

Prednáška 4

Druhy prístupových sietí

V nasledujúcom texte budú stručne, v podobe základných špecifikácií opísané najrozšírenejšie druhy prístupových sietí spolu s účastníckymi sieťami, ktoré mnohým z nich predchádzali. Budú to tieto typy sietí:

- účastnícke
- hybridné
- optické
- rádiové
- TKR – Televízny kábelový rozvod
- energetické

Účastnícke siete

Účastnícke siete sú starý typ telekomunikačných sietí, ktoré poskytovali hlasovú službu. Z laického pohľadu sú známe skôr pod názvom telefónne siete. V zahraničnej literatúre sa tieto siete uvádzajú často pod skratkou *PSTN* (Public Switched Telephone Network – verejná spínaná/prepínaná/prepojaná telefónna sieť), a služba ktorú poskytovali, pod skratkou *POTS* (Plain Old Telephone Service – jednoduchá stará telefónna služba; analógový signál).

Tieto siete pôvodne zahŕňali *účastníkov* v obvode jednej ústredne. Až neskôr sa ústredne prepájali tzv. *spojovacími* sieťami.

Účastnícka sieť je realizovaná medenými kábelovými vedeniami, a to *nadzemnými* (vonkajšími závesnými, v menej husto osídlených oblastiach) alebo *podzemnými* (v husto obývaných miestach). Káble majú *párovú štruktúru*; počet žíl v kábli býva od 20 až do 2400, a priemer vodičov 0,4 až 0,8 mm.

Pri klasifikácii sietí PSTN rozlišujeme

- *pevnú účastnícku sieť* – to je taká, ktorá neobsahuje vonkajšie rozvádzače (Obr. 1) a prepája koncové zariadenie účastníka priamo s hlavným rozvádzačom v ústredni. Takáto sieť nedávala možnosť rozšírenia o ďalších účastníkov. Ako si aj na obrázku možno všimnúť, pevná sieť je časťou pružnej siete.
- *pružná účastnícka sieť*. O pružnej sieti možno hovoriť, ak medzi koncovým zariadením a ústredňou sú umiestnené vonkajšie *rozvádzače* (*distribution frame* – *DF*). Rozvádzače sú miesta (rámy, stojany, skrine), kde sú umiestnené *kábelové závery* káblov z ústredňovej a účastníckej strany. Pritom sú príslušné dvojice vodičových párov prepojené krútenou dvojlinkou. Rozvádzače poskytovali obvykle voľné miesta pre budúce ďalšie rozšírenie siete, čo je dôvod, prečo sa takáto sieť nazývala pružnou. Aj keď rozširovanie siete často prebiehalo dosť „živelne“, predsa možno takúto sieť rozdeliť do niekoľkých hierarchických úrovní. Medzi hlavným rozvádzačom (HR – hlavný rozvod, MDF – Main Distribution Frame) v ústredni a koncovým zariadením môžu byť tri druhy vonkajších rozvádzačov, ktoré tvorili príslušnú

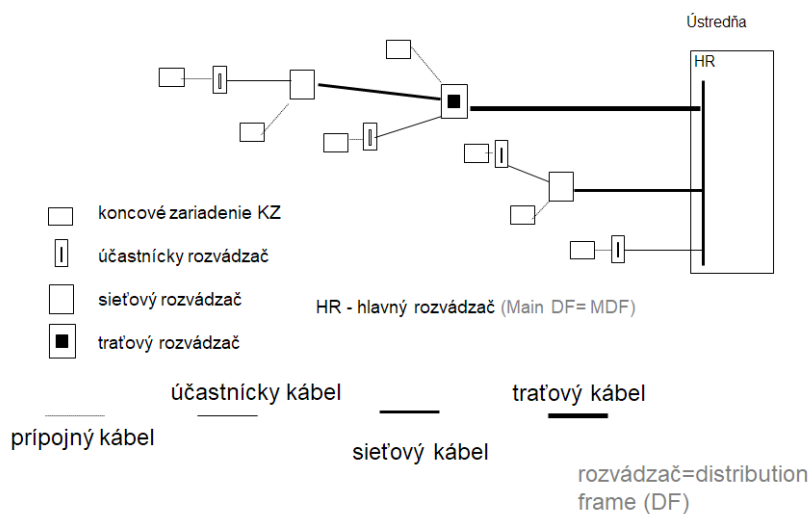
úroveň v spomínanej hierarchii, a prepojenia od týchto úrovní smerom k ústredni boli realizované káblami, ktoré mali rovnaký prívlastok v mene a aj príslušnú hrúbku, konštrukciu (počet párov vedení) :

