



Moderné vzdelávanie pre vedomostnú spoločnosť/
Projekt je spolufinancovaný zo zdrojov EÚ

MALÁ ENCYKLOPÉDIA PRÍSTUPOVÝCH SIETÍ

Fakulta elektrotechniky a informatiky

Ľudmila Maceková



Európska únia
Európsky sociálny fond



Agentúra
Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu SR
pre štrukturálne fondy EÚ



Táto publikácia vznikla za finančnej podpory z **Európskeho sociálneho fondu** v rámci Operačného programu **VZDELÁVANIE**.

Prioritná os 1 Reforma vzdelávania a odbornej prípravy

Opatrenie 1.2 Vysoké školy a výskum a vývoj ako motory rozvoja vedomostnej spoločnosti.

Názov projektu: **Balík doplnkov pre ďalšiu reformu vzdelávania na TUKE**

ITMS 26110230093

NÁZOV: Malá encyklopédia prístupových sietí

AUTOR: Ing. Ľudmila Maceková

VYDAVATEĽ: Technická univerzita v Košiciach

ROK: 2015

ROZSAH: 133 strán

NÁKLAD: 50 ks

VYDANIE: prvé

ISBN: 978-80-553-2105-9

Rukopis neprešiel jazykovou úpravou.

Za odbornú a obsahovú stránku zodpovedá autorka.

Predhovor

Encyklopédia neobsahuje celú problematiku prístupových sietí, napriek tomu je použiteľná pri štúdiu predmetu Prístupové siete. Témy sú usporiadané podľa abecedy, takže orientácia v encyklopédii je jednoduchá. Čitateľ však musí vedieť, čo hľadá. Encyklopédia vznikla so zámerom doplniť prednášané témy o príklady vo svete zrealizovaných a známych, alebo aspoň rozpracovaných prístupových systémov, metód a komponentov sietí, ktoré tvoria veľmi rozsiahly a pestrý rad. Oblasť prístupových sietí v teoretickej rovine, ale aj v praxi sa už istý čas veľmi rýchlo rozvíja, preto aj z toho dôvodu je nutné čítať mnohé kapitoly a mnohé vyhlásenia v publikácii s určitým nadhľadom.

Práca na zdokonalení a rozširovaní tohto súborného diela bude pokračovať, a námety a kritika zo strany čitateľov sú vítané na nižšie uvedenej adrese.

Ing. Ľudmila Maceková, PhD.
autorka publikácie a lektorka predmetu Prístupové siete
e-mail: ludmila.macekova@tuke.sk
Košice, apríl 2015

Prístupové siete - Úvod

Prístupové siete sú časťou, jednou vrstvou celkového systému telekomunikačných sietí, tou, ktorá pripája koncových používateľov k poskytovateľovi. Sú tzv. poslednou míľou na ceste širokopásmového signálu od globálnej siete kužívateľovi, alebo prvou míľou v opačnom smere. Služby a signál, ktorý prístupové siete poskytujú, sú digitálne, a z toho dôvodu sa často nazývajú širokopásmovými. Súvisí to so šírkou frekvenčného spektra, ktorú zaberajú, a ktorá je väčšia, než pri pôvodných starých jednotlivých analógových službách (televízia, stará telefónna služba a pod.).

Prístupové siete sa vyvíjali paralelne niekoľkými „cestami“. Vo veľkej miere vznikli z účastníckych telefónnych sietí, realizovaných metalickými (medenými) krútenými párami (twisted pairs). Sú to tzv. xDSL systémy (niekoľko typov DSL – Digital Subscriber Line – digitálna účastnícka linka). K prístupovým sieťam patria aj ďalšie siete, pôvodne navrhnuté a slúžiace pre jeden špeciálny typ služby (internetové, televízne, hlasové mobilné siete, a pod.). Nové, z pohľadu typu prenosového média najmodernejšie, a zrejme zatiaľ najrýchlejšie a najspoľahlivejšie sú prístupové siete optické, realizované pomocou optických vlákien. Ich relatívne vysoká cena už prestáva hrať významnú úlohu vďaka vysokému nárastu počtu užívateľov, a to ako jednotlivcov, tak aj veľkých zákazníkov (firiem a organizácií).

Klasifikácia prístupových sietí

Z vyššie uvedeného začína byť jasné, že typov prístupových sietí je viac (je ich dokonca veľa), a že je viac aj pohľadov na ich rozdelenie do skupín.

Z hľadiska typu prenosového média, sú siete vodičové a bezvodičové. Vodičové siete môžu byť drôtové (metalické, z krútených párov alebo koaxiálnych káblov) alebo vláknové (optické, z optických káblov a ďalších komponentov). Bezvodičové alebo bezdrôtové siete rozdeľujeme tiež podľa typu signálu na rádiové (prenos signálu pomocou elektromagnetického vlnenia v oblasti omnoho nižších než optických frekvencií) a optické (FSO – Free Space Optics – prenos signálu na vlnovej dĺžke v infračervenej oblasti).

Z hľadiska slobody prístupu používateľov k sieti rozlišujeme siete verejné, prístupné v istom zmysle každému, a siete neverejné (privátne, pobočkové), prístupné na základe platby, alebo príslušnosti, premietnutej do podoby kódu, alebo špeciálneho typu zariadení.

Podľa veľkosti územia, pokrytého signálom danej prístupovej siete (vlastnenej konkrétnym operátorom alebo poskytovateľom služieb) alebo podľa dosahu signálu od prístupového bodu ku koncovému zariadeniu rozlišujeme siete s dosahom rádovo okolo 1 metra (PAN – personal Area Network - osobné siete), lokálne (LAN – Local Area Network) a rozsiahle siete (WAN – Wide Area Network, alebo MAN – Metropolitan Area Network). Satelitné siete, z ktorých viaceré tiež môžu poskytovať prístup k širokopásmovým službám, a to aj účastníkom rozptýleným po celom zemskom povrchu, majú charakter globálny.

Na základe **spôsobu zdieľania spoločného prenosového média** mnohými účastníkmi poznáme odlišenie kanálov na princípe časového delenia (TDM – Time Division Multiplex), frekvenčného delenia (FDM - Frequency Division Multiplex), priestorového delenia (Space Division Multiplex; samostatné vedenie, krútený pár, vlákno, a pod. pre každý kanál) a kódového delenia (CDM – Code Division Multiplex). Jednotlivé typy multiplexov sa na trase signálu môžu aj niekoľkokrát meniť – transformovať, prípadne aj kombinovať (napr. FDM signál môže byť namodulovaný na jednu optickú vlnovú dĺžku a podobne). S typom prenosového multiplexu potom súvisí aj typ prístupu – TDMA (TDM Access), a podobne FDMA, CDMA, WDMA.

Z jednotlivých konkrétnych typov prístupových sietí vyplýva, že sa dajú použiť aj ďalšie hľadiská ich hrubšieho aj podrobnejšieho delenia (pevné – mobilné, obojsmerné – jednosmerné/distribučné, príp. ďalšie).

Mnohí zástupcovia jednotlivých spomenutých (aj nespomenutých) skupín sú uvedení v tejto publikácii. Určite to však nie sú všetky známe typy prístupových sietí.

Okrem typov prístupových sietí sú tu zvlášť predstavené aj viaceré metódy prenosu, ktoré tieto siete charakterizujú, prípadne jednotlivé komponenty rôznych typov prístupových sietí. Podľa rozsahu knihy je jasné, že ani táto kategória hesiel nie je úplne vyčerpaná. Dopĺňanie ako aj aktualizácia obsahu knihy je záležitosťou budúcej práce na nej.

3G sieť

3G je skratka pre tretiu generáciu mobilných telekomunikačných technológií - zariadení a služieb. Služby spojené s touto generáciou predstavujú schopnosť prenášať oboje – hlas (telefónny hovor) i dáta (sťahované dáta, e-maily, správy). Súbor štandardov tejto generácie vyhovuje špecifikáciám IMT-2000 (International Mobile Telecommunications), vydaným organizáciou ITU (International Telecommunication Union). Aplikáciami typu 3G sú bezdrôtové hlasové služby, pevný bezdrôtový a mobilný prístup k Internetu, videohovory a mobilná televízia. Videohovory boli označované ako vlajková aplikácia tejto generácie, no ukázalo sa, že hlavnou využívanou službou nakoniec bolo sťahovanie hudby. Mobilné siete tretej generácie sú sieťami určenými pre osobné zariadenia ako PDA (Personal Digital Assistant) alebo tzv. smartfóny (integrované mobilné telefóny) a pre mobilné telefóny.

PDA bolo malé zariadenie podobné počítaču, ktoré sa zmestilo do dlane. Namiesto klávesnice bolo vybavené dotykovým displejom a perom. Malo rôzne funkcie ako napr. zapisovanie informácií, kontaktov, stretnutí, súborov, programov, nahrávanie zvuku atď. Dokázalo sa tiež pripojiť na internet alebo iné siete a cez ne sťahovať alebo odosielať dáta. Prvýkrát sa pojem PDA objavil v roku 1992, keď ho predstavil Apple Newton a jeho výroba sa skončila v roku 2010, keď používatelia začali prechádzať na výkonnejšie smartfóny.

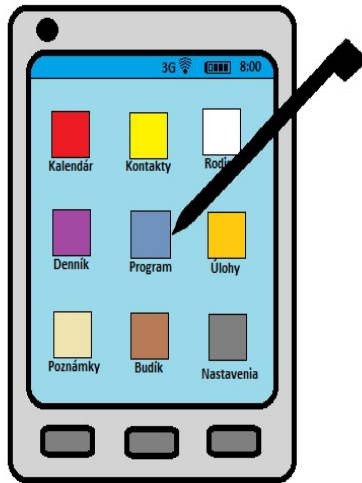
Smartfón má rovnako ako PDA dotykový displej. Je hybridom staršieho mobilného telefónneho štandardu GSM a nového štandardu UMTS. Stal sa hitom najmä kvôli tomu, že okrem základných funkcií PDA dokázal poskytnúť široké možnosti, ako napr. synchronizácia s počítačom, bezdrôtové pripojenia WiFi a Bluetooth, integrovaný GSM telefón, atď. Taktiež sa na nich dajú spúšťať milióny aplikácií na rôznych platformách. Momentálne najpoužívanejšie platformy pre smartfóny sú Android (od spoločnosti Google) a iOS (od spoločnosti Apple). Aplikácie vytvorené pre danú platformu fungujú iba na nej. Na Obr. 1 môžeme vidieť ako vyzerá PDA, resp. smartfón.

3G sieť operuje v pásme okolo 2,1 GHz a spomínané služby umožňuje vďaka rýchlemu prenosu dát s využitím nastavby HSDPA (High-Speed Downlink Packet Access – vysokorýchlostný paketový prenos v downlinku). Teoretické maximum prenosovej rýchlosti novších vydaní 3G je 14,4 Mbit/s. Spomínané neskoršie vývojové stupne 3G sa označujú ako tzv. 3,5G a 3,75G a sú použité v smartfónoch i mobilných modemoch laptopov.

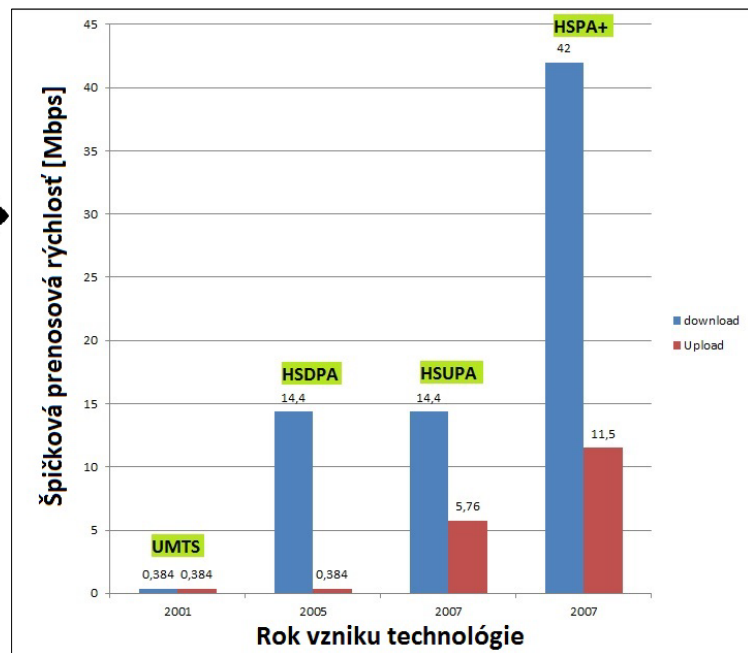
Japonsko bolo prvou krajinou, ktorá zaviedla 3G technológiu. V roku 2005 používalo v Japonsku mobily tretej generácie 40 % užívateľov. Na Slovensku spustili mobilní operátori komerčnú prevádzku 3G sietí začiatkom roka 2006 (Orange 17. marca 2006 a T-Mobile 25. januára 2006). Oneskorenie v Európe bolo spôsobené hlavne problematickým predajom licencií.

UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) prvýkrát ponúknutý v r. 2001 a štandardizovaný skupinou 3GPP je jedným zo spomínaných 3G štandardov. Je určený pre mobilné telefóny a využíva štandardne frekvenčné spektrum od 1885 MHz do 2025 MHz alebo od 2110 MHz do 2200 MHz. Jeden kanál má presne definovanú šírku 5 MHz. UMTS bol koncipovaný ako nástupca systému GSM (2G) a využíva jeho infraštruktúru. UMTS umožňuje vysokorýchlostný prenos dát a vyššie spomínané nové multimediálne funkcie, napríklad videohovory. Maximálna rýchlosť je 384 kbps (UMTS Release 99). UMTS používa pre prístup W-CDMA (Wideband Code Division Multiple Access). Mnohonásobný prístup typu W-CDMA tu môže byť ďalej kombinovaný s prístupom TDMA (Time Division Multiple Access) a FDMA (Frequency Division Multiple Access). Systém CDMA2000, ktorý je súčasťou

týchto štandardov, je založený na technike rozprestretia spektra pri rádiovom prenose, čo je úplnou novinkou v porovnaní s technológiami generácie 2G a staršími.



Obr.1 – Ilustrácia zariadenia PDA (alebo smartfón)



Obr. 2 – Graf vývoja technológií 3G

HSDPA - High-Speed Downlink Packet Access, ďalšia technológia zavedená v sieťach 3. generácie, zrýchľuje tok dát smerom k užívateľovi (až 14,4 Mbit/s) a skracať reakcie. 1. generácia tejto služby ponúka download až 1,8 Mbit/s. HSDPA je protokol mobilnej telefónie označovaný aj ako technológia 3,5G – triapoltá generácia. Objavil sa v 5. vydaní štandardu UMTS. HSDPA je dostupná ako pre UMTS FDD (Frequency Division Duplex) tak pre UMTS TDD (Time Division Duplex – obojsmerná komunikácia; priamy a spätný smer sú však oddelené v čase, t.j. neprebiehajú súčasne). HSDPA je založená na niekoľkých inováciách architektúry siete, vďaka ktorým sa dosahuje spomínané nižšie oneskorenie, rýchlejšie reakcie na zmenu kvality kanála a spracovanie typu H-ARQ (Hybrid Automatic Repeat request - hybridná automatická požiadavka na opakovanie prenosu). Po HSDPA boli zavedené HSPA (High-Speed Packet Access) a HSPA+, ktoré zvyšujú prenosové rýchlosti až na dnešných 42 Mbit/s pre download, používaných u nás v sieťach Orangeu a Telekomu v rámci 3G. Na Obr. 2 môžeme pozorovať ako sa vyvíjala technológia 3G a aké rýchlosti pritom dosahovala.

Literatúra

- [1] ITU (4 July 2002). "IMT-2000 Project - ITU"
- [2] ITU: M.687 : International Mobile Telecommunications-2000 (IMT-2000)
- [3] <http://www.computerhope.com/jargon/p/pda.htm>

a iné

4G sieť

4G je skratka pre štvrtú generáciu. Je to termín, ktorý opisuje nasledujúcu kompletnú evolúciu v bezdrôtovej komunikácii. 4G systém je schopný poskytnúť komplexné IP (Internet Protocol) riešenie. Dáta a strímované multimédiá môžu byť prístupné používateľom kedykoľvek a kdekoľvek, a vo vyšších množstvách prenesených údajov oproti predchádzajúcim generáciám 2G a 3G. V súčasnosti už na viacerých miestach realizovaná technológia LTE (Long Time Evolution) má podoznamenie 3,9-tá technológia, čím jej autori asi naznačujú opatrnosť v používaní silných slov a označení.

Druhá generácia bola celkovou náhradou prvej generácie sietí a mikrotelefónov a tretia generácia bola celkovou náhradou druhej generácie sietí a mikrotelefónov. Štvrtá generácia nie je prírastkový vývin ku tretej generácii, ale je celkovou náhradou tretej generácie. Nadväzuje na sieť tretej generácie, pričom ešte väčšmi sa zameria na rozvoj multimediálnych služieb a čo je najhlavnejšie, pracuje už nezávisle na predošliach typoch siete, pretože aj 3G sieť mala byť vždy ešte prispôbena pre kompatibilitu s 2G. Medzinárodné telekomunikačné, regulačné a štandardizačné orgány pracujúce na komerčnom rozmiestnení, plánovali celkovo aplikovať 4G v časovej mierke 2012-2015.

Cieľom 4G je poskytovanie rýchlosti medzi 100Mbit/s a 1Gbit/s s tým, že poskytovanie služieb bude založené na vysokej kvalite a bezpečnosti.

Dôvody vzniku LTE (Release 8)

- Potreba zabezpečiť pokračovanie konkurencieschopnosti pre systémy na báze 3G.
- Dopyt používateľov po vyššej kvalite a rýchlosti služieb.
- Požiadavky na zníženie nákladov CAPEX (kapitálové náklady) a OPEX (prevádzkové náklady).
- Nízka zložitosť.
- Vyhnutie sa zbytočnej fragmentácii technológií na párové a nepárové prevádzkové skupiny.

IPv6 (Internet Protocol version 6)

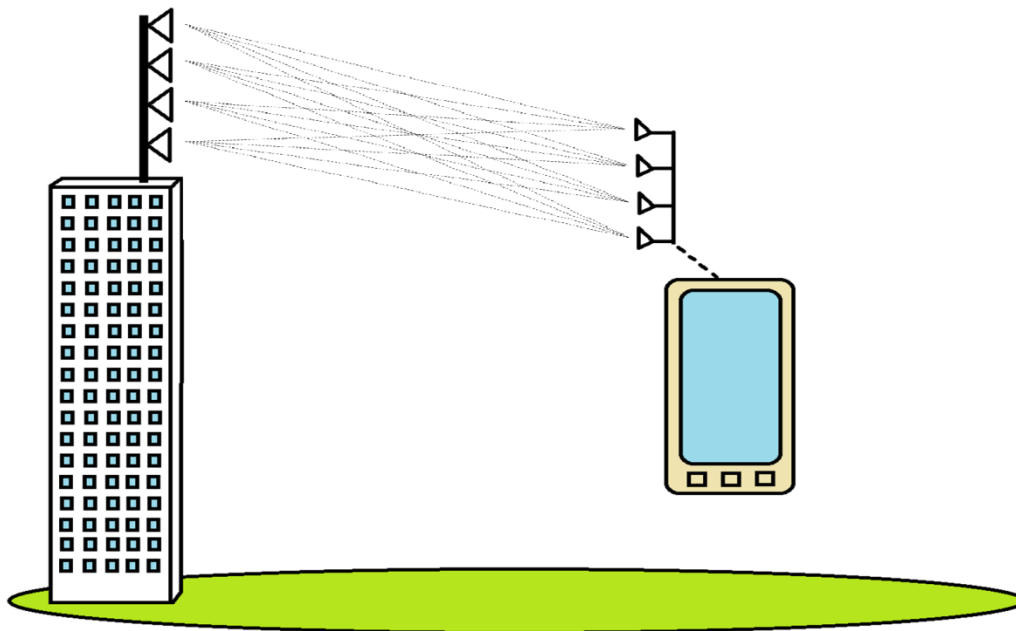
Je všeobecne známe, že štvrtá generácia bezdrôtových sietí obsahuje obrovské množstvo komunikujúcich zariadení, ktoré by mali byť adresovateľné a smerovateľné. Je zároveň zrejmé, že sieťová komunikácia je založená na protokole IP. Protokol IP verzie 6 dokáže obsiahnuť enormné množstvo adries a odstraňuje napríklad potrebu ich prekladu (NAT – Network Address Translation), ktorá sa používa v prípade sietí tretej generácie. IPv6 tiež umožňuje lepšie fungovanie multicastu a obsahuje ďalšie smerovacie a bezpečnostné optimalizácie.

Technológie, ktoré môžu hrať úlohu v 4G

Niektoré z nižšie uvedených technológií sú podrobnejšie opísané v samostatných kapitolách. Je však vhodné uviesť aj na tomto mieste aspoň ich krátke vysvetlenie.

- OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) vysiela údaje pomocou rádiových signálov, ktoré sú vysielané naraz v mnohých frekvenčných kanáloch, ktorých nosné sú navzájom ortogonálne. OFDM sa používa v mobilnej WiMAX, tiež poskytuje signály, ktoré sú imúnne voči rušeniu. Môže to byť efektívnejšie využívanie, ako v 3G systémoch pri použití menších zosilňovačov a antén.

- WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access – celosvetová interoperabilita pre mikrovlnový prístup) je širokopásmová rádiová technológia, využívaná na širokopásmový prístup na Internet a ďalšie služby prístupné cez IP. Šírka kanálu sa pohybuje od 1,25 do 20 MHz.
- Ultra Mobile Broadband (UMB), známe tiež ako CDMA2000 EV-DO je cesta k 4G pre poskytovateľov siete CDMA. Rýchlosť UMB je 288 Mbit/s pre sťahovanie a 75 Mbit/s pre odosielanie dát. To všetko pri šírke kanála 20 MHz. UMB má aj špičkovú nízku latenciu pod 15 ms a podporu mobility v rýchlostiach do 300 km/hod.
- Multi-Input-Multi-Output (MIMO) – bezdrôtová technológia prenosu signálu, ktorá využíva zoskupenie viacerých vysielačích a viacerých prijímacích antén. Vďaka tomu sa signál šíri viacerými cestami, čím môžeme zabezpečiť zníženie chybovosti a tým aj zlepšenie kvality služieb. Tiež sa to dá využiť na zvýšenie rýchlosti budeme vysielať každou anténou vysielať alebo prijímať iné dáta. Skvelé využitie má táto technológia pri použití inteligentných smart antén. Diverzitným príjmom/vysielaním pomocou smart antén možno tiež zvýšiť celkový dosah (Obr. 1 – ilustrácia 4 vysielačích a 4 prijímacích antén pri technológii MIMO 4 x 4).



Obr. 1 – Ilustrácia prenosu signálu pomocou technológie MIMO 4x4

Long Term Evolution (LTE)

LTE je prvá mobilná komunikačná technológia štvrtej generácie, ktorá umožňuje rýchly a efektívny prenos veľkého množstva dát, šetrí náklady a optimalizuje využitie frekvenčného spektra. Zvýšená rýchlosť a skrátená doba latencie umožňujú zákazníkom ľahko, aj v pohybe, využívať akúkoľvek on-line službu. Operátor môže využívať šírku komunikačného kanálu od 1,4 MHz po 20 MHz. LTE môže byť nasadená v rozličných frekvenčných pásmach, napríklad v 700 MHz ale tiež v 2.6 GHz. Je štandardizovaná v štandardoch 3GPP Release 8.

LTE Advanced (LTE-A)

Je to vylepšenie pôvodného LTE. Je štandardizovaná v štandarde Release 10. Využíva nasledujúce technológie:

- Carrier Aggregation- Využíva zoskupenie viacerých nosných signálov z rôznych častí dostupného spektra a tak umožňuje poskytovať väčšiu šírku pásma. Týmto dosahuje veľmi vysoké dátové toky a kapacity pre všetkých používateľov. Umožňuje kombinovať nosné z nižšieho a vyššieho pásma – vďaka prvej je zabezpečené lepšie pokrytie a vďaka druhej vyššia dostupnosť. Koncom roka 2013 bola v Austrálii spustená prvá Time Division LTE (TD-LTE) Advanced Carrier Aggregation pre komerčné využitie v sieti 4G Plus operátora Optus. Priepustnosť siete bola cez 500 Mbps a dosiahla sa špičková rýchlosť 160 Mbps pre jednotlivého užívateľa. Optus tvrdí, že dokáže poskytnúť rýchlosť až 220 Mbps pre užívateľa s kompatibilným zariadením.
- Multi-Input Multi-Output (MIMO) – Zatiaľ čo LTE využíva len 4 antény, LTE-A dokáže využiť na príjem až 8 antén, čím sa zvyšuje špičkové využitie spektra na 30 bps/Hz. Na upload používa maximálne 4 antény, čím dosahuje využitie spektra 15 bps/Hz.

Porovnanie LTE(Release 8) a LTE-A(Release 10)

	Smer	Release 8	Release 10
Špičková prenosová rýchlosť	Download	300 Mbps	1 Gbps
	Upload	70 Mbps	500 Mbps
Využitie spektra	Download	15 bps/Hz	30 bps/Hz
	Upload	3.75 bps/Hz	15 bps/Hz

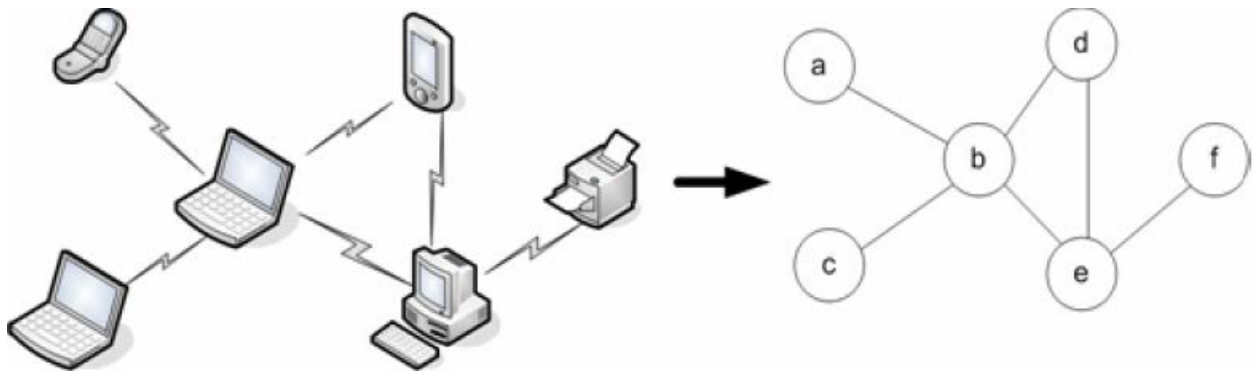
Literatúra

- [1] <http://www.networkworld.com/news/2007/052107-special-focus-4g.html>
- [2] www.orange.sk
- [3] www.t-mobile.sk
- [4] <https://www.qualcomm.com/products/lte/lte-carrier-aggregation>
- [5] <http://www.telecoms.com/208121/optus-tests-td-lte-advanced-carrier-aggregation/>
- [6] <http://www.zive.sk/clanok/32111/netmeter-sk-katalog-pripojenia-wimax>
- [7] http://www.3gpp.org/IMG/pdf/2009_10_3gpp_IMT.pdf
- [8] <http://www.intel.com/support/wireless/sb/cs-025345.htm>

AD-HOC SIETE

Charakteristika a vlastnosti ad-hoc sietí

Ad-hoc siete pozostávajú zo staníc (uzlov), ktoré navzájom komunikujú. Tieto siete je možné v každom momente reprezentovať neorientovaným grafom, ktorého vrcholy reprezentujú stanice (uzly) a hrany reprezentujú spojenia. Na graf ad-hoc siete nie sú kladené žiadne ďalšie požiadavky. Uzly a spojenia ad-hoc siete môžu v čase pribúdať a miznúť. Sieť je formovaná dynamicky pohyblivými uzlami, ktoré sú prepojené cez bezdrôtové linky bez použitia existujúcej infraštruktúry alebo centralizovanej administratívy. Uzly sa pohybujú náhodne, preto topológia siete sa môže meniť rýchlo a nepredvídateľne.



Obr. 1 Príklad ad-hoc siete a jej reprezentácie pomocou neorientovaného grafu

Mobilita. Každý uzol sa voľne premiestňuje a zároveň komunikuje s ostatnými uzlami. To spôsobuje, že sa topológia dynamicky mení.

Infraštruktúra. Ad-hoc sieť nezávisí od žiadnej vybudovanej infraštruktúry. Každý uzol pracuje v distribuovanom peer-to-peer móde, správa sa ako router (smerovač) a generuje nezávislé dáta.

Typ kanála. Uzly komunikujú bezdrôtovo prostredníctvom toho istého média (napr. rádiové vlny, infračervené žiarenie, ultrazvuk, atď.).

Viacnásobné skákanie (multihopping). Viacskoková sieť (Multihop network) je sieť, keď cesta zo zdroja k cieľu prejde cez niekoľko ďalších uzlov. Každý uzol sa pritom správa ako router (smerovač).

Škálovateľnosť. V niektorých aplikáciách môžu ad-hoc siete narásť do veľkého počtu uzlov, a je dôležité, aby sa kvalita spojenia medzi rôznymi uzlami nezhoršila vplyvom zväčšenia alebo zmenšenia počtu uzlov.

Energetická náročnosť. Mnohé ad-hoc uzly majú limitovanú zásobu elektrickej energie a nemajú schopnosť si generovať svoju vlastnú energiu. Táto vlastnosť má veľký vplyv na životnosť tejto siete.

Protokoly IEEE pre ad-hoc siete

Využíva sa niekoľko typov protokolov. Na tomto mieste budú opísané iba v krátkosti; obsiahlejší opis čitateľ nájde v príslušných kapitolách. K spomínaným rôznym protokolom patria Bluetooth, WiFi a ZigBee.

Bluetooth

Technológia primárne slúži pre domáce a kancelárske aplikácie (napr. prepojenie PDA, tlačiareň, mobilných telefónov, atď.). Cieľom technológie je náhrada káblového spoja rádiovým kanálom, pričom kľúčové rysy sú – robustnosť, malá zložitosť, malý výkon a cena. Štandard Bluetooth patrí k štandardom pre siete PAN (Personal Area Network) začleneným do špecifikácie IEEE 802.15. Využíva nelicencované frekvenčné pásmo v oblasti 2,4 GHz s maximálnou rýchlosťou 723,2 kb/s a používa frekvenčné skákanie na odstránenie rušenia a únikov. Štandard podporuje prenosy typu bod - bod i bod - viac bodov, tzn. medzi dvoma bodmi i medzi bodom a niekoľkými bodmi.

Dve a viacero jednotiek Bluetooth, ktoré spoločne využívajú zhodný kanál, tvoria **pikosieť**, pričom jedna z jednotiek má funkciu hlavná jednotka (Master) a ostatné funkciu vedľajšia jednotka (Slave). V sieti môže pracovať až 7 vedľajších jednotiek. Viacero pikosietí s prekrývajúcim sa pokrytím tvorí rozptýlenú sieť (scatternet). Každá pikosieť môže mať len jedinú hlavnú jednotku, avšak vedľajšie jednotky môžu participovať v rôznych pikosieťach pomocou multiplexu s časovým delením (TDM). Okrem toho hlavná jednotka v jednej pikosieti môže byť vedľajšou jednotkou v inej pikosieti.

Wi-Fi

Štandard slúži primárne pre vytvorenie bezdrôtových sietí WLAN (Wireless LAN), ktoré sú väčšinou pripojené k sieťam LAN na báze IEEE 802.3 (Ethernet). Používa sa najmä v kancelárskej oblasti pre stavbu bezdrôtových infraštruktúr a v priemysle pre pripojenie bezdrôtových terminálov, spojenie dislokovaných sietí, pripojenie mobilných skladových terminálov do podnikových sietí, atď.

Pôvodná norma IEEE 802.11 špecifikovala bezdrôtovú sieť pracujúcu vo frekvenčnom pásme 2,4 GHz s rozprestretým spektrom a podporujúcu rýchlosti 1 a 2 Mbps. Súčasnú bezdrôtovú sieť LAN sú postavené na princípoch, ktoré z pôvodného štandardu vychádzajú, avšak v mnohom ho rozširujú alebo upravujú. V súčasnosti sú siete založené predovšetkým na verziách štandardu IEEE 802.11a, 802.11b, a 802.11g, súhrnne označované ako Wi-Fi (Wireless Fidelity). Najrozšírenejší z nich je IEEE 802.11b, ale v posledných rokoch sa začal presadzovať IEEE 802.11g s komunikačnou rýchlosťou až 54 Mbps v pásme 5GHz. V prípade použitia smerových antén s vysokým ziskom je dosah posledne spomínaného až niekoľko kilometrov.

Sieť WiFi pracujúca v ad-hoc režime tvorí viacero nezávislých zariadení, ktoré komunikujú navzájom. Výhody tohto typu siete spočívajú v úspore financií – nie je nutnosť kúpy prístupového bodu, komunikáciu zabezpečujú sieťové karty samostatne. Nevýhod tohto režimu je viacero, ale asi najväčšou nevýhodou tohto režimu je to, že má užšie priestorové možnosti spôsobené práve absenciou zariadenia „na pol ceste“.

ZigBee

ZigBee je bezdrôtová komunikačná technológia vystavaná na štandarde IEEE 802.15.4. Zig Bee je pomerne novým štandardom platným od novembra 2004. Podobne ako Bluetooth je určený pre spojenie nízkovýkonových zariadení v sieťach PAN na malé vzdialenosti do 75 metrov. Vďaka použitiu viacskokového (multiskokového) ad-hoc smerovania umožňuje komunikáciu i na väčšie vzdialenosti bez priamej viditeľnosti jednotlivých zariadení. Zig Bee je navrhnutá ako jednoduchá a flexibilná technológia pre tvorbu aj rozsiahlejších sietí, u ktorých nie je požadovaný prenos veľkého objemu dát. K jej hlavným prednostiam patrí spoľahlivosť, jednoduchá a nenáročná implementácia, veľmi nízka spotreba energie a v neposlednom rade aj priaznivá cena.

Zig Bee umožňuje topológiu v tvare hviezdy, stromu alebo mesh, a teda vlastne sieť ľubovoľného tvaru.

Literatúra

- [1] BASAGNI, S., CONTI, M., GIORDANO, S., STOJMENOVIC, I.: Mobile Ad Hoc Networking. New Jersey: IEEE Press, 2004. ISBN 0-471-37313-3
- [2] www.zigbee.org

ARGOS

Argos je systém, ktorý pomocou satelitov zhromažďuje dáta a polohy pre výskum a ochranu životného prostredia našej planéty. Bol vytvorený v roku 1978 a je spravovaný spoločne organizáciami National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), Francúzskou vesmírnou agentúrou Centre National d'Etudes Spatiales (CNES) a ďalšími. Umožňuje lokalizáciu akéhokoľvek pohybujúceho sa zariadenia s vysielačom kdekoľvek na svete a zhromažďovanie dát z meracích zariadení pripojených k vysielaču. Systém Argos pozostáva z nasledujúcich častí:

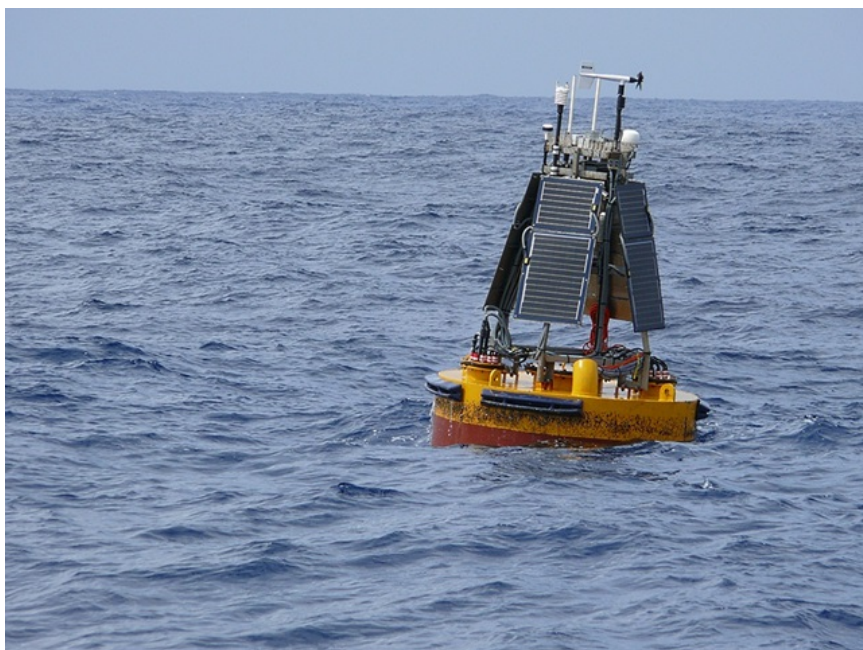
- plošín (platformiem); vysielajú signál k satelitom
- satelitov; zbierajú vysielačné dáta
- prijímacích staníc; prenášajú dáta zo satelitov do výpočtových stredísk
- výpočtových stredísk; zbierajú všetky prichádzajúce dáta a spracovávajú ich

Platforma

Platformou je každé zariadenie, na ktorom je integrovaný vysielač Argosu. Je charakterizovaná identifikačným číslom špecifickým pre vysielač a vysiela periodické správy s nasledujúcimi parametrami:

- frekvencia prenosu ($401,650 \text{ MHz} \pm 30 \text{ kHz}$); musí byť stabilná; poloha je vypočítaná na báze výpočtov s uvažovaním Dopplerovho efektu
- perióda opakovania - časový interval medzi dvoma nasledujúcimi vyslanými správami (90 až 200 sekúnd, podľa použitia platformy)
- identifikačné číslo platformy
- všetky zhromaždené dáta

Prenos správy potom trvá menej než 1 sekundu.



Obr. 1 Vysielacia platforma ARGOS [2]

Satelity

Zariadenia Argosu sa nachádzajú na satelitoch MetOp patriacich ESA (European Space Agency) a na satelitoch POES (NOAA). Satelity sú na polárnej obežnej dráhe (preletujú na severným a južným pólom) vo výške 850 km. Ich rýchlosť je totožná s rýchlosťou obehu Zeme okolo Slnka. Čas určený pre vykonanie obehu okolo Zeme je približne 100 minút. Priemer plochy pokrytej ich signálom je asi 5000 km. Neustále „sledujú“ súčasne všetky vysieláče v ich dosahu. Správy prijaté satelitom sú následne buď odoslané na Zem zakaždým, keď satelit preletí nad jednou z troch hlavných prijímacích staníc alebo sú odoslané na Zem do oblastných prijímacích staníc v zornom uhle satelitu. Doba, počas ktorej satelit prijme správu od platformy je úmerná času, počas ktorej je platforma v dosahu satelitu (cca 10 minút).

Prijímacie stanice

Viac než 50 staníc (napr. Tokyo, Atény, Oslo, Miami a iné) prijíma dáta zo satelitov v reálnom čase a odosiela ich do výpočtového strediska. Tri hlavné prijímacie stanice zbierajú všetky správy nahrávané satelitmi počas obehu, a tak poskytujú celosvetové pokrytie. Sú to:

- Wallops Island (USA)
- Fairbanks (USA)
- Svalbard (Nórsko)

Ak je stanica v dosahu viditeľnosti satelitov, dáta prijaté satelitmi sú preposlané do regionálnych staníc v reálnom čase. Hlavné prijímacie stanice taktiež prijímajú dáta v reálnom čase.

Výpočtové strediská

Existujú dve výpočtové strediská. Jedno blízko Washingtonu D.C. (USA) a druhé v Toulouse (Francúzsko). Ich činnosť možno charakterizovať v nasledujúcich bodoch:

- vyhodnocujú, spracúvajú všetky prijaté dáta, ukladajú ich a poskytujú používateľom,
- počítače vypočítavajú polohy a spracovávajú dáta,
- kontrolujú kvalitu správy, úroveň príjmu, časové oneskorenie, časovú menovku, ID vysieláča, kvalitu prijatej frekvencie (na výpočet polohy),
- časové označenie správy je v univerzálnom koordinovanom čase (UTC),
- triedenie správ podľa platforiem a chronologického poradia.

Literatúra:

[1] www.argos-system.org/manual/

[2] <http://siboy.plocan.eu/buoy/ESTOC>

ATM - Asynchrónny prenosový mód

ATM (Asynchronous Transfer Mode) je elektronická digitálna prenosová technológia. ATM je implementovaný ako sieťový protokol a bol vyvinutý v prvej polovici roka 1980. Cieľom návrhu tejto technológie bola flexibilita a prenos rôznych typov služieb ako videokonferencií, zvuku ako aj obrazových a textových súborov. Bunky mali byť vysielané do prenosovej cesty podľa potreby, nie na základe rezervácie veľkej časti jej kapacity pre jednu službu. Rezervácia bola pritom v starších systémoch (STM – Synchronous Transport Module) nastavená na maximálnu prenosovú rýchlosť pre jednu službu, čo zďaleka nebolo využívané na 100 %. ATM prenos mal takto zaručiť nezávislosť služby od siete, čo bol dôležitý krok k integrácii služieb do jednej siete.

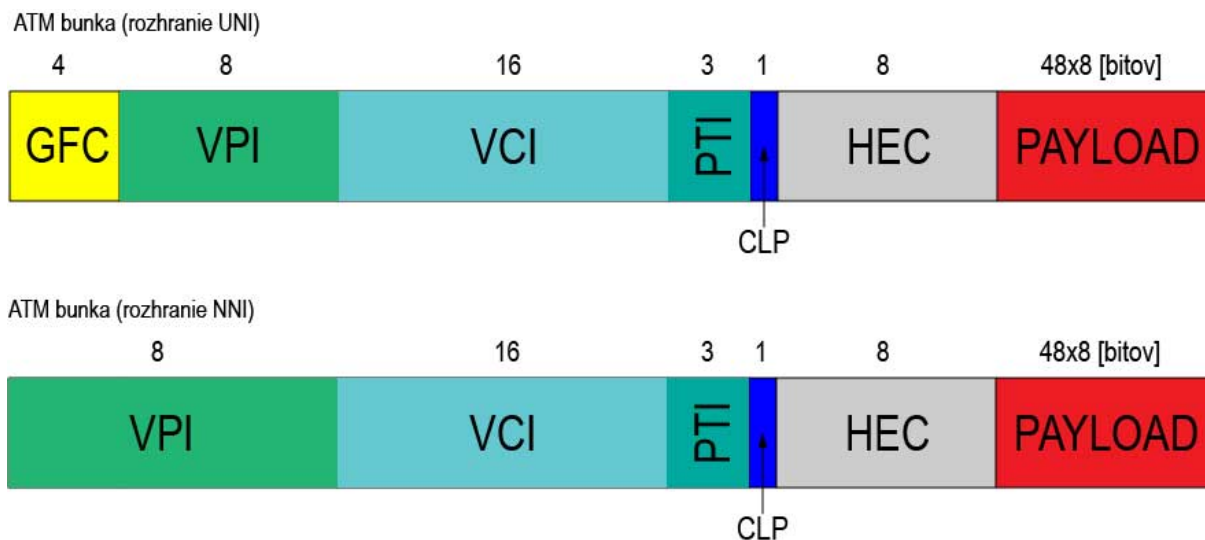
Vývoj štandardu ATM na základe štandardov ITU (International Telecommunications Union) a ANSI (American National Standards Institute) je dielom organizácie ATM Forum.

ATM bol veľmi úspešný v rozsiahlych sieťach – WAN (Wide Area Network) a bol zavedený v niektorých širokopásmových telekomunikačných službách. Technológii ATM sa však nepodarilo získať široké uplatnenie v sieťach LAN a nedostatok vývoja brzdil jeho nasadenie ako jedinej komunikačnej siete

Opis ATM technológie

Bunky dát v ATM majú pevnú dĺžku (53 bajtov; z toho 48 bajtov pre dáta a 5 bajtov pre záhlavie). ATM používa spojuovo orientovaný model, a vytvára virtuálny okruh medzi dvoma koncovými bodmi pred začatím výmeny dát. Identifikácia kanála, ku ktorému prenosová bunka patrí, je umiestnená priamo v bunke.

ATM je základný protokol použitý v technológii SONET / SDH a bol vybraný aj pre použitie v B-ISDN.



Obr.1. Štruktúra ATM bunky. GFC - Riadenie toku (4 bity, základne: 4 nulové bity), VPI - Virtuálny identifikátor cesty (8 bitov UNI) alebo (12 bitov NNI), VCI - Virtuálny identifikátor kanála (16 bitov), PT - Typ obsahu (3 bity), CLP - Priorita straty buniek (1bit), HEC - Oprava chýb hlavičky (8-bitov CRC, polynóm = $X^8 + X^2 + X + 1$)

Triedy služieb používaných v ATM definované ATM Fórom na základe prevádzky a požadovaných parametrov QoS:

- CBR- Constant bit rate (Konštantná prenosová rýchlosť) service

- VBR-nrt- Variable bit rate non-real-time (Variabilná prenosová rýchlosť, nie v reálnom čase)
- VBR-rt- Variable bit real-time (Variabilná prenosová rýchlosť v reálnom čase)
- ABR- Available bit rate (Užitočná prenosová rýchlosť)
- UBR- Unspecified bit rate (Nešpecifikovaná prenosová rýchlosť) service

CBR:

- garantuje konštantnú kapacitu, rýchlosť prenosu aj maximálne prenosové oneskorenie a kolísanie oneskorenia
- použitie: videokonferencia, interaktívne audio, hlasové služby, vyhľadávanie audio/video

VBR:

- v tomto režime sa každý prenos dohodne so sieťou, že bude používať prenosovú kapacitu v určenom rozmedzí
- ATM sieť rezervuje kapacitu pre maximum požiadaviek
- tak ako v CBR sa prostriedky rezervujú pre maximum, vo VBR sa nevyužité prostriedky vracajú
- použitie: pre prenosi ktoré potrebujú malé prenosové oneskorenie a pravidelnosť doručovania, ale generujú premenlivý dátový tok
- RT-VBR (Real Time) – pre komprimované video
- NRT-VBR (Non Real Time) – pre terminálový prístup, pre transakčné systémy

ABR:

- v tomto režime sa každý prenos dohodne so sieťou, že bude používať prenosovú kapacitu v určenom rozmedzí MIN - MAX
- ATM sieť rezervuje kapacitu pre spodnú hranicu požiadaviek
- ak je požadovaná hranica vyššia než MIN, je poskytnutá, ak sú dostupné potrebné zdroje
- používa sa riadenie toku
- použitie: pripojenie LAN sietí

UBR:

- v tomto režime nie sú poskytované žiadne garancie, požiadavky sú uspokojované podľa momentálnej situácie
- prenosové služby kategórie UBR sa podľa momentálnych možností snažia preniesť čo najväčšie množstvo dát (podobne ako ABR)
- dáta sú prenášané na princípe FIFO
- používa sa pre aplikácie, ktoré dokážu tolerovať nepravidelnosť v doručovaní a straty dát (prenos, výmena, distribúcia a vyhľadávanie dát)
- použitie: na prenos protokolu IP (UDP a TCP)

Tab.1. Hlavné charakteristiky jednotlivých služieb

	CBR	RT-VBR	NRT-VBR	ABR	UBR
Garancia prenosovej kapacity	Áno	Áno	Áno	Čiastočne	Nie
Vhodné pre real-time prenosi	Áno	Áno	Nie	Nie	Nie
Vhodný pre nárazovú (bursty) prevádzku	Nie	Nie	Áno	Áno	Áno
Informácia o zahľtení (spätná väzba)	Nie	Nie	Nie	Áno	Nie

ATM Vlastnosti:

- Pracuje na spojovanom systéme – hlavičky buniek sú malé, preto nie je nespojový prenos v ATM prakticky možný
- ATM ponúka virtuálne okruhy (kanály) – spojenia nadviazané počas komunikácie
- Prenosové služby (virtuálne okruhy) nepoužívajú potvrdzovanie.
- ATM sa snaží maximálne zjednodušiť smerovanie a manipuláciu s bunkami v medzil'ahlých uzloch.
- ATM sieť musí udržiavať rôzne typy spojení a tiež rôzny počet spojení v rámci komunikácie koncových zariadení. Pre vysvetlenie typov spojení je potrebné zdefinovať pojem unicast, multicast a broadcast operáciu, čo sú termíny z oblasti spojovacej techniky a spojovacích sietí.

Unicast spojenie znamená, že vstupný bod (spojovacej) siete je spojený s jedným výstupným bodom siete.

Multicast spojenie znamená, že vstupný bod siete je spojený s viacerými výstupnými bodmi siete súčasne.

Broadcast spojenie znamená, že vstupný bod siete je spojený (má dosah) so všetkými výstupnými bodmi siete súčasne.

Literatúra:

- [1] <http://www.cisco.com>
- [2] <http://cntic03.hit.bme.hu/meres/ATMFAQ/d19.htm>
- [3] <http://www.earchiv.cz/a97/a739k150.php3>
- [4] <http://www.spsepn.edu.sk/files/408.pdf>

BLUETOOTH

Bluetooth je technológia vyvinutá pre bezdrôtovú komunikáciu s malým dosahom, čo znamená rádovo jednotky metrov. Poskytuje možnosť prenášať dáta, hudbu, alebo obrázky bez akéhokoľvek fyzického kontaktu. Pomenovanie technológie je symbolicky prevzaté z mena dánskeho kráľa Haralda Modrozuba (Bluetooth), ktorý v 10. storočí ukončil boje medzi jednotlivými kmeňmi a zjednotil ich na základe vzájomnej diskusie.

Za rýchlym rozvojom Bluetooth stojí zájmová skupina vedená firmami Ericsson, IBM, Nokia, Intel, Toshiba.

História technológie Bluetooth

Technológia Bluetooth sa začala vyvíjať už v roku 1994, keď mala nahradiť infračervený prenos dát, v dosahu pokrývajúcom minimálne jednu celú miestnosť tak, že komunikujúce zariadenia nemusia na seba "vidieť". Prvé prototypy zariadení s Bluetooth prišli na trh v roku 1998; o skutočnom masovom nástupe tejto technológie možno hovoriť v roku 2002.

Ciele technológie Bluetooth

Cieľom bolo uviesť do praxe technológiu, ktorá by spĺňala tieto požiadavky: rýchle a krátke spojenie, nízka spotreba, dostatočný dosah a prenosovú rýchlosť, odolnosť voči konfliktom s technológiami na susedných rádiových frekvenciách - veľmi dôležitá podmienka vzhľadom k fungovaniu v bezlicenčnom páse 2,4 GHz, otvorenosť štandardu.

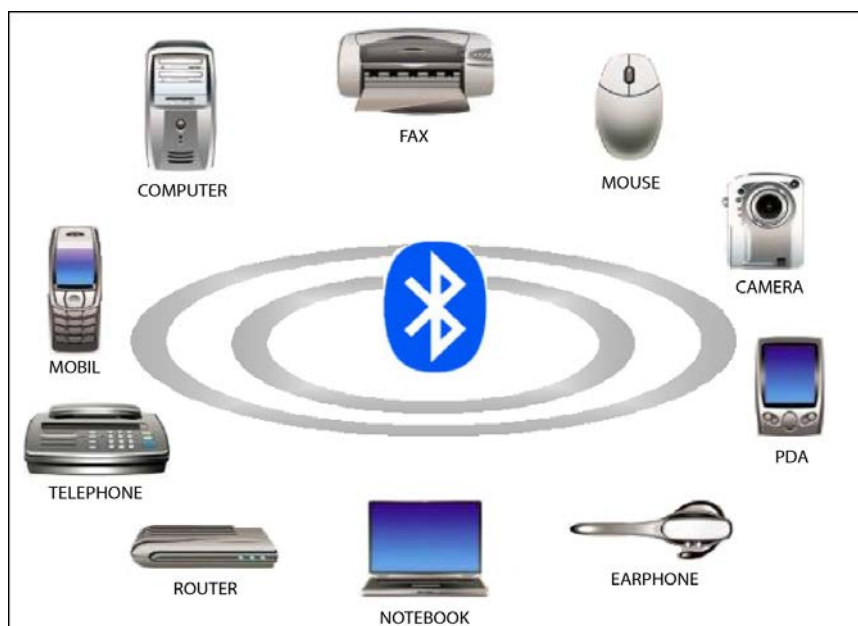
Špecifikácie Bluetooth

- Bezdrôtový spôsob komunikácie s perifériami na krátku vzdialenosť. Signál sa šíri všetkými smermi približne do vzdialenosti 10 m (zariadenia B), alebo až do 200 m (zariadenia A); preniká cez väčšinu bežných prekážok (tehlovú stenu, karosériu auta). Triedy Bluetooth: 1. trieda - maximálny povolený výkon je 100 mW, t.j. 20 dBm, dosah približne 100 m, 2. trieda - maximálny povolený výkon je 2,5 mW, t.j. 4 dBm, dosah približne 10 m, 3. trieda - maximálny povolený výkon 1 mW, t.j. 0 dBm, dosah približne do 1 metra.
- Prenosová rýchlosť 1Mbps, postačujúca pre počítačové a internetové dáta, digitalizovaný zvuk i statický obraz. Možno vytvoriť dátový spoj symetrický prípadne asymetrický, kedy prenosová rýchlosť pri príjme (downlink) je vyššia ako pri odosielaní (uplink). Ďalšie verzie Bluetooth poskytujú vyššie rýchlosti (od 1 Mbps vo verzii 1.2 po teoretických 24 Mbps vo verzii 4.0, resp. verzia 4.2 z r. 2014 avizuje ešte lepšie vlastnosti).
- Kvôli vzájomnému rušeniu s ostatnými technológiami využitie metódy FHSS (Frequency-Hopping Spread Spectrum – rozprestretie spektra s frekvenčným skákaním), kedy je počas jednej sekundy uskutočnených 1600 skokov medzi 80 frekvenciami s rozstupom 1 MHz.
- Malá spotreba energie: v pohotovostnom režime asi 0,3 mA, a maximálna < 30 mA.
- Časté použitie v mobilných zariadeniach s baterkami.
- Využíva bezlicenčné frekvenčné spektrum 2,4MHz.
- Bluetooth protocol je paketovo orientovaný a má štruktúru typu master - slave. Oslovený master má možnosť žiadať o komunikáciu potvrdiť alebo odmietnuť. Pri potvrdení je nutný 4-miestny kód. Po úspešnom spojení nastáva výmena dát.
- Jednotlivé zariadenia sú identifikované pomocou svojej adresy BT_ADDR (Bluetooth Device Address), podobne ako je MAC adresa pri Ethernete.
- Zabezpečenie prenosu pred chybami: Bluetooth po verzii 2.0 pozná 1/3- a 2/3-FEC (Forward Error Correction) protichybové blokové kódovanie alebo ARQ (Automatic Repeat Request - pri chybách sa zodpovedajúci paket znova vyžiada).

Hudba cez Bluetooth a ďalšie využitie

Výrobcovia mobilných telefónov už masívne používajú možnosť bezdrôtového prehrávania hudby. Vďaka za to profilu A2DP (Advanced Audio Distribution Profile), ktorý dokáže hudbu bezdrôtovo dostať z telefónu do slúchadiel alebo reproduktorov v stereo kvalite. Telefón tak možno využiť ako plnohodnotný MP3-prehrávač. Prostredníctvom hudobnej centrály možno tiež telefón pripojiť k domácejmu stereu, alebo naopak hudbu z domáceho stera dostať do bezdrôtových Bluetooth slúchadiel. Ďalšou možnosťou je pripojenie telefónu k autosade a počúvanie MP3-skladby z mobilu v reproduktoroch auta. **Kompatibilita** Bluetooth ako jednej z mála technológií, ktoré výrobcovia spoločne vyvíjali a spoločne používajú, pritom zaručuje, že akékoľvek zariadenie Bluetooth od akéhokoľvek výrobcu musí fungovať s akýmkoľvek iným Bluetooth zariadením iného výrobcu bez zbytočných komplikácií.

Bluetooth nájdeme v notebookoch, mobilných telefónoch a headsetoch, počítačových myšiach a klávesniciach, modemoch, tlačiarňach alebo audio zariadeniach (Obr. 1).



Obr. 1 Zariadenia využívajúce technológiu Bluetooth

Netypickým využitím tejto technológie je **mnohobodová komunikácia**. Bluetooth podporuje ako dvojbodovú, tak aj mnohobodovú komunikáciu. Pokiaľ je viac staníc prepojených do Ad-Hoc siete, tzv. pikosiete (piconet), jedna rádiová stanica funguje ako riadiaca (master) a môže simultánne obslúžiť až 7 podriadených (slave) zariadení. Všetky zariadenia v pikosieti sa synchronizujú s taktom riadiacej stanice. Špecifikácia dovoľuje simultánne použiť až 10 pikosietí na ploche o priemere 10 m a tieto pikosiete ďalej združovať do takzvaných „scatternets“ (rozptýlených sietí).

Bluetooth je globálne dostupná technológia, používa zabudované šifrovanie, a cena jej implementácie je čoraz nižšia.

Literatúra:

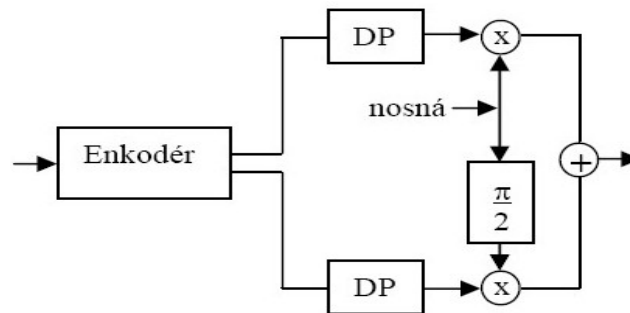
- [1] <http://www.bluetooth.com>
- [2] <http://www.itnews.sk/2013-03-01/c154537-s-technologiou-bluetooth-skoro-20-rokov>

MODULÁCIA CAP – (Carrierless Amplitude Phase - Amplitúdovo-fázová modulácia bez prenosu nosnej)

Najčastejšími dôvodmi použitia modulácií sú posun signálu do frekvenčného pásma vhodného pre prenos, frekvenčný multiplex (terestriálne vysielanie – rádio, televízia) a prenos dát telefónnymi linkami.

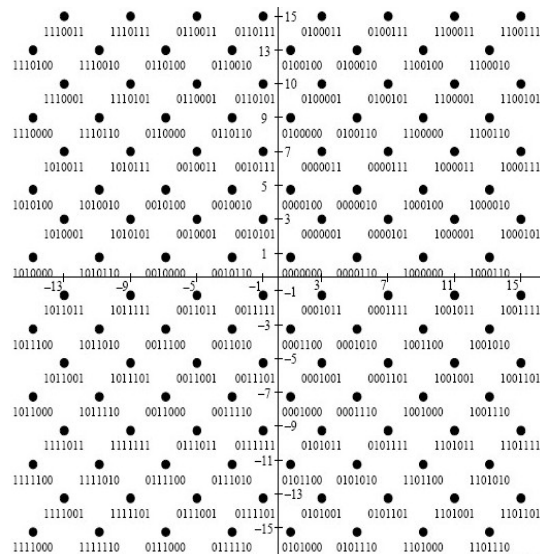
Modulácia CAP tzv. "modulácia bez nosnej" sa používa vo vysokorychlostných prenosových systémoch xDSL, a je možné ju zaradiť medzi modulácie s jednou nosnou. Je to forma QAM modulácie (Quadrature Amplitude Modulation), ktorá je vhodná pre plne digitálnu implementáciu. Modulácia CAP používa rovnakú dvojrozmernú prenosovú schému ako QAM, má rovnaký typ spektrálneho tvarovania ako QAM, a môže byť preto s QAM kompatibilná.

Modulácia CAP je realizovaná digitálne, pomocou dvoch digitálnych Hilbertových filtrov (súfázový I a kvadratúrny Q). Tieto tvoria tzv. Hilbertov pár, tzn. majú rovnakú amplitúdovú charakteristiku a ich fázové charakteristiky sa líšia o 90° . Rozdiel obidvoch modulácií ilustrujú obrázky modulátorov Obr.1 a Obr. 3.



Obr.1. Modulátor QAM

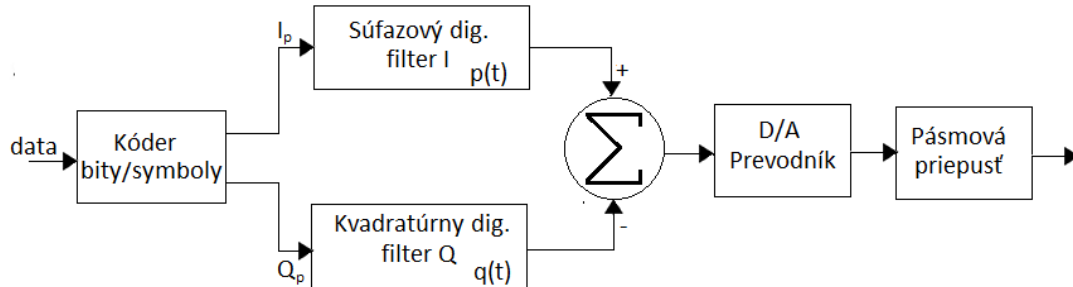
Enkóder v obidvoch moduláciách realizuje rozdelenie bitového toku do jednotlivých smerov „vo fáze“ a „kvadratúrneho“, ďalej rozdelenie na jednotlivé napätové hladiny (obdoba D/A prevodníka) tak, aby výsledkom modulácie bolo odpovedajúce priradenie amplitúdy a fázy skupine bitov podľa konštelačnej schémy. Na Obr. 2 je znázornený príklad konštelačného diagramu 128 stavovej modulácie CAP (128-CAP).



Obr.2. 128-CAP - konštelačná schéma

Na strane prijímača QAM-modulácie okrem blokov uvedených v patričnom inverznom poradí je navyše equalizér, vyrovnávajúci skreslenie vkladané prenosovým kanálom.

V modulácii CAP (Obr. 3) sa jedná o dva digitálne adaptívne filtre vyrovnávajúce skreslenie vkladané prenosovým kanálom a súčasne vykonávajúce demoduláciu v jednotlivých kvadraturných kanáloch. Ďalej nasleduje symbolové rozhodovanie, kde každému symbolu je podľa konštruktívneho diagramu priradená odpovedajúca skupina bitov. Rovnako ako pri modulácii QAM, tak aj pri modulácii CAP sa často využíva Trellis (mriežkové) kódovanie.



Obr.3. Bloková schéma CAP modulácie

Impulzová odozva I filtra je definovaná:

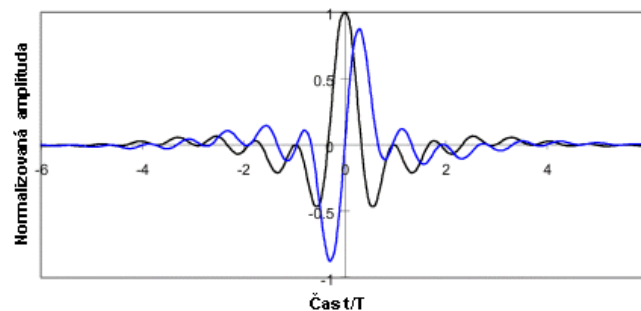
$$p(t) = g(t) \times \cos(2\pi f_c t), \quad (1)$$

odozva Q filtra:

$$q(t) = g(t) \times \sin(2\pi f_c t), \quad (2)$$

$$g(t) = \frac{\sin\left(\pi \frac{t(1-\alpha)}{T}\right) + \left(\frac{4\alpha t}{T}\right) \times \cos\left(\frac{t(1+\alpha)}{T}\right)}{\left(\pi \frac{t}{T}\right) \left[1 - \left(\frac{4\alpha t}{T}\right)^2\right]} \quad (3)$$

kde f_c je stredná frekvencia spektra CAP signálu, a je rovná nosnej frekvencii v odpovedajúcom QAM vysielachi. Impulzové odozvy I a Q filtra sú znázornené na Obr 4.



Obr.4. Impulzová odozva I a Q filtra.

Vysielaný signál CAP môže byť definovaný ako:

$$S_{CAP}(t) = \left[\sum_k I_k g(t - nT) \right] \times \cos(2\pi f_c t) - \left[\sum_k Q_k g(t - nT) \right] \times \sin(2\pi f_c t) \quad (4)$$

kde I_k a Q_k nadobúdajú hodnoty $\pm 1, \pm 3, \pm 5, \dots$ nezávisle na sebe.

Zodpovedajúci vysielaný QAM signál je definovaný ako

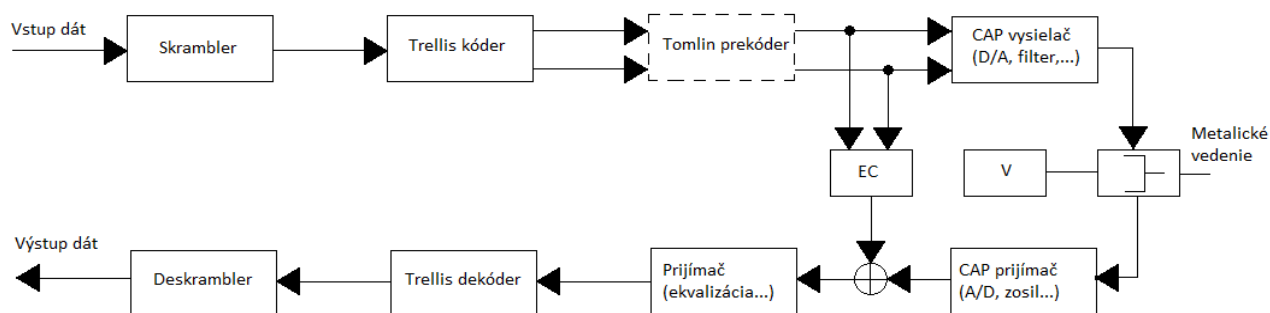
$$S_{CAP}(t) = \sum_k [I_k p(t - nT) - Q_k q(t - nT)] \quad (5)$$

Využitie CAP v HDSL

V systémoch HDSL prenos prebieha v dvoch symetrických pároch metalického vedenia s prenosovou rýchlosťou 1168 kbit/s na každom z nich. Pri použití CAP modulácie je možné súčasne využívať na tom istom metalickom vedení telefónne pásmo alebo ISDN. Pre HDSL bola zvolená 64-CAP s Trellis kódovaním a Tomlinsonov prekóder. Použitý mriežkový (Trellis) kód je 2D (dvojdimenziálny) 8stavový alebo 4D 16stavový. HDSL systémy môžu podporovať oba druhy kódovania naraz. Na obrázku 5 je základná zjednodušená bloková schéma systému CAP HDSL.

Vysielané dáta sú najprv skramblované, potom je prevedené mapovanie bitov do symbolov. Nasleduje trellis kódovanie, pri ktorom sa generujú súfázové a kvadráturne symboly. Tieto symboly, reprezentované digitálnymi číslami, sú v CAP vysielачi modulované.

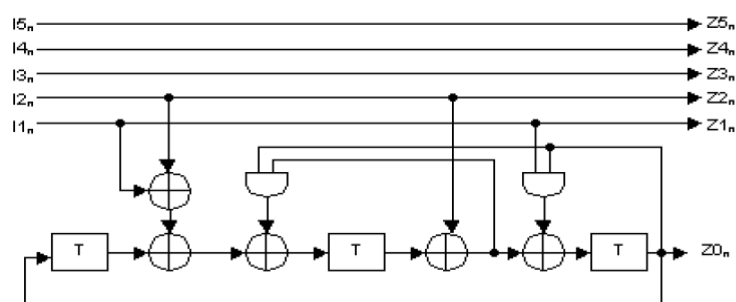
Trellis dekódovanie sa prevádza Viterbiho dekóderom.



Obr.5. Základná zjednodušená schéma CAP HDSL

2D 8-stavový trellis-kód

Skramblovaný dátový tok je rozdelený do skupín 5 po sebe idúcich bitov (I_{1n} až I_{5n}) a pridá sa jeden redundantný bit. Týchto šesť bitov (Z_{0n} až Z_{5n}) sa prenáša ako jeden symbol. Na obrázku 6 je znázornený 8-stavový Trellis-kódér 2D.



Obr.6 2D 8-stavový Trellis kódér

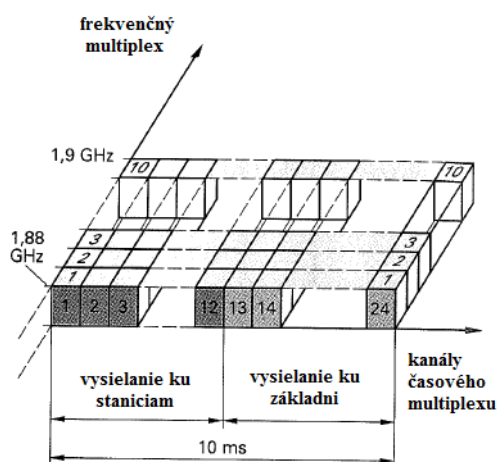
Literatúra:

- [1] Vejsada, M., ADSL - 1. časť: Kvadraturní amplitudová modulace (QAM)/fázová modulace bez nosné CAP, České vysoké učení technické v Praze, FEL, 29. 07. 2004.
- [2] Vejsada, M., HDSL - 2. časť: CAP HDSL; 4D 16-stavový Trellis kód; 2D 8-stavový Trellis kód, České vysoké učení technické v Praze, FEL, 29. 07. 2004.

DECT

DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunications) je štandard pre digitálne bezdrôtové telekomunikácie. Bol normalizovaný v roku 1992 európskym inštitútom pre telekomunikačné normy ETSI pre rádiový dosah 300 m. DECT je druhým najúspešnejším ETSI štandardom, hneď po GSM. DECT dominuje v oblasti poskytovania bezdrôtových hlasových služieb s trhovým podielom 73% v rámci všetkých bezdrôtových technológií. Tento systém nahradzuje analógovú telefóniu a ponúka mobilnú telefónnu a dátovú prevádzku. V súčasnosti predstavuje de facto štandard pre bezdrôtovú telefóniu. Systém DECT využíva v Európe pásmo 1,880 GHz – 1,900 GHz. Toto spektrum je nelicencované. Frekvenčné pásma 1,900 GHz - 1,920 GHz a 1,910 GHz - 1,930 GHz sú využívané mimo Európy. V USA je pre DECT vyhradené frekvenčné pásmo 1,920 GHz – 1930 GHz. Rozširujúci modul základne bezšnúrových telefónov môže mať až 120 rádiových kanálov pre 120 mobilných telefónnych staníc, pre ktoré zaisťuje spojenie i tarifáciu hovorov.

1. **generácia** bola určená pre telefón a fax s dátovým prenosom do 28,5 kbps. Systémy bezšnúrových telefónov využívajú pásmo 1,88 GHz – 1,9 GHz. Frekvenčné pásmo je rozdelené na 10 nosných frekvencií. Tento frekvenčný multiplex má označenie FDMA (prístup na princípe frekvenčne deleného multiplexu). Na každej z desiatich nosných frekvencií je prenášaných 12 duplexných kanálov (uplink a downlink). V tejto bezšnúrovej komunikácii podľa štandardu DECT je potom možné prevádzkovať 120 duplexných kanálov. Prenos na jednotlivých nosných vlnách je striedavý (poloduplexný), vid' Obr.1. Dosah medzi základňovou stanicou a koncovou stanicou bol 5 km.



Obr. 1 Systém DECT s využitím FDMA

2. **generácia** (Cordless in the home) poskytovala zväčšenú mobilitu koncových zariadení pomocou jednotky FRT (Fixed Radio Termination – pevné zakončenie siete), ktorá slúžila ako zosilňovač. Bola rozšírená ponuka služieb, ale len v okruhu jednej základňovej stanice.
3. **generácia** (ISDN and Cordless in the neighbour) umožnila zväčšenie mobility aj do susedných DAN (Dect Access Node). Poskytovanie služieb ISDN malo však za následok preťaženie koncovkej stanice.

Na štandarde DECT sa neustále pracuje. Najaktuálnejšie sú verzie DECT New Generation a DECT Ultra Low Energy (ULE, 2013). Existuje však aj veľa regionálnych štandardov.

- **DECT New Generation** je vyvíjané od roku 2006. Primárnym cieľom bola implementácia VOIP aplikácií. DECT New Generation obsahuje aj nové prvky a funkcionality:
 - vysoká kvalita reči (Wideband a Superwideband Speech)
 - podpora kodekov G.722, G.729.1 a MPEG-4
 - úplná implementácia VOIP (SIP a H.323)
 - podpora Broadband Data a Audio Streamingu
 - podpora videotelefónie
 - funkcie domáceho monitorovania, baby monitoringu, Mailboxu
 - automatická detekcia a konfigurácia zariadenia a iné
- **DECT Ultra Low Energy** – systém bol uvedený v roku 2013. Je to nová technológia založená na DECT, charakteristická hlavne svojou nízkou spotrebou (nižšia ako IEEE 802.11) a väčším dosahom (viac ako IEEE 802.15 a Bluetooth Low Energy). Možné aplikácie: je vhodný pre senzorové systémy, alarmové systémy alebo Machine-to-Machine aplikácie (M2M).

Pripojenie k sieti je realizované pomocou brány, ktorá je často nazývaná základňová stanica (base station). DECT je určený na komunikáciu medzi blízkymi lokálnymi bodmi a boli preň vyvinuté špeciálne integrované obvody, ktoré sú základom elektroniky základňovej stanice aj mobilných staníc. Základňová i mobilná stanica majú ako rádiové stanice mnoho spoločných funkcií.

Funkcie vrstiev OSI modelu v systéme DECT

Systém DECT zahrňuje funkcie prvých troch vrstiev OSI modelu.

Fyzická vrstva (Physical layer): Na úrovni 1. vrstvy sa prijíma alebo vysiela modulovaná VF nosná vlna. Z prijímaného VF signálu sa demoduluje rámec digitálneho impulzného signálu. Pritom je kontrolovaná bitová a kanálová synchronizácia. V smere vysielania je vysokofrekvenčná nosná vlna modulovaná synchronizovanými kanálmi, a ich vysielacia úroveň je sledovaná a riadená. Fyzická vrstva systému DECT používa:

- frekvenčne delený mnohonásobný prístup (FDMA)
- časovo delený mnohonásobný prístup (TDMA)
- časovo delený duplex (TDD)

Linková vrstva (Data Link layer): Na úrovni 2. vrstvy sa uskutočňuje riadenie prenosu a zabezpečenie dát pre vytvorenie rámca. Pri vysielaní a zároveň pri zostavovaní rámca je dátový paket doplnený potrebnými riadiacimi informáciami, ako napr. kontrolným poľom CRC. Riadenie prenosu umožňuje dynamický a náhodný výber kanálu, ktorý umožňuje dobrú ochranu počas prípadného odpočúvania. Na strane prijímu sa uskutočňuje prístup ku kanálu, pri ktorom sa vyhodnocuje pole signalizácie. MAC vrstva systému DECT poskytuje spojovú orientáciu, spojovanie a broadcast servis. Linková vrstva používa ISDN linkový protokol nazývaný LACP (Link Aggregation Control Protocol), ktorý je založený na HDLC (High level Data Link Control).

Sieťová vrstva (Network layer): Na úrovni 3. vrstvy sa riadi spojenie, teda napríklad prepínanie kanálov pri zmenách miesta pri pohybe mobilnej stanice, hľadaním spojenia a autentifikácie (identifikácia a overenie totožnosti a práv prístupu účastníka). Sieťová vrstva obsahuje protokoly: Kontrola hovoru (CC – Call Control) a Mobilný management (MM – Mobility Management).

Štandard G.726

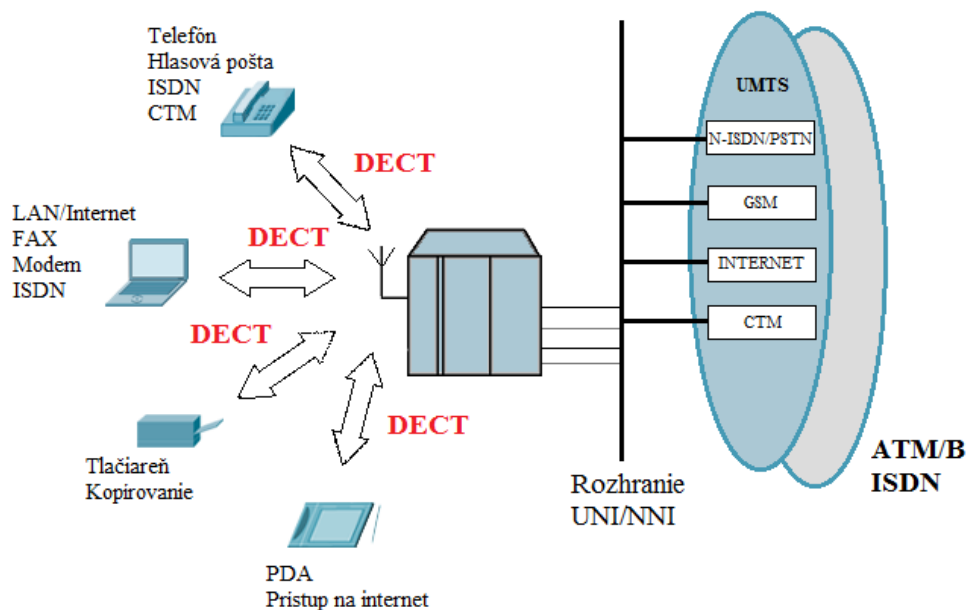
V systéme DECT je použitý štandardizovaný audiokodek - štandard G.726. Tento bol vydaný v roku 1990 a je pomerne rozšírený a podporovaný. Je určený na konverziu formátu G.711 (64 kbps, 8 kHz) do- a z dátových tokov 40, 32, 24 alebo 16 kbps. Základné využitie G.726 s dátovými tokmi 16 a 24 kbps je pre preťažené kanály prenášajúce hlas vo formáte G.711. Najčastejšie sa používa s tokom 32 kbps, pri ktorom má porovnateľnú kvalitu s G.711. Formát G.726 nahradil staršie formáty G.721 a G.723 (G.721 definoval audio kódované s ADPCM pri 32 kbps, a G.723 pri 40 a 24 kbps.) Celý názov tohto formátu je „40, 32, 24, 16 kbps Adaptive Differential Pulse Code Modulation (ADPCM)“. Formát G.726 je možné používať bezplatne.

Architektúra DECT

DECT systémy môžu obsahovať komponenty, ako je vidieť na Obr. 2. Zahŕňajú aj prídavné funkcie ako napríklad identifikáciu volajúceho (Caller ID), alebo členený zoznam, ale tieto funkcie nie sú štandardizované a sú nefunkčné pri niektorých typoch telefónnych prístrojov. Základná predstava modelu sieťovej architektúry perspektívnych systémov je rozdelená na štyri oblasti:

- oblasť aplikačných služieb
- oblasť základnej prenosovej siete (GSM, N-ISDN, ...)
- oblasť prístupovej siete (napr. GSM, DECT, UMTS)
- oblasť koncového zariadenia (multimediálne zariadenie)

Rovnakým spôsobom ako nové rádiové rozhranie UMTS je chápaný aj prístup DECT na pripojenie k niekoľkým základným sieťam a na prístup k rôznym službám a aplikáciám.



Obr. 2 Architektúra DECT

Literatúra

- [1] Slov. informatická spoločnosť: Štandardy pre informačné systémy verejnej správy. Okt. 2010. <http://standardy.informatika.sk/node/41>
- [2] <http://www.etsi.org/technologies-clusters/technologies/dect>

DMT – Discrete MultiTone - Diskrétna multitónová modulácia

Frekvenčný multiplex DMT je princíp spoločný pre niektoré skupiny technológií xDSL. Umožňuje na bežných telefónnych (a obdobných káblových metalických) vedeniach prenos signálu s frekvenciami rádovo stovky kHz až jednotky MHz a použiť tento signál na prenos digitálnych dát. Prenos jediného dátového toku sa uskutočňuje v mnohých frekvenčne oddelených prenosových kanáloch vysokými prenosovými rýchlosťami rádovo stovky kbps až Mbps. Príslušné vedenie je takto možné využiť na prenos bežného telefónneho hovoru (rádovo jednotky kHz) a súbežne na prenos digitálnych dát vo viacerých prenosových pásmach.

Rozdelenie frekvenčného spektra telefónneho vedenia

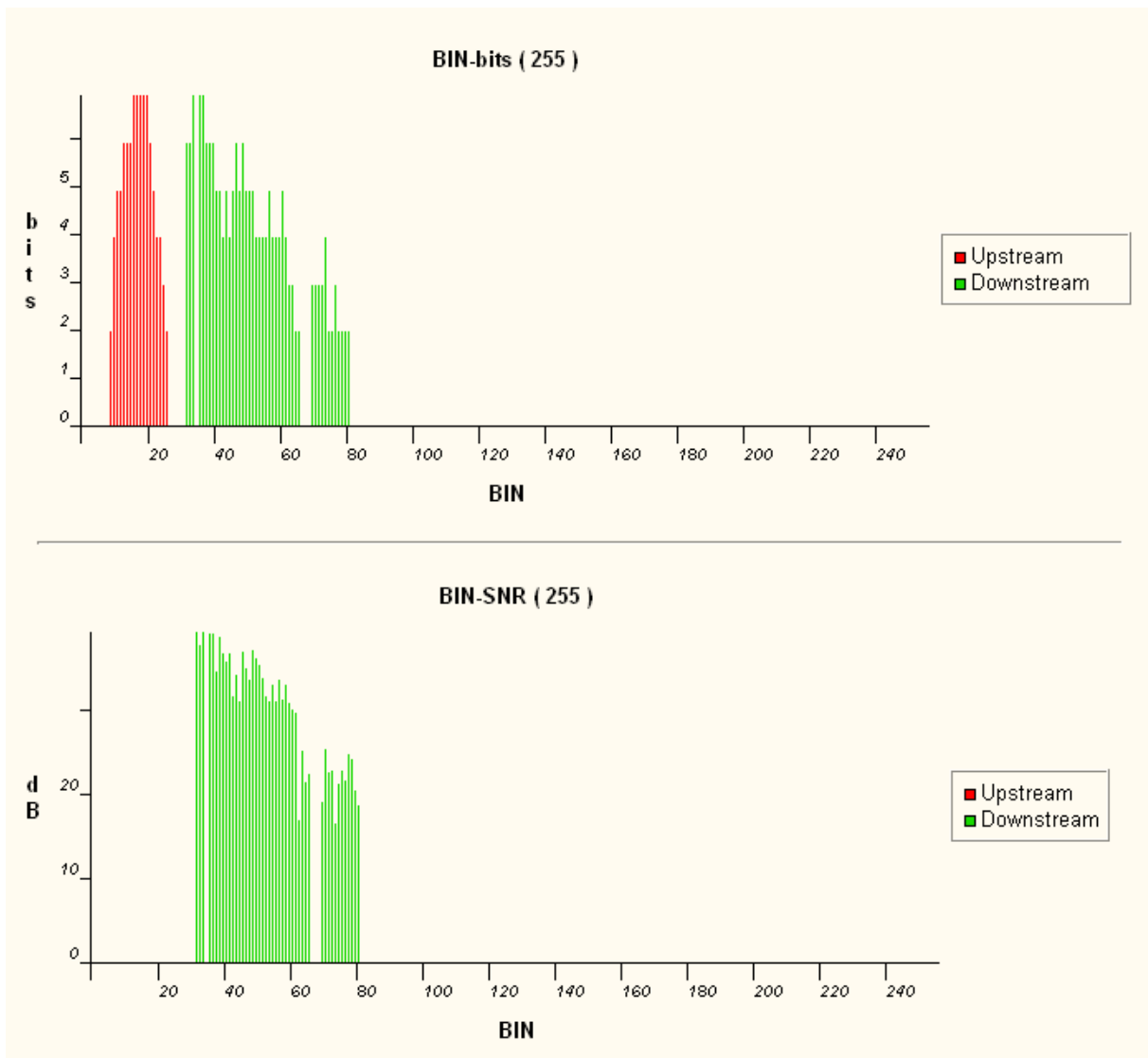
Telefónne vedenie bolo vo svojej podstate koncipované na prenos NF signálu v intervale frekvencií ľudského hlasu. Telekomunikačnými normami je na prenos hlasových telefonických služieb vyhradené pásmo 300 Hz až 3,4 kHz. Na prenos VF signálu nebolo vedenie určené. Modernými technológiami a pri použití vhodných modulačných metód je však možné dosiahnuť úspešný prenos digitálneho signálu aj v pásmach blízkych VF, teda stoviek kHz až jednotiek MHz. Prvým rozšírením využívaného frekvenčného spektra je zavedenie služby ISDN, ktorá využíva frekvenčné spektrum v pásme 4 kHz až 80 kHz.

Služba ADSL využíva spektrum 138 kHz až 276 kHz pre upstream a 276 kHz až 1104 kHz pre downstream. Diskrétna multitónová modulácia DMT rozdelí celé toto frekvenčné spektrum 0 – 1104 kHz do 256 oddelených kanálov (každý po 4,3125 kHz). Kanály 1 – 5 v oblasti do 138 kHz sú vyhradené na prenos hlasových a ISDN služieb. Ďalších 32 prenosových kanálov vo frekvenčnom pásme 138 – 276 kHz je vyhradených pre upstream. Downstream je zabezpečený vo frekvenčnom pásme 276 – 1104 kHz, kde vznikne 192 samostatných prenosových kanálov. Dáta sa prenášajú paralelne s využitím všetkých prenosových kanálov. Tzn., dátový tok je priebežne rozdeľovaný a mapovaný do jednotlivých kanálov, v rámci nich je s využitím špeciálnych modulačných metód prenášaný, a v cieľi je zase demultiplexovaný a zostavený do pôvodného signálu.

V DMT systéme je treba určiť prenosovú funkciu prenosového kanála, a rozdelením celého kanála na subkanály rovnakej šírky sa snažíme dosiahnuť to, že v každom subkanáli je približne rovnaká frekvenčná odozva. Tento proces je znázornený na Obr. 1: najskôr je užitočná záťaž rozdelená rovnomerne do všetkých subkanálov, potom je určená prenosová charakteristika vedenia, a na základe tejto charakteristiky sú určené prenosové rýchlosti jednotlivých subkanálov tak, aby prenos bol čo najefektívnejší. Môže dôjsť dokonca aj k vynechaniu niektorého subkanálu, ak je v tomto frekvenčnom pásme výrazný zdroj rušenia. Zo strednej hodnoty pomeru signál - šum (Signal to Noise Ratio - SNR) určený pre každý subkanál, je odvodený počet bitov pre jednotlivé subkanály. Počet bitov pre n-tý subkanál je daný rovnicou:

$$b_n = \log_2 \left(1 + \frac{SNR_n}{\Gamma} \right), \quad (1)$$

kde Γ je rozdiel SNR medzi Shannonovým limitom kapacity kanálu a SNR potrebným pre dekódovanie kvadrátnej amplitúdovej modulácie (Quadrature Amplitude Modulation - QAM).

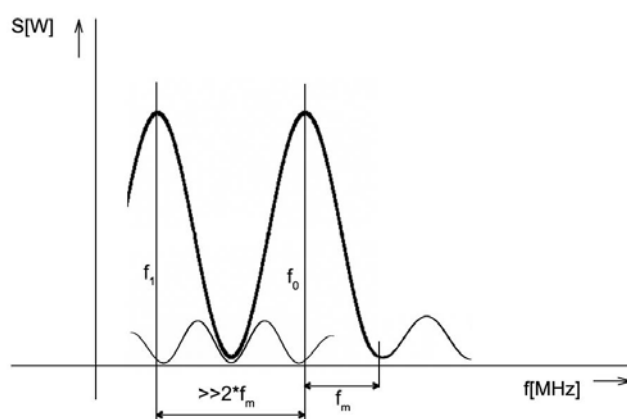


Obr.1 : Príklad procesu rozdelenia prenosu na jednotlivé DMT subkanály (BIN-bits) podľa vyhodnoteného SNR v daných subpásmach (BIN-SNR). Pri nízkom SNR je prenos v danom subpásme obmedzený, resp. celkom vynechaný [2]. BIN je prenosové subpásmo.

Problematika frekvenčného multiplexu

Ak má byť po spoločnom vedení prenášaných viaceru samostatných frekvenčne oddelených kanálov, je nevyhnutné zabezpečiť, aby sa tieto kanály medzi sebou vzájomne neovplyvňovali. Každá nosná po modulácii však generuje okrem hlavného laloka aj viaceru postranných lalokov na blízkych frekvenciách. Energia týchto postranných lalokov potom spôsobuje rušenie. Vzhľadom na požiadavky na odstup signál/šum je pri klasickom frekvenčnom multiplexe nevyhnutné, aby vzájomný odstup dvoch susedných nosných bol minimálne $2f_m$, ako je to znázornené na Obr. 2. Tento odstup je nevyhnutný, aby jednotlivé pásma bolo možné na príjme oddeliť príslušnými analógovými frekvenčnými filtermi. Pretože ani strmosť filtrov nie je nekonečná, je ďalej nevyhnutné odstup susedných nosných zvýšiť ešte o hodnotu závislú od strmosti filtra a výsledkom je požiadavka na ďalšie zväčšenie odstupu susedných nosných, a tým aj dosť vysoký nárok na frekvenčné spektrum.

Tam, kde sme na začiatku úvah plánovali 32 prenosových kanálov, by sa po zohľadnení uvedených efektov v praxi podarilo použiť iba 12 – 16 kanálov. Východiskom z tejto nepriaznivej situácie je použitie techniky ortogonálneho frekvenčne deleného multiplexu – OFDM.



Obr.2: Znáznornenie odstupu susedných nosných frekvencií pri FDMA

Princíp OFDM

OFDM umožňuje do frekvenčného spektra umiestniť dvojnásobok, prípadne viac ako dvojnásobok samostatných prenosových kanálov, ako by bolo možné pri použití klasického frekvenčného multiplexu. Frekvenčné spektrá susedných nosných sa pri použití tejto techniky dokonca môžu významne prekrývať bez toho, že by sa vzájomne ovplyvňovali. Je však nutné dodržať viacero podmienok, z ktorých najdôležitejšia je, že nosné frekvencie musia byť vzájomne ortogonálne. Frekvencia jedného priebehu je celistvým násobkom frekvencie druhého priebehu. Číslicovým spracovaním signálov je možné na spoločné prenosové médium, v prípade ADSL teda na telefónne vedenie, generovať celý systém ortogonálnych nosných, kde sa spektrá susedných frekvencií prekrývajú, a na výstupe je možné vhodnými číslicovými metódami jednotlivé nosné od seba oddeliť bez toho, žeby sa vzájomne ovplyvňovali alebo rušili. Celý systém frekvenčného multiplexu s využitím techniky OFDM sa nazýva Diskrétna multitónová modulácia DMT.

Modulácia použitá v rámci jednotlivých kanálov – QAM modulácia

Doteraz sme sa zaoberali rozdelením frekvenčného spektra na jednotlivé prenosové subpásma a zabezpečením ich dostatočného počtu. QAM modulácia zabezpečuje moduláciu dát v rámci jednotlivých prenosových subkanálov. Technicky sa QAM modulácia a demodulácia zabezpečuje aplikovaním algoritmu rýchlej Fourierovej transformácie, ktorú realizujú špeciálne rýchle signálové procesory. Pre každý kanál sa použije QAM modulácia s modulačnou rýchlosťou 4000 Bd. Pri použití 4-stavovej QAM dosiahneme prenosovú rýchlosť 8000 bps na jeden kanál, ak použijeme 32768-stavovú QAM (15 bitov na stav), získame $15 \times 4000 = 60$ kbps prenosovú rýchlosť pre jediný kanál.

Literatúra

- [1] J. TRÍSKA: Technológie počítačových sietí, 1 Technológia DSL. - Doplnkový št. materiál. SPŠE Piešťany, 2009.
- [2] ITU-T G.992.1 (G.dmt)

DSLAM

Digital Subscriber Line Access Multiplexer (DSLAM) je sieťové zariadenie, ktoré sa nachádza v telefónnych ústredniach poskytovateľa služby a umožňuje telefónnym (digitálnym ADSL) linkám spojenie s Internetom. V smere od užívateľa združuje prevádzku od množstva ADSL prípojok smerom k verejnej telefónnej sieti (pre hlasovú službu) a do siete ATM (pre vysokorýchlostný prenos dát). Umožňuje poskytovať súčasne niekoľko typov DSL prístupov. DSLAM sa pripája na širokopásmovú sieť ATM jedným až 2 tokmi ATM. Prichádzajúce dáta môžu byť vnútorne priradené :

- rýchlemu kanálu (fast channel)
- pomalému kanálu s prekladaním (interleaved channel)
- alebo obom kanálom, ak sú prítomné oba toky ATM

Rýchly kanál – prenáša dáta s čo najmenším oneskorením, no nezamedzuje chybám počas prenosu, čo sa môže prejaviť stratou alebo vynechaním dátového rámca. Je vhodný na prenos signálov hlasu a videa, u ktorých sa vyžaduje, čo najmenšie oneskorenie a nezáleží až tak na chybovosti.

Pomalý kanál s prekladaním – vo vyrovnávacej pamäti vnáša do dátového toku určité oneskorenie, no pritom zamedzuje chybám počas prenosu, čo predstavuje minimálnu stratu dátových rámcov. Je vhodný na prenos dát, pri ktorých sa vyžaduje čo najmenšia chybovosť a na oneskorenie až tak nezáleží. Napr. LAN-to-LAN-prístup do Internetu.

Pri prepájaní DSLAM-ov cez ATM sieť sa v praxi bežne využíva zdieľanie prenosovej kapacity jednotlivých ATM tokov, čo sa označuje ako overbooking. Taktiež sa DSLAM využíva pri konfigurácii siete ADSL a architektúry PTA (PPP Termination and Aggregation, vid' nižšie) (Obr.1).

Závislosť rýchlosti od vzdialenosti

Krútený pár má vyšší útlm na vyšších frekvenciách, a dlhšie vedenie medzi DSLAM a účastníkom znamená nižšiu maximálnu možnú rýchlosť prenosu.

Nižšie je uvedený približný vzťah medzi dĺžkou vedenia (medený krútený pár s priemerom 0,4 mm) a maximálnou rýchlosťou prenosu dát.

- 25 Mbps na 300 m
- 24 Mbps na 600 m
- 23 Mbps na 900 m
- 22 Mbps na 1,2 km
- 21 Mbps na 1,5 km
- 19 Mbps na 1,8 km
- 16 Mbps na 2,1 km
- 1,5 Mbps na 4,5 km
- 800 kbps na 5,2 km

Miestne podmienky sa môžu líšiť, a najmä pri vzdialenosti nad 2 km sa často vyžaduje bližšie umiestnený DSLAM, aby bola dosiahnutá prijateľná prenosová rýchlosť.

MediaDSLAM

Nová technológia (PT labs) nazývaná mediaDSLAM dokáže poskytnúť 100 Mbps pri dosahu 4 až 5 km (namiesto pôvodných 0,5 km). Táto technológia je založená na kombinácii prístupu cez krútené páry s optickou linkou (VDSL - Very High Bitrate Digital Subscriber Line - Veľmi vysoko rýchlostná číslicová účastnícka linka). VDSL používa ako prenosové prostredie 1 metalický pár, spôsob prenosu je asymetrický, prenosová rýchlosť je výrazne závislá na prekľuteľnej vzdialenosti a môže byť až 55,2 Mbps pre downstream , 2 Mbps upstream pri dosahu 20 až 300m a použitej šírke pásma 300 kHz až 30 MHz. Umožňuje súčasnú prevádzku VDSL a POTS alebo ISDN.

Hardwarové požiadavky

Zákazník sa pripája na DSLAM cez ADSL-modem alebo DSL-router, ktoré sú pripojené cez PSTN-sieť typicky krúteným párom telefónnej linky.

IP-DSLAM

IP-DSLAM je skratka pre Internet Protocol Digital Subscriber Line Access Multiplexer. Užívateľské rozhranie je väčšinou založené na IP adrese.

Tradične v 20. storočí DSLAM používal ATM (Asynchronous Transfer Mode) technológiu pre pripojenie k upstream ATM smerovačov / prepínačov. Tieto zariadenia potom extrahujú IP prevádzky a prenesú ich na IP sieť.

IP DSLAM prekonáva tradičné technológie v mnohých smeroch, či už vyššou efektívnosťou, väčšou rýchlosťou alebo dokonalejšou správou. Technológia IP DSLAM napr. obmedzuje zložitosť prevodu dátových formátov, rieši problémy s preťažením siete, zavádzaním vysokorýchlostnej neblokovej prepínacej technológie Ethernet, a tiež ponúka efektívne mechanizmy pre multicastové video-aplikácie, napr. IGMP snoopi.

ATM multiplex

ATM je asynchrónny prenosový režim, ktorý na prenos používa bunky s konštantnou veľkosťou 53 bytes. Asynchrónnosť prenosu je v tom, že ATM vie priradiť danému prenosovému kanálu takú prenosovú rýchlosť, akú potrebuje, t.j. jednotlivé kanály súčasne prenášané cez ATM, majú rôznu prenosovú rýchlosť. Prenosový kanál, požadujúci vyššiu prenosovú rýchlosť, bude obsadzovať bunky častejšie ako kanál, ktorý požaduje nižšiu prenosovú rýchlosť. Pridelovanie buniek riadi štatistický multiplex, ktorý zisťuje, aká je prenosová rýchlosť v jednotlivých kanáloch, a podľa toho prideliť náležitý priestor v ATM multiplexe.

STM a SDH

Norma ITU-T G.998.2, ktorá pojednáva o ADSL, pripúšťa aj ADSL variant, ktorý má namiesto ATM vrstvy použitý asynchrónny prenosový STM založený na SDH technológii.

STM-1 (Synchronous Transport Module - level-1) je štandardom SDH ITU-T optickej siete. Jeho základná bitová rýchlosť je 155,52 Mbps. Vyššie hierarchické úrovne STM (STM-4, STM-16 a STM-64) sú realizované technológiou WDM (Wavelength-Division Multiplexing) a často používané v podmorských telekomunikačných káblach.

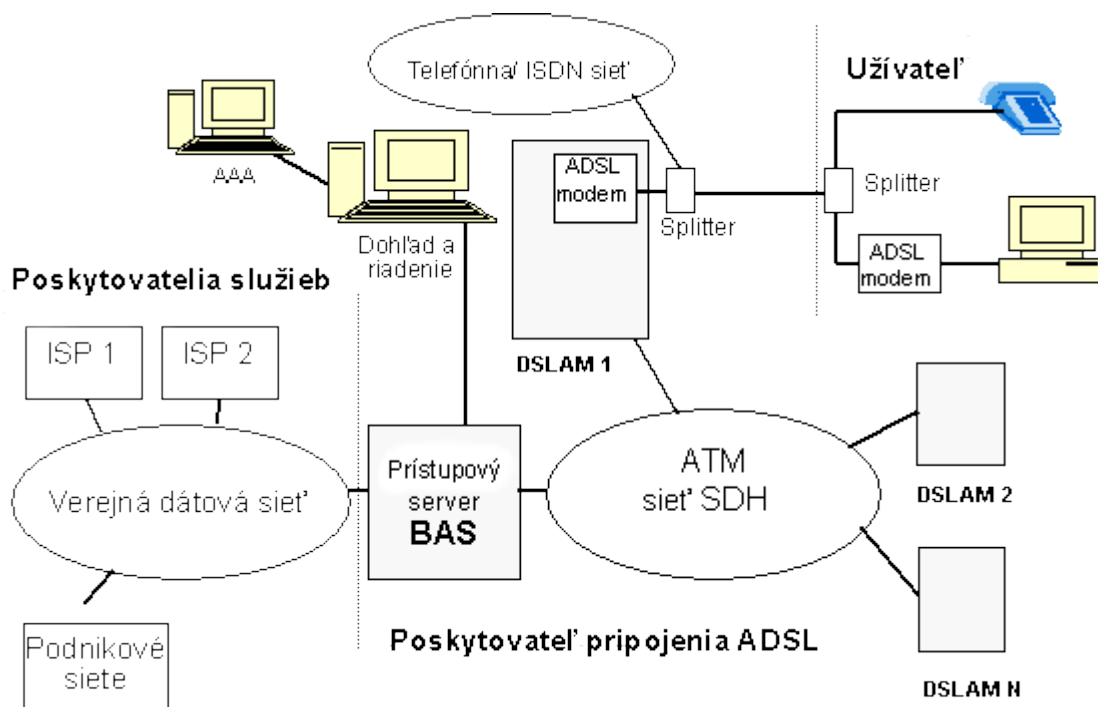
SDH (Synchronous Digital Hierarchy) je štandard vytvorený ITU (G.707, resp. jeho rozšírenie G.708). SDH doplnená napríklad o ATM sa stáva najvýhodnejšou technológiou prenosu dát všetkých druhov.

Architektúra PTA

Architektúra PTA (PPP Terminated Aggregation) umožňuje koncovému užívateľovi vybrať konkrétneho poskytovateľa služieb. Komunikácia protokolom PPP po ATM sieti je sprostredkovaná ATM adaptačnou vrstvou AAL5. Relácie protokolu PPP sú ukončené v širokopásmovom prístupovom serveri BAS. BAS zabezpečuje funkcie, ako konfigurácia IP adries, autentifikácia používateľa, autorizácia a účtovanie, použitím podprotokolov v rámci PPP. IP adresy a iné konfiguračné informácie potrebné pre užívateľov získava BAS pomocou dotazov zo siete poskytovateľa služieb. Potom, čo je zostavená relácia s užívateľom, BAS namapuje identifikátor užívateľa na prístupový port poskytovateľa služieb.

Na Obr. 1 je znázornená celková konfigurácia siete využívajúcu ADSL a architektúru PTA. Celý prenosový reťazec je rozdelený do troch častí: časť poskytovateľov služieb, časť poskytovateľov ADSL pripojenia a časť užívateľská. Na strane poskytovateľa pripojenia ADSL sú jednotlivé prístupové účastnícke multiplexory (DSLAM) pripojené cez hlavnú ATM sieť, riešenú na fyzickej vrstve technológie SDH na optických vláknach, k prístupovému serveru BAS. Tento server umožňuje prístup do širokopásmovej verejnej

dátovej siete (napr. tiež založenej na ATM). K tejto sieti sú pripojení poskytovatelia služieb (napr. ISP) a ďalšie subjekty, ako sú podnikové siete a pod.



Obr. 1 Usporiadanie siete využívajúcej prístup pomocou ADSL.

Server BAS spolupracuje so serverom AAA (Authentication, Authorisation and Accounting), ktorý disponuje databázou zákazníkov. Na základe nej overuje totožnosť zákazníka, ďalej mu priraduje odpovedajúce služby a zaznamenáva informácie pre následné vyúčtovanie služieb. Konfigurácia a aktivácia prípojok ADSL sa riadi z dohľadového a riadiaceho centra.

Literatúra

- [1] <http://www.inet.sk/clanok/1645/vsetko-o-adsl-po-tretie-co-to-vlastne-znamena-adsl>
- [2] <http://access.feld.cvut.cz/view.php?cisloclanku=2004072603>

FSAN a PON

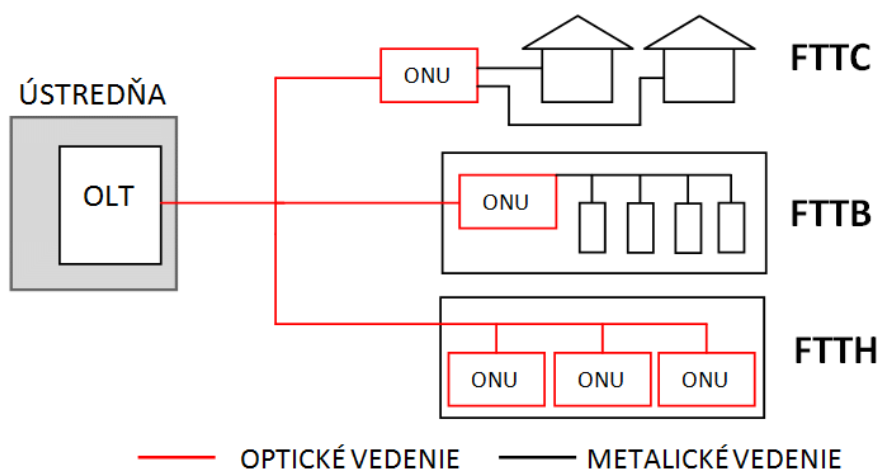
FSAN Group (Skupina Full Service Access Network) je záujmové združenie svetových lídrov v poskytovaní telekomunikačných služieb, nezávislých testovacích laboratórií a dodávateľov vybavenia, ktorí spolupracujú za účelom vytvoriť širokopásmové optické siete dostupné čo najväčšiemu počtu užívateľov. FSAN pracuje v tesnej spolupráci s organizáciami pre štandardizáciu, ako ITU-T, ETSI a ATM fórum. Kým FSAN združuje významných národných telekomunikačných operátorov, členmi IEEE sú aj alternatívni ISPs (Internet Service Providers- poskytovatelia internetových služieb) a dodávatelia zariadení. Cieľom FSAN je uviesť existujúce štandardy do služieb a priemyselných produktov a tiež vyvíjať tieto štandardy smerom k vytýčenému cieľu poskytnúť užívateľom plný prístup ku všetkým širokopásmovým službám.

Prvé štandardy APON (ATM Passive Optical Network) a BPON (Broadband PON) pasívnych optických sietí (PON - Passive Optical Networks), opísaných nižšie, následne postupne vydala medzinárodná štandardizačná spoločnosť ITU (International Telecommunication Union).

Charakteristika PON

Prvé kroky v technológii PON viedli mnohých operátorov a výrobcov zariadení (Telecom, NTT, KPN, Telefonica a Telecom Italia) k myšlienke prenášať prostredníctvom jedného optického vlákna dátové signály do viacerých koncových bodov.

PON je pasívna optická sieť s architektúrou bod-multibod, v ktorej sú použité pasívne rozdeľovače. Pozostáva z ukončenia optickej linky (OLT – Optical Line Termination) na strane poskytovateľa a optickej sieťovej jednotky (ONT – Optical Network Terminal/ ONU – Optical Network Unit) na strane používateľa. ONT/ONU zabezpečujú konverziu optického signálu na elektrický a naopak. Vlákna a rozdeľovače medzi OLT a ONT/ONU tvoria optickú distribučnú sieť (ODN – Optical Distribution Network). Architektúra pasívnej optickej siete je znázornená na Obr.1.



Obr.1 Architektúra rôznych technológií PON (technológie FTTx). FTTB - Fiber to the Business, FTTC - Fiber to the Curb, FTTH - Fiber to the Home.

PON znižuje množstvo potrebného optického vlákna a zariadení u poskytovateľa v porovnaní s architektúrou bod-bod, kde každému používateľovi prislúcha samostatné optické vlákno na celej prenosovej ceste. Keďže pasívny rozdeľovač nedokáže nijako spracovať optický signál, dátové signály v smere od poskytovateľa k používateľovi sú zakódované a vysielané súčasne

do všetkých ONT, pričom každá ONT vyberie len tie dáta, ktoré sú adresované danému používateľovi.

Štandardy PON

ITU-T G.983

APON (ATM Passive Optical Network)

BPON (Broadband PON)

Prvý štandard pre pasívne siete vypracovalo ITU-T v spolupráci s konzorciom FSAN ako odporúčanie G.983, známe ako APON. Odporúčanie ITU-T G.983 štandardizovalo prenos na základe ATM (Asynchronous Transfer Mode) buniek s celkovými rýchlosťami buď symetricky 155,52 Mbps, alebo nesymetricky s vyššou rýchlosťou 622,08 Mbps smerom k účastníkom. Dodatočne bol doplnený o variant so symetrickými rýchlosťami 622,08 Mbps a začala sa používať aj skratka BPON, ktorý je založený na APON. Využíva sa buď separácia vlákien pre oba smery prenosu, alebo vlnové delenie. Pre variant s vlnovým delením bolo zavedené pridelenie vlnových pásiem pre vzostupný smer 1260 – 1360 nm a pre zostupný smer 1480 – 1500 nm. Voliteľnými pásmami boli ešte pre prenajaté okruhy typu STM-1, STM-4, STM-16 alebo pre gigabitový Ethernet s max. 16+16 kanálmi DWDM pásmo 1539 – 1565 nm a pre distribúciu signálu pásmo 1550 – 1560 nm.

ITU-T G.984

GPON (Gigabit PON)

FSAN spolu s ITU-T však ďalej zdokonaľovali BPON, a tak vznikol štandard GPON. GPON vychádza z odporúčania ITU-T G.983 pre širokopásmové PON. Odporúčanie G.984.1 popisuje obecné charakteristiky systému GPON (architektúra, rýchlosti, dosah, bezpečnosť) a odporúčanie G.984.2 popisuje optickú prístupovú sieť schopnú podporovať budúce požiadavky domácich aj podnikových užívateľov. GPON podporuje rýchlosti 1.25 Gbps, 2.5 Gbps a okrem ATM (Asynchronous Transfer Mode) podporuje aj Ethernet, TDM (Time - Division Multiplexing) a POTS (Plain Old Telephone Service) v ich pôvodných formátoch. GPON dosahuje vyššie rýchlosti oproti EPON a väčší deliaci pomer 64:1 alebo dokonca 128:1 oproti 16:1, respektíve 32:1 u EPON. Vyššie rýchlosti s nástupom viackanálového HDTV sú výhodou a väčší deliaci pomer je dobrý aj v prípade FTTx+VDSL. Na druhej strane väčší deliaci pomer pri trvalom zaťažení (IP HDTV) môže znamenať nižšie rýchlosti pre jednotlivých užívateľov. Výhodou GPON je aj schopnosť prenášať služby TDM v pôvodnej forme, čo je dôležité najmä pre firemných užívateľov. Na druhej strane EPON umožňuje prenášať TDM emuláciou a klasické telefónne služby POTS sú pod tlakom VoIP na ústupe.

ITU-T G.987

XG-PON (X Gigabit PON)

Patrí do skupiny sietí s označením NG-PON (Next Generation Passive Optical Network).

Pri vývoji PON siete s prenosovou rýchlosťou 10 Gbps sa riešila otázka kompatibility tak, aby novo vytvorená XG-PON bola spätne kompatibilná s predošlou generáciou GPON. To by umožňovalo ich vzájomnú koexistenciu a nasadenie v rámci spoločnej optickej distribučnej siete. Výhoda tohoto je aj postupný prechod na novú verziu bez potreby úprav a prestavby GPON optickej siete. Podporovaná je symetrická aj asymetrická varianta prenosu.

Asymetrický 10G-PON je určený ako XG-PON1 s rýchlosťou 10 Gbps v zostupnom smere a 2.5 Gbps pre vzostupný smer. Symetrický 10G-PON je navrhnutý ako XG-PON2 s rýchlosťou 10 Gbps v oboch smeroch, ale vyžaduje drahšie lasery na optických sieťových

termináloch pre dosiahnutie rýchlosti v vzostupnom smere. V štandarde G.987 bol špecifikovaný maximálny rozbočovací pomer 1:256.

IEEE 802.3ah

EPON alebo GEAPON (Ethernet PON)

Prístupová sieť EFM (Ethernet in the First Mile) si dala za úlohu vytvoriť koncepciu a štandardy pre riešenie vysokorýchlostného prístupu založeného na báze Ethernetu.

EPON je sieť PON v rámci štandardu 802.3ah. Toto riešenie umožňuje vyššiu rýchlosť, jednoduchosť a rozšíriteľnosť. Najperspektívnejší je však variant EFMP využívajúci pasívnu optickú sieť, označovaný ako EPON. Pre zdieľanú užitočnú rýchlosť 1 Gbps sa používa označenie 1000BASE-BX. Menovitá prenosová rýchlosť na prenosovom médiu vrátane riadenia je 1,25 Gbps. Pretože maximálna bitová rýchlosť je v oboch smeroch 1,25 Gbps a efektívna 1 Gbps, niekedy sa tento štandard označuje ako GEAPON. Zatiaľ čo EFMC využíva metalické prenosové médiá a princíp prenosu prevzatého z prípojok VDSL a SHDSL, variant EFMF (Fiber) je založený na prenose bod-bod s rýchlosťami 100 Mbps alebo 1 Gbps.

Rozhrania podľa štandardu IEEE 802.3ah môžeme rozdeliť na:

- Optické pripojenie bod – bod (point-to-point) do 10 km
 - 100BASE-BX10 –SM (single mode) vlákno
 - 100BASE-LX10 –SM vlákno
- Mnohobodová optická sieť – EPON
 - 1000BASE-PX10 – (point-to-multipoint) – SM vlákno do 10 km
 - 1000BASE-PX20 – (point-to-multipoint) – SM vlákno do 20 km
- Metalická prípojka – EFMC
 - 10PASS-TS – 1 pár VDSL do 750 m s rýchlosťami 10 až 100 Mbps
 - 2BASE-TL – 1 pár SHDSL do 2,7 km s rýchlosťami 2 až 5,696 Mbps

IEEE 802.3av

10 GEAPON (10 Gigabit Ethernet PON)

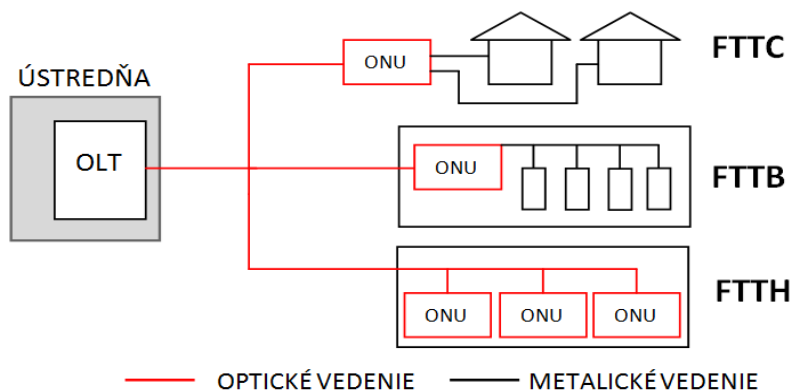
10 GEAPON je použiteľný vo viacnásobných systémových prostrediach pre podporu širokopásmových aplikácií, ktoré vyžadujú rýchlu, spoľahlivú a dostupnú prístupovú sieť EFM. Tieto aplikácie zahŕňajú Broadcast TV (rozšírený HDTV obsah), IPTV, time-shifted TV, VOD (Video on Demand) obsahové knižnice, 3D online interaktívne hry, vysoko rýchlostný Internet, Personal Video Casting, Business Ethernet Access. Generácia 10GEAPON ponúka symetrickú možnosť prenosovej rýchlosti v oboch smeroch 10 Gbps, alebo asymetrickú, s rýchlosťou pre vzostupný smer obmedzenou na 1 Gbps.

Literatúra

- [1] FSAN - Full Service Access Network, <http://www.fsan.org>.
- [2] ITU-T: G.983.1 - Broadband optical access systems based on Passive Optical Networks (PON), <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.983.1> .
- [3] ITU-T: G.984.1 - Gigabit-capable passive optical networks (GPON): General characteristics, <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.1>.
- [4] ITU-T: G.987 - 10-Gigabit-capable passive optical network (XG-PON) systems: Definitions, abbreviations, and acronyms, <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.987> .

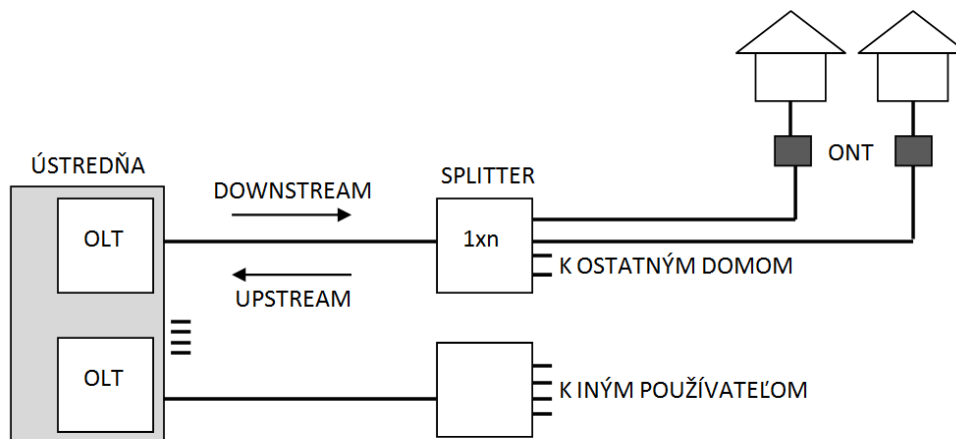
FTTC - Fiber To The Curb, a FTTCab - Fiber To The Cabinet

Základná architektúra technológií FTTC a FTTCab v porovnaní s FTTH (Fiber To The Home) je ilustrovaná na Obr. 1.



Obr.1 Technológie FTTx podľa vzdialenosti medzi ukončením optickej cesty a konečným užívateľom

Pasívna optická sieť (PON-Passive Optical Network), ktorá sa skladá na strane ústredne zo zakončenia optického vedenia (Optical Line Termination – OLT), a na strane užívateľov z obmedzeného počtu sieťových jednotiek ONU (Optical Network Unit alebo tiež ONT – Optical Network Termination), môže pri technológiách FTTC a FTTCab preklenúť vzdialenosť až niekoľko desiatok kilometrov (Obr.2). OLT zaisťuje funkciu sieťového rozhrania medzi prístupovou sieťou a sieťami telekomunikačných služieb. Je pripojená k chrbticovej sieti a realizuje vzájomnú konverziu protokolov. Za úlohu má aj spravovanie, riadenie a dohľad optických sieťových koncoviek ONT/ONU. (ONT je ONU umiestnená v objekte užívateľa v prípade systémov FTTH a FTTH. V iných prípadoch sú zariadenia ONU a NT oddelené, pričom medzi ONU a NT je medený pár a NT je zakončenie siete v objekte zákazníka). Komunikácia medzi OLT a ONU funguje na základe pridelenia časového úseku jednotke ONU od OLT, kedy môže ONU jednotka vysielat' vlastné užívateľské dáta. ONU je všeobecný názov pre koncové zariadenie na zákazníckej strane optickej siete, majúce podobné funkcie ako optické sieťové zakončenie. Na rozdiel od OLT však realizuje pripojenie koncového užívateľa prostredníctvom nadväzujúcej metalickej siete. Všeobecne môže pripájať väčšie množstvo koncových užívateľov.



Obr.2 Architektúra siete PON

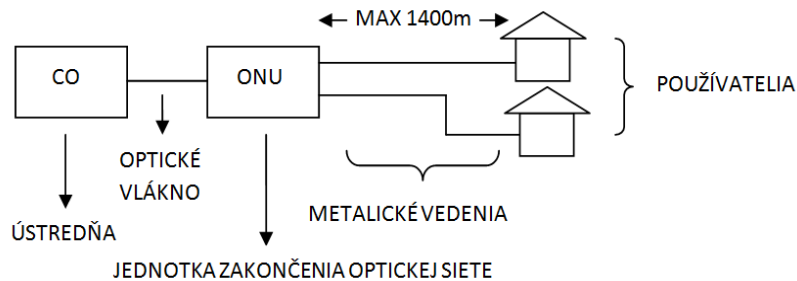
FTTC a FTTCab

Optická komunikačná sieť pri týchto technológiách sa rozprestiera od centra (optického uzla) po rozvodné skrinky pri domoch (pri chodníkoch), kde sú optické signály konvertované na elektrické a odkiaľ sú ďalej distribuované k jednotlivým účastníkom metalickými rozvodmi. Realizovala sa tak myšlienka vymeniť všetky telefónne linky, ťahané do blízkosti domov, za optické vlákna. Takéto pripojenie poskytuje dostatočnú šírku pásma, ktorou je možné prenášať video na požiadanie, taktiež on-line multimediálne prezentácie, prichádzajúce bez viditeľného oneskorenia. Novými službami sa nahradili alebo doplnili staré pôvodné telefónne služby POTS (Plain Old Telephone Services).

Ideálne riešenie - optika až do domu (FTTH) - vychádzalo spočiatku relatívne príliš drahé. Výrobcovia sa teda obrátili na iné, finančne priaznivejšie riešenie s tým, že sa využila už existujúca infraštruktúra telefónnych liniek.

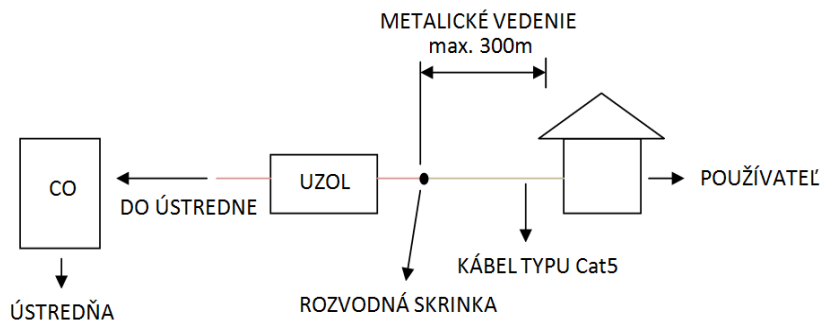
Technológia FTTCab sa líši od FTTC v podstate len vo vzdialenosti umiestnenia konca optickej časti vedenia (ONU):

- FTTCab: rozvodná skrinka môže byť vzdialená až 1400 metrov od užívateľa, alebo firmy (Obr.3).



Obr.3 Technológia zavedenia FTTCab

- FTTC: metalické vedenie by v takomto prípade nemalo presiahnuť 300 metrov (Obr.4).



Obr.4 Technológia zavedenia FTTC

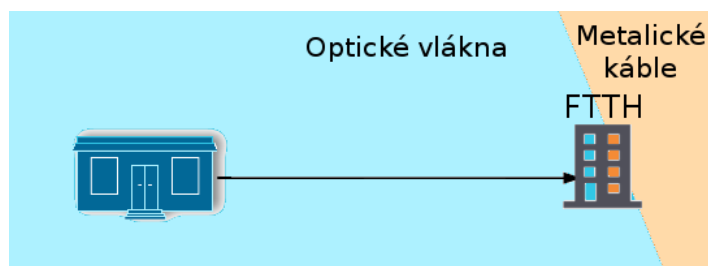
Podobná je technológia hybrid fiber/coax (HFC), ktorá však kombinuje optiku s koaxiálnymi rozvodmi, a týka sa poskytovania služieb káblovej televízie.

Literatúra

- [1] J. Vodrážka: Základy FTTx,
<http://access.feld.cvut.cz/view.php?cislocianku=2006051702>
- [2] TechTarget, <http://searchtelecom.techtarget.com/definition/passive-optical-network>

FTTH (Fiber To The Home)

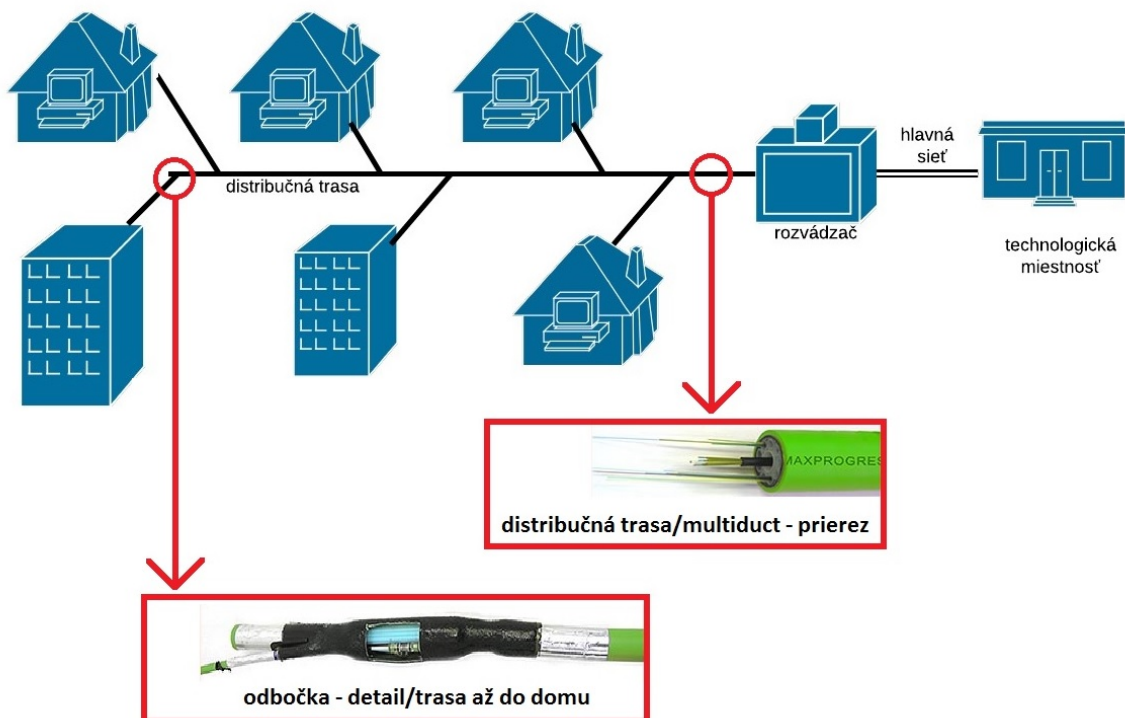
Ide o technológiu širokopásmového prístupu, kde optický kábel nahrádza metalické káble v lokálnej sieti, pričom optické vlákno je privedené až ku koncovému používateľovi do účastníckej zásuvky (viď Obr. 1) s príslušnými portami pre telefóniu, dátové služby (do Ethernetu) a TV. Rôzne signály sú na strane poskytovateľa multiplexované pomocou vlnového delenia do jediného vlákna smerom k používateľovi. V porovnaní s hybridnými opticko-koaxiálnymi (HFC – Hybrid Fibre-Coaxial) sieťami, tu ide o celooptickú sieť, ktorá je však aj podstatne drahšia ako HFC.



Obr. 1 FTTH

Ďalšími podobnými variantmi FTTH sú:

- Fibre To The Apartment (FTTA) - vlákno do bytu
- Fibre To The Subscriber (FTTS) - vlákno k predplatiteľovi
- Fibre To The Office (FTTO) - vlákno do kancelárie
- Fibre To The Desk (FTTD) - vlákno na stôl



Obr.. 2 FTTH realizované pomocou optických káblov s trubičkami

Výhody FTTH sietí

Technológia FTTH je neporovnateľná s ostatnými technológiami. Napríklad jedno optické vlákno zvládne vyšší a rýchlejší prenos ako 96 žíl metalického kábla. Ale asi jedna z najväčších výhod technológie FTTH je tá, že optiku dostaneme priamo do domácnosti, čo pre nás znamená, že máme takmer neobmedzenú rýchlosť dátového prenosu. FTTH nám tak zvyšuje spoľahlivosť a kvalitu prenosu multimediálnych služieb, pretože dáta nie sú rušené elektromagnetickým poľom alebo atmosférickými vplyvmi.

Najväčšími poskytovateľmi FTTH sietí na Slovensku sú firmy Antik (hlavne východné Slovensko, a stále sa rozširuje), Orange a Slovak Telekom.

Príklady budovania sietí FTTH

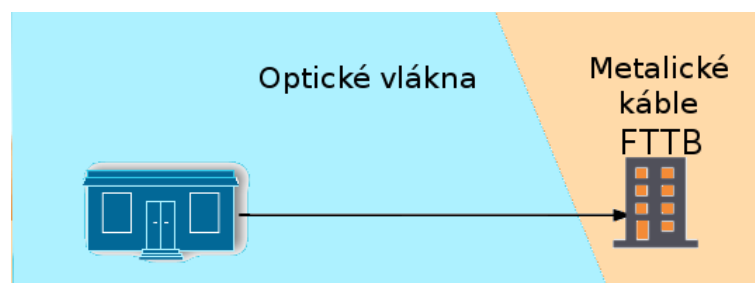
Na Slovensku budované FTTH siete sú väčšinou pasívnymi GPON (Gigabit Passive Optical Network) point-to-multipoint sieťami, v ktorých sa jedno vlákno od operátora rozvetvuje v splitteri typicky na niekoľko desiatok vlákien ku koncovým zákazníkom. Všetkým týmto zákazníkom sú následne posielané dáta určené pre každého z nich, pričom sú chránené šifrovaním. Pasívne optické siete sú tým ale fyzicky agregované na nižšie efektívne rýchlosti ako samostatné vlákna rovnakej komunikačnej technológie.

Naproti tomu spoločnosť HGdata vybudovala v roku 2012 v Kežmarku FTTH optickú sieť s optickými prípojkami až do domácnosti zákazníka, pričom sieť nie je pasívnou point-to-multipoint sieťou ale sieťou s prípojkami point-to-point s vlastným optickým vláknom od zákazníka až do switcha operátora.

FTTB (Fiber To The Building)

Je to jedna z foriem optickej technológie, kedy je optické vlákno privedené až do budovy, kde tvorí tzv. optický uzol, a odtiaľ je signál ďalej rozvádzaný metalickou kabelážou do bytov, kde ho môžu využívať jednotliví nájomníci (Obr. 3). Topológia optickej siete je typu RING. FTTB poskytuje svoje internetové služby na báze rádio-metalických sietí. Metalická kabeláž umožňuje komunikovať a surfovať zdieľanou rýchlosťou 100 Mbps. Ide teda o akési hybridné opticko-metalické riešenie.

FTTB je podskupinou Fiber To The Curb (FTTC), pri ktorej je optická sieť privedená k rozvodnému miestu pre skupinu domácností v blízkosti účastníkov, vonku, „pri obrubníku“ cesty.

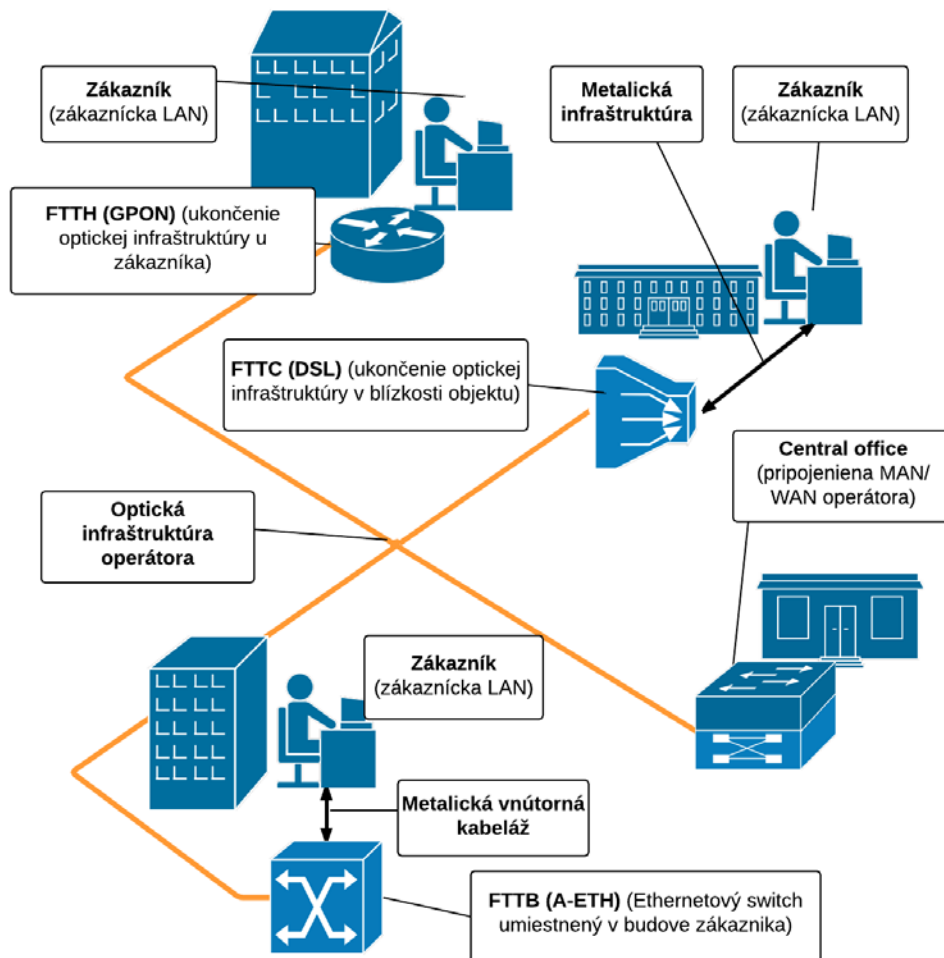


Obr. 3 FTTB

Princíp je veľmi podobný princípu opísanému vyššie, pri technológii FTTH. Maximálna dĺžka rozvodu od optického uzla ku koncovému užívateľovi by nemala presiahnuť 500 m. Obvyklý počet užívateľov na jeden optický uzol je 8 až 16.

Poskytovatelia FTTB sietí na Slovensku sú zväčša len lokálni, napríklad GeCom v Michalovciach alebo Antik v Košiciach atď.

Na Obr.4 sú pre ilustráciu a porovnanie uvedené viaceré typy technológií FTTx.



Obr. 4 Typy prípojok optických sietí. FTTH – Fiber To The Home, FTTB – Fiber To The Building, FTTC – Fiber To The Curb

Literatúra

- [1] P.Schlitter: <http://access.feld.cvut.cz/view.php?cisloclanku=2004072807>
- [2] A. Radecký: <http://businessworld.cz/aktuality/smart-comp-planuje-zavest-v-brne-ftth-optiku-do-6600-bytu-1688>
- [3] <http://www3.alcatel-lucent.com/technology/gpon/>
- [4] DSL.sk: Antik spustil optickú sieť v Novej Bani: <http://www.dsl.sk/>. 2014.
- [5] DSL.sk: V Kežmarku majú 100 Mbps od ďalšieho poskytovateľa. <http://www.dsl.sk/>. Dec.2012

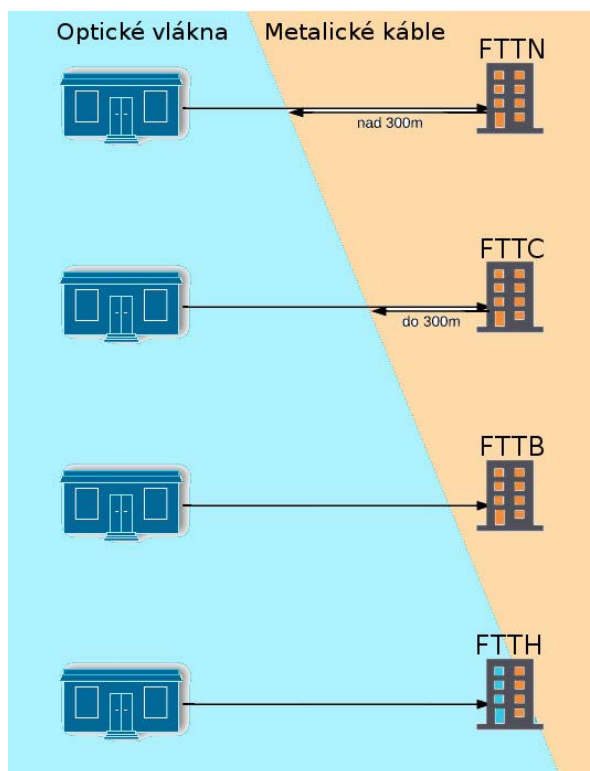
FTTP (Fiber To The Premises) a FTTH (Fiber To The Terminal)

FTTx (Fiber To The x)

FTTx sú technológie využívajúce optické vedenia v kombinácii s metalickými. Pre používateľov môžu poskytnúť rýchlosť od niekoľko Mbps až 100 Mbps a viac, v závislosti od typu použitej technológie FTTx. V optických prístupových sieťach budovaných technológiou FTTx je možné poskytnúť skutočne kvalitnú ponuku služieb Triple play (telefón – televízia – Internet).

Projekty FTTx sa rozlišujú podľa toho, kam sa až s optickým vláknom dostaneme v smere k používateľovi (viď Obr. 1):

1. FTTC (Fibre- To- The- Curb) – vlákno k obrubníku
2. FTTCab (Fibre- To- The- Cabinet) – do rozvádzača
3. FTTP (Fibre- To- The- Premises) – do areálu
4. FTTB (Fibre- To- The- Building) – do budovy
5. FTTH (Fibre- To- The- Home) – do domu/bytu
6. FTTO (Fibre- To- The- Office) – do kancelárie
7. FTTD (Fibre- To- The- Desk) – na stôl
8. FTTN (Fibre- To- The- Node) – vlákno k uzlu
9. FTTH (Fibre- To- The- Terminal) – vlákno do terminálu
10. FTTE (Fibre- To- The- Exchange) – vlákno k ústredni
11. FTTA (Fibre- To- The- Area) – vlákno do určitej oblasti
12. FTTLA (Fibre- To- The- Last Amplifier) – vlákno k poslednému zosilňovaču



Obr. 1 Rozdelenie sietí FTTx

Cieľom budovania siete FTTx by malo byť nielen pripojenie komerčných organizácií ako sú firmy, banky, hotely, ale aj pripojenie inštitúcií nekomerčného verejného charakteru ako sú miestne úrady a inštitúcie, školské zariadenia a pod., a v neposlednom rade pripojenie všetkých domácností v obytných budovách a rodinných domoch.

Technické riešenie - všeobecne

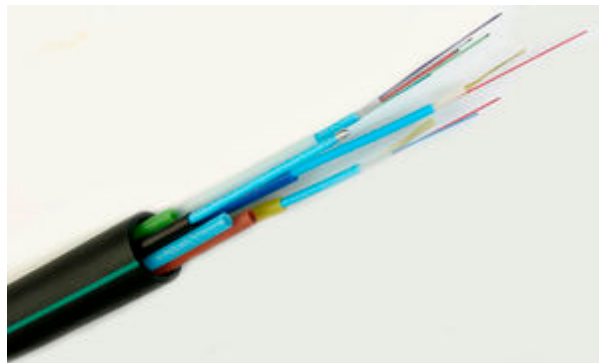
Optické prístupové siete sa budujú v dvoch základných topológiách :

- Topológia Point – to – Point (P2P)
- Topológia Point – to – Multipoint (P2MP)

Typickým základným prvkom transportnej časti siete je jednomódové optické vlákno SM9/125 μm (G.652D alebo G.652C). Použitie tohto prenosového média si vyžaduje prenosová technológia dosahujúca extrémne vysoké prenosové rýchlosti. Ďalšou vlastnosťou, podporujúcou použitie optického vlákna, je jeho relatívne najlepšia odolnosť voči akýmkoľvek rušeniam v porovnaní s inými prenosovými médiami. Hlavnou nevýhodou optických vlákien sú vyššie zriaďovacie náklady, ktoré sú však kompenzované vysokou

životnosťou. Takáto sieť umožňuje prenosovú rýchlosť 1 Gigabit za sekundu (Gbps) cez každé optické vlákno v kábli s možnosťou rozšírenia na 10 až 40 Gbps. Optické vlákna môžu vyúsťovať priamo v bytoch u zákazníkov a v kanceláriách administratívnych budov.

Modernú formu pri výstavbe nových optických trás predstavuje technológia mikrotrubičkovania (napr. technológia britskej firmy SIROCCO). Umožňuje podstatné zvýšenie prenosovej kapacity existujúcich optických trás a redukuje náklady pri výstavbe nových trás. Štandardne sa optický kábel zafukuje, prípadne zaťahuje do ochranných HDPE rúrok. Pri použití novej technológie mikrotrubičkovania sa do už vybudovanej ochrannej HDPE rúrky zafúkne zväzok mikrotrubičiek (multitube), do ktorých sa následne zafukujú špeciálne optické mikrokáble a systém káblov. Multitubička obsahuje trubičky s priemerom asi 5mm v počte od 1 až 24 kusov (Obr. 2). Zväzky 2 až asi 12 vlákien majú celkový priemer okolo 1 mm.



Obr.2 Systém Multitube

FTTP je súbor spoločných technických požiadaviek založený na štandardoch a špecifikáciách, ktoré sa môžu použiť pre poskytovanie služieb pre firmy aj domácnosti.

FTTP a FTTH/FTTP sú optické riešenia, kde optické vlákno je privedené až ku koncovému používateľovi: do sídla firmy, alebo do domácnosti po účastnícku zásuvku. Potom už záleží len na používateľovi, ako si rozvedie signál ku všetkým zariadeniam – najčastejšie sa používa Ethernet (100 Mbps alebo 1 Gbps). Napríklad firma Verizon ponúka ako asymetrickú službu 30/15 Mbps alebo 50/20 Mbps, resp. aj v symetrickom variante 15 alebo 20 Mbps. Dĺžky optického vlákna sú 200 m – 20 km, 40 km.

FTTT

Pre prepojenie terminálov sa okrem metalických kábelových médií (IEEE 802.3 10BASE-T Ethernet, IEEE 802.3u 100BASE-TX Fast Ethernet) používajú aj vysokorýchlostné optické káble (IEEE 802.3x 100BASE-FX)

10 Base - T používa UTP kábel z kategórie 3, 4, 5, alebo viac. Číslo 10 označuje 10 Mbps rýchlosť. Dĺžka kábla môže byť maximálne 100 m. Tento kábel využíva konektor RJ-45. Pre zapojenie môžeme použiť priamy alebo krížený kábel.

100BASE - TX používa UTP kábel kategórie 5 a viac. Číslo 100 označuje 100 Mbps rýchlosť, jeho nosná frekvencia je 125 MHz a odporúčaná dĺžka tohto kábla je do 100 m. Tento kábel využíva konektor RJ-45.

100BASE – FX používa ako prenosové médium multimódový optický kábel (62,5/125 alebo 50/125 μ m). Číslo 100 označuje 100 Mbps rýchlosť, odporúčaná dĺžka tohto kábla je do 412 m (half duplex), 2000 m (full duplex). Tento kábel využíva konektory ST a SC.

Literatúra

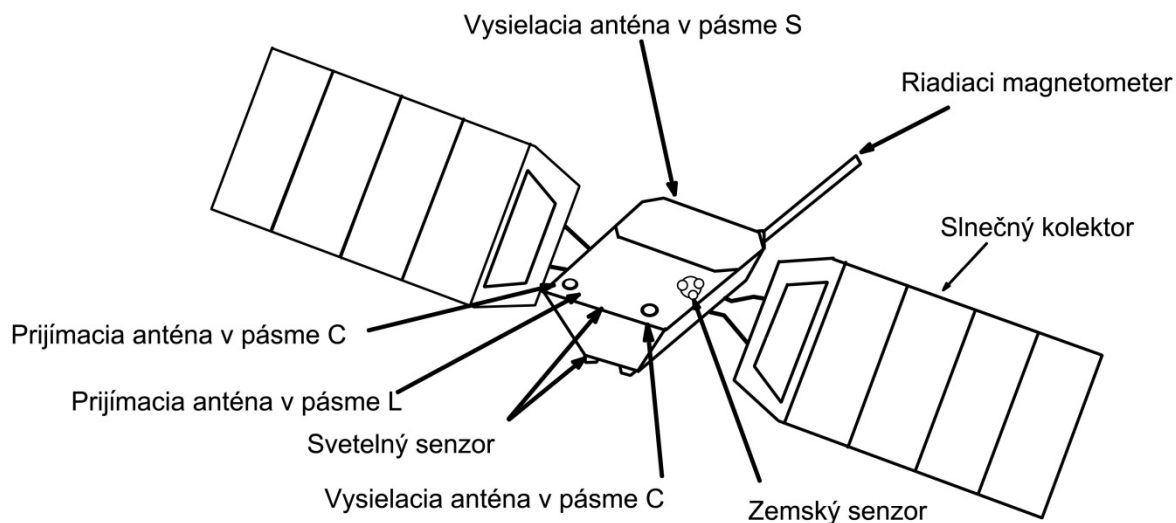
[1] IEEE 802.3 standards (<http://standards.ieee.org/about/get/802/802.3.html>) a iné

Globalstar

História

Globalstar bol spustený v roku 1991 ako spoločný výsledok spoločností Loral Corp., Qualcomm a Ford Aerospace. 24. marca 1994 sa k nim pridalo ďalších osem firiem. Globalstaru v januári 1995 bolo pridelené frekvenčné pásmo. Firma Globalstar s ostatnými krajinami sa dohadovala o používaní rovnakých frekvencií na ich území.

Prvý hovor pomocou Globalstar systému bol uskutočnený 1. novembra 1998. Prvé satelity boli vypustené vo februári 1998. Celé spustenie systému sa predĺžilo po zlom štarte v septembri 1998, keď 12 satelitov bolo stratených. Teraz má Globalstar kompletnú konšteláciu zloženú zo 48 satelitov. Ukážka satelitu je na Obr.1. V októbri 1999 sa za pomoci 44 zo 48 plánovaných satelitov stal v USA systém použiteľným aj pre bežných zákazníkov. V decembri 1999 mal systém cez 200 komerčných používateľov na týchto satelitoch. Vo februári 2000 bol vypustený posledný z 52 satelitov, z ktorých bežal systém na koncových 48 satelitoch a 4 záložných satelitoch v Severnej Amerike, Európe a Brazílii. Ďalších osem satelitov prvej generácie bolo vypustených v roku 2007.



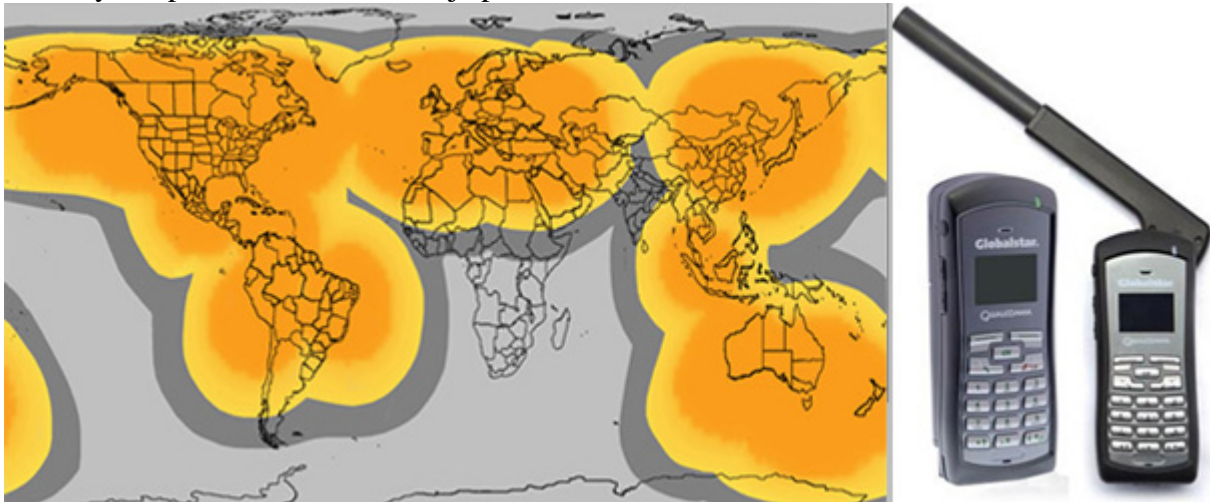
Obr. 1. Ukážka satelitu Globalstar

Systémová architektúra

Satelity (48 ks.), umiestnené na obežných dráhach typu LEO (700 míľ, t.j. asi 1127 km nad zemou), sú jednoduché opakovače. Sieť pozemných bránových staníc poskytuje prepojenie 40 družíc. Účastníci majú pridelené telefónne čísla. Použitie pozemných brán umožňuje užívateľom mať lokalizované telefónne čísla pre ich satelitné telefóny. V mieste, kde sa nenachádza pozemná bránová stanica, je však služba nedostupná, aj keď satelity lietajú ponad dané územie.

Tento systém používa Qualcomm CDMA interfejs. CDMA prevádza reč na digitálny signál a následne prenáša tento signál k družici Globalstar. Prístroje od firmy Ericsson a Telit podporujú štandardné GSM SIM karty. Telefóny Qualcomm GPS – 1600/ 1700 tieto SIM karty nemajú, ale používajú CDMA/ IS – 41 autentifikáciu. Preto by Globalstar brány mali podporovať obidva štandardy, ale nie všetky to spĺňajú. Tento nedostatok je znázornený sivou

farbou na Obr. 2. Mnoho poskytovateľov Globalstar služieb má roaming s lokálnymi mobilnými operátormi, čo umožňuje použitie ich SIM kariet v Globalstar telefónoch.



Obr. 2 Globalstar: pokrytie signálom a ručný telefónny prístroj [1]

Použité frekvencie:

telefón – satelit: 1610 – 1625,5 MHz

satelit – telefón: 2483,5 – 2500 MHz

satelit – brána: 6875 – 7055 MHz

brána – satelit: 5091 – 5250 MHz

Prevádzkovanie

Globalstar využíva pozemnú bezdrôtovú technológiu Qualcomm CDMA pre mobilné linky a pre FDM uplink a FDMA downlink. Na zvýšenie kapacity mobilnej linky bola vybraná metóda na princípe zisťovania hlasu a viacnásobného využitia frekvencie, hlavne pre schopnosť zdieľania spektra a zlepšený viaccestný výkon. Ponúka dátové rýchlosti 1200, 2400, 4800 a 9600 bps. Pri zúžení šírky pásma je povolené klesnúť na 1200 bps, keď nie je detekovaná žiadna aktivita.

Produkty a služby

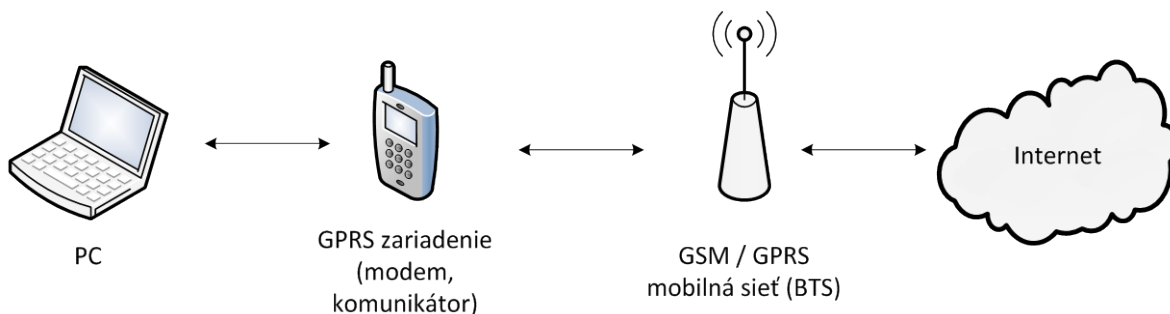
Globalstar bol v r. 2008 najväčším svetovým poskytovateľom satelitných hlasových a dátových služieb, a to ako v komerčnej sfére tak aj pre bežných užívateľov. Je prevádzkovaný vo viac ako 120 krajinách sveta. V produktoch sú zahrnuté mobilné, pevné satelitné telefóny, simplexné a duplexné satelitné dátové modemy. Koncom roka 2007 Globalstar spustil systém pre satelitné posielanie textových správ a osobný sledovací bezpečnostný systém SPOT Satellite Messenger. Zasiela správy najbližším, že užívateľ je v poriadku. Dokáže upozorniť zložky integrovaného záchranného systému, že užívateľ je v nebezpečenstve. Hlavné používateľské skupiny sú ropné spoločnosti, vládne organizácie, baníctvo, lesníctvo, komerčný rybolov, armáda, dopravné spoločnosti, záchranárske služby, podnikatelia, ale aj bežní používatelia. TeliSat je najväčším výrobcom satelitných telefónov pre Globalstar. Na Obr. 2 je telefón od firmy TeliSat určený na komunikáciu v systéme Globalstar.

Literatúra

- [1] Globalcom - products (<http://www.globalcomsatphone.com/globalstar/>)
a iné.

GPRS (General Packet Radio System)

GPRS je technológia vysoko rýchlostných dátových prenosov v sieti GSM (Global System for Mobile). Je založená na IP štandarde (Internetový protokol), t. j. na princípe prenosu dát v tzv. paketoch. K výhodám, ktoré z toho vyplývajú, patrí nepretržité mobilné pripojenie k IP sieťam (Internet, intranet), WAP-u, e-mailu, možnosť rýchlejšieho prenosu dát (až do 115,2 kbps) a tarifikácia založená na množstve prenesených dát a nie na dĺžke pripojenia do siete.



Obr. 1 Dátové prenosy cez rádiový systém GPRS. BTS – Base Transceiver Station

Pred uvedením GPRS boli siete GSM využívané najmä na telefónne hovory, a prenos dát nebol príliš efektívny. Pri technológii GPRS je kanál na prenos dát zdieľaný viacerými užívateľmi. GPRS telefóny využívajú na dátové prenosy niekoľko kanálov zabezpečujúc takto vyššie prenosové rýchlosti. Infraštruktúra GPRS spolu s mobilnými telefónmi umožňujú prenosové rýchlosti až do 13,4 kbps cez jeden kanál. Vysielané signály, ako i GPRS dátové prenosy neprebiehajú cez sieť GSM. Táto slúži iba na náhľad do registra (HLR, VLR) databáz, pre získanie dát o profile GPRS užívateľa. Prepojenie GSM siete s Internetom zabezpečujú nové uzly siete, a to SGSN (Serving GPRS Support Node) a GGSN (Gateway GPRS Support Node).

Maximálne rýchlosti a zariadenia

GPRS poskytuje prenosovú rýchlosť niekoľkokrát vyššiu v porovnaní s GSM sieťou. V niektorých prípadoch je možné teoreticky dosiahnuť rýchlosť až 300 kbps, prakticky približne 20 – 80 kbps.

Pri prenose cez GPRS sa dáta rozdelia na balíčky (resp. pakety), ktoré potom nezávisle a hlavne najvýhodnejšími cestami putujú po sieti. Pakety sa stretnú na požadovanom mieste a sú opäť spojené v správnom poradí, vhodné pre prijatie a spracovanie. S počtom použitých kanálov súvisí označenie 3+1, 4+2, čo znamená, že mobilný telefón je schopný prijímať dáta pomocou 3, resp. 4 kanálov a odosielať dáta pomocou 1, resp. 2 kanálov.

Tabuľka 1: Systémy kódovania a ich rýchlosti

Systém kódovania	Rýchlosť pre jeden timeslot	Maximálna rýchlosť k užívateľovi (download)	Maximálna rýchlosť od užívateľa (upload)
CS1 (GPRS 4+2)	9,6 kbps	až 38,4 kbps	až 19,2 kbps
CS2 (GPRS 4+2)	13,40 kbps	až 53,6 kbps	až 26,8 kbps
CS3 (GPRS 4+2)	15,60 kbps	až 62,4 kbps	až 31,2 kbps
CS (GPRS 4+2)	21,40 kbps	až 85,6 kbps	až 42,8 kbps

Triedy GPRS zariadení

Rozoznávame tri triedy GPRS zariadení:

Class A – umožňuje simultánne využívanie služby GPRS (dáta).a služby GSM (hlas, SMS).
Class B – v danom čase môže prebiehať iba hovor, príp SMS, alebo prenos dát. V čase hovoru, SMS, je prenos dát pozastavený; pokračuje až po ukončení hovoru, SMS - služby.
Väčšina predávaných GPRS mobilných telefónov a zariadenia patrila do tejto triedy.
Class C – umožňuje obe služby, no sú ručne prepínané a zariadenie je takto pripojené buď k službe GPRS, alebo GSM.

GPRS modem

GPRS modem je modem GSM, ktorý navyše podporuje technológiu GPRS pre prenos dát. Hlavnou výhodou GPRS cez GSM je, že GPRS má vyššiu rýchlosť prenosu dát. GPRS je možné použiť ako nosič SMS. Pri posielaní SMS cez GPRS sa môže poslať až 30 SMS správ za minútu. To je oveľa rýchlejšie ako použitie bežných SMS cez GSM, kde prenosová rýchlosť je asi 6 až 10 SMS správ za minútu. Niektorí sprostredkovatelia nepodporujú odosielanie a prijímanie SMS cez GPRS.

Hlavné výhody technológie GPRS

Umožňuje okamžité spojenie (prístupová doba v jednotkách sekúnd) a trvalé pripojenie bez obmedzovania kapacity siete. Spoplatňované je množstvo prenesených dát, nie doba pripojenia. Rýchlosť je v porovnaní s GSM dátovým prenosom vyššia. Vzhľadom na to, že technológia je založená na IP protokole, znamená to bezproblémové použitie všetkých aplikácií prevádzkovaných v IP sieťach. Poskytuje sa možnosť vytvárať zabezpečený mobilný prístup v privátnych firemných sieťach. Je tu zaručená konektivita. Infraštruktúra je schopná združovať voľné hovorové časové sloty pre jedného užívateľa, ale tiež rozdeliť dostupnú kapacitu medzi viacerých GPRS užívateľov. Umožňuje vzdialený prístup - administráciu firemných serverov a sieťových aplikácií pre informačné systémy/informačné technológie. Použitie GPRS v roamingu je pre užívateľa jednoduché, nevyžaduje špeciálne nastavenie. Služba GPRS je na SIM aktivovaná bez nutnosti jej výmeny.

Obmedzenia GPRS

Latencia sa pohybuje približne na úrovni 1 sekundy (1000 ms), čo spomaľuje reakcie pri interaktívnych spojeniach (napr. SSH), no napriek tomu je ich možné použiť, aj keď s obmedzeným komfortom. Prenosová rýchlosť je variabilná a závisí od momentálnych podmienok v sieti GSM – v oblastiach s väčšou hustotou obyvateľstva je možné počítať so znižovaním rýchlosti, avšak takisto sa zvyšuje pravdepodobnosť dostupnosti alternatívnych spôsobov pripojenia. Energetická náročnosť pri spojeniach GPRS a súčasné konštrukčné obmedzenia mobilných terminálov (napr. GSM telefónov) môžu spôsobiť problémy pri dlhších spojeniach; riešením je obstaranie špecializovaných GPRS modemov, ktoré na napájanie využívajú zdroj pracovnej stanice.

Príklad dátovej služby GPRS: GPRS Telemetria

Je to program od spoločnosti T-Mobile umožňujúci využívať SIM karty v rôznych telemetrických zariadeniach, ktoré merajú hodnoty, samé ich odovzdávajú vo vopred stanovených intervaloch na spracovanie, prípadne samé realizujú zmeny, na vyžiadanie, prípadne pri dosiahnutí kritického stavu. Určený voľný objem dát je prenositeľný medzi SIM kartami v rámci programu služby.

Literatúra

- [1] <http://www.etsi.org/technologies-clusters/technologies/mobile/gprs>
- [2] http://www.tutorialspoint.com/gprs/gprs_quick_guide.htm

Globálny polohový systém – GPS

Základné informácie o systéme GPS

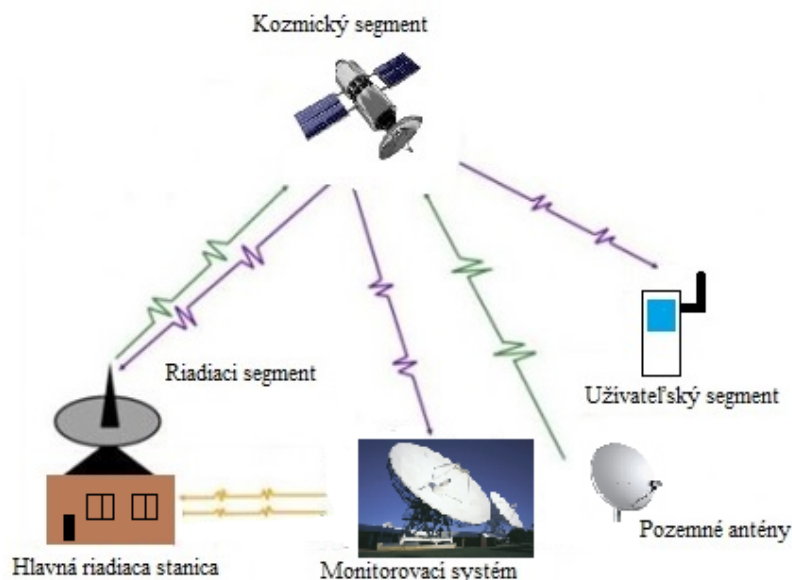
Globálny polohový systém GPS (Global Positioning System) je družicový systém pre určovanie polohy a času na zemskom povrchu a v priľahlom priestore, schopný poskytovať tieto údaje nezávisle na počasi 24 hodín denne. Je používaný na zistenie presnej pozície a poskytuje veľmi presnú časovú referenciu takmer kdekoľvek na Zemi alebo zemskej orbite. Používa zostavu aspoň 24 satelitov na strednej zemskej orbite (MEO – Mediu Earth Orbit). Oficiálny názov celého systému je GPS NAVSTAR (Navigation System for Timing And Ranging). V roku 1973 nariadilo Ministerstvo obrany Spojených štátov (U.S. Department of Defence) vyvinúť nový družicový navigačný systém pre všetky zložky armády Spojených štátov. Systém bol vyvíjaný najmä pre vojenské účely, ale americký kongres neskôršie schválil jeho poskytnutie s určitými obmedzeniami aj pre civilný sektor.

Princíp systému GPS

Niekoľko pozemných staníc definuje súradnicový systém. Tieto stanice merajú pomocou elektromagnetických vln vzdialenosti k družiciam a počítajú ich efemeridy (polohu). Neznáme súradnice ľubovoľného bodu možno potom určiť zo známych polôh týchto družíc a z merania vzdialeností medzi týmto bodom a družicami. Presnosť takto určeného bodu môže byť až niekoľko mm v závislosti od stavu atmosféry (atmosférické výboje, stav ozónu a pod.) a kvality prijímača.

Štruktúra systému GPS

Systém GPS je tvorený tromi zložkami (segmentmi) znázornenými na Obr. 1: kozmická, riadiaca a užívateľská



Obr. 1 Rozdelenie celého systému navigácie na jednotlivé zložky (segmenty)

Kozmická zložka je tvorená sústavou družíc, rozmiestnených na šiestich obežných dráhach vysielajúcich navigačné signály. GPS zaisťuje, aby sa na ľubovoľnom mieste na Zemi dali 24 hodín denne prijímať signály najmenej zo štyroch družíc. V súčasnosti obieha nad našimi hlavami 24 družíc na troch takmer kruhových dráhach vo výške asi 20200 km s obežnou periódou 12 hodín. Družice sú vybavené veľmi presnými atómovými hodinami (oscilátorom),

rádiovým vysielateľom a ďalšími pomocnými prístrojmi. Vysielajú rádiový signál s presne definovanou frekvenciou. Navyše je do tohto signálu zakódovaný údaj družicových hodín a viacero ďalších informácií. Riadiaca zložka je zodpovedná za plynulý chod celého systému. Táto zložka je tvorená systémom hlavnej riadiacej stanice, štyroch monitorovacích pozemných staníc umiestnených v rôznych častiach sveta a troch vysielacích staníc, ktoré komunikujú s družicami. Základnou úlohou je sledovanie družíc, určovanie ich dráh, synchronizácia družicových oscilátorov, riadenie manévrov družíc a odovzdávanie informácií o systéme družiciam, ktoré ich potom spätne vysielajú všetkým užívateľom. Hlavná riadiaca stanica bola pôvodne umiestnená v Kalifornii, dnes je v Colorado Springs. Monitorovacích staníc je celkovo päť. Každá z týchto staníc je vybavená veľmi presnými céziiovými hodinami. Užívateľská zložka je tvorená GPS prijímačmi, užívateľmi samotnými, vyhodnocovacími nástrojmi a postupmi potrebnými k vyhodnoteniu meraní. GPS prijímače vykonávajú na základe prijatých signálov z družíc predbežné výpočty polohy, rýchlosti a času. Pre výpočet všetkých štyroch súradníc je potrebné prijímať signály aspoň zo štyroch družíc. Prijímače sa delia na jednonábové a viacnábové. Jednonábové prijímače sú vybavené len jedným vstupným kanálom, takže pri sledovaní viacerých družíc musia postupne prepínať tento vstupný kanál na jednotlivé družice.

Technické údaje o systéme GPS

Umelé družice vysielajú nepretržite 2 nosné signály L1 a L2. Tieto sú fázovo modulované sériami kódov, ktoré sú nosičmi identifikácie konkrétneho satelitu, jeho dráhových elementov, ako aj opisu dráh všetkých satelitov kvôli predpokladanej možnosti spojiť sa s nimi v najbližšom čase (pseudorandom code, ephemeris data, almanac data). V prijímacej stanici sa nosné signály dekodujú, čím sa získajú potrebné údaje na presné určenie pozície družice v danom čase.

Dve nosné frekvencie L1 a L2:

- a) L1 (1575,42 MHz, vlnová dĺžka 19 cm) – štandardný polohový systém
- b) L2 (1227,60 MHz, vlnová dĺžka 24 cm) – presný polohový systém

Frekvencie sú modulované týmito kódmi:

- C/A – Štandardný polohový systém (využívajú ho civilné prijímače). Má frekvenciu 1,023 MHz
- P – kód, ktorý moduluje obe nosné frekvencie (využíva sa tiež na civilné účely). Má frekvenciu 10,23 MHz
- Y – kód, ktorý je vlastne P kód, zašifrovaný a používaný armádou (nie je určený pre civilné využitie)

P a Y kód tvoria základ presného polohového systému.

Presnosť a diferenčný GPS

Presnosť získaných súradníc je cca 20 m a závisí od viacerých faktorov, ako je napríklad presnosť zabudovaných hodín prijímača, kvalita GPS prijímača, presnosť udania polohy satelitu, vzájomná konštelácia satelitov a prijímača, vplyv atmosféry na šírenie signálu a ďalšie. Na zvýšenie presnosti GPS z 20m na menej (v niektorých prípadoch až centimetrová presnosť) sa využíva tzv. diferenčný GPS (DGPS). Typická konfigurácia DGPS pozostáva z dvoch GPS prijímačov. Jeden z nich sa nachádza na mieste so známou polohou a označuje sa ako referenčný (referenčná stanica, báza). Druhý prijímač sa nachádza na mieste, ktorého polohu chceme určiť (rover). Oba prijímače súčasne získavajú signál z rovnakých satelitov a počítajú svoju polohu, pričom ich meranie je zaťažené zhruba rovnakou chybou. Na referenčnej stanici je možné určiť rozdiel medzi vypočítanou a skutočnou polohou - korekciu. Ak sa korekcia preniesie na druhý prijímač, získame pre tento prijímač presnejšie súradnice.

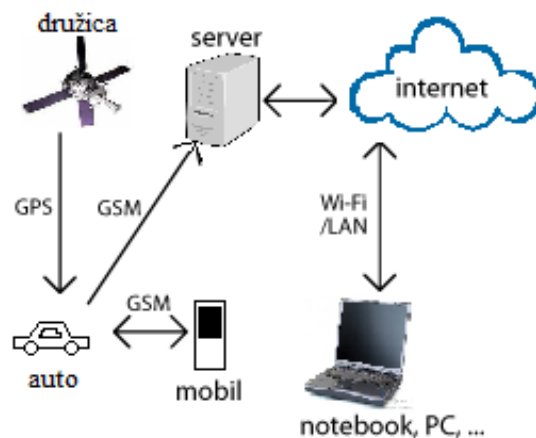
Prenos korekcie sa dá uskutočniť v reálnom čase, napríklad pomocou rádiového spojenia, alebo sa korekcia zahrnie do výpočtov pri spracovaní údajov po skončení merania – postprocessing.

Výhody a nevýhody GPS

Hlavnou výhodou GPS je cena za používanie. Používanie tohto systému je zadarmo. Jediné, čo si záujemca musí kúpiť, je GPS prijímač a prípadne mapy. Ďalšou výhodou je možnosť zistenia polohy bez ohľadu na počasie alebo dennú a nočnú dobu. Ďalšou, už menej zjavnou, výhodou GPS navigácie je tiež jej šetrnosť voči životnému prostrediu. Nevýhodou GPS je potreba priamej viditeľnosti na nebo. Je potreba mať v dosahu minimálne 4 družice, preto nie je možné merať pod vodou, v tuneli alebo ani v miestnostiach. Tou najväčšou nevýhodou asi bude energetická náročnosť. U automobilov nízka výdrž samozrejme toľko nevedí, pri pešej turistike je to už horšie. Ďalším a pravdepodobne tiež posledným mínusom je nutnosť zakúpenia mapových podkladov, pričom mapy je potrebné z času na čas aktualizovať.

Záver

Globálny polohový systém (GPS) je najprogresívnejšou metódou zberu pozemných dát pre určovanie polohy. GPS sa dá využiť na pevnine, na mori a aj vo vzduchu. V zásade je použiteľný všade - výnimku tvoria miesta, kde nie je prístupný satelitný signál (jaskyne, tunely, podzemie, pod vodou...). Medzi najbežnejšie aplikácie patria zememeračstvo, stavebníctvo, geofyzikálne výskumy, turistika, cestovanie, cyklistika, lov a rybolov, automobilová navigácia, ktorej princíp je naznačený na Obr. 2, logistika, rekreačná plavba... GPS poslúži každému, kto potrebuje vedieť, kde sa práve nachádza, alebo chce nájsť cestu k stanovenému cieľu.



Obr. 2 Satelitný systém na sledovanie a záznam pohybu motorových vozidiel

Literatúra

- [1] Garmin: What is GPS?, <http://www.garmin.com/aboutGPS/>
- [2] PocketGPSWorld: How GPS works?,
<http://www.pocketgpsworld.com/howgpsworks.php>
- [3] GPS: Official U.S.s information about the GPS:, <http://www.gps.gov/systems/gps/>
- [4] George Mason University: Segment of GPS,
http://seor.gmu.edu/student_project/syst101_00b/team16/gps2.html
- [5] University of Texas: http://www.csr.utexas.edu/texas_pwv/midterm/gabor/gps.html

GSM - Global System for Mobile Communications

Úvod

GSM je najrozšírenejším svetovým štandardom pre mobilné telefóny. Jeho navrhovateľom je asociácia GSM (franc.: „Groupe Spécial Mobile“). Telefóny GSM používajú viac ako tri miliardy ľudí vo viac než 200 krajinách. Práve táto rozšírenosť umožňuje vďaka roamingovému systému a zmluvám medzi operátormi medzinárodné telefonovanie. GSM sa odlišuje od svojich predchodcov v tom, že oba kanály – signalizačný a hlasový – sú digitálne, a preto sa považuje tento systém mobilných telefónov za systém druhej generácie (2G). Vďaka tomu tento štandard umožňuje od začiatku dátovú komunikáciu. Neskôr sa pokračovalo s vývojom paketových dát pridaných do štandardu vo verzii z roku 1997 pod skratkou GPRS (General Packet Ratio Service). Vyššie prenosové rýchlosti dát boli umožnené ďalšími systémami vyšších generácií ako EDGE (Enhanced Data rates for Global Evolution, 2,5-tá generácia) a UMTS (Universal Mobile Telecommunications System, 3. generácia), vyvinutými na základe princípov a architektúry systému GSM.

História

Prvé komerčné siete dokázali uskutočňovať hovor iba s pomocou operátorky a hovor bol simplexný. Neskôršie dokázali tieto siete spojenia bez pomoci operátorky a hovor bol duplexný, ale mali veľmi nízku kapacitu, obmedzené pokrytie, mobilné stanice boli príliš veľké. V Bellových laboratóriách (Bell Labs) začali pracovať na odstránení týchto nevýhod. Práve v týchto laboratóriách vznikol systém celulárnej siete, kde je územie rozdelené na mnoho malých buniek (Obr. 1) obsluhovaných riadiacimi stanicami. Dostupné frekvencie boli pridelené jednotlivým bunkám tak, aby sa dala použiť tá istá frekvencia viackrát. Základným pravidlom je dodržanie minimálnej vzdialenosti medzi dvoma bunkami používajúcich tú istú frekvenciu. Použitie rovnakej frekvencie (**frequency reusing**) vďaka **bunkovej (cell) architektúre** bol teda prelomový krok. V roku 1983 bola k dispozícii prvá mobilná sieť založená na novom štandarde AMPS (Advanced Mobile Phone System; pásmo 800 MHz; analógový prenos), ktorá však nepočítala s **roamingom** – čiže možnosťou využiť rovnaké služby zahraničného operátora ako domáceho operátora pri cestovaní do zahraničia. V júni 1982 prijala CEPT (European Conference of Postal and Telecommunications Administrations) požiadavku štandardizácie celoeurópskeho mobilného komunikačného štandardu. Tak vznikla pracovná skupina nazvaná Groupe Spécial Mobile (odtiaľ skratka GSM, ktorá neskôr dostala menej francúzske vysvetlenie). V roku 1982 teda CEPT vydalo odporúčanie, aby frekvenčné spektrum 900 MHz (890-915 MHz pre upstream a 935-960 MHz pre downstream) bolo vyhradené pre budúci pozemný a námorný mobilný systém, ktorým sa neskôr stáva práve GSM. V neskorších rokoch došlo už len k rozšíreniu tohto spektra o ďalšie časti, konkrétne v rokoch 1988, 1989 a 1990 sa definujú rozšírené frekvencie pre Enhanced GSM, DCS-1800 (Digital Cellular Service) a PCN-1900, dnes označované ako deriváty frekvenčného spektra. Pri spektre 900 a 1800 MHz nie sú už pre užívateľa citeľné žiadne prechody medzi bunkami. Prvou GSM sieťou, ktorá bola úspešne spustená, je fínska sieť Radiolinja. Tá bola uvedená do prevádzky v roku 1991 a používala technické zariadenia firmy Ericsson. Koncom roka 1993 už viac ako milión zákazníkov využívalo služby mobilných sietí GSM poskytovaných 70 operátormi v 48 krajinách sveta.

Technické špecifikácie

Frekvenčné pásma a kanály

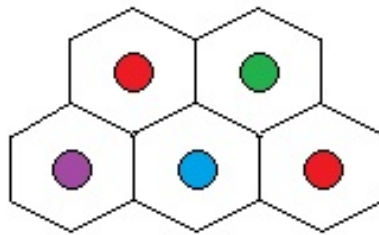
GSM 900 poskytuje 124 RF (Radio Frequency) kanálov (1-124) rozdelených po 200 kHz. V niektorých krajinách sa používa rozšírená šírka pásma (880-915 MHz pre Upstream a 925-960 MHz pre Downstream), pričom je pridaných ďalších 50 kanálov (975-1023 a nultý kanál).

Sieť používa časový multiplex, ktorý umožňuje používanie 8 plnohodnotných alebo 16 polovičných hlasových kanálov na jeden frekvenčný kanál. Prenosová rýchlosť jedného frekvenčného kanálu pre všetkých 8 hlasových kanálov je 270,833 kbps. Dĺžka trvania jedného rámca je 4,615ms. Maximálny prenesený výkon v sieti GSM 850/900 je na úrovni 2 Wattov, v sieti GSM 1800/1900 je to 1 Watt. Kodeky boli založené na lineárnom predikčnom kódovaní. Neskôr sa začal používať kodek, ktorý využíva variabilnú prenosovú rýchlosť.

Ku frekvenčným špecifikáciám spojeným s bunkovou architektúrou patria aj spomínané frekvenčné opakovanie (a frekvenčné plánovanie) a roaming.

Bunková architektúra

Sieť GSM používa päť rôznych veľkostí buniek – makro, mikro, piko, femto a umbrella.



Obr. 1 Znáozornenie systému bunkového pokrytia

Každá z týchto buniek pokrýva oblasť s určitou rozlohou určenou prostredím.

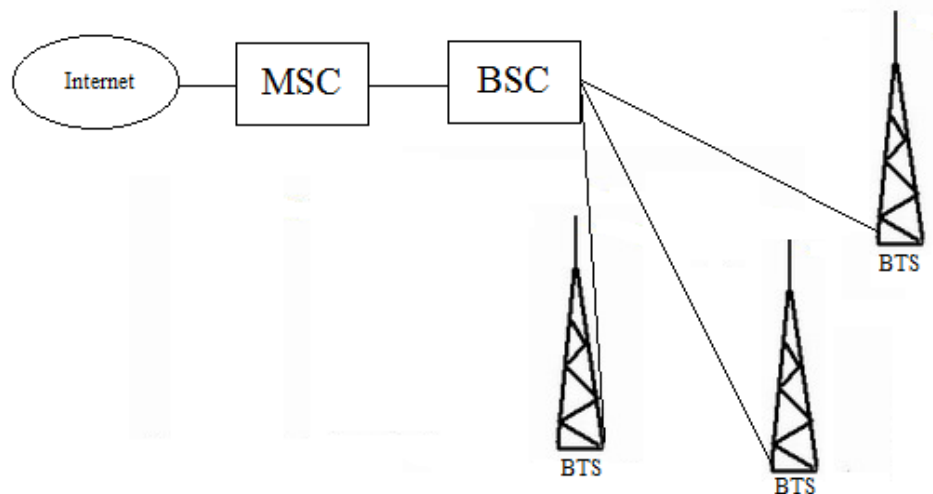
- Makro bunky predstavujú bunky, kde základná anténa je umiestnená na budove nad priemernou výškou ostatných budov.
- Mikro bunky sú bunky, ktorých anténa je umiestnená pod priemernou úroveň výšky budov, typicky je používaná v obývaných oblastiach.
- Piko bunky pokrývajú iba malú oblasť – niekoľko desiatok metrov, takže sa zvyčajne používajú v interiéri.
- Femto bunky boli navrhnuté pre použitie v malých firmách a pripojenie k sieti poskytovateľa služieb prostredníctvom internetového spojenia.
- Umbrella bunky sa používajú na pokrytie oblastí, ktoré sa nachádzajú medzi menšími bunkami.

Štruktúra siete

Sieť so systémom GSM je veľká a zložitá, aby mohla poskytovať požadované služby. Preto je rozdelená na niekoľko sekcií, ktoré môžeme vidieť na Obr. 2:

- BTS (Basic Transceiver Station) – Základňová stanica, vykrývač komunikujúci s mobilnými zariadeniami užívateľov („mobilmi“).

- BSC (Base Station Controller) – Systém riadenia základňových staníc.
- MSC (Mobile Switching Center) - Sieťový a spojovací podsystém (časť siete najviac podobná pevnej sieti). Tvorí zároveň bránu do pevnej telefónnej siete a Internetu, a obsahuje aj prepojenie s SMS centrom, registrom domácich účastníkov, registrom návštevníkov a registrom zariadení.



Obr. 2 Štruktúra GSM siete

Poskytované služby

Okrem prenosu hlasu GSM siete umožňujú využitie mnohých ďalších služieb: zasielanie a prijímanie SMS (Short Message Service) a MMS (Multimedia Messaging Service), sťahovanie rôznych typov dát pomocou GPRS, EDGE (napr. vyzváňacie tóny, hry), prístup na Internet, službu Roaming, pri hlasových službách je to odkazová schránka, prijatie nového a podržanie aktuálneho hovoru, presmerovanie hovorov, CLIR (Calling Line Identification Restriction), CLIP (Calling Line Identification Presentation) a ďalšie. Využívaná je aj mobilná komunikácia pomocou správ v reálnom čase (instant messaging), mobilné bankovníctvo a iné.

Literatúra

- [1] Radio Electronics: GSM History, http://www.radio-electronics.com/info/cellulartelecomms/gsm_technical/gsm-history.php
- [2] PRIVATELINE: GSM History, http://www.privateline.com/mt_gsmhistory/
- [3] Radio Electronics: GSM Specification, http://www.radio-electronics.com/info/cellulartelecomms/gsm_technical/gsm_introduction.php

HiperLAN (High Performance Radio LAN)

Hiperlan je názov pre sieť WLAN (Wireless Local Area Network) krátkého dosahu (cca do 50 m), pracujúcu v pásme 5GHz pri dosahovaných rýchlostiach na fyzickej vrstve do 54 Mbps. Štandard slúži na zaistenie interoperability bezdrôtových komunikačných zariadení rôznych výrobcov, ktoré operujú v rovnakom spektre.

Štandard bol vytvorený spoločnosťou pre európske telekomunikačné štandardy – ETSI. Na medzinárodnej úrovni mal byť alternatívou k americkému štandardu IEEE 802.11. Plánovanie prvej verzie tohto štandardu nazvané **HiperLAN/1** začalo v roku 1991, dokončený a schválený bol v roku 1996. Špecifikácia funkčnosti je uvedená v EN300652, zvyšok je v ETS300836.

Skupina štandardov HiperLAN operuje v spektrách 5,15 – 5,30 GHz a 17,1 – 17,3 GHz. Pásmo 5,15-5,30 GHz je rozdelené na 5 subpásiem

Koncové stanice môžu byť presúvané počas pauzy operácie alebo dokonca sa stať mobilnými. Maximálna dátová rýchlosť pre užívateľa závisí od vzdialenosti spojených staníc. Je to od 20 Mbps pri dosahu do 50 m do 1 Mbps pri dosahu do 800 m. Pre spojovo - orientované služby, napríklad videotelefony, je ponúkaných najmenej 64 kbps.

HiperLAN, rovnako ako americký štandard IEEE, definuje dve najnižšie vrstvy referenčného modelu OSI, fyzickú a časť dátovej. V rámci dátovej časti je podvrstva MAC (Media Access Control (MAC), a nová podvrstva nazývaná CAC (Channel Access and Control - kanálový prístup a kontrola), ktorá je spojená s prístupovými požiadavkami do kanálov. Multimediálne aplikácie pracujú v HiperLAN vďaka EY-NPMA prioritnému mechanizmu. MAC časť definuje protokoly pre smerovanie, bezpečnosť, úsporu energie a poskytuje prenos dát k vyšším vrstvám.

Na fyzickej vrstve sa prenos uskutočňuje s využitím modulácií FSK (Frequency Shift Keying, malé rýchlosti, 1,5 Mbps) a QPSK (Gaussian minimum shift keying - spojité fázovo-frekvenčné kľúčovanie, rýchlosť 23,5 Mbps)

Metóda prístupu k zdieľanému médiu je CSMA/CA. Vytvorené siete môžu, ale nemusia obsahovať fixné zložky (architektúra ad-hoc). Je podporované smerovanie a preposielanie rámcov medzi jednotlivými stanicami. Aj v prípade, že je cieľová stanica mimo dosah, je možné s touto komunikovať prostredníctvom tretej stanice. To so sebou prináša nutnosť vytvárania smerových tabuliek.

HIPERLAN 2

HiperLAN/2 poskytuje rýchlosti do 54 Mbps na fyzickej vrstve. Je kompatibilný s ATM, IP aj UMTS sieťami. Podporuje mobilitu v rámci LAN siete do 10 m/s a tiež pre privátne použitie. Používa 5 GHz - pásmo. Základné aplikácie zahŕňajú dáta, hlas a video, prídala podpora pre multimediálne aplikácie a aplikácie VoIP. HiperLAN/2 disponuje veľmi silnou podporou QoS nástrojov, priamo zabudovaných do štandardu.

Funkčná špecifikácia HiperLAN 2 bola hotová vo februári 2000. Fyzická vrstva HiperLAN/2 je veľmi podobná IEEE 802.11a pre bezdrôtovú miestnu sieť. V HiperLAN/2 sa však využíva dynamický prístup TDMA (Time division multiple access), na rozdiel od prístupu CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access With Collision Avoidance) v štandarde 802.11a.

Tento štandard pokrýva fyzickú vrstvu, vrstvu kontroly dátových liniek (DLC), a konvergenčnú vrstvu (medzi DLC a sieťovou vrstvou).

Konvergenčné subvrstvy môžu byť aj na fyzickej vrstve pre spoluprácu s Ethernetom, ATM sieťami (Asynchronous Transfer Mode), IEEE 1394 (Firewire), prístupmi na báze PPP (Point-to-Point-Protocol) a mobilnými sieťami 3G (UMTS).

Tabuľka 1: Rodina štandardov Hiperlan

	Hiperlan 1	Hiperlan 2	HIPERACCESS	HiperLink
Popis	Wireless Ethernet	Wireless ATM	Wireless Local Loop	Wireless Point-to-Point
Frekv. pásmo	5 GHz	5 GHz	5 GHz	17 GHz
Rýchlosť	23.5 Mbps	6~54 Mbps	~25 Mbps	~155 Mbps

HiperLAN/2 bol preto uvažovaný pre bezdrôtové spojenie rôznych sietí. Jeho výhodami sú vysoká kapacita a dokonalé využitie spektra, čo sa dosahovalo riadením vysielačieho výkonu pomocou mechanizmu TPC (Transmit Power Control) a dynamickým výberom frekvencie DFS (Dynamic Frequency Selection). HiperLAN/2 ponúkal ochranu dát pomocou DES alebo Triple DES algoritmom. Vstupný bod a bezdrôtový terminál sa môžu navzájom overovať. V HiperLAN 2 sa používa prenosový systém OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex). Pásmo 5150 až 5300 MHz je rozdelené na 8 rádiových kanálov po 52 subnosných frekvencií (312,5 kHz). Na dosiahnutie rôznych prenosových rýchlostí sú použité modulácie BPSK, QPSK, 16-QAM alebo 64-QAM.

Vlastnosti HiperLAN/2: vysoká prenosová rýchlosť (do 54 Mbps), spojoivo orientovaný, podpora QoS, alokácia automatickej frekvencie, podpora bezpečnosti a mobility, sieťovo a aplikačne nezávislý, šetrí energiu

Konkurenčný štandard IEEE 802.11 však zvíťazil na komerčnom poli vďaka väčšej jednoduchosti a rýchlosti implementácie.

HIPERACCESS

Je vonkajší pevný bezdrôtový systém typu point-to-multipoint, poskytujúci vysokorýchlostný (25 Mbps) širokopásmový prístup pre domácnosti alebo malé až stredné podniky v dosahu do 5 km v pásme 5 GHz. V rámci objektu zákazníka sa potom signál môže šíriť inou technológiou, napr. HiperLAN2. V tejto oblasti sa zvyčajne využívali firemné a spätne nekompatibilné technológie

HIPERACCESS mal byť alternatívou ku vodičovému prístupu typu DSL alebo kábelový modem.

HIPER LINK

Uskutočňuje prepojenie prístupových bodov HIPERLAN a/alebo sietí HIPERACCESS. Dosahuje vysoké prenosové rýchlosti - až do 155 Mbps s krátkym dosahom (do 150 m). Je to point-to-point technológia, ktorá operuje v pásme 17,1 – 17,3 GHz. Umožňuje vysielať bez licencie. Bola navrhnutá pre vnútorné „chrbtice“ bezdrôtových sietí.

Literatúra

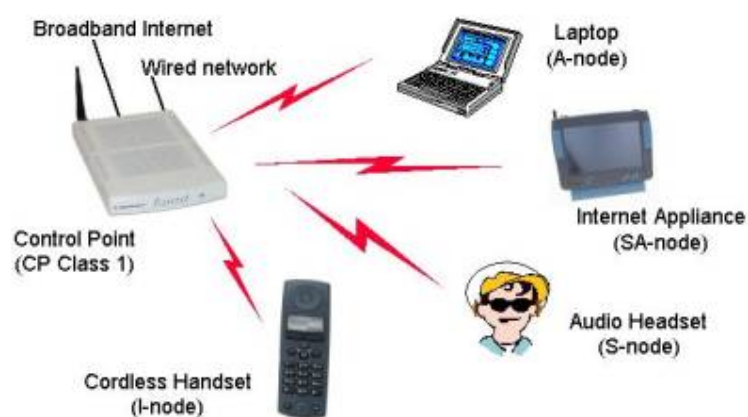
- [1] J. Korhonen: HIPERLAN/2, Department of Computer Science and Engineering, Helsinki University of Technology, 1999
- [2] T. Wilkinson: HIPERLAN, HP Labs Europe
- [3] S. Dianiška: Širokopásmový internet, Divízia telekomunikácií a pošty, 2003
- [4] http://www.comlab.hut.fi/opetus/4210/presentations/28_hiperlan.pdf
- [5] <https://www3.nd.edu/~mhaenggi/NET/wireless/hiperlan/presentation.ppt>

Home RF

HomeRF je štandard rozšírený najmä v USA. Vznikol v r. 1998 s podporou mnohých firiem ako Proxim Wireless, Intel, Siemens AG, Motorola, Philips a ďalších. Bol vyvinutý s cieľom poskytnúť domácnostiam jednotnú bezdrôtovú komunikačnú techniku pre bezdrôtové prepojenie počítačov a pripojenie bezdrôtového telefónu k základňovej stanici.

S nástupom HomeRF vznikla nová trieda používateľov mobilných zariadení využívajúca počítač (PC) a Internet. HomeRF si získal podporu u mnohých neutrálnych korporácií pre sieťovanie v rámci domácnosti a využil firemnú infraštruktúru lepšie ako Internet, TCP-IP a Ethernet.

Nevyhnutným prvkom architektúry Home RF je centrálny/riadiaci bod (CP – Control Point) pripojený k Internetu pomocou káblového modemu, s xDSL alebo ISDN pripojením.



Obr. 1 Použitie HomeRF: Centrálny bod CP komunikuje s rôznymi zariadeniami v domácnosti. CP je pripojený na Internet pomocou káblového modemu a xDSL alebo ISDN linky.

CP je zvyčajne pripojený k PC cez USB, resp. novšie modely vyživali bezdrôtové pripojenie práve na štandarde HomeRF. CP nie je dôležitý pre všetky zariadenia, ale prináša možnosti úspory energie pre prenosné zariadenia. Izochrónni klienti (potrebujú garantovanú šírku pásma, ktorú im zabezpečuje CP) ako bezdrôtové telefóny, PDA, interaktívne hračky, sú vždy viazaní na CP. Asynchrónni klienti (používajú vyrovnávaciu pamäť) sa môžu pripojiť k PC ako iné zariadenia. Využitie štandardu HomeRF v oblasti automatizácie je malé, snád' s výnimkou automatizácie domácností. HomeRF sa na konkurenčné tlaky pokúšal reagovať novou verziou protokolu, a to protokolom SWAP 2.0 (Shared Wireless Access Protocol), ktorý zvýšil prenosovú rýchlosť. Z hľadiska automatizácie a aplikácií sa však stal jeho význam zanedbateľný.

Technológia HomeRF podporovala QoS (kvalita služieb), priority, princíp „best-effort” , čo umožňovalo prenos videa aj hlasu.

Dosah tejto technológie sa pohyboval od 30 m v budove a do 300 m vo voľnom priestranstve. Prenosové rýchlosti sú 0,8; 1,6; 5; 10 Mbps.

Pri prenose sa využíva FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum – rozprestretie spektra pomocou frekvenčného skákania) - zníženie pravdepodobnosti, že viac ako 1 zariadenie bude vysielat' v rovnakom priestore signálu v rovnakom pásme frekvencií.

Do popredia záujmu trhu sa však dostala špecifikácia IEEE 802.11b, firma Intel preniesla svoju podporu z HomeRF na IEEE 802.11, a v r. 2003 bol vývoj štandardu HomeRF ukončený.

Protokol SWAP (Shared Wireless Access Protocol)

SWAP je zdieľaný bezdrôtový prístupový protokol a je základom technológie Home RF. Bol vytvorený na prenos hlasu a dát v rámci domácností. Fyzická vrstva HomeRF vychádza z fyzickej vrstvy štandardu IEEE 802.11, avšak zjednodušuje ju. Vrstva MAC (Media Access Control), ktorá riadi prístup k prenosovému médiu, je kombináciou vrstvy MAC štandardov IEEE 802.11 (802,11 FH) a DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunications). Prístupová metóda umožňuje kombináciu režimov CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) a TDMA (Time Division Multiple Access). Režim CSMA/CA je vhodný pre prenos asynchrónnych dát a režim TDMA je využívaný pre prenos hlasu. Pracuje v pásme 2,4 GHz, umožňuje rýchlosti do 2 Mbps.

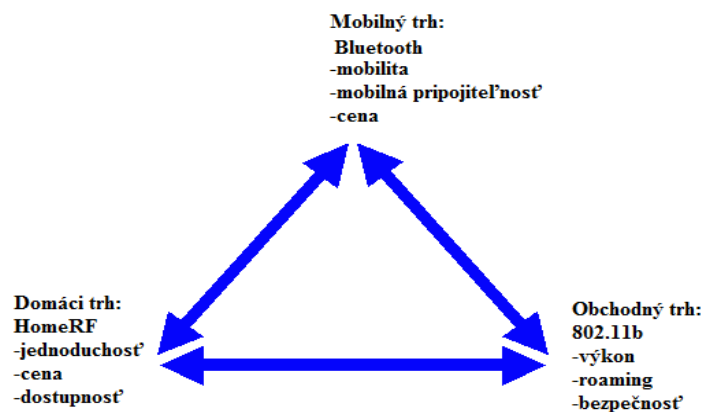
Technické špecifikácie

- Prenosová rýchlosť - 0,8; 1,6; 5; 10 Mb/s.
- Fyzický rozsah siete - cca 50 metrov.
- Potrebuje centrálné ovládacie zariadenie (CP).
- Doba nadviazania spojenia - do 10ms.
- Multiplexing pomocou FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum) - zníženie pravdepodobnosti, že viac ako 1 zariadenie bude vysielat' v rovnakom priestore signálu v rovnakom pásme frekvencií.
- Eliminuje sa vplyv ovládačov TV, bezšnúrových telefónov, mikrovlniek, a pod.
- Bezpečnosť - silné šifrovanie, nie otvorený koncept.

Konkurencia

WLAN – WiFi / 802.11 (Wireless Local Area Network),

WPAN (Wireless Personal Area Network) – Bluetooth/ 802.15 (Obr. 2).



Obr. 2 Porovnanie HomeRF s konkurenčnými WPAN technológiami (Bluetooth a 802.11b), ich uplatnenie na jednotlivých trhoch a ich hlavné výhody.

Literatúra

- [1] COOMBS ,T. – DELEON ,R.:Basic Home Networking, Cengage Learning, 2002, 245s, ISBN: 978-0-7668-6180-0
- [2] http://www.radio-electronics.com/info/wireless/homerf/homerf_overview.php
- [3] <http://www.hometoys.com/mentors/caswell/jun01/homerf.htm>

HORNET (Hybrid Opto-electronic Ring NETwork)

HORNET je experimentálna hybridná opto-elektrická kruhová sieť vyvíjaná Stanfordskou univerzitou v Laboratóriu pre výskum optickej komunikácie (Optical Communications Research Laboratory), kde na nej pracujú od roku 2000.

Pozadie vývoja metropolitných sietí novej generácie

V počiatkoch vývoja optického Internetu nepriťahovali metropolitné siete MAN (Metropolitan Area Network) veľkú pozornosť. Väčšina firiem a výskumných ústavov bola zameraná na posun kapacity optickej linky až do terabitov za sekundu (Tbps). Viditeľný posun nastal tesne pred prelomom storočia, keď bolo zjavné, že ultra-vysoká kapacita chrbticových sietí by nebola užitočná, keby v metropolitných sieťach existovala prekážka medzi chrbticou Internetu a užívateľom. Posledných pár rokov investícií do sietí MAN malo za následok niekoľko konkurenčných architektúr cielených na nákladovo-efektívne riešenia, ktoré poskytujú stredné kapacity.

Koncovými užívateľmi môžu byť dnešní typickí užívatelia, ako sú domácnosti či podnikatelia, až po futuristických užívateľov, ako napr. automobily, spotrebiče, vreckové zariadenia a ďalšie. Dá sa predpokladať, že v blízkej budúcnosti bude mať prístup k MAN sieti viac ako milión užívateľov naraz. S týmto počtom používateľov sa dá predpokladať, že siete MAN budú nútené podporovať kapacity do 1 Tbps, ako aj prekračovať túto hodnotu.

Opis štandardu

HORNET predstavuje paketový IP /ATM prístup cez WDM (Wavelength Division Multiplex – vlnovo delený multiplex). Viac optických signálov sa multiplexuje v jednom optickom vlákne s použitím rozdielnych vlnových dĺžok (farieb) LED-diódy alebo lasera. Na opakovanie signálu v konkrétnom kanáli sa využíva opticko-elektrická (O/E) a elektricko-optická (E/O) konverzia. O/E konverzia môže obmedziť prenosovú rýchlosť vysokorýchlostnej WDM chrbticovej siete. Na zníženie počtu opakovaní sa využívajú erbiom dotované optické zosilňovače.

V sieti Hornet sa ako ochrana pred vznikom kolízie používa blokujúci signalizačný mechanizmus. MAC protokol pre zdieľanie šírky pásma pripadajúcej na vlnovú dĺžku používa CSMA/CA metódu založenú na subnosnej signalizácii. Každá sieťová vlnová dĺžka má pridelenú jedinečnú subnosnú frekvenciu, ktorá nesie hlavičku s informáciou a môže byť kontrolovaná v RF (Radio Frequency) doméne. Subnosná vlna poskytuje informáciu týkajúcu sa obsadenia vlnovej dĺžky a cieľovej adresy. Informácia o dostupnosti vlnovej dĺžky je použitá pri vyšetovaní prenosu na vlnovú dĺžku, čím sa vyhne kolízii.

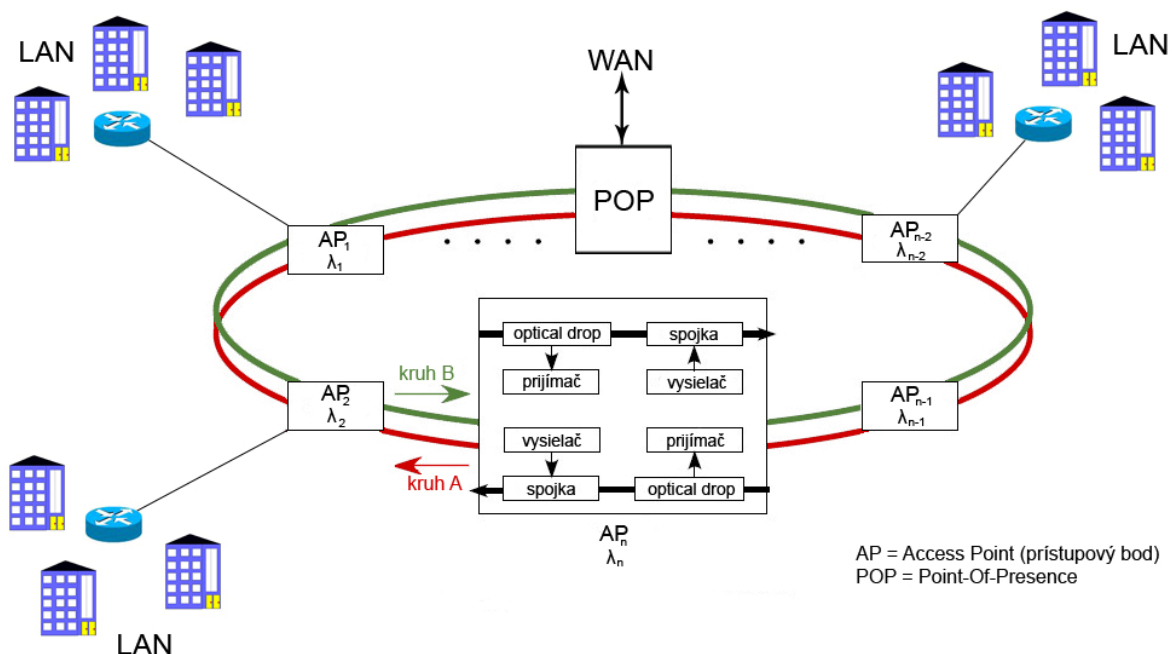
Sieť môže byť navrhnutá tak, aby mala väčší, menší alebo rovnaký počet vlnových dĺžok ako je počet prístupových bodov. Vo väčšine prípadov je vhodné použiť rovnaký počet. Možnosť použitia menšieho počtu vlnových dĺžok ostáva otvorená, pretože použitie menšieho počtu vlnových dĺžok umožňuje zaobstaranie menej nákladných optických zosilňovačov a taktiež umožňuje štatisticky lepšie zdieľanie šírky pásma uzlami. Rieši sa to metódou multi-hop kruhovej architektúry. Použitie väčšieho počtu vlnových dĺžok ako je prístupových bodov umožňuje sieti meniť šírku pásma pridaním nových vlnových dĺžok bez prídania nových prístupových bodov.

Sieť je navrhnutá pre maximálne 100 prístupových bodov v dvoch kontrarotujúcich okruhoch (Obr.1) s obvodom okolo 100 km. Takéto riešenie poskytnutuje lepšiu ochranu pre prípad prerušenia. V prípade, že dôjde k prerušeniu niektorého okruhu, prejaví sa to polovičnou šírkou pásma.

Prvá spustená realizácia HORNETu pracovala s dvoma kanálmi (nezávislými kruhovými sieťami), ktoré využívajú dve vlnové dĺžky. Dátová rýchlosť je stanovená na 2,5 Gbps pre jednu vlnovú dĺžku.

Metóda prístupu CSMA/CA

CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access / Collision Avoidance) je prístupová metóda s detekciou stavu prenosového média pre riadenie prístupu k vlnovým dĺžkam. Je zdokonalením CSMA/CD, a vznik kolízií vylučuje tým spôsobom, že každému uzlu je pridelený časový interval, v ktorom môže začať vysielat' iba tento uzol. Každá stanica, ktorá chce vysielat', najprv do siete vyšle signál informujúci, že chce vysielat'. Všetky ostatné stanice, ktoré tento signál zachytia, prestanú odosielať dáta (alebo vedia, že v tomto momente nesmú začať vysielat'). Stanica potom odošle svoje dáta. Po ukončení vysielania jednej stanice nesmie začať vysielat' žiadna stanica - nasleduje povinný čakací interval, v priebehu ktorého si stanice čakajúce na vysielanie pridelia náhodné čakacie intervaly. Ak niektorá stanica začne vysielat', ďalšie už dokážu identifikovať prítomnosť nosnej na médiu a nezačnú vysielat'.



Obr. 1 Architektúra HORNET

Budúcnosť architektúry HORNET

Vývoj technológie HORNET má vysoký potenciál pre zaradenie do prevádzky pre budúce generácie užívateľov Internetu. Architektúra a protokoly vyvinuté v projekte môžu, ale nemusia byť ďalej rozvíjané, avšak je isté, že mnohé technológie, ktoré boli vyvinuté, budú zaradené do komerčnej prevádzky.

Literatúra

[1] L. G. Kazovsky, I. White, M. Rogge, K. Shrikhande, E. Hu, Y. L. Hsueh: Internet protocol- Hybrid Opto-electronic ring network (Ip-HORNET): A novel Internet Protocol-over-wavelength division multiplexing (IP-OVER-WDM) multiple-access metropolitan area network (MAN). Stanford University, 2003. s. 1-2

HSCSD (High Speed Circuit Switched Data)

Špecifikácia HSCSD

Je to technológia prenosu dát, ktorá je štandardom sietí generácie označovanej ako 2,5G. Založená je na prepojení okruhov (Circuit Switching). Je vylepšením techniky CSD (Circuit Switched Data) pôvodného systému GSM tým, že poskytuje až 6-krát vyššie rýchlosti. že Maximálna prenosová rýchlosť HSCSD je 57,6 kbps. Princíp spočíva vo využití voľných kapacít (timeslotov) základňovej stanice, kde sa naraz využíva viacero časových slotov, a dochádza tak k zvyšovaniu prenosovej rýchlosti.

HSCSD je možné použiť iba na prenos dát pre aplikácie, nie pre hlas. Keďže prenos hlasu má stále prednosť pred dátami, môže sa stať že občas spojenie pomocou HSCSD nebude fungovať tak ako by malo, pretože pre aplikácie pracujúce s hlasom je potrebných viac slotov. Výhodou oproti niektorým iným typom protokolov v GSM telefónoch je okruhovo prepájaný kanál, čo robí spojenie spoľahlivejším. Táto vlastnosť môže byť výhodná hlavne pri časovo citlivom prenose, ktorý je dôležitý napríklad pri prenose videa. HSCSD je taktiež menej ovplyvňovaný interferenciami z externých zdrojov, ak to porovnáme s inými protokolmi, a tým dosahuje vyššiu kvalitu prenosu dát.

Napriek tomu, iné protokoly, ako napríklad GPRS (General Packet Radio Service) sú aktuálne v GSM sieťach populárnejšie, a to z dôvodu vyššej funkčnej a cenovej efektivity.

Väčšina mobilných operátorov sa snaží udržať na vrchole trhu. Používanie drahších telefónnych služieb neumožňuje spoločnostiam byť konkurencieschopnými z jednoduchého dôvodu: pretože tieto poplatky potom musia zaplatiť zákazníci.

Dosiahnutie vyššej prenosovej rýchlosti v GSM sieti pomocou HSCSD

V sieti GSM má každý užívateľ pridelený jeden komunikačný slot. Rýchlosť cez jeden slot dosahuje 9,6 kbps. Niektoré GSM siete sú už upravené tak, aby boli schopné prenášať dáta pri rýchlosti 14,4 kbps, čo predstavuje viac ako jeden a pol násobok pôvodnej rýchlosti. Tým, že HSCSD umožňuje pridelenie viacerých slotov, užívateľ získa rýchlejšie spojenie úmerne počtu slotov. Niektorí operátori umožňujú „plné využitie“ pripojenia HSCSD pridelením takého počtu slotov, aby rýchlosť predstavovala už spomínaných 57,6 kbps. Pretože komunikácia prebieha obojsmerne, technológia umožní sťahovanie súborov (dát a údajov) z Internetu maximálne pri rýchlosti 43,2 kbps. Zvyšné kilobity sú určené pre upload (posielanie) dát z mobilného zariadenia.

Technológia HSCSD využíva siete GSM a nevyžaduje si žiadne doplnenie siete o dodatočné zariadenia. Aby mohol operátor prenos cez HSCSD poskytovať, je nevyhnutné, aby uskutočnil upgrade softvéru.

Pozitíva a negatíva technológie HSCSD

Výhodou technológie bola v tom čase jednoznačne vyššia prenosová rýchlosť než pri klasickom pripojení CSD (Circuit Switched Data).

Hlavným negatívom technológie je, že používa viacero kanálov. Tieto sú pre ostatných používateľov mobilnej komunikácie nepoužiteľné alebo inak povedané blokované. Pri veľkom zaťažení siete nie je niekedy možné spojiť viacero kanálov, pretože operátor chce zabrániť preťaženiu siete používateľmi HSCSD. Preto nie je používanie HSCSD vždy možné, aj keď to operátor ponúka. Za ďalšie negatívum sa môže považovať to, že sa účtuje za pripojený čas a nie za sťahované dáta.

Využitie HSCSD a záver

V čase uvedenia služby nebol na trhu dostatok telefónov, ktoré by službu High Speed Data podporovali. Najširšie zastúpenie kompatibilných telefónov si v tom čase držala v ponuke Nokia. Podpora HSCSD patrila však medzi vymoženosti telefónov vyššej triedy, až neskôr sa začala integrovať aj do prístrojov strednej triedy.

Ako čas ukazuje, HSCSD ako také sa príliš neosvedčilo, pričom hlavným dôvodom je účtovanie za pripojený čas. V Čechách ho ponúkal len jeden z troch mobilných operátorov. U nás túto technológiu využíval jedine T - Mobile.

Podobne dopadli aj mobilné dátové prenosy CSD s prenosovými rýchlosťami 9,6 kbps, resp. 14,4 kbps. Vysoké ceny ich skrátka zabili a odsúdili len na využívanie ľuďmi, ktorí inú možnosť nemali.

Dnes, keď sa operátori predbiehajú v uvádzaní čo najrýchlejších dátových pripojení, je jasné, že vynález nazvaný HSCSD, bol len dočasnou záplatou, ako využiť výhody mobilného Internetu.

Literatúra

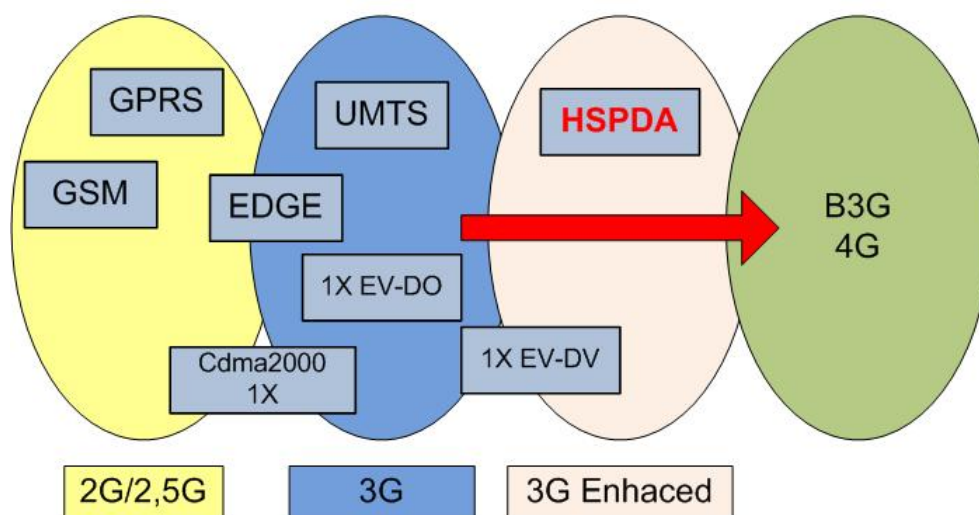
- [1] K.Black: What is HSCSD?, 2003
- [2] <http://www.elektronik-kompodium.de/sites/kom/0509251.htm>
- [3] <http://mobileinternetguide.org/html/ch01s01s04.html>
- [4] <http://www.telecomspace.com/datatech-hscsd.html>
- [5] <http://www.earchiv.cz/a008s200/a008s208.php3>
- [6] <http://www.4gamericas.org>

HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) a HSUPA (High Speed Uplink Packet Acces).

HSDPA, nadstavba siete 3G

Keďže v rámci vývoja mobilných technológií generácia označovaná ako 3G je už prekonaná ďalšími stupňami, veľkú časť nasledujúceho textu treba chápať skôr v minulom gramatickom čase.

HSDPA (prístup na základe vysokorýchlostného paketového prenosu v downlinku) je v prvom rade technológia, ktorá umožňuje bezdrôtové dátové prenosy v mobilnej sieti rýchlosťou až do 14,4 Mbps (1,8 Mbps, 3,6 Mbps, 7,2 Mbps a 14,4 Mbps). HSDPA predstavuje komunikačný protokol mobilnej telefónie 3. generácie z rodiny HSPA (High-Speed Packet Access), tiež nazývaný 3,5G, 3G+ alebo turbo 3G, ktorý umožňuje sieťam založeným na UMTS (Universal Mobile Telecommunication System; 3. generácia) zvýšenie rýchlosti a kapacity dátového prenosu. HSDPA sa objavilo v 5. vydání (Release 5) štandardu UMTS. Ďalšie vylepšenia sú možné použitím HSPA+, ktorý poskytuje rýchlosti až do 42 Mbps v downlinku a 84 Mbps pri použití 9. vydania (Release 9) 3GPP štandardu (3rd Generation Partnership Project). Technológia HSDPA je vyvinutá na báze GSM (2. generácia digitálnej bunkovej siete pre mobilnú telefóniu), ktorá zabezpečuje mobilnú komunikáciu pre viac než tretinu svetovej populácie. Evolúcia sa zrýchlila spustením GPRS (2,5G - prvá paketová technológia, ktorá dosahovala rýchlosti okolo 64 kbps). Neskôr to bolo zavedenie technológie EDGE (2,75G - vylepšená verzia ponúkajúca rýchlosť okolo 240 kbps) a predstavenie 3G-sietí zvyšujúcich prenosové rýchlosti na 384 kbps. V štandarde HSDPA je zaručená aj spätná kompatibilita s UMTS, EDGE a GPRS. Teda tam, kde nie je pokrytie HSDPA, je možné automaticky využívať tieto služby (záleží to však aj od zariadení a ich nastavení). Ďalšou výhodou je možnosť využitia technológie aj v roamingu, keďže HSDPA je celosvetovým štandardom.



Obr.1 Evolúcia mobilných telekomunikačných technológií

K inováciám siete 3G v rámci HSDPA patrí **protichybové zabezpečenie** metódou tzv. HARQ (Hybrid Automatic Repeat Request). Ostatné, avšak súvisiace zmeny boli prevedené na rádiovnej časti siete (RNC - Radio Network Controller) a základňovej stanici (Obr.2 - Node B). Prenesenie úloh z RNC na základňovú stanicu je hlavnou zmenou, ktorá **zrýchľuje prenos dát a znižuje oneskorenie**. MAC (Medium Access Control), teda riadenie prístupu k médiu, ktoré je dôležité pre oneskorenie a disperziu dát, je z RNC v Release 5 presunutá na

Node B. Dáta teda prejdú kratšiu trasu predtým, než sa dekodujú, a tak sa môže zistiť, či niečo nie je v poriadku, a či ich nie je nutné poslať znovu. Znižujú sa tým nároky na dobu prenosu dát, naopak, je potrebný výkonnejší hardvér základňovej stanice.

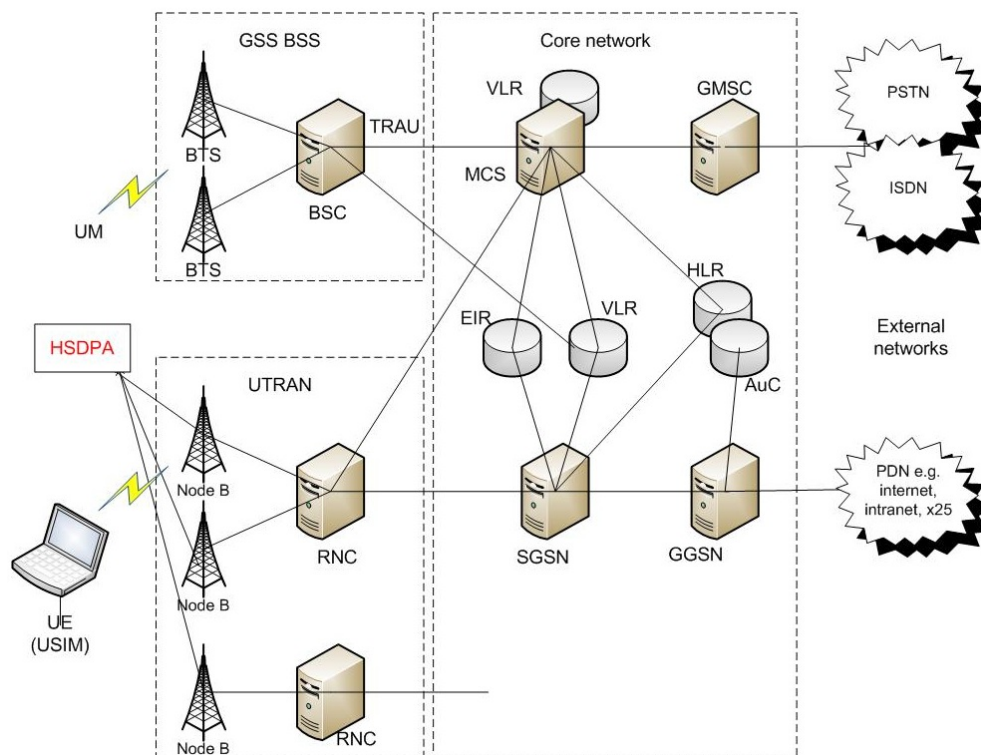
Technológia

HSDPA používa nový systém pre prenos paketových dát. Namiesto rýchleho riadenia vysielacieho výkonu a premenného faktoru rozptylu sa používa dynamická adaptívna modulácia a kódovanie, viackódové operácie, rýchle plánovanie a opakované odosielanie na fyzickej vrstve.

S HSDPA priamo súvisí aj **HSUPA** (High Speed **U**plink Packet Acces). Táto technológia je ďalším vylepšením pre zrýchlenie dátového toku. V prípade HSUPA však ide o rýchlosti odosielania súborov z používateľského zariadenia na internet (uplink). Rýchlosti nahrávania v sieti 3G sa prítomnosťou HSUPA zvyšujú z 384 kbps na teoretické maximum 5,7 Mbps.

Hybrid Automatic Repeat-reQuest (HARQ)

HARQ používa prírastkovú redundanciu, pričom dáta určené používateľovi sú odoslané viackrát s použitím rozličného kódovania. Ak je prijatý poškodený paket, používateľské zariadenie ho uloží a neskôr skombinuje s opakovanými prenosmi, aby sa získal bezchybný paket s najvyššou možnou presnosťou.



Obr.2 HSDPA v architektúre 3G siete

Legenda k Obr.2:

GSS – Global Services Solutions

BSS – Business Support Systems

UE – User Equipment

UTRAN – UMTS Terrestrial Radio Access Network

UM – Unfield Messaging (rôzne elektronické správy a komunikačné médiá)

USIM – Universal Subscriber Identity Module

BSC – Base Station Controller

RNC – Radio Network Controller
MCS – Mobile Switching Centre
GMSC – Gateway Mobile Switching Centre
SGSN – Serving GPRS Support Node
GGSN – Gateway GPRS Support Node
TRAU – Transcoder and Rate Adaptation Unit
VLR – Visitor Location Register
EIR – Equipment Identity Register
HLR - Home Location Register
AuC – Authentication Centre
PSTN – Public Switched Telephone Network
ISDN – Integrated Services for Digital Network
PDN – Public Data Network

Rýchle plánovanie paketov

HS-DSCH (High Speed-Physical Downlink Shared Channel) downlink kanál je zdieľaný viacerými užívateľmi. Každé z užívateľských zariadení 500-krát za sekundu indikuje kvalitu signálu v downlinku. Na základe týchto indikácií od zariadení je rozhodnuté, ktorému užívateľovi sa pošle koľko údajov v nasledujúcom 2-ms-rámci (viac dát je zaslaných užívateľovi, ktorý indikuje vyššiu kvalitu signálu).

Adaptívna modulácia a kódovanie

Modulačná schéma a kódovanie sa mení v závislosti od kvality signálu a využitia „bunky“ (resp. pamäťového miesta) každého jedného užívateľa.

HSDPA na Slovensku

- I. Orange - mapa pokrytia:
 - HSDPA @ 3,6 Mbps cez UMTS od 23. augusta 2006
 - HSDPA @ 7,2 Mbps od 1. septembra 2008
 - HSUPA @ 1,46 Mbps od 2. októbra 2008
- II. T-Mobile - mapa pokrytia:
 - HSDPA @ 3,6 Mbps od 22. augusta 2006
- III. Telefónica O2 spustila 3G sieť s nadstavbou HSDPA/HSUPA (High Speed Uplink Packet Access) v niektorých mestách Slovenska v roku 2011.

Literatúra

- [1] H. Holma, A. Toskala: HSDPA/HSUPA for UMTS: High Speed Radio Access for Mobile Communications. Wiley, 2006.
- [2] M. Sauter: Communication Systems for the Mobile Information Society, Wiley, 2006
- [3] R. Stuhlfauth: High Speed Packet Access: Technology and measurement aspects of HSDPA and HSUPA mobile radio systems. 2012

Prístupová technológia HSOPA

HSOPA (High Speed OFDM Packet Access) je predložená časť upgrade vylepšení pre UMTS systémy na ceste k 3GPP-LTE technológii. HSOPA je tiež často prezývaná aj ako Super 3G.

Vývoj HSOPA

UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) systémy s HSDPA (High-Speed Downlink Packet Access) a HSUPA (High-Speed Uplink Packet Access) poskytujú možnosť dostatočne vysokého prenosu dát. Ale v najbližších rokoch sa očakáva výrazné zvýšenie bezdrôtového prenosu dát v rámci rozvoja bezdrôtového pripojenia na Internet. Vznik konkurenčných technológií, ako je napríklad WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) je hybnou silou UMTS operátorov, aby posilnili svoje siete a zlepšovali rýchlosť prenosu dát.

3GPP LTE (Third Generation Partnership Project, Long Term Evolution) je posledný krok k 4G ("štvrtéj generácii") rádiových technológií vedúcich k zvýšeniu kapacity a rýchlosti mobilných telefónnych sietí.

Ak bude návrh prijatý, HSOPA uspeje nad technológiami HSDPA a HSUPA. Na rozdiel od HSDPA a HSUPA, HSOPA je úplne nový typ bezdrôtového rozhrania, ktorý nesúvisí a je nezlučiteľný s W-CDMA (Wideband Code Division Multiple Access). W-CDMA je európsko-japonský 3G štandard siete pre mobilné telefóny. **Formálne sa HSOPA premenovala na E-UTRA** (Evolved UMTS Terrestrial Radio Access) a je teraz v literatúre častejšie uvádzaná pod týmto novým názvom. Technológia HSOPA je stále vo vývoji, ale pracovná verzia HSOPA prispela k dosiahnutiu cieľov, ktoré stanovil LTE projekt. Vylepšenia vo výkone dovoľujú bezdrôtovým operátorom ponúkať "4-play" – hlas, vysoko rýchlostne interaktívne aplikácie zahŕňajúce obrovské množstvo prenášaných dát a IPTV (Internet Protocol Television), bohaté na funkcie s podporou plnej mobility. HSOPA dramaticky zvyšuje kapacitu siete.

Pre väčšinu situácií budú náklady na vypracovanie novej UMTS sieť pre budúce generácie 4G v oblasti vysielačieho rozhrania (vrátane HSOPA) minimálne v porovnaní s nákladmi na rozmiestnenie novej siete. Pretože väčšina existujúcej infraštruktúry zostane rovnaká, vyžadovať sa budú len upgrady na vysielačoch.

Vlastnosti HSOPA

- Flexibilné využitie šírky pásma od 1,25 MHz do 20 MHz. Pre porovnanie, W-CDMA používa pevné veľkosti 5 MHz frekvenčného spektra.
- Zvýšená spektrálna účinnosť až 2-4 krát viac oproti 3GPP verzii (HSDPA)
- Maximálna rýchlosť prenosu 326,4 Mbps pre sťahovanie pre systém antén 4x4, 172,8 Mbps pre 2x2-antény pre 20 MHz široké pásmo.
- Maximálna rýchlosť uploadu je 86,4 Mbps pre 20 MHz široké pásmo.
- Doba odozvy je pod 5 ms pre malé IP pakety.

OFDM

HSOPA používa OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) a MIMO (multiple-input multiple-output). Anténová technológia MIMO podporuje až 10 krát viac používateľov ako základné W-CDMA systémy, s potrebou nižšieho výpočtového výkonu na každom telefóne. HSOPA využíva OFDM pre sťahovanie z vysielača/stanice k terminálu/zariadeniu.

OFDM spĺňa poŹiadavky LTE pre flexibilitu spektra a vytvára cenovo dostupn  riešenie pre veľmi širok  prenosy s vysokými hodnotami špičiek. Je to veľmi dobre udom cnen  technológia, napr. v štandardoch ako IEEE 802.11a/g, 802.16, HIPERLAN-2, DVB a DAB.

Vrcholy technológie HSOPA

V septembri 2007 najv chš japonsk  mobiln  service provider NTT Docomo predstavil HSOPA d tov  prenos pri rýchlosti 200 Mbps s energetickou spotrebou pod 100 mW počas testu.

V apríli 2008 LG a Nortel ukázali HSOPA d tov  prenos 50 Mbit/s pri cestovaní rýchlosťou 110 km/h.

Komer n  nasadenie

V roku 2005 sa HSOPA stala kandidátom v 3GPP LTE projekte. V roku 2007 bolo po prvýkrát demonštrovan  prv  LTE vzdušn  rozhranie zahŕňajúce OFDM-MIMO. V októbri 2009 Ericsson a Samsung v švédskom Štokholme po prvýkrát demonštrovali spolupracu komer n ho LTE zariadenia a existujúcej siete. Prvým mobilným telefónom využívajúci LTE bol Samsung SCH-r900, ktor  prišiel na trh v roku 2011. Potom sa postupom času prešlo na technológiu 4G.

Literatúra

- [1] 4G wireless technology developments: HSOPA
http://www.dolcera.com/wiki/index.php?title=4G_wireless_technology_developments#HSOPA
- [2] LTE OFDM Technology. http://www.tutorialspoint.com/lte/lte_ofdm_technology.htm
- [3] P. Robertson, S. Kaiser: The effects of Doppler spreads in OFDM(A) mobile radio systems. Vehicular Technology Conference, 1999

INMARSAT

V súčasnosti Inmarsat ponúka najkomplexnejšie rozsah globálnych mobilných satelitných služieb pre použitie na súši, na mori i vo vzduchu. Prevádzkuje konšteláciu geostacionárnych satelitov, ktoré poskytujú prenos hlasu, fax a dáta do všetkých častí sveta s výnimkou pólou. Užívatelia sa tak môžu kedykoľvek spojiť s medzinárodnou telefónnou sieťou a komunikovať s Internetom jednoduchým napojením sa na Inmarsat - satelit.

Inmarsat zahájil svoju činnosť v roku 1979 ako IGO (Intergovernmental Organization - medzivládna organizácia), aby poskytoval globálnu a bezpečnú komunikáciu pre námornú komunitu. Z počiatočného stavu 900 lodí začiatkom 80-tych rokov priberal čoraz väčší počet zákazníkov aj z iných oblastí vrátane súše a letectva. V roku 1999 došlo k jeho transformácii na súkromnú spoločnosť.

Typickými užívateľmi sú majitelia lodí, obchodníci a manažéri, televízni a rozhlasoví reportéri, pracovníci zahraničných misií, vládne organizácie, komerčné aerolínie, energetici, banky a finančné inštitúcie, a ďalší.

Organizačná štruktúra

Inmarsat zariadenia a služby sú celosvetovo predávané prostredníctvom siete partnerov a predajcov vo viac než 80 krajinách sveta. Satelitná sieť je kontrolovaná a riadená z Inmarsat centrály v Londýne, ktorý je taktiež sídlom Inmarsat Group Holdings Ltd. - čo je materská firma celého holdingu. Londýn je tiež sídlom Medzivládnej organizácie IGO (International Intergovernmental Organization), ako aj organizácie IMSO (International Mobile Satellite Organization), vytvorenej najmä pre podporu medzinárodného námorného záchranného systému - Global Maritime Distress and Safety System (GMDSS) a pre koordináciu s riadením letovej prevádzky.

Ponúkané služby

Služby ponúkané INMARSATOM sa v súčasnosti rozdeľujú do troch skupín: Land mobile (pozemné mobilné služby), Maritime (služby pre námorníctvo) a Aeronautical (služby pre letectvo). Inmarsat Group Holdings Ltd. je v súčasnosti obrovská spoločnosť ponúkajúca široký rozsah technológií prostredníctvom najmodernejších a najväčších komerčných satelitov I-4. Pozemné mobilné služby poskytuje BGAN (Broadband Global Area Network - celosvetová širokopásmová sieť), služby pre námorníctvo FleetBroadband (námorná širokopásmová sieť) a pre letectvo SwiftBroadband (letecká širokopásmová sieť).

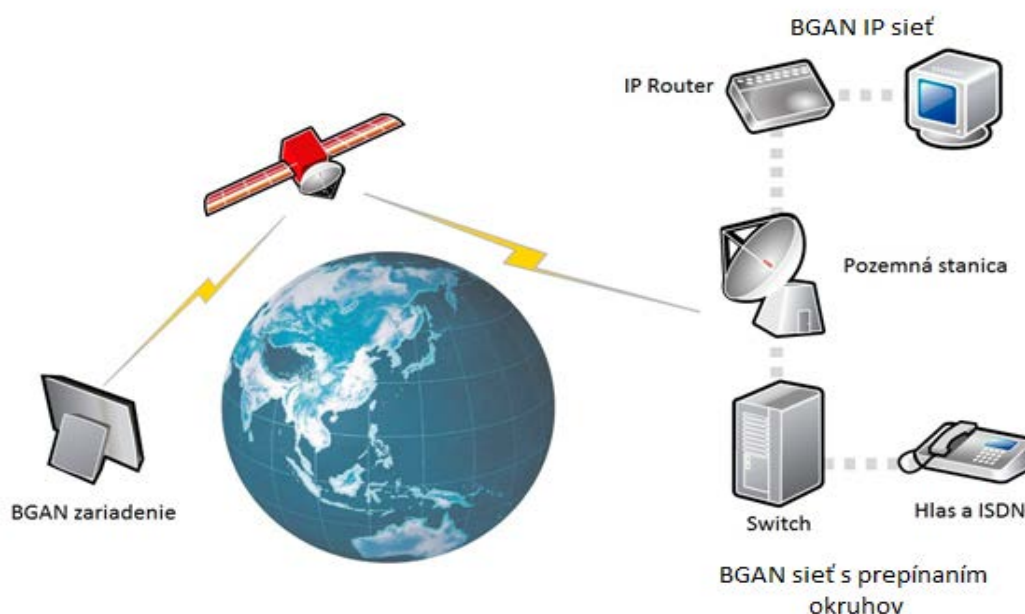
Globálna širokopásmová sieť BGAN

Základ BGAN - satelity Inmarsat I-4 sú v prevádzke od roku 2005. Pomocou nich je vytvorená chrbtica (hlavný reťazec) siete BGAN, ktorá je kompatibilná s modernými 3G systémami. Poskytuje hlasové a dátové služby pre Internet, mobilné multimédiá a ďalšie moderné aplikácie. BGAN podporuje prepínanie obvodov aj prepínanie paketov, a podporuje aj ISBN.

- Dátové služby: prístup do podnikovej siete cez bezpečné VPN (virtuálna privátna sieť) spojenie rýchlosťou 492 kbps, e-mail a ďalšie kancelárske aplikácie, prehľadávanie na Internete a posielanie rozsiahlych súborov v prílohách.
- Streaming IP - pre aplikácie, kde QoS je prvoradá, ako je živé video, videokonferencie. Je možné si vybrať prenosovú rýchlosť do 256 kbps v závislosti od aplikácie.

- Telefón: v tom istom čase ako prístup dátovým aplikáciám prostredníctvom štandardného telefónu, zákaznickým handsetom, Bluetooth handsetom alebo headsetom, čo závisí od použitého BGAN terminálu, „hlasová pošta“ a ďalšie štandardy 3G doplnkových služieb.
- Text: odosielanie a príjem textových správ z laptopu, alebo z ľubovoľného mobilného telefónu. Služba podporuje štandard 160 znakov.

BGAN umožňuje užívateľom (všade tam, kde nie je dostupný signál pozemných operátorov) pripojiť sa prostredníctvom ich prenosného počítača k ich podnikovým počítačovým sieťam garantovanou voliteľnou rýchlosťou do 500 kbps. Inmarsat poskytuje bezpečné komunikácie pre zákazníkov z armády a vládnych inštitúcií. BGAN podporuje všetky väčšie VPN produkty a kryptovacie štandardy. Poskytuje neprerušené širokopásmové pokrytie pozdĺž veľkej väčšiny pozemského povrchu (v Európe, Strednom východe, Afrike, Ázii, Severnej a Južnej Amerike). Umožňuje jednoduché a ľahké používanie cez malý a zároveň ľahký satelitný terminál. Tie isté zariadenia môžu byť používané na celom svete a užívateľské rozhranie je štandardizované pre terminály rôznych výrobcov. Rozpätie ponúkaných zariadení rôznych výrobcov umožňuje voľbu podľa výkonu.



Obr. 1 Architektúra globálnej širokopásmovej siete BGAN

Satelite Inmarsat 5

Nová sieť Inmarsat-5 (Global Xpress satellite) rovnako ako predchádzajúca Inmarsat-4 pozostáva len z troch geostacionárnych satelitov vo výške 35786 km nad povrchom Zeme, nové satelity s označením 702HP vyrobí Boeing a budú nasadené do r. 2015.

Internetovú konektivitu poskytujú satelity v pásme Ka (26,5 GHz až 40 GHz). Každý satelit disponuje 89 lúčmi umožňujúcimi naraz cielene pokrývať 89 rôznych oblastí.

Pre využívanie pripojenia s najvyššou rýchlosťou 50 Mbps je potrebná anténa s priemerom 60 cm, maximálna rýchlosť uploadovania je 5 Mbps. Pre sťahovanie s rýchlosťou 10 Mbps má stačiť anténa s priemerom 20 cm.

Literatúra

- [1] Inmarsat – geostacionárne satelity, <http://www.wrx.sk/inmarsat/about/index.html>
- [2] Inmarsat – domovská stránka, <http://www.inmarsat.com>

Iridium

Iridium je systém 66 aktívnych komunikačných družíc. Umožňuje celosvetové hlasové a dátové prenosy použitím satelitného telefónu. Sieť Iridium pokrýva celú Zem, zahŕňajúc póly, oceány a vzdušné trasy. Systém sa skladá z kozmického segmentu, užívateľského segmentu, regionálnych pozemných staníc a riadiaceho segmentu.

Spoločnosť odvodila názov od názvu chemického prvku Irídia; veľkosť súboru družíc projektovaných v počiatočných fázach projektu bola 77 - čo je rovnaké číslo ako protónové číslo Irídia. Družice sú často viditeľné na nočnej oblohe v podobe krátkych zábleskov svetla.

Architektúra systému

Kozmický segment

Družice sú umiestnené vo výške 780 km nad zemským povrchom na šiestich orbitálnych dráhach v zoskupení po jedenásť. Jedna družica váži 698 kg a okolo Zeme obehne za 100 minút a 28 sekúnd. Každá družica Iridium má štyri antény pre medzidružicové spoje, aby mohla byť prevádzka smerovaná na družicu, ktorá je pred ňou a za ňou na tej istej obežnej dráhe, ako aj na susednú družicu v priľahlých orbitálnych rovinách.

Užívateľský segment

Mobilná stanica v systéme Iridium môže byť rôzneho prevedenia. Predovšetkým sa jedná o prenosné mobilné stanice, ďalej existujú mobilné stanice, ktoré sú umiestnené na vozidle a špecializované stanice pre použitie na palube lietadla alebo lode. Mobilné stanice umožňujú hlasovú komunikáciu a prenos dát o rýchlosti 2,4 kbps. V prípade prístupu na Internet Iridium v súčasnej dobe ponúka využitie vlastnej prístupovej brány pre zvýšenie prenosových rýchlostí pomocou kompresie až na 10 kbps.

Regionálne pozemné stanice

Tieto stanice nekomunikujú s mobilnými stanicami priamo, ale cez družice. Úlohou týchto staníc je predovšetkým sledovať pohyby účastníka, riadiť komunikáciu a zaistiť komunikáciu medzi sieťou Iridium a ostatnými (pozemnými alebo družicovými) sieťami.

Riadiaci segment

Riadiace centrum Iridium má na starosť údržbu, detekciu a opravy porúch, diagnostiku družíc a všetky činnosti spojené s administratívou a spoplatňovaním služieb.

Nasadenie systému

Hlavným tvorcom tohto systému je spoločnosť Motorola, ktorá mala na starosť jeho vývoj. Predovšetkým z dôvodu náročných finančných požiadaviek a nie príliš výrazného záujmu o poskytované služby mal vo svojej krátkej histórii tento systém mnoho problémov. V súčasnej dobe je opäť funkčný a je prevádzkovaný spoločnosťou Iridium Satellite LLC.

Služby systému Iridium

Hlasová komunikácia

Zaistený je vysokokvalitný prenos hovorových dát a napojenie na rôzne druhy pozemných telekomunikačných sietí. Digitalizovaný hlas je kódovaný a dekódovaný s použitím dekodéru VSELP Motorola a prenášaný rýchlosťou 2,4 kbps alebo 4,8 kbps.

Prenos dát

V systéme Iridium je umožnený prenos dát prenosovou rýchlosťou maximálne 2,4 kbs, jedná sa o klasické komutované spojenie s prepojovaním okruhov. Pre priame pripojenie k Internetu dnes Iridium ponúka službu Direct Internet.

Paging

Alfanumerický paging je zaisťovaný pre pagingové prijímače veľkosťou zrovnateľnou s klasickými zemskými pagingovými prijímačmi. Užívateľom mobilných telefónov systému Iridium je umožnená služba krátkych textových správ SMS. Správy môžu byť odosielané mnohými spôsobmi vrátane elektronickej pošty alebo internetového rozhrania.

Určenie polohy

Poloha je určovaná pomocou zisťovania doby časového oneskorenia šíriaceho sa signálu. Metóda dovoľuje lokalizovať mobilnú stanicu s presnosťou okolo 1,5 km.

Technické údaje siete

- Počet hlavných satelitov: 66
- Počet záložných satelitov: 14 (6)
- Počet orbitálnych dráh: 6
- Počet satelitov na jednej orbite: 11
- Orbitálna výška: 780 km
- Orbitálna inklinácia: 86,4 stupňov
- Doba obehu satelitu: 100 min 28 sek
- Váha satelitu: 698 kg
- Počet buniek: 48 na satelit
- Počet buniek celkovo: 2150
- Pokrytie satelitu: bunka s priemerom cca. 4700 km
- Úroveň signálu priemerne: 16 dB pre hlas

Literatúra

- [1] Iridium – domovská stránka: <https://iridium.com/About.aspx>

ISDN

Pred nástupom ISDN bola celá telefónna sieť analógová. Hľadal sa spôsob ako oddeliť hlasovú službu od dátovej. Riešenie sa našlo v podobe digitalizácie sietí. Takéto siete sa nazývajú integrované digitálne siete (IDN - integrated digital network), pričom digitálny signál je prenášaný po bežných medených (krútených) pároch.

Integrovaná digitálna sieť IDN predstavuje integráciu spojovacích a prenosových prostriedkov za pomoci techniky PCM. IDN vytvárala predpoklady na to, aby prostredníctvom nej mohli byť realizované okrem telefónu aj iné telekomunikačné služby, napr.: teletext, videotex, fax, prenos dát a pod. Keďže sú tieto služby realizované jedinou sieťou, hovoríme o Digitálnej sieti integrovaných služieb (ISDN - Integrated Service Digital Network).

Digitálna sieť integrovaných služieb ISDN je založená na digitalizácii telefónneho analógového signálu, na časovom delení (multiplexe) a na oddelení komunikácie od riadenia. Pre digitalizáciu sa používa pulzne kódová modulácia (Pulse Code Modulation, PCM), ktorá vzorkuje pôvodný signál rýchlosťou 8 kbps, a kvantuje jeho amplitúdu do 256 úrovní. Týmto sa každej vzorke priradí osem-bitová kombinácia núl a jednotiek ($2^8 = 256$). Z týchto predpokladov vyplýva, že prenos telefónneho hovoru predstavuje dátový tok $8 \text{ kbps} \times 8 = 64 \text{ kbps}$.

V analógovej sieti bežná telefónna linka, ktorá je poskytovaná telekomunikačnou spoločnosťou, podporuje jediný prenosový kanál, ktorý za bežných podmienok môže prenášať len jednu zo služieb, buď hlas, údaje alebo video za určitý čas. ISDN telefónna linka je logicky rozdelená do viacerých kanálov a je kombináciou týchto kanálov. Pričom spodných 16 kbps je použitých na signalizáciu (výmena informácií pre riadenie a uskutočnenie hovoru).

Kanály ISDN

Prvý z kanálov ISDN je nazývaný B-kanál (Bearer channel- binary channel, kanál pre prenos bitov). Tento kanál môže niesť približne 64 kbps údajov. Typické ISDN má 2 B kanály. Jeden kanál je používaný pre hlas a druhý kanál je používaný pre dátovú komunikáciu. Tento dátovo/hlasový proces prenosu sa deje na medenom krútenom páre.

Druhý typ kanálu je určený pre riadenie, ale je dovolené ho čiastočne využiť aj pre paketovú komunikáciu. Tento kanál je známy ako D kanál alebo Delta kanál. Má priepustnosť 16 kbps.

Dva základné typy ISDN-prístupu

Primárny prístup

Označenie PRI (Primary Rate Interface) alebo PRA (Primary Rate Acces). Tento prístup obsahuje 30 B-kanálov a jeden D-kanál (pre Európu) alebo 23 B-kanálov a jeden D-kanál (pre USA), a je určený pre stredné a väčšie firmy. Dosahuje prenosovú rýchlosť 2048 kbps. Používa linkový kód HDB3. PRI sa používa hlavne na pripojenie pobočkovej ústredne alebo pre firmu, ktorá potrebuje prenášať väčší objem dát, napr. poskytovateľa Internetu.

Základný prístup

Jeho označenie je BRI (Basic Rate Interface) alebo BRA (Basic Rate Acces). Obsahuje dva 64 B-kanálov a jeden D-kanál (pre prenos kontrolných informácií), a je určený pre domáce použitie, pre menšie firmy a širokú verejnosť. Používa 4-stavový kód 2B1Q. Na prístup k B-kanálu, je potrebné si objednať ISDN telefónnu linku. Zákazník potrebuje špeciálne ISDN zariadenie, ktoré je schopné priamej komunikácie a ktoré je používané na komunikáciu s

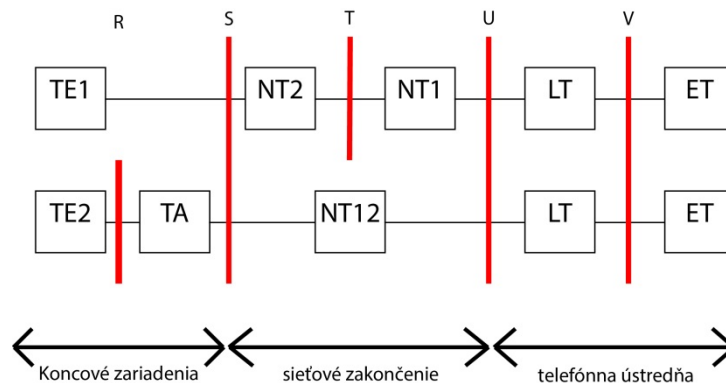
prepínačom telefónnej ústredne alebo s inými ISDN zariadeniami. Každý účastník bude mať len jedno volacie číslo nezávisle od toho, koľko rôznych služieb a v akom počte si žiada.

Špeciálne doplnkové služby pre obidva druhy prístupov BRA a PRA

- zamedzenie zobrazenia identifikácie volajúceho (CLIR), Calling Line Identification Restriction
- predvoľba (DDI), direct dial-in
- identifikácia zlomyseľného volania (MCID), Malicious Call Identification
- zobrazenie identifikácie spojeného účastníka (COLP), Connected Line Identification Presentation
- medziužívateľská signalizácia (UUS), User-to-User Signalling

Referenčný model ISDN

Model na Obr. 1 vykresľuje postupné usporiadanie základných komponentov pre vytvorenie potrebného spojenia. Zariadenia na obrázku sú len základné (pre jednoduchosť a prehľadnosť), a preto je možné ich kombinovať a vytvárať tak nové a zložitejšie architektúry podľa potreby a požiadavky daného užívateľa.



Obr.1 Referenčný model ISDN. TE1 - koncové zariadenie (telefón, počítač...), TE2 - koncové zariadenie (klasický analógový telefón), TA - terminálový adaptér, spája analógový telefón s ISDN sieťou, NT1 - sieťové zakončenie, koniec linky telefónnej spoločnosti a začiatok domácej siete, LT - ukončenie linky, fyzické pripojenie k telefónnej spoločnosti, ET - ústredňové ukončenie, logické spojenie telefónu domácnosti s „telefónnou sieťou“

Vzhľadom k integrácii služieb je zložitejší i prístup užívateľa k ISDN. Základom prístupu je koncové zariadenie TE1 (terminal equipment) typu ISDN (s ISDN rozhraním), t.j. digitálne, o rýchlosti 64 kbps bez ohľadu na to, či slúži pre hlasovú alebo dátovú komunikáciu. Keď nie je k dispozícii zariadenie TE typu ISDN (je analógové - telefónny prístroj, modem), musí sa pripojiť prostredníctvom prevodníka nazvaného terminálový adaptér TA (terminal adapter). Pre toto koncové zariadenie sa používa označenie TE2 .

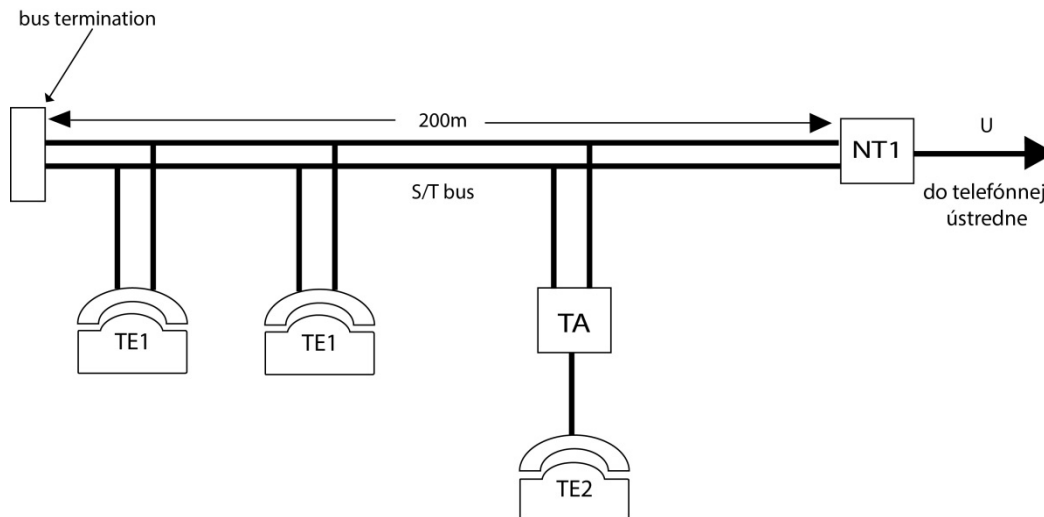
V mnohých prípadoch sa sieťové zakončenie NT rozdeľuje do dvoch funkčných jednotiek: NT1 a NT2.

NT1 poskytuje fyzické pripojenie, prevádza signály TE na signály siete a naopak (tvorí prechod medzi štvorvodičovou prípojkou koncového zariadenia a dvojvodičovým okruhom siete) a slúži tiež na zisťovanie porúch pomocou rôznych testov.

NT2 umožňuje pripojovať niekoľko koncových zariadení a realizuje sa napr. pomocou zbernice, statickým multiplexom či pobočkovou ústredňou.

Inštalácia prevádzky u zákazníka

Nazýva sa CPI (customer-premises installation). Táto inštalácia pozostáva z pasívneho vedenia S/T bus, ktoré predstavuje sieť v domácnosti. Používajú sa 4-vodičové vedenia. Ak je použité len jediné zariadenie na vedení, potom toto vedenie môže mať dĺžku až 1 km. Pri pripojení maximálneho počtu zariadení (8 zariadení), vedenie S/T-bus môže dosahovať dĺžku až 200 m, pričom každé zariadenie môže byť pripojené hocikde na vedení a vo vzdialenosti 10 m od vedenia S/T-bus (Obr.2).



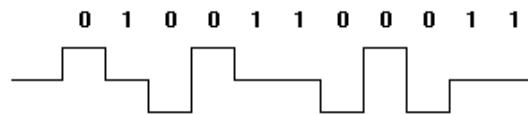
Obr.2 Schéma pripojenia zákazníka

Napájanie

Oproti klasickým dial-up systémom a telefónnej linke ISDN vyžaduje dodatočné napájanie S/T-bus vedenia. Toto napájanie je organizované prostredníctvom NT1, ktoré musí byť napájané z domácej elektrickej siete.

Komunikácia v domácej sieti

Celá komunikácia v domácej sieti je prenášaná pomocou 48-bitových rámcov. Prenosová rýchlosť je 192 kbps. Je to vyššia rýchlosť ako rýchlosť, ktorou môžu byť prenášané údaje od účastníka k telefónnej ústredni (160kbps). Potom 144 kbps je použitých pre 2B+D kanály a 48 kbps je navyše. Na linke prebieha MAMI (Modified Alternate Mark Invert) kódovanie, pri ktorom sa rozlišujú dva stavy pomocou 3 úrovní a 2 polarít napätia (Obr. 3).



Obr.3 Linkový kód MAMI

Výhody ISDN

Výhoda ISDN bola v tom, že viacero zariadení mohla obslúžiť jedna linka. Podporuje až 8 zariadení, pričom všetky môžu pracovať súčasne. Dokonalý komfort zaručuje široká škála doplnkových služieb, ako napríklad CLIP, CLIR, presmerovanie volania, čakajúce volania, podržanie volania, konferenčný hovor a iné. Digitálna technológia zabezpečuje vysoko

spoľahlivé a kvalitné spojenie, digitálnu kvalitu prenosu hlasu, rýchle a stabilné pripojenie do Internetu s pomerne vysokou prenosovou rýchlosťou.

Nevýhody ISDN

ISDN systém je omnoho drahší ako starý telefónny systém, a to aj pre zákazníka - spoplatňuje sa doba pripojenia. Telekomunikačná spoločnosť a ISDN užívateľ potrebujú špecializované zariadenie na pripojenie do ISDN siete. Medzi nevýhody patrí aj nedostatočná šírka pásma napr. pre video, a to, že nie všade sú služby ISDN dostupné.

Literatúra

- [1] <http://hea-www.harvard.edu/~fine/ISDN/index.html>
- [2] http://www.networktutorials.info/isdn_lines.html
- [3] <http://hw.cz/Teorie-a-praxe/Dokumentace/ART1084-ISDN-Digitalna-siet-integrovaných-sluzieb.html>

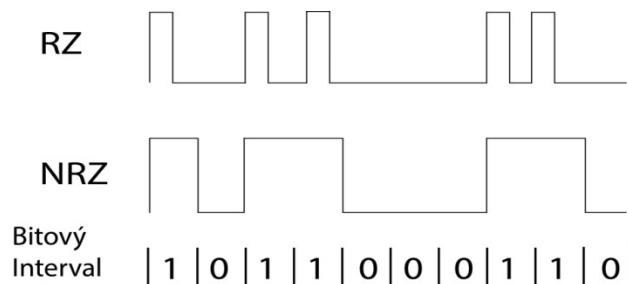
Linkové kódy

Sú to binárne kódy, ktoré sa používajú na prenos informácií medzi zariadeniami. Úroveň napätia alebo inej elektrickej veličiny priamo zodpovedá binárnemu, jedno- alebo viac bitovému stavu digitálnej informácie. Hovoríme o prenose na fyzickej vrstve. V závislosti od požiadaviek prenosu, možností fyzického kanála a ďalších parametrov sa používajú viaceré druhy linkových kódov.

Klasifikácia linkových kódov

Používané typy linkových signálov môžeme klasifikovať podľa troch hľadísk:

- podľa počtu úrovní elektrickej veličiny:
 - dvojúrovňové kódy - Manchester, CMI
 - trojúrovňové kódy
 - pseudotrojkové (bipolárne) – AMI, HDB3
 - trojkové – 4B3T
 - viacúrovňové - 2B1Q
- podľa použitej polohy signálnych prvkov vzhľadom k nulovej polohe:
 - unipolárne - signálové prvky iba jednej polarity
 - polárne - signálové prvky oboch polarít
- podľa toho, či sa priebeh v rámci jednotkového časového intervalu vracia k nulovej (neutrálnej, pokojovej) úrovni alebo prechádza priamo k druhému charakteristickému stavu (Obr. 1):
 - kódy s návratom k nule RZ (Return-to-Zero code). Stav signálu sa vracia k nule medzi každým impulzom – „návrat“ k nule.
 - kódy bez návratu k nule NRZ (Non-Return-to-Zero code). Signál sa nevracia k nulovému napätiu. Jednotky a nuly sú reprezentované opačnými hodnotami napätia. Tento typ kódu prenáša viac výkonu než RZ – kód.

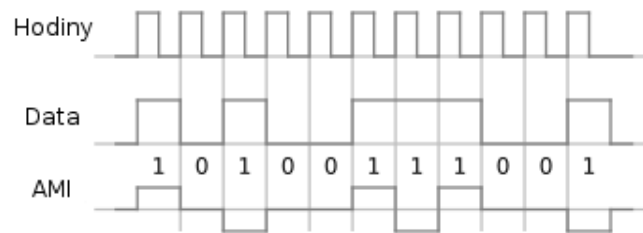


Obr. 1: Porovnanie RZ a NRZ

Bipolárny AMI (Alternate Mark Inversion)

- Symbolu 0 zodpovedá nulová úroveň,
- symbolu 1 zodpovedajú striedavo úrovne $\pm U_0$ (Obr.2).

V tomto kóde sa v prípade viacerých núl za sebou ťažko detekujú chyby a udržiava synchronizmus. Tento problém podnietil nové úpravy a vznik ďalších kódov.

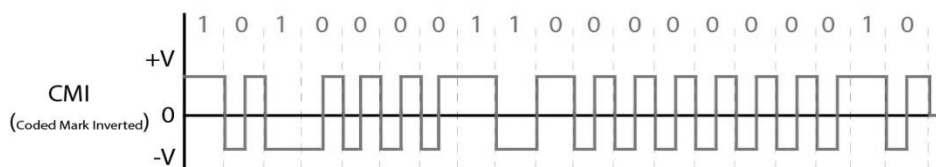


Obr. 2: Signál s AMI kódom

Kód CMI (Coded Mark Inversion)

Vznikne prekódovaním z kódu AMI tak, že nulu kódujeme ako dvojicu po sebe nasledujúcich stavov $-A, +A$ so zmenou v polovici charakteristického intervalu. Kód CMI sa používa v rozhraní PDH 4. rádu (E4) a pre optické rozhrania (v unipolárnom variante).

- nule zodpovedá zmena z $-A$ na $+A$ (čelo) v polovici intervalu T_0
- jednotke zodpovedá striedavo úroveň $-A, +A$ trvajúca celý interval T_0 (Obr. 3)

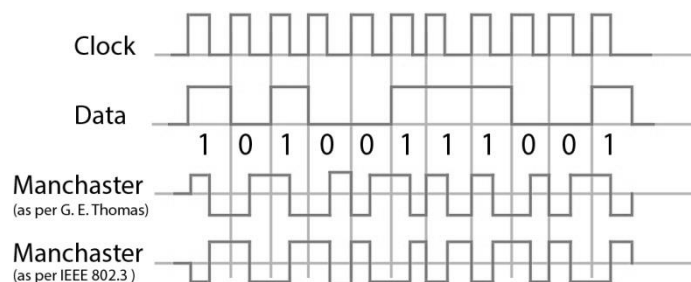


Obr. 3: Signál s CMI kódom

Kód Manchester

Používa sa v sieťach LAN na rozhraní Ethernet 10BASE-T s rýchlosťou 10Mbps. Existuje aj jeho diferenčný variant (kódované zmeny medzi 0 a 1).

- nule zodpovedá zmena na $+A$ (čelo) v polovici T_0
- jednotke zodpovedá zmena na $-A$ (tylo) v polovici T_0 (Obr. 4).



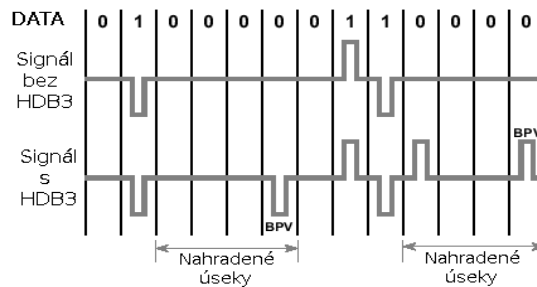
Obr. 4: Signál s Manchester kódom a s jeho diferenčným variantom

HDB3 - (High Density Bipolar - 3 zeros) –

Používa sa v Európe a Japonsku. Je založený na AMI kóde:

- symbolu 0 zodpovedá nulová úroveň
- symbolu 1 zodpovedajú striedavo úrovne $+U$ a $-U$
- zaistí maximálne tri symboly „0“ idúce za sebou tak, že štvrtá „0“ je nahradená napätím zodpovedajúcim úrovni „1“, ale s polaritou zhodnou s poslednou „1“, tzv. violation bit

(narušiteľský bit) (Obr. 5). Týmto spôsobom sa zlepši udržanie synchronizmu aj detekcia chýb v porovnaní s kódom AMI.

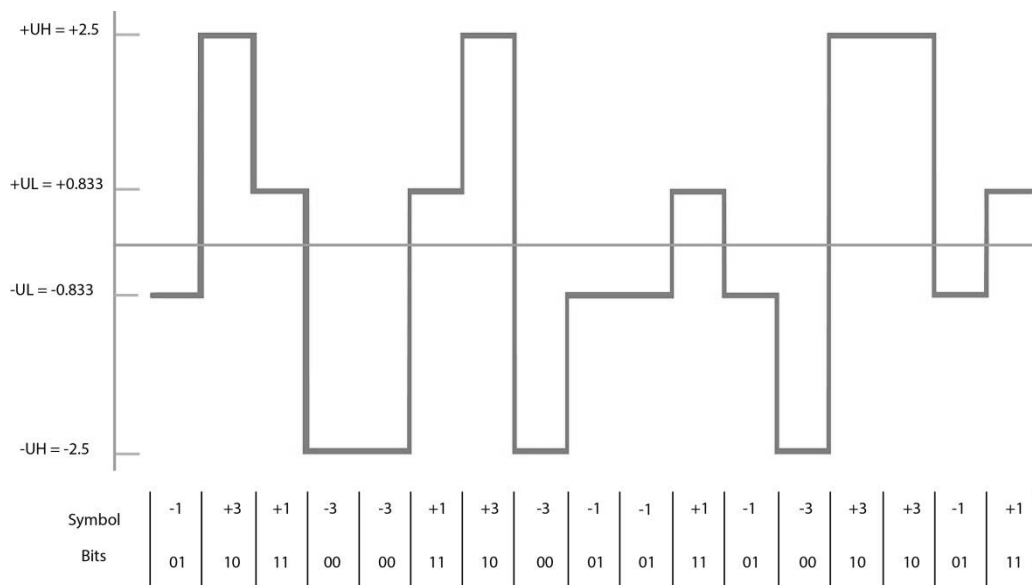


Obr. 5: Signál s HDB3 – zaisťí maximálne tri symboly 0 idúce za sebou

2B1Q (two binary, one quaternary)

Používa sa v technológiách DSL, ADSL, ISDN. Jeden jednotkový interval (symbol) je reprezentovaný dvoma bitmi. Používa dve kladné (+UL, +UH) a dve záporné úrovne napätia (-UL, -UH), z čoho každej úrovni napätia zodpovedá jeden pár bitov (prvý bit - polarita, druhý bit - magnitúda), a každej kombinácii bitového páru je priradený quaternárny symbol (Obr. 6).

Takto sa dosiahne dvojnásobná prenosová rýchlosť oproti modulačnej (stavovej) rýchlosti.



1. bit (polarita)	2. bit (polarita)	Quaternárny symbol	Napätie [V]
1	0	+3	2.5
1	1	+1	0.833
0	1	-1	-0.833
0	0	-3	-2.5

Obr. 6: Dvojitový symbol je vyjadrený jednou zo štyroch napätových úrovni

Literatúra

- [1] TBI/ WebNet, Inc.: <http://telecom.tbi.net/isdn-pu.htm>

Systémy TETRA a MPT 1327

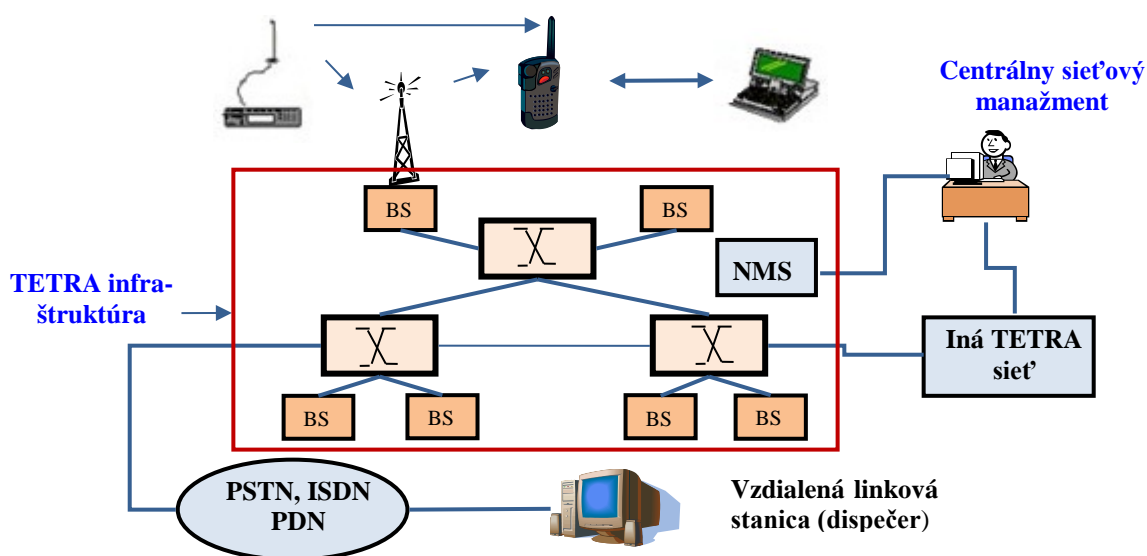
Tieto systémy patria k trunkovým (zväzkovým) sieťam. Trunkové siete sú siete s **trunkovou (zväzkovou)** rádiovou komunikáciou s dynamickým pridelovaním prevádzkových kanálov. Jeden kanál je riadiaci; riadi prevádzku a pridelovanie kanálov. Vďaka tomu tieto systémy poskytujú nielen výhodný pomer cena/výkon, ale aj plne využívajú pridelené frekvenčné spektrum, čím umožňujú šetrenie vysielačích pásiem. Tieto systémy patria medzi paketovo orientované. Najčastejšie používané typy zväzkových rádiových systémov sú:

MPT 1327, TETRA, TETRAPOL, ale tiež APCO Project 16 a 25, OpenSky System, Ericsson GE, Logic Trunked Radio, Motorola.

TETRA

TETRA (Terrestrial Trunked Radio) je digitálny, otvorený štandard profesionálnej rádiovkej komunikácie, ktorý bol vyvinutý Európskym inštitútom pre telekomunikačné štandardy ETSI (European Telecommunications Standards Institute) pre verejnú aj neverejnú rádiovú komunikáciu. Systém TETRA bol špeciálne navrhovaný pre účely vládnych agentúr, nemocničnú pohotovosť, políciu, dopravu, dopravné agentúry a pre armádu.

TETRA-terminály môžu pracovať ako mobilné telefóny s priamym pripojením k PSTN (Public Switched Telephone Network – verejná telefónna sieť). Ich spoločnou vlastnosťou je, že vedia pracovať v tzv. telefónnych skupinách, kde sa užívateľ stlačením jedného tlačidla dovoľá k dispečerovi, alebo k ostatným členom skupiny. To umožňuje používať terminály ako náhradu vysielačiek, a to relatívne bez územného obmedzenia. TETRA-infraštruktúra obsahuje rádiové ústredne BS (Base Station), spojovacie polia a riadiaci systém NMS (Network Management System). Centrálny sieťový manažment zabezpečuje aj spojenie s inými TETRA-sieťami. Všetky TETRA-terminály majú núdzové tlačidlá. Po stlačení tlačidla sa terminál ozve dispečerovi, ktorý môže v prípade núdze zavolať pomoc. Architektúra systému TETRA je na Obr. 1.



Obr. 1 Architektúra TETRA siete

Protokol TETRA využíva technológiu TDMA (Time Division Multiple Access), čo je viacnásobný prístup s časovým rozdelením, so štyrmi užívateľskými kanálmi na jednej rádiovkej

nosnej a s 25 kHz-odstupmi medzi nosnými. Používajú sa prenosy typu bod–bod a bod-viac bodov.

TETRA-mobilné stanice môžu komunikovať prostredníctvom priameho prístupu, alebo môžu využívať rádiovú infraštruktúru založenú na TETRA-základných stanicach. Komunikovanie pomocou priameho prístupu sa využíva hlavne vtedy, ak klientska stanica stratí spojenie so zvyškom siete. Priamy prístup (DMO - Direct mode) využíva iba jeden TETRA terminál na prenos signálu. Táto funkcia sa nazýva DMO-brána, alebo DMO-opakovač. Metóda sa používa hlavne pri záchranárskych prácach v oblastiach s veľmi zlým pokrytím signálu.

TETRA-systém podporuje niekoľko typov hlasových a dátových služieb. Komunikácia prostredníctvom protokolu TETRA je šifrovaná. Používa sa paralelné aj sériové šifrovanie. K prenášanju informácie TETRA-systém používa digitálnu modulačnú schému $\pi/4$ -DQPSK (Quadrature Phase-Shift Keying), čo je forma digitálnej fázovej modulácie. Počet prenesených symbolov je 18 000 za sekundu pri 2 bit/symbol. Posielanie dát sa uskutočňuje v podobe rámcov.

Hovorený signál je vzorkovaný s frekvenciou 8 kHz a komprimovaný kóderom, ktorý používa techniku nazývanú ACELP (Adaptive Code Excited Linear Prediction). Táto technológia vytvára dátový tok 4,567 kbps chránený proti chybám vznikajúcim pri komunikácii respektíve pri zašumení komunikačného kanála. Dátový tok po kódovaní je 7,2 kbps, čo je kapacita samotného prevádzkového komunikačného kanála. Jeden kanál pozostáva z 255 použiteľných symbolov, zvyšný čas je použitý na synchronizačnú sekvenciu, zapnutie, vypnutie, atď. Jeden rámec pozostáva zo 4 slotov a jeden multirámec (1,02 sekundy) pozostáva z 18 rámcov. Príklad využívaných rádiových frekvencií v systéme TETRA v Južnej Amerike je uvedený v Tabuľke 1. Podobné frekvenčné kanály sú týmto systémom používané aj inde vo svete.

Tabuľka 1 Zoznam používaných frekvencií pre TETRA komunikačné systémy v Južnej Amerike.

Záchranne systémy		
Číslo	Frekvenčný pár (MHz)	
	Kanál 1	Kanál 2
1	380-383	390-393
2	383-385	393-395

Civilné systémy		
Číslo	Frekvenčný pár (MHz)	
	Kanál 1	Kanál 2
1	410-420	420-430
2	870-876	915-921
3	450-460	460-470
4	385-390	395-399.9

MPT 1327

MPT 1327 je signalizačný štandard pre privátne (priemyselné) oblastné trunkové (zväzkové) rádiové komunikačné siete. Prvýkrát bol publikovaný v januári 1988 Britskou rádiokomunikačnou agentúrou, ktorá je v dnešnej dobe súčasťou spoločnosti OFCOM (The Office of Communications). Veľa krajín používa svoje vlastné upravené protokoly komunikácie MPT 1327, napríklad vo Veľkej Británii je to MPT 1343, v Nemecku Chekker (Regionet 43), vo Francúzsku 3RP (CNET2424) atď. MPT-systémy sa neustále vyvíjajú v mnohých krajinách, pretože sú finančne nenáročné. Systémy založené na MPT 1327 vyžadujú len jeden, ale zvyčajne používajú dva alebo viacero rádiokanálov. Kanály môžu mať šírku 6,25, 12,5 alebo 25 kHz. Minimálne jeden kanál je definovaný ako kontrolný, a všetky ostatné sú používané pre volania.

Typický systém obsahuje 6 až 10 kanálov. Korektne navrhnutý 7-kanálový zväzok je kapacitne schopný spracovať 3000 mobilných jednotiek. Kapacita systému sa výrazne zvyšuje s počtom prepravných kanálov.

V niektorých prípadoch sa aj kontrolný kanál použije ako užívateľský, keď všetky ostatné sú obsadené. Nie je to možné v oblastiach s veľkou prevádzkou, pretože chýbajúca signalizácia by znemožnila fungovanie systému. Kontrolný kanál môže byť nastavený do kruhu, takže postupne každý kanál, ktorý je zapnutý, sa môže na istý čas stať kontrolným kanálom.

Reč je vysielaná v FM pásme. Dátové správy medzi mobilom a sieťou sú vymieňané na kontrolnom kanáli pri 1200 bps so signalizáciou prenášanou pomocou FFSK (Fast Frequency Shift Keying). S použitím špeciálnych modemov rýchlosť môže byť až 19200 bps.

Výhodou MPT 1327 oproti TETRA je cena, jednoduchosť inštalácie a jednoduchšie zariadenia. Niektorí výrobcovia tvrdia, že zariadenia MPT 1327 majú kvalitnejší zvuk oproti TETRA-systému, a to z toho dôvodu, že pri TETRA-zariadeniach dochádza k vysokej kompresii zvuku. Zariadenia MPT 1327 sú menej citlivé na úroveň prijímaného signálu ako TETRA-protokol, pretože TETRA používa zložitú modulačnú schému, ktorá si vyžaduje vyšší odstup prijímaného signálu od šumu.

Rôzne komunikačné typy na MPT-1327 sieti a ich definície:

Transportné typy:

- mobil - mobil v bunke
- mobil - mobil v odlišných bunkách
- mobil – dispečerská stanica
- mobil – PSTN, mobil – PABX (Private Automatic Branch Exchange - privátna automatická pobočková ústredňa)

Dátová komunikácia:

- stavové správy cez kontrolný kanál (5-bitová dátová dĺžka)
- krátke dátové správy cez kontrolný kanál (186-bitová dátová dĺžka)
- transparentné dátové vysielanie na transportnom kanáli (dátová komunikácia)

Volania:

- spojenie bod – bod
- skupinové hovory s oprávnením rozprávať
- skupinové hovory bez oprávnenia rozprávať (broadcast calls – distribúcia nejakej správy pre celú skupinu užívateľov bez možnosti odpovedať)

Literatúra

- [1] ETSI EN 392-2 v3.2.1, Terrestrial Trunked Radio.
- [2] MPT 1327 A Signalling Standard for Trunked Private Land Mobile Radio Systems, 1997.
http://www.ofcom.org.uk/static/archive/ra/publication/mpt/mpt_pdf/mpt1327.pdf

SIETE NGN A KONVERGENCIA SIETÍ

Siete NGN

NGN (Next Generation Network – Sieť novej generácie) je paketovo orientovaná sieť schopná poskytovať telekomunikačné služby a používať transportné technológie s viacnásobnou šírkou pásma s QoS (Quality Of Services). Funkcie súvisiace so službami v rámci NGN sú nezávislé od využívaných transportných technológií. Účastníkom ponúkajú neobmedzený prístup k rôznym službám od rôznych poskytovateľov. Príklady podporovaných služieb: tradičné telefonovanie, fax, e-mail, prístup na Internet, videokonferencie, webové služby a aplikácie, IRC (Internet Relay Chat), VoIP (Voice Over IP), VoD (Video On Demand - internetová „požičovňa filmov“).

Konvergencia sietí

Komunikačné siete historicky vznikali oddelene. Hlasové siete pracovali s inými technológiami a štandardmi než siete dátové, či siete, ktorých primárnou úlohou bol prenos obrazu. V súčasnosti čoraz viac sietí konverguje do jednotnej multifunkčnej siete. A práve tieto zmeny viacerých typov sietí s rôznymi charakteristikami a poskytovanými službami predstavujú vznik multifunkčnej siete. Komunikačné médium multifunkčnej siete zvláda súčasne prenos dát, hlasu aj videa.

Prenos hlasu v IP sieti

Telefonovanie cez Internet známe ako VoIP sa v posledných rokoch prudko rozvíja a získava si stále väčšiu obľubu používateľov. Dá sa povedať, že v súčasnosti už konkuruje a častokrát aj prekonáva klasickú telefóniu. Dodávatelia bežných telefónnych riešení už majú riešenia podporujúce IP telefóniu. Spoločnosť Tronet implementuje IP telefóniu na báze produktov firmy Cisco Systems, ktorá je v tejto oblasti lídrom na svetovom trhu.

Rozvoj a pokrok

Rozvoj IP telefónie napreduje vďaka technologickému pokroku telekomunikačných technológií a informatiky. Skutočnosť, že by počítač či smerovač dokázali nahradiť klasickú telefónnu ústredňu, sa v minulosti nepredpokladalo, no dnes je to realita. Použitie vysoko sofistikovaných mechanizmov spracovania reči a zvuku umožňuje komprimovať hlas v dobrej kvalite zvuku do rýchlosti 8 kbps (klasický prenos hlasu využíva 64 kbps). Hlavnou myšlienkou IP telefónie je zjednotenie komunikačnej infraštruktúry, čo znamená, že napriek rôznym používateľským rozhraniam (Voice Mail, E-Mail, Fax) existuje jednotná a spoločná infraštruktúra, ktorú používajú sieťové zariadenia (počítače, prepínače a smerovače). Jednotiacim prvkom je komunikačný protokol IP ako aj jednotná databáza používateľov v rámci firmy.

Návratnosť investícií

Príkladom, kde je vhodné využiť možnosti konvergovanej siete, môže byť každá spoločnosť s integrovanou infraštruktúrou. Jeden nemenovaný prieskum odhalil, že náklady na vnútrofirminú hlasovú komunikáciu (komunikácia pobočiek na centrálu a naopak, plus komunikácia pobočiek navzájom) tvoria často až 50 % z celkových komunikačných nákladov firmy. Náklad za túto komunikáciu sa nasadením IP telefónie odstráni. Správa multifunkčnej siete je výrazne jednoduchšia, a v prípade nasadenia IP telefónie ju zabezpečujú zvyčajne existujúci správcovia siete. Vyčíslieť takúto úsporu exaktne v praxi často nie je jednoduché, ale

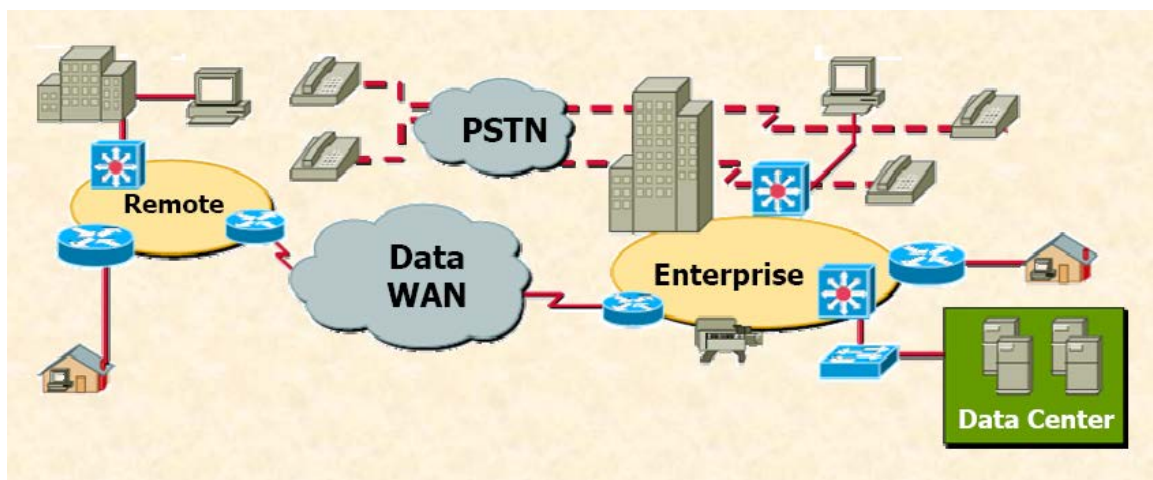
faktom zostáva, že sa reálne dosiahne. Všeobecne možno konštatovať, že návratnosť vynaložených finančných prostriedkov je približne 2-ročná.

Úloha QoS v procese konvergenencie sietí

QoS (Quality of Services - kvalita služieb) ako súbor nástrojov pomáhajúcich riešiť problémy konvergovaných sietí využíva hlavne metódu Manažovanej Rovnosti. QoS manipuluje s dátovou sieťou tak, že mení veľkosť pridelenej prenosovej kapacity, rieši problém stratených paketov v dátových tokoch – packet loss, a upravuje variabilné a pevné oneskorenie – delay a jitter. Týmto spôsobom špecifikuje akúsi rovnosť medzi hlasom, dátami a videosignálom.

Bezpečnosť

Pre požiadavky ochrany dát a utajenia majú telekomunikačné spoločnosti v rámci VoIP riešenie v podobe virtuálnej hlasovej siete, ktorá podobne ako VPN (Virtual Private Network - virtuálna privátna sieť) používa autentifikáciu pre pripojenie do siete a komplikované kryptovacie algoritmy zabezpečujúce bezpečnosť dát. Bezpečnosť IP telefónie sa rieši podobnými mechanizmami, aké sa využívajú v klasických počítačových sieťach. V prípade LAN siete je okrem štandardných bezpečnostných opatrení možné IP-telefóny začleniť do vyhradenej separátnej VLAN siete (Virtual Local Area Network). V prípade siete WAN (Wide Area Network) ide opäť o prenos paketov na sieťovej vrstve, takže znova analógia zabezpečenia dátového prenosu. Hlasovo sa „von“ komunikuje naďalej cez JTS (Jednotná Telekomunikačná Sieť).



Obr.1. Nekonvergovaná sieť obsahuje prvky klasickej telefónnej siete PSTN (Public Switched Telephone Network, verejná telefónna sieť). Spojenie analógovej a digitálnej siete si vyžaduje signály vhodne upraviť na rozhraní týchto sietí. Zabezpečuje to napríklad protokol H.232 alebo SIP (Session Initiation Protocol) implementovaný vo VoIP.

Prenosová rýchlosť

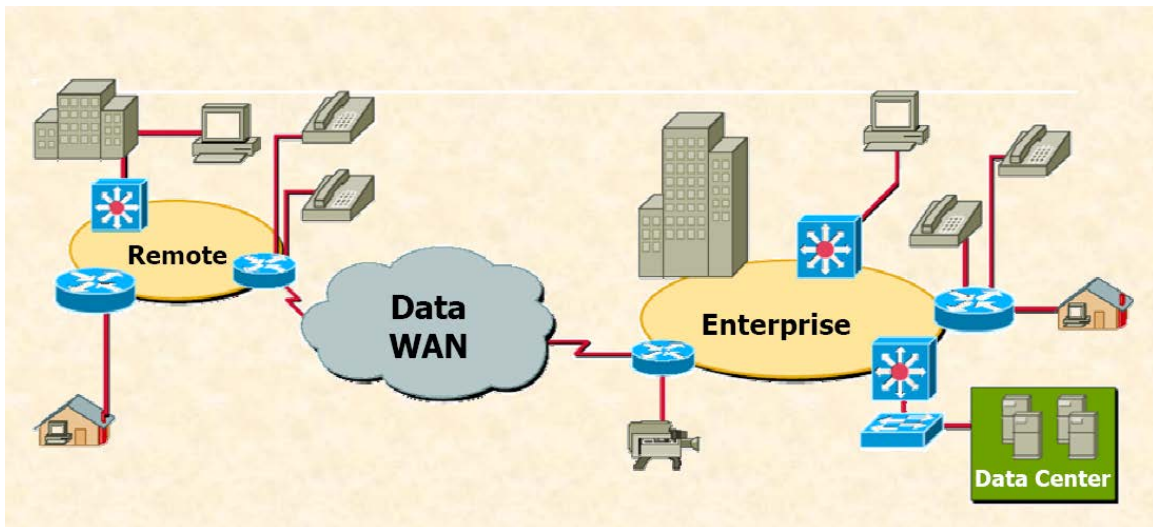
V prípade LAN sietí je rýchlosť zdigitalizovaného prenášaného hlasového kanála 64 kbps. V prepínanej sieti (switched network) komunikujú dva porty, ktoré si to vyžiadali, a ich spojenie zabezpečil tzv. Call Manager (ktorý nahradil v procese zostavenia hovoru