

Komunikačná technika 2

Prednáška 1

Úvod

Telekomunikácie sú dnes jednou z najrýchlejšie sa rozvíjajúcich oblastí výskumu, ale tiež oblasťou, kde výsledky výskumu sa veľmi rýchlo uvádzajú do praxe a sú poskytnuté koncovému užívateľovi. Projektantom sietí neustále poskytujú nové výzvy a možnosti, a koncovým užívateľom nové služby a zvyšovanie pridanej hodnoty. Spolu s tzv. telekomunikačným priemyslom tvoria významnú časť svetovej ekonomiky.

Prístupové siete ako časť telekomunikačných sietí pripájajúca užívateľov k poskytovateľovi (tzv. prvá míľa zo strany užívateľa), sa vyvinuli z *účastníckych sietí*, pôvodne realizovaných z metalických krútených párov vytvárajúcich spojenie typu P2P a poskytujúcich obmedzené, hlasové a neskôr aj telexové služby (fax, ďalekopis).

Mimochodom, *krútený pár* je nutné si zapamätať ako technický pojem, označujúci konkrétny typ vedenia (2 medené izolované drôty, pravidelne stáčané s definovaným stúpaním. Väčšinou sú uložené s ďalšími párami v spoločnom kábli – UTP a iné – pričom každý pár je stáčaný s iným konkrétnym stúpaním, drôty v ňom sú farebne odlišené od iných párov, a ich pozícia v kábli je definovaná, rovnako aj ich použitie.

Prístupové siete sa vyvíjali paralelne niekoľkými cestami. Najmodernejší, a ešte stále najspoľahlivejší, ale aj najdrahší je prístup realizovaný optickými vláknami. Médiá pre prístup k širokopásmovým službám budú opísané podrobnejšie neskôr pri jednotlivých typoch prístupových sietí. Jednou z ciest, ktorou sa vývoj uberal, bola snaha využiť existujúcu starú telefónnu sieť (PSTN – Public Switched Telephone Network). Tá bola zavedená takmer všade, ostávalo len vyvinúť spôsob, ako ju využiť na prenos širokopásmového signálu. (Prístupové siete sa nazývajú tiež *širokopásmovými*. Prečo? Lebo: hlas - analóg- do 4 kHz; digitálne dáta – stovky až tisícky kHz; to súvisí s digitalizáciou, kódovaním, kompresiou, zabezpečením a metódou prenosu.) Využitie káblov starej PSTN bolo lacnejšie a, síce v závislosti od konkrétneho miesta, nemuselo byť horšie než využitie iných dnes známych technológií, vrátane optiky.

Základnou myšlienkou *telekomunikácie* je výmena informácií, pričom ide o asistovanú výmenu a na diaľku. Informácie môžu byť obsiahnuté vo zvuku/hlase, reči, texte, dátach, obrázkoch a vo videu.

Telekomunikačná sieť je dnes systémom, ktorý by mal spomínané a ďalšie služby poskytnúť veľkému počtu koncových užívateľov.

Pojem a vývoj telekomunikačných sietí

Pojem *sieť* sa často stotožňuje s pojmom systém. Je však medzi nimi istý rozdiel:

systém = hardvér, viacero telekomunikačných zariadení (prenosové, spojovacie, ...)

sieť = väzba medzi týmito zariadeniami.

Telekomunikačná sieť v širšom zmysle je súbor technických prostriedkov slúžiacich na vysielanie, prenos, premenu, príjem a spracovanie signálu (alebo inak: ... súbor zariadení potrebných na poskytovanie telekomunikačných služieb)

V súčasnosti do telekomunikačnej siete zahrňame aj *počítačové siete*, a vývoj smeruje k vytvoreniu jednotnej siete integrujúcej všetky služby. V podstate sme sa už k tomu cieľu veľmi priblížili. Vývoj telekomunikačných sietí sa opiera o vynálezy v oblasti elektrotechniky, elektroniky, optoelektroniky a výpočtovej techniky. Od pôvodných *špecializovaných sietí* a služieb (telefónna, ďalekopisná, dátová, televízna, rozhlasová, atď.) sa prechádza k *integrovaným sieťam*. Podmienky tohto „mega“ vývoja vytvorila digitalizácia, pričom veľký skok v tomto vývoji sa mohol uskutočniť hlavne po digitalizácii v prenosovej a spojovacej technike.

Pri integrácii sú však problémom rôzne požiadavky jednotlivých služieb na potrebnú *šírku pásma (prenosovú rýchlosť)*. Dostatočná *informačná kapacita (priepustnosť – throughput)* prenosových ciest, ktorá s touto šírkou pásma tiež priamo súvisí, sa potom prejaví v priaznivejšej (menšej) hodnote *oneskorenia* prenesenej správy.

História telekomunikačných sietí je zaujímavá opísaná napr. v [1]. V tomto texte sa obmedzíme len na veľmi skrátenú verziu tohto opisu.

Potreba oznamovať informácie existuje odpradáva. Spôsoby ich prepravy však úzko súviseli s technickými prostriedkami, ktoré boli v danej dobe k dispozícii. Spoločná bola vždy snaha o rýchle doručenie neskreslenej správy, podľa možnosti v úspornej forme, prípadne utajenej, a k správne adresátovi. Možno konštatovať (žiaľ), že hnacou silou vývoja v tejto oblasti boli väčšinou tragické udalosti – hlavne vojnové konflikty alebo ich príprava. Spomedzi mnohých historických míľnikov spomenieme aspoň poštovú službu (najprv len doručovanie prostredníctvom poslov), optické signály (dymové, svetelné, ..., semafory), akustické signály (aj s pomocou akustických meničov a zvukovodov).