- *traťový rozvádzač* (TR) – nachádzal sa obvykle v suteréne budov, bola to miestnosť, a bola zriadená v blízkosti budúcej ústredne
- *sieťový rozvádzač* (SR) – tvorila ho skriňa buď v stene budovy alebo na samostatnom podstavci. Býval umiestnený vo vzdialenosti minimálne 300 m od ústredne.
- *účastnícky rozvádzač* (UR; subscriber DF) – tvorila ho menšia skriňa, umiestnená buď v stene alebo na stĺpe pri nehnuteľnosti patriacej účastníkovi. Koncové zariadenie bolo pripojené k UR prostredníctvom *prípojného vedenia*.

Na Obr. 1 je pre dobrú predstavu znázornené umiestnené ostatných príslušných typov káblov – *účastníckeho* (medzi SR a UR), *sieťového* (pripojenie SR ku TR alebo k ústredni) a *traťového* (obsahoval vedenia s hrúbkou vodičov až do 8 mm, viedol od SR k TR alebo k ústredni).

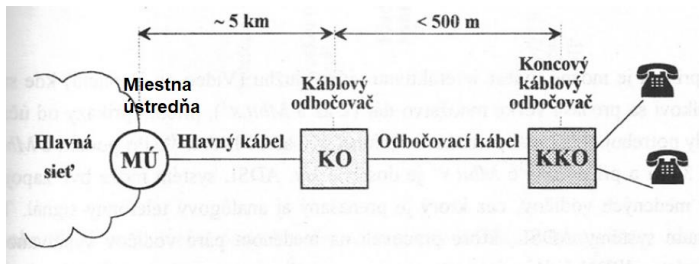
Okrem možnosti ďalšieho rozširovania siete mal rozvádzač ďalšie 2 dôležité funkcie:

- umožniť vstup do trasy medzi koncovým zariadením (KZ) a ústredňou pre účely merania, lokalizácie poruchy a pod.
- realizácia *koncentrácie* počtu žíl (rozdielny počet na strane ústredne a na strane účastníka; býval to pomer 4 : 1 až po 1 : 1 po postupnom dopĺňovaní).



Obr.1 Príklad pružnej účastníckej siete [1]

V oblasti starých telefónnych sietí sa ešte možno stretnúť s pojmami *hlavný kábel* (medzi *miestnou ústredňou* a *káblovým odbočovačom*) a *odbočovací kábel* (medzi káblovým odbočovačom a koncovým káblovým odbočovačom (Obr.2). Z koncového káblového odbočovača vedú vedenia do KZ. Hlavný kábel môže byť dlhý až 5 km, odbočovací asi 500 m.



Obr.2 Architektúra siete prípojných vedení

Hybridné siete

Hybridné siete sú tvorené kombináciou viacerých odlišných technológií; v tomto prípade budem hovoriť o kombinácii optického systému a medených párov. Na Obr. 3 je uvedený príklad technológie ADSL (Asymetrica Digital Subscriber Line) a VDSL (Very high speed Digital Subscriber Line) ako dvoch hybridných systémov, ktoré sa líšia vzdialenosťou ONU (Optical Network Unit – zakončenie optickej siete na strane ústredne) od ONT (Network Termination – Optical Network Termination – zakončenie na strane účastníka), z ktorého vychádza medené vedenie k zákazníkovi cez rozhranie UNI (User Network Interface).

Všeobecne sa teda hybridné systémy nazývajú systémami xDSL, kde namiesto „x“ sa použije jedno z písmen I, A, H, S, V podľa konkrétneho typu technológie. Konkrétny typ xDSL- systému sa volí podľa *dosahu* a *požiadaviek na prenosovú rýchlosť*. Účastnícke prípojky sa nasadením príslušného xDSL- systému stávajú *digitálnymi účastníckymi prípojkami xDSL*. Nasadenie xDSL-systému je niekedy možné v existujúcej sieti telefónnych prístupov aj bez zásadnej rekonštrukcie.

Pojmy uvedené na Obr.3 sú súčasťou všeobecných schém prístupových sietí, či už optických alebo medených, preto je potrebné si ich pozorne všimnúť. V budúcich textoch sa s nimi ešte stretneme.

Jednotlivé xDSL-systémy budú prebraté podrobnejšie, no prechod k nim tvorila sieť ISDN (*Integrated Services Digital Network*), ktorej základné špecifikácie budú uvedené najprv.

ISDN – Digitálna sieť integrovných služieb

Skratka ISDN je vytvorená z anglického výrazu uvedeného vyššie. Tento systém je tvorený sadou celosvetových komunikačných štandardov pre digitálny simultánny prenos hlasu, videa, dát, paketov a iných sieťových služieb cez tradičné obvody verejnej telefónnej siete (PSTN) v digitálnom formáte. Predstavuje snahu o premenu existujúcej analógovej telefónnej siete na digitálnu. Zároveň bol výsledkom snahy vytvoriť jednotnú sieť pre všetky služby.

ISDN – systém bol definovaný v r. 1984 organizáciou CCITT a neskôr, v r. 1993 aj štandardizačnou sekciou ITU-T.

Vyššou verziou systému ISDN bola B-ISDN (Broadband ISDN- širokopásmová ISDN), ktorá poskytovala všetky služby cez jedno rozhranie podobne ako predtým ISDN, ale rýchlejšie. Káble metalického vedenia boli na časti trasy nahradené optickým vláknom.

ISDN bola tzv. *vytáčaná* služba. Táto vlastnosť zahŕňa viaceré dôležité špecifikácie, medzi inými aj tarifikáciu, ktorá sa realizovala podľa času pripojenia k službe.

V rámci tohto systému sa rozlišujú 2 typy kanálov: signalizačné a dátové (s užívateľskými informáciami). Sú označené písmenami A (analogový so šírkou 4 kHz), B (digitálny 64 kbps pre hlas, dáta, video, s možnosťou pripojenia až do 8 sériových zariadení ako počítač, terminál, fax), C, D, E, H.

V ISDN sieti sa využívali 2 typy účastníckych rozhraní: BRI a PRI.

BRI (Basic Rate Interface) – Základná prípojka ISDN

- slúži pre prenos digitalizovaných telefónnych signálov po symetrických pároch
- je založená na prenose 2B + D – kanálov (to sú dva kanály typu B so 64 kbps-rýchlosťou pre prenos telefónneho signálu, D-kanál so 16 kbps pre signalizáciu + služobný 16kbps-kanál s rámcovou synchronizáciou + dohliadací kanál. Spolu to tvorí tok 160 kbps)
- využitie 4-stavového kódu 2B1Q
- duplexný prenos po 2-drôtovom vedení (1 pár) s použitím *vidlice s potlačením ozvien*
- *preklenuteľný útlm* je 37 až 50 dB na $f_{ref} = 80$ kHz. Minimálny dosah je 6 km pri $\phi 0,4$ mm a 12 km pri $\phi 0,8$ mm (priemer žíl)
- môže sa použiť aj pre prenos dát v sieti IDSL alebo DSL, alebo ako účastnícky systém pripojenia viacerých telefónnych účastníkov
- pozná možnosti: 2 x 64 kbps-telefónne kanály pri štandardnej PCM (ITU-T G.711)
 - 4 x 32 kbps-telefónne kanály pre ADPCM (ITU-T G.721)
 - 8 x 16 kbps-telefónne kanály pre kompresiu LD-CELP (ITU-T G.728)

PRA (Primary Rate Access) - Prípojka ISDN-PRA

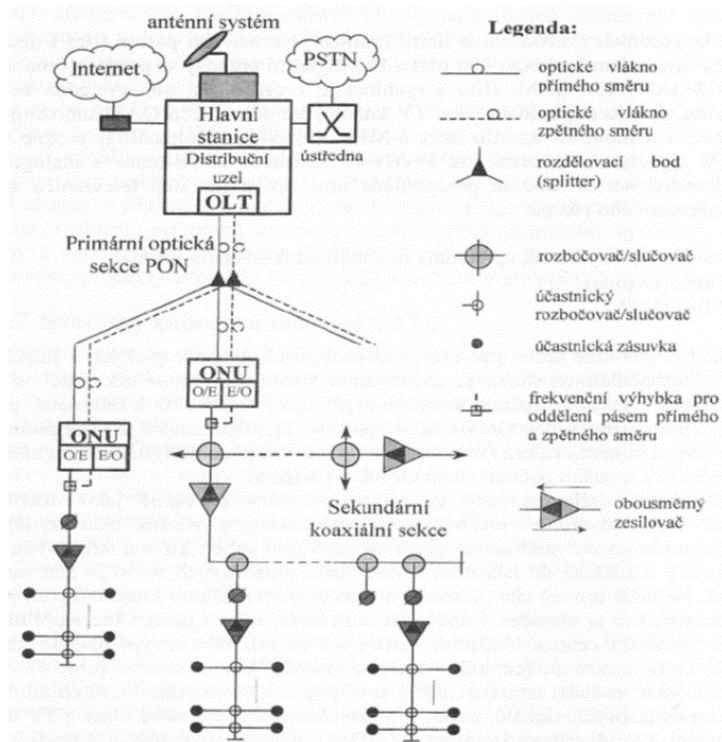
- 2048 kbps,
.... nedokončený text

Satelitné prístupové siete

...nedokončený text

Systémy kábelovej televízie v úlohe prístupových sietí

CATV – Community Access Television alebo tiež Community Antenna Television – je jednosmerný systém pre poskytovanie televíznej služby systémom koaxiálnych káblov. Na našom území (SR a ČR) sa používala skratka TKR – *televízny kábelový rozvod*. Ako z anglického názvu výstižnejšie vyplýva, tento systém sa realizoval v mieste, kde existovalo blízko seba viac účastníkov, ktorí z dôvodu vzájomného rušenia nemohli mať kvalitný individuálny príjem televízie, zato však mohli využiť výhody kvalitného spoločného príjmu na vhodnom mieste (spoločná anténa, antény), konverziu signálu na vhodné frekvenčné TV-kanály (pásma Superband a Hyperband, medzi II. a III. a medzi III. a IV. TV pásmom) a rozvod pomocou kvalitne navrhnutého systému koaxiálnej siete do všetkých účastníckych domácností. Tento, už existujúci systém sa stal podkladom pre návrh širokopásmového prístupu, t.zn. dobudovaním spätného kanála a realizovaním ďalších nutných súvisiacich úprav (modemy, rozbočovače, zosilňovače a niekde aj kvalitnejšie koaxiálne káble). Niektoré siete boli doplnené o optickú primárnu časť, a tak vznikli *hybridné opticko-koaxiálne siete* (Obr.), alebo boli úplne prebudované na optickú sieť.



Obr. Štruktúra CATV s optickou primárnou sekciou [V. Vít]

V roku 90-tych rokoch 20. storočia bol v USA štandardizovaný systém DOCSIS, ktorý bol už niekoľkokrát aktualizovaný, v Európe bol vyvinutý digitálny systém DVB-C (Digital Video Broadcasting – Cable) práve pre tento účel, pre poskytovanie niekoľkých digitálnych TV-programov plus ďalších služieb, vrátane Internetu cez 1 pôvodný TV-kanál určený pôvodne iba pre 1 TV-program. Niektorí poskytovatelia ponúkajú a ponúkajú balík zvaný Triple-Play, čo znamená, že z 1 účastnickej zásuvky má užívateľ možnosť pomocou modemu získať televízny signál, Internet aj hlasovú/telefonickú službu vo vysokej kvalite.

DVB-C

Tento európsky štandard pre digitálnu televíziu má dnes (r. 2018) už 2. verziu (DVB-C2), ktorá oproti prvej poskytuje vyššie rýchlosti, lepšie protichybové zabezpečenie, a vďaka tomu aj vyššie rozlíšenie, až do 4K. Kým prvá verzia využívala QAM moduláciu na jedinej nosnej, v súčasnosti sa pomocou QAM, s vyšším počtom stavov, moduluje ortogonálny systém nosných (OFDM) v rámci pôvodných 8-MHz-kábelových kanálov. Ďalšie porovnanie týchto dvoch systémov je uvedené v Tab. nižšie.

Tab. Porovnanie hlavných špecifikácií systémov DVB-C a DVB-C2 [Wikipedia]

	DVB-C	DVB-C2
Input Interface	Single Transport Stream (TS)	Multiple Transport Stream and Generic Stream Encapsulation (GSE)
Modes	Constant Coding & Modulation	Variable Coding & Modulation and Adaptive Coding & Modulation
FEC	Reed Solomon (RS)	LDPC + BCH 1/2, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6, 8/9, 9/10 ^[4]
Modulation	Single Carrier QAM	absolute OFDM ^[5]
Modulation Schemes	16- to 256-QAM	16- to 4096-QAM
Guard Interval	Not Applicable	1/64 or 1/128
Inverse Fast Fourier transform (IFFT) size	Not Applicable	4k ^[6]
Interleaving	Bit-Interleaving	Bit- Time- and Frequency-Interleaving
Pilots	Not Applicable	Scattered and Continual Pilots

Kanály v pásmach od 65 do 850 MHz (v USA od 42 do 850 MHz; šírka 6 MHz) sa pritom používajú pre smer Down, a kanály 5 – 65 MHz Eu. /5 – 42 MHz USA pre smer Up. Smer od užívateľa (Up) je z dôvodu spomínaných frekvencií náchylný na rušenia (*ingress*), preto sa tu na prenos používa menší počet stavov QAM, resp. QPSK. Kábelový rozvod má zdedenú stromovú štruktúru siete, danú pôvodným distribučným zámerom, a má viac hierarchických úrovní podľa počtu účastníkov (primárna, sekundárna a terciárna sieť. V *hlavnej stanici* (HS) sa nachádza systém antén pre príjem rôznych signálov (aj satelitných, vid' Obr. vyššie), a odtiaľ sa signál cez *konvertory, zosilňovače, náklonové členy/ ekvalizéry* distribuuje k účastníkom. HS je kvôli využitiu v prístupovej sieti prepojená s telefónnou sieťou a Internetovou sieťou. Existujú aj realizácie širokopásmového prístupu pomocou TKR, kde spätný (Up) kanál je realizovaný pomocou telefónnej prípojky. Nižšia prenosová rýchlosť v tomto prípade nie je až takým problémom.

Realizácia modemov pre takýto prístup k širokopásmovým službám je preto pestrá, ako vyplýva z opisov vyššie. Modemy pritom môžu byť externé, alebo zabudované v TV-prijímačoch, a môžu disponovať rôznymi ďalšími funkciami a rozhraniami (ukladanie a archivácia zvolených programov, ich opätovné prehrávanie, prezeranie web-stránok, a ďalšie).

Štandard IEEE 802.14 (Eu.) opisuje MAC protokol pri takejto obojsmernej komunikácii pri dodržaní parametrov QoS. Podobne slúži štandard ETSI ETS 300 800 (DVB pre obojsmernú komunikáciu v CATV), DOCSIS (čítaj doksis) – štandard USA neskôr prijatý aj ITU (ITU-T J.112 pre kábelové modemy).

DOCSIS

Špecifikácie tohto štandardu zhrnieme do niekoľkých najdôležitejších bodov:

Štandard DOCSIS je určený pre systémy CATV v regióne USA a v Európe (EuroDOCSIS). Posledná verzia je DOCSIS 3.1 Full Duplex:

- využitie celého spektra od 0 do cca. 1,2 GHz súčasne pre Up/Down
- multigigabitové symetrické služby
- spätná kompatibilita s DOCSIS 3.1

Staršie verzie:

DOCSIS 3.1 (2013): 10 Gbps Down/ 1 Gbps Up, 4096-QAM, nevyužíva sa už delenie na 6 alebo 8 MHz TV-kanály, ale pre prenos digitálnych multiplexov sa používajú prenosové pásma široké až do 200 MHz (systém spájania kanálov - Channel bonding) , Down: 16-QAM, 128-QAM, 512-QAM, 1024-QAM,

2048-QAM a 4096-QAM, s voliteľnou podporou of 8192-QAM/16384-QAM, Upstream: QPSK, alebo až do 1024-QAM, s voliteľnou podporou pre 2048-QAM a 4096-QAM, lepší energetický manažment.

DOCSIS 3.0: 1,2 Gbps down/ 200 Mbps Up, Channel bonding, podpora pre IPv6,

- šírka kanála – down: 6 MHz USA / 8 MHz „Euro DOCSIS“, up: 6,4 MHz, ale aj spätne kompatibilné užšie pásma
- modulácia –down: 64 alebo 256 QAM, up: QPSK alebo až do 128 QAM
- trellisové kódovanie, S-CDMA,
- priepustnosť – down: 42,88 Mbps / 6 MHz, 55,62 Mbps / 8MHz , up: 30,72 Mbps pri 6,4 MHz kanáli
- počet kanálov na modem bežne: až 4 up/ 8 down.

Systémy „bezdrôtovej káblvky“ MMDS a MVDS

Tento paradoxný názov pomenúva systémy, v ktorých sa signál prenáša voľným priestorom v rádiových frekvenčných pásmach, konkrétne v pásme mikrovln (okolo 5 GHz), ale využíva sa pritom kódovanie a modulácia navrhnutá pre CATV, čiže DVB-C alebo DOCSIS. To znamená, že pre príjem takéhoto signálu je nutné mať mikrovlnovú anténu (s parabolickým reflektorom) a prijímač schopný demodulovať CATV, resp. DOCSIS signál.

Využitie energetických vedení pre prístup k širokopásmovým službám

BPL, PLC

Tento spôsob môžeme rozdeliť do dvoch skupín, a to pridruženie širokopásmového signálu do energetickej siete „pred meracími hodinami“ odberateľa a „za hodinami“, t.j. vo vnútornej sieti domácnosti.

... nedokončený text