komprese)
- A – Expectation Factor (očekávání – nižší nároky při jiných výhodách oproti konvenční síti)

55

PSQM P.861

- Měření kodeků / měření celých řetězců
- **Porovnání amplitud** výkonových spekter odpovídajících si segmentů signálu (16 ms, překryv 50%),
- Zvlášť pro aktivní hovor a tiché úseky
- Jeden výsledný parametr
- Lépe odpovídá poslechovým testům

56

Nové metody... P.862

- Zohlednění proměnného zpoždění a ztráty paketů u VoIP
- **PAMS** (Perceptual Analysis Measurement System) - BT
 - Výstupem odhad parametrů **poslechové úsilí** (listening effort) a **kvalita poslechu** (listening quality) 1 až 5
 - Vyhodnocuje se 2-rozměrné časově–frekvenční pole (poslechová plocha) odpovídající lidskému vnímání
 - Rozdíl – poslechová odchylka (chybová plocha)
- **TOSQA** (Telecom. Objective Speech Quality Assessment)
 - Rovněž pomocí DSP dospívá k bodování MOS (Deutsche Telecom)

57