Skutočné *telekomunikácie* možno spomínať až v súvislosti s vynálezmi v elektrotechnike, ako bol telegraf, Morseova abeceda, ďalekopis (z telegrafu pri 16 slovách za minútu až po 500 slov za minútu, dierna páska, bezdrôtový telegraf), telefón (A.G. Bell) a jeho rôzne vývojové stupne a princípy až po dnešný zložitý inteligentný prístroj s mnohými funkciami (smartfón), prakticky už takmer napĺňajúci ideu koncového zariadenia integrovanej siete.

S vývojom telekomunikácií je prepojený vývoj prenosových médií (medené vodiče, 2-vodičové vedenia, 1-vodičové vedenia so spätným vodičom pri železničnej komunikácii, nadzemné/podzemné/podmorské vedenia a káble, koaxiálne vedenie, optické vlákna a káble) a zariadení a systémov (okrem koncových zariadení aj zosilňovače, opakovače, ústredne – reléové spoje, elektronické logické obvody, modulácie, multiplexy, digitalizácia, automatizácia, využitie mikroprocesorov) a teória hromadnej obsluhy (A.K. Erlang).

Úlohy telekomunikačnej siete

Z pohľadu koncových užívateľov má telekomunikačná sieť nasledujúce hlavné úlohy:

- umožniť spojenie medzi koncovými používateľmi
- umožniť výmenu informácií v želanej forme (koncové zariadenia/stanice)
- posielat' / prijímat' signály ku/od koncového používateľa s cieľom zriadiť, udržať a rozpojiť spojenie

- poskytnúť prídavné služby (napr. budenie, zúčtovacie informácie, a pod.) aplikácie a rôzne formy a druhy vzdialenej komunikácie (prístup k informačným zdrojom, inteligentné vyhľadávače, preklady v reálnom čase, dištančné vzdelávanie a virtuálna škola, zábava, komunikácia, obchod, bankovníctvo, telemedicína, telemetria, bezpečnostné služby a ďalšie)

Z pohľadu poskytovateľov služieb a operátorov je úlohou telekomunikačnej siete prinášať zisk. S tým súvisia nasledujúce skutočnosti.

- Poskytovatelia sú nútení sledovať vývoj v tejto oblasti, aby mohli čo najrýchlejšie zaviesť do praxe nové technológie, a tým zvýšiť kvalitu poskytovaných služieb a zahrnúť do svojej ponuky aj služby nové.
- Rýchlymi zmenami prechádza aj profil prevádzky, preto sa od siete vyžaduje aj istá *pružnosť*, resp. schopnosť prispôsobenia. V istom zmysle to znamená, že sieť má byť schopná aj prispôbiť šírku pásma požiadavke (on demand).
- Z pohľadu operátorov (z dôvodu konkurencie a z dôvodu oddelenia operátora siete od poskytovateľa služby) je potrebné poznať a špecifikovať požiadavky na systém, ktorých splnenie väčšinou úzko súvisí:
 - minimalizácia investičných a prevádzkových nákladov na sieť
 - nasadzovanie vysokokapacitných multiplexných prenosových systémov (náklady na prenos výrazne klesajú so stúpajúcou kapacitou prenosového systému)
 - zabezpečenie vysokej pružnosti siete z hľadiska jej rozširovania a zmeny architektúry
 - riešenie diaľkovej diagnostiky, dohľadu a konfigurácie siete
 - možnosť operatívneho zavádzania nových služieb alebo zrušenia služieb, o ktoré už nie je zo strany účastníkov záujem.

Parametre telekomunikačných sietí

Jedná sa o parametre presnejšie definujúce, prípadne aj kvantifikujúce požiadavky kladené na sieť:

- prenosová rýchlosť
- symetria služby (v smeroch od a ku účastníkovi)
- možný stupeň kompresie digitálneho toku
- maximálna prípustná chybovosť digitálneho signálu medzi koncovými zariadeniami siete
- maximálne akceptovateľné oneskorenie signálu pri prenose (napr. pre videokonferencie menšie než pre textové správy)
- miera využitia prenosového kanála (napr. pri hlasovej telefónnej službe asi 50%)
- priemerná dĺžka relácie
- dopyt po službe a jeho časové rozloženie.

Schopnosť poskytovať služby na určitej úrovni pomocou telekomunikačnej siete sa posudzuje pomocou parametrov QoS (Quality of Services).

Kvalita služieb – QoS predstavuje komplexný pojem. Je definovaná v medzinárodných telekomunikačných štandardoch ITU (ITU-T G.1000, E.800, ...) a ETSI.

QoS obsahuje základné kritériá:

- rýchlosť (speed)

- presnosť (accuracy)
- dosiahnuteľnosť (availability)
- spoľahlivosť (reliability)
- bezpečnosť (security)
- jednoduchosť (simplicity)
- pružnosť (flexibility)

Štandard ITU-T G.1010 definuje ďalšie kritériá ako:

- oneskorenie
- kolísanie oneskorenia pri prenose
- stratovosť informácie (PLR – Packet Loss Rate)

Nasledujúce tabuľky (Tab. 2, Tab. 3) výstižne ilustrujú rôzne nároky rôznych služieb v podobe spomínaných parametrov.

Tab. 2 Základné kvalitatívne ukazovatele pre prenos zvukovej a obrazovej informácie

aplikácia	Symetria	Typická rýchlosť [kbps]	Oneskorenie [s]	Kolísanie onesk.[ms]	PLR (Packet loss rate)
Prenos zvuk. informácie					
Telef.	Symetricky	4 - 64	<0,4 (0,15)	< 1	< 3%
Hlas.správy	Jednosm.	4 – 32	< 1	< 1	< 3%
Audio on dem.	Jednosm.	16 – 128	< 10	<<1	< 1%
Prenos obrazovej informácie					
Videotelef.	Symetr.	16 - 384	<0,4 (0,15)		< 1%
VoD	Jednosm.	16- Mbps	< 10		< 1%

Tab. 3 Základné kvalitatívne ukazovatele pre prenos dát [3]

aplikácia	Symetria	Typ.objem dát[kB]	Onesk. [s]	Chybovosť BER
Hľadanie inf. (browsing)	Asym.	~10	< 2 Prípustné <4	~ 0
Sťahovanie súb. a stat.obrázkov	Asym.	10 – 10 000	< 15 Prípustné <60	~ 0
Obch.transakcie	Symetricky	< 10	< 2 Prípustné <4	~ 0
Ďiaľk.riadenie a interakt.hry	Asym.	< 1	< 0,2	~ 0
E-mail (prístup k serveru)	Jednosmerne	< 10	< 2 Prípustné <4	~ 0
E-mail (medzi servermi)	Jednosmerne	< 10	Niekoľko min.	~ 0
Telefax	Jednosmerne	~ 10	Niekoľko min.	< 10 ⁻⁶

Základné pojmy z oblasti telekomunikačných sietí

V tejto podkapitole sú uvedené niektoré definície z Medzinárodného elektrotechnického slovníka IEC. V inej literatúre však môžu byť tieto pojmy vyjadrené aj iným spôsobom.

Duplex – spôsob prevádzky, pri ktorom sa informácia môže prenášať medzi dvoma bodmi v oboch smeroch súčasne.

Dvojdružový prenos (spojovanie) - prenos (spojovanie), pri ktorom sa pre oba smery prenosu používa tá istá prenosová cesta.

Informácie - správy alebo poznatky, ktoré môžu byť vyjadrené v tvaroch vhodných pre komunikáciu, uloženie alebo spracovanie.

Kanál (prenosový) - súhrn technických prostriedkov umožňujúcich prenos signálov v jednom smere medzi dvoma bodmi.

Koncentrátor - spojovacie zariadenie umožňujúce súčasne rôzne spojenia medzi okruhmi na jednej strane a iným počtom okruhov na strane druhej.

Modulácia - proces, pri ktorom sa niektorá charakteristická veličina signálu mení podľa charakteristickej veličiny iného signálu.

Multiplexor (demultiplexor) - zariadenie uskutočňujúce multiplexovanie (demultiplexovanie).

Multiplexovanie - vratný proces združovania signálov od niekoľkých samostatných zdrojov do jedného zloženého signálu, určeného na prenos cez spoločný prenosový kanál.

Okruh (telekomunikačný) - kombinácia dvoch prenosových kanálov, umožňujúca prenos medzi dvoma bodmi v oboch smeroch.

Prenosová cesta - priebeh signálu pri jeho prenose medzi dvoma bodmi.

Prepájanie (komutácia) okruhov - spojovanie spočívajúce v požadovanom prepojení koncových zariadení, prenosových kanálov alebo telekomunikačných okruhov kvôli poskytnutiu spojenia používaného výhradne počas doby trvania volania alebo služby.

Prepájanie (komutácia) paketov - proces smerovania správ v telekomunikačnej sieti, pri ktorom sa správy najprv rozdelia na pakety (presne definované skupiny číslicových dát – bitov) vybavené adresami. V určitých uzloch siete sa tieto pakety prijímajú, ukladajú sa do pamäti a vysielajú sa do príslušných prenosových kanálov. Na prijímacom konci sa správy obnovia z prijatých paketov do pôvodnej správy.

Rádiokomunikácia - telekomunikácia prostredníctvom rádiových vln.

Signál - fyzikálny jav, pri ktorom jedna alebo viac charakteristických veličín môžu svojou zmenou vyjadriť informáciu.

Simplex - spôsob prevádzky, pri ktorom sa informácia môže prenášať medzi dvoma bodmi v oboch smeroch, avšak nie súčasne.

Smerovanie - podľa určitých pravidiel výber zväzku okruhov, ktoré majú byť použité na zostavenie daného spojenia od určitej ústredne kvôli konkrétnemu pokusu o volanie.

Spoj - telekomunikačné prostriedky s určitými vlastnosťami medzi dvoma bodmi.

Spojenie - dočasné zoskupenie prenosových alebo telekomunikačných okruhov, spojovacích alebo iných funkčných jednotiek, usporiadaných kvôli uskutočneniu prenosu informácie medzi dvoma alebo viacerými bodmi v telekomunikačnej sieti.

Spojovanie (komutácia) - proces dočasného prepojenia funkčných jednotiek, prenosových kanálov alebo telekomunikačných okruhov s cieľom dosiahnuť požadované spojenie.

Štvordrôtový prenos (spojovanie) - prenos (spojovanie), pri ktorom sa pre každý smer prenosu používa samostatná prenosová cesta.

Telekomunikácia - a) prenos informácie podľa dohodnutých pravidiel prostredníctvom drôtových, rádiových, optických alebo iných elektromagnetických systémov.

b) vedecký a technický odbor oznamovacej elektrotechniky, vytvárajúci teoretické a praktické podmienky pre realizáciu sietí určených na vysielanie, prenos, príjem a spracovanie informácií.

Telekomunikačná sieť - súhrn všetkých prostriedkov umožňujúcich poskytovanie telekomunikačných služieb medzi radom miest, kde prístup k týmto službám poskytujú príslušné zariadenia.

Ústredňa (v telekomunikáciách) - súhrn spojovacieho a prídavného zariadenia uzla telekomunikačnej siete, umožňujúci zostavovanie jednotlivých spojení podľa požiadaviek individuálnych používateľov.

Volanie - zostavenie a použitie spojenia, ktoré nasleduje po pokuse o volanie....

Druhy telekomunikačných sietí

V nasledujúcej tabuľke (Tab. 1) je uvedená klasifikácia telekomunikačných sietí podľa viacerých rôznych hľadísk. Jednotlivé konkrétne typy telekomunikačných sietí potom podľa rôznych hľadísk môžu tvoriť skupiny vždy s inými sieťami. Toto delenie však platilo skôr v minulosti. Dnes sa takpovediac stiera z dôvodu uvedeného vyššie (postupná integrácia, príp. až zánik niektorých starších technológií).

Tab. 1

	Hľadisko	Druhy sietí podľa hľadiska
1.	miesto v oznamovacom reťazci	individuálne okruhy (účastnícke), spoločné okruhy (spojovacie), miestne, medzimestské, medzinárodné, prístupová sieť, prepravná (transportná).
2.	prenosové médium	vodičové, t.j. drôtové/metalické, optické, bezdrôtové
3.	prístup používateľov k sieti	verejná sieť, neverejná (pobočková, privátna)
4.	prenosové a spojovacie prostriedky	s oddelením priestorovým, frekvenčným, časovým, kódovým; siete analógové, digitálne, hybridné
5.	druh koncových zariadení	špecializované, integrované
6.	vytvorenie spojenia	pevná sieť, komutovaná; jednosmerná, obojsmerná
7.	spôsob prenosu	2-drôtová, 4-drôtová sieť
8.	spôsob prepojovania	s komutáciou okruhov, s komutáciou správ alebo paketov

9.	topológia	pavúčia, hviezdicová, mrežová, zložená, zmiešaná, stro-mová, kruhová, tandemová
10.	postup digitalizácie	digitálne „ostrovy“, prekrývajúce sa siete, úplná výmena analógovej za digitálnu sieť

V tabuľke sú len vymenované druhy sietí. Nasleduje podrobnejší komentár k jednotlivým druhom, resp. ich krátky opis..

1. Miesto v oznamovacom reťazci

Z tohto hľadiska sme si hlavne v minulosti mohli predstaviť architektúru telekomunikačných sietí ako hierarchické usporiadanie jej jednotlivých vrstiev (Obr.1)

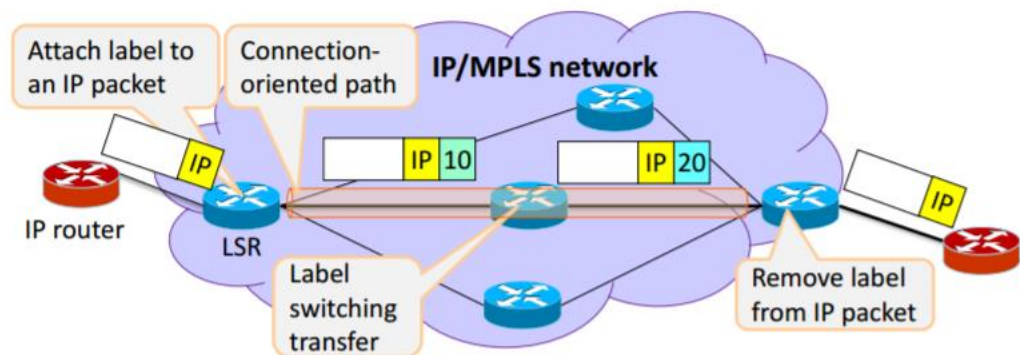


Obr. 1.1 Vrstvový model architektúry teekomunikačných sietí (TMN-Telecommunication Management Network)

- *Sieť koncových zariadení* (terminálov) tvoria koncové zariadenia a prenosová sieť, ktorá ich pripája k rozhraniu (koncovému bodu) prístupovej siete. V starej terminológii telefónnych sietí bol koncovým bodom tzv. *účastník*.
- *Prístupová sieť* realizuje prístup terminálov k spojovacej sieti; na to používa všetky druhy prenosových médií. V starých telefónnych sieťach (PSTN) sa na tejto úrovni hovorilo o *účastníckej sieti*, ktorá realizovala pripojenie k *ústredni*.
- *Spojovacia sieť* realizuje prepojovacie funkcie; tvoria ju jednotlivé spojovacie uzly, ktorých dominantnou funkciou je *smerovanie a prepojovanie tokov volaní (switched network)*. V PSTN prepojovala ústredne navzájom. Keďže klasické ústredne (*Central Office*) už odchádzajú do minulosti, s nimi zrejme aj spojovacia sieť a aj niektoré súvisiace pojmy (spojovacie polia, prepínanie/spojovanie telefónnych okruhov, a pod.). Do minulosti však zrejme neodchádza pojem *spojovanie (switching, doslova prepínanie)*, ako proces, ktorý premiestňuje dáta z jedného interfejsu a doručuje ich k inému interfejsu, pričom vyberá najlepšie cesty medzi strojmi, ktoré uchovávajú správy. Spojovanie sa však už nedeje na úrovni obvodov, často už ani na úrovni kanálov, ale väčšinou na úrovni správ, paketov, príp. bitov. V prípade prestupu medzi rôznymi špeciálnymi sieťami zároveň dochádza k transformácii signálu. Prepojovacie funkcie spojovacej siete a ďalšie funkcie prevzali centrá mobilných sietí a v prípade integrovaných sietí a služieb centrá ďalších väčších, menších alebo globálnych poskytovateľov týchto služieb.

- *Transportnú sieť* tvoria prostriedky umožňujúce prenos a smerovanie správ medzi prvým a posledným uzlom siete. Prepája navzájom všetky spojovacie uzly; je ku nim pripojená cez príslušné koncové uzly. Jej dominantnou funkciou je prenos klientskej prevádzky informácií, no okrem toho aj jej vlastnej prevádzky (funkcie OAM - operation, administration, and maintenance, NMSs –network management systems, a ochrana), na čo využíva *prenosové systémy* a *prenosové médiá*. V minulosti pri zabezpečení okruhovo prepájaného spojenia bolo v transportnej sieti výrazne odlišných viac úrovní. V pomeroch Slovenskej republiky to boli 2 úrovne:
 - *národná transportná sieť*- realizovala prepojenie hlavných uzlov národnej siete a prestup do siete medzinárodnej
 - *regionálna transportná sieť* – realizovala prepojenie miestnych spojovacích uzlov a prístup do národnej siete.

V súčasnosti sa transportná sieť preorientováva na optické prenosové médiá, a namiesto digitálnych systémov SDH (Synchronous Digital Hierarchy) a PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy) prechádza na systém ATM (Asynchronous Transfer Mode) a všeobecne na paketovo orientovanú transportnú technológiu zahŕňajúcu Ethernet a tzv. MPLS (MultiProtocol Label Switching – prepájanie medzi viacerými protokolmi využívajúce návestia). Systém a sieť MPLS (Obr. 2) zodpovedá zvyšujúcim sa nárokom na internetovú sieť s jej charakterom čoraz viac sa približujúcim integrovanej sieti. Opis filozofie a parametrov MPLS možno nájsť napr. v dokumente ITU [2]. V takejto novej podobe a úlohe transportnej siete sa mení aj jej členenie.



Obr. 2 IP/MPLS sieť – situácia v súčasnosti, kde už nie je vidno pôvodné hierarchické, alebo vrstvomé usporiadanie telekomunikačnej siete. (LSR – Label Switched Router)

Niekedy sa ešte možno stretnúť s pojmami *základná (jadrová, chrbticová – core) sieť*, ktorú tvorí transportná sieť spolu so spojovacou, alebo *prenosová sieť*, ktorú tvorí spolu prístupová a transportná sieť.

- *Signalizačná sieť* v minulosti zabezpečovala výmenu riadiacich informácií, t.j. prenos signalizácie a synchronizácie medzi uzlami spojovacej siete. Fyzicky využívala technické prostredie transportnej siete, logicky tvorila samostatnú, paketovo orientovanú sieť. Signalizácia sa uskutočňovala prostredníctvom spoločného signalizačného kanála s využitím napr. signalizačného systému CCITT č.7. Signalizačná sieť bola nevyhnutnosťou pri ISDN (Integrated Services Digital Network – Digitálna sieť integrovaných služieb)

ako jedného z prvých typov prístupovej siete. V súčasnosti úlohu signalizácie preberajú funkcionality nového typu transportnej siete – paketovej siete, prenášajúcej hlavne IP-služby (IP- Internet Protocol). V novom type sietí sa realizuje aj migrácia funkcií signalizačnej siete ako dedičstva existujúceho súčasne so zvyškami sietí PSTN.

- *Inteligentná sieť* opäť ako časť telekomunikačných sietí vchádzajúca do minulosti nebola už fyzicky samostatnou sieťou, ale jej logickou nadstavbou, obsahujúcou už nové zákaznicky orientované funkcie ako smerovanie volania k optimálnemu cieľu, prenositeľnosť osobných oprávnení v rámci národnej a medzinárodnej siete.
- *Telekomunikačná riadiaca sieť (TMN – Telecommunication Management Network)* – opäť zanikajúca časť telekomunikačnej siete pohlcovaná súčasnými novými integrovanými transportnými IP-sieťami. Bola prostredím integrujúcim dohľadové a riadiace systémy všetkých sieťových prvkov. Poskytovala možnosť celosieťového riadenia bez ohľadu na typy použitých technológií, v konkurenčnom prostredí viacerých operátorov sietí a prevádzkovateľov služieb. Predpokladom pre to, aby to fungovalo, tak v minulosti ako aj dnes, je, aby jednotliví výrobcovia sieťových systémov dodržiavali medzinárodne dohodnuté *standarty pre rozhrania a protokoly*.

2. Typy prenosových médií

Prenosové médiá sú fyzikálne nosiče signálu. Rozlišujeme rôzne prenosové médiá podľa materiálu, konštrukčných vlastností, prenosových vlastností, frekvenčných charakteristík, šírky efektívneho prenosového pásma.

Takže podľa materiálu sú to drôtové /vodičové a bezdrôtové (bezvodičové) médiá. Drôtové ďalej delíme na metalické (väčšinou medené) a svetlovodivé (optické).

Podľa konštrukcie rozlišujeme vodičové médiá symetrické (dvojlinky, krútené páry, ...) a nesymetrické (koaxiálny kábel, vlnovod). Poznáme ďalej rôzne konštrukcie určené pre nadzemné, zemné, podmorské realizácie signálového prenosu.

Symetrické vodičové médiá sú miestne telefónne káble nepupinované obsahujúce krútené páry (dnes využívané pre prístupové siete, Cu 0,4 až 0,8 mm), a štrukturovaná kabeláž (s krútenými párami) CAT5 (príp. 5E) – do 100MHz (100Mbit/s), CAT6 (do 250MHz), CAT7 (do 600MHz), UTP, STP, FTP.

Koaxiálne káble (50 alebo 75 ohm) sa delia podľa rozmerov v priereze na - stredné 2,6/9,5 mm - desiatky MHz, malé, a mikrokoaxiálne káble – jednotky MHz. Okrem toho sa líšia prevedením vnútorného aj vonkajšieho vodiča (lanko/drôt, fólia/výplet), použitými kovovými, resp. dielektrickými materiálmi, a tým aj útlmom, rozsahom frekvencií a typom cieľového určenia.

Svetlovodné (optické vláknové) médiá mávajú hrúbku vlákna rádovo v mikrometroch 0,85 - $1,55 \cdot 10^{-6}$ m - jedno- a dvoj- a viac- vlnové - 10 GHz, až do približne jedného milimetra - mnohovlnové. Mnohovlnové sú schopné prenášať viac vlnových dĺžok alebo určitý spojitý interval vlnových dĺžok svetla, a tento parameter súvisí zároveň s parametrom skoková zmena indexu lomu, alebo – gradientná zmena. Môžu byť vyrobené z kremičitého skla (drahšie, krehkejšie, menší útlm) alebo z plastov/polymérov (robustnejšie).

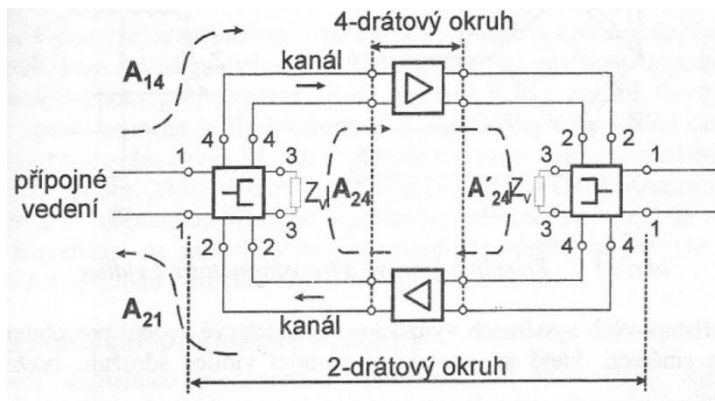
Optické bezvláknové spojenie (FSO – Free Space Optics) sa realizuje laserovým lúčom vysielaným z hlavice vysieláča cez voľný priestor.

Bezdrôtové (rádiové) spoje zahŕňajú: - mikrovlnové (aj RR – rádio-reléové) spoje v oblasti jednotiek až desiatok GHz, vyžadujú priamu viditeľnosť a sú schopné prenášať pomerne široké frekvenčné kanály obsahujúce množstvo multiplexovaných služieb.

- troposférické
 - družicové
 - stratosférické (HAP – High Altitude Platforms - bezpilotné vzducholode, lietadlá a balóny realizujúce prístupový bod v prípade nárazového nárastu množstva účastníkov pri rôznych spoločenských, športových a iných akciách, nečakaných pohromách rôzneho druhu a podobne).
3. Delenie telekomunikačných sietí podľa typu koncových zariadení, je znova pohľad, ktorý platil hlavne v minulosti a podľa ktorého sa siete delili na rôzne *špecializované typy* (televízne, rozhlasové, telefónne, satelitné, telegrafné,...). Tieto siete vznikali postupne, mali rôznu šírku pásma, a prenášali signál v rôznych odlišných podobách (moduláciách). Jednu sieť bolo v nedávnej/“prechodnej“ fáze vývoja telekomunikačných sietí možné s pomocou modemu použiť na prenos signálu charakteristického pre iný druh siete, a pripojiť tak k nej iný druh koncového zariadenia (napr. sieť PSTN, modemy, digitálny signál/signál v telefónnej sieti, a počítačová sieť). Tento prechodný stav, ktorý ešte celkom nezanikol, je na ceste k vytvoreniu *integrovanej siete*, na ktorú možno pripojiť všetky druhy koncových zariadení. Prepájanie a integrácia sietí je možná len na nejakom „integrujúcom“ princípe. Týmto princípom sa stala digitalizácia.
 4. Delenie telekomunikačných sietí podľa typu vytvoreného spojenia.

Z tohto pohľadu sme hlavne v minulosti mohli rozlíšiť siete pevné a komutované. *Pevné* spojenia a siete boli a sú vytvorené pre veľké prevádzkové zaťaženie; vyznačujú sa vyššou spoľahlivosťou, pohotovosťou, za istých podmienok možnosťou stopercentného utajenia, a kvalitou. *Komutovaná sieť* obsahuje spojenia (pomocou paketov alebo okruhov) vytvorené len počas doby trvania volania alebo služby. Jej výhodou je lepšia vyťažiteľnosť.

5. Podľa spôsobu prenosu rozlišujeme prenos len jedným smerom (*simplex*), napr. down (smer k účastníkovi), alebo prenos obojsmerný (*duplex*). Simplexné služby sú napr. distribúcia televízneho alebo rozhlasového signálu. Duplexný prenos je v prípade interaktívnych služieb, pričom požiadavky na prenášané pásmo v oboch smeroch môžu, ale nemusia byť rovnaké. Pri duplexnom prenose je nutné odlíšiť tieto dva smery, a to sa môže diať fyzicky (oddelené fyzické cesty, t.j. 2 páry alebo 4-vodičové vedenie, 2 optické vlákna) alebo duplexnou metódou najčastejšie vo frekvenčnej oblasti (FDD – frekvenčne delený duplex – iné frekvenčné pásmo pre up a down- smer) alebo v časovej oblasti (TDD – Time Division Duplex – striedanie časových intervalov pre vysielanie up a down). Pri prenose oboch smerov po tom istom páre vodičov môže byť trasa signálu prerušená v mieste, kde je potrebné tieto dva smery oddeliť, uskutočniť príslušnú operáciu (zosilnenie, spojovacie polia) a/alebo transformáciu signálu, a oba smery opäť zlúčiť. Zariadenie, kde sa táto transformácia 2-vodičového vedenia na 4-vodičové a potom opäť na 2-vodičové uskutočňuje, sa volá *telekomunikačná vidlica (telecommunication hybrid)*. Je to elektronický obvod (Obr. 3), ktorý môže byť realizovaný niekoľkými rôznymi spôsobmi (diskrétnymi súčiastkami aj integrovanými obvodmi) a v ktorom je vyriešené aj čiastočné a dostatočné potlačenie vzájomného prenikania signálov do opačného smeru (potlačenie echa).



Obr. 3 Telekomunikačná vidlica - bloková schéma

6. Podľa spôsobu prepojovania (spojovania, komutácie) rozdeľujeme siete na siete s komutáciou kanálov, resp. okruhov a s komutáciou správ, resp. paketov.

Pri komutácii okruhov sa predpokladajú fyzické okruhy; prenosová cesta je úplne k dispozícii počas celej doby prenosu správy. To je z pohľadu poskytovateľov veľmi neekonomické riešenie, pretože štatisticky je prístup jednotlivých užívateľov požadovaný len počas určitého percenta z 24-hodinového intervalu (zďaleka nie 100 %), a pri digitálnom signáli napr. reč potrebuje prenosovú kapacitu len asi 40 bps z celkových 64 kbps pri jednej relácii.

V digitálnych sieťach bola predchodcom paketovej komutácie komutácia správ, kde jednotlivé správy pri jednotlivých „preskokoch“ medzi switchmi/routami, boli na týchto zariadeniach uchovávané. Pred vyslaním každej novej správy sa vytvorila vždy nová cesta. Nedalo sa hovoriť o prenose v reálnom čase; problematické bolo oneskorenie, takže tento spôsob nebol vhodný pre typ dát požadujúcich určité maximálne oneskorenie (pre reč je prípustné oneskorenie maximálne niekoľko desiatok milisekúnd). Príkladom komutácie správ bola elektronická pošta, resp. telegraf.

Paketová komunikácia tvorí základ súčasných počítačových/paketových sietí. Pakety (určitý počet bitov, usporiadaný do definovaných polí s presným určením: záhlavie, samotné dáta, protichybové zabezpečenie) sa v prepojovacom uzle zaznamenajú, prečíta sa ich záhlavie (adresa cieľa, priorita a pod.), a zaradia sa do fronty. Ich prenos sa môže uskutočniť po rôznych cestách, ich poradie na strane príjmu sa musí obnoviť na základe poradového čísla, a potom sa až môžu odovzdať.

V istých prípadoch sa môže vytvoriť tzv. *virtuálny kanál (okruh)*, čo je rovnaká cesta pre všetky pakety danej správy a v správnom poradí. Podobne možno vytvoriť aj virtuálnu sieť.

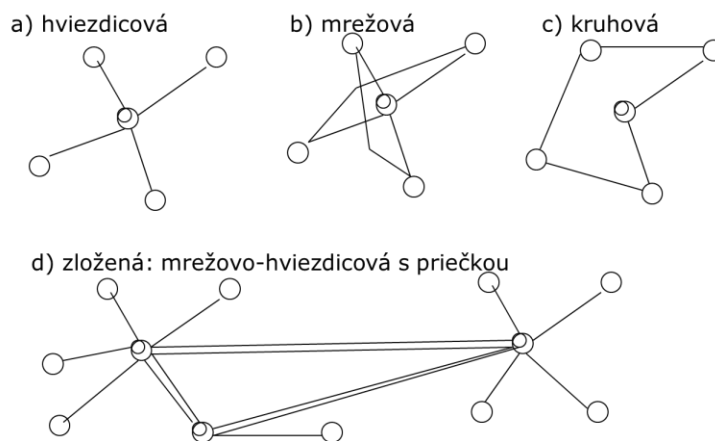
7. Delenie telekomunikačných sietí podľa *topológie (štruktúry)*.

Štruktúra sietí môže byť všeobecne rôzna. Pri jej analýze a optimalizácii sa využíva teória grafov, a z tejto teórie sa v tejto problematike používajú pojmy *uzol* (spojovacie zariadenia, ústredne) a *hrana* (zväzky vedení, okruhov). Základnou podmienkou pre prepojenie ľubovoľných koncových zariadení je celistvosť siete.

Kritériá pre návrh topológie možno rozdeliť na ekonomické a prevádzkové. K ekonomickým patria počty vedení, ich dĺžky, počty zariadení. K prevádzkovým kritériám patrí *spoľahlivosť*, čiže schopnosť zabezpečiť prenos aj pri výpadku niektorých zväzkov/trás alebo pri preťažení.

- *Pavúčia sieť* vznikala prepojením najbližších uzlov pri postupnom rozširovaní siete. Takýmto spôsobom mohlo dôjsť k chybnému výsledku

- *Hviezdicová (radiálna) sieť* (Obr. 3a) tvorí základ hierarchickej štruktúry siete, kde sú niektoré ústredne nadradené iným (systém hlavnej ústredne a podústrední). Takúto štruktúru bolo možné nájsť v menších miestnych sieťach aj v nižších úrovniach medzimestskej a medzinárodnej siete. V digitálnych sieťach sa používa pre pripojenie vzdialených účastníckych jednotiek (RSU – Remote Subscriber Unit) ku hlavnej ústredni (HOST). Má najmenší počet zväzkov a trás; poskytuje lepšie využitie okruhov. Jej nevýhodou je zraniteľnosť, čo je opak spoľahlivosti z pohľadu výpadku trasy, ktorá je jedinou pre daný koncový uzol.
- *Mrežová (mesh, úplná mrežová alebo polygonálna) sieť* (Obr. 3b) je protipólom hviezdicovej siete. Má najviac zväzkov (trás). Je však najodolnejšia k možným poruchám na trasách. Kvôli veľkej prevádzka sa používala a používa v najvyšších úrovniach miestnych sietí, medzimestskej aj medzinárodnej siete.
- *Zložená sieť* (Obr. 3d) sa môže nazvať aj viacnásobnou hviezdicovou/mrežovou, alebo môže byť ich kombináciou (*zmiešaná sieť*). Často je doplnená *priečkami* tam, kde je medzi príslušnými ústredňami veľká prevádzka.
- *Kruhová sieť* (Obr. 3c) má rovnaký počet uzlov a vetiev; vždy 2 vetvy pripadajú na 1 uzol. Je schopná preniesť veľkú tranzitnú prevádzku. Má o 1 hranu viac než hviezdicová sieť. Môže pri nej dôjsť k prerušeniu ľubovoľnej 1 hrany bez vyradenia ktoréhokoľvek uzla. Zavádza sa do celej digitálnej telekomunikačnej siete takým spôsobom, že sa použije niekoľko kruhov, ktoré sa stýkajú v určitých uzloch, alebo majú spoločné niektoré vetvy (viac hrán v miestach styku).
- *Tandemová sieť* (zariadenia zapojené za sebou) má najmenší počet vetiev, vznikne prerušením kruhovej siete. Takáto sieť je značne zraniteľná, uzly sú zaťažené veľkou prevádzkou, a jej uplatnenie možno nájsť v železničnej sieti, kde uzly sú umiestnené pozdĺž trate.



Obr. 3 Príklady topológií sietí

8. Postup digitalizácie siete (história).

Spôsob oddelovania kanálov v prenosovej technike postupoval od *priestorového* ku *frekvenčnému*, ktorý sa udržal dlho. V spojovacej technike pritom zotrvalo priestorové oddelenie kanálov (analogové ústredne). Časové oddelenie kanálov sa najprv uplatnilo v prenosovej

technike; v spojovacej až vtedy, keď bolo vyvinuté spoľahlivé spínanie pre digitálne spojovacie pole (*digitálne ústredne*). Potom mohlo dôjsť k integrácii prenosovej a spojovacej techniky na jednotnom princípe. Postup zavádzania digitálnej techniky pritom závisel od ekonomických možností, takže často vznikali najprv tzv. *digitálne ostrovy* (v rámci ktorých bolo všetko zdigitalizované) s menším počtom uzlov a postupne sa zväčšujúcou kapacitou.

Niekde existovala digitálna sieť paralelne ku analógovej. Problémom bola voľba miesta a počtu prechodov medzi oboma sieťami, a tým aj možnosť preťaženia analógovej časti. Prinieslo to so sebou nutnosť prečíslovania (účastníckych prípojok). V takýchto typoch sietí sa analógová časť postupne ruší, a dochádza aj k využitiu optických trás.

Literatúra

[1] V.Kapoun: Přístupové a transportní síte. VUT v Brně, 1999.

[2] ASIA-PACIFIC TELECOMMUNITY 2nd APT/ITU Conformance and Interoperability Workshop (C&I-2): Packet Transport Networks: Overview and Future Direction. 26 August 2014, Bangkok, Thailand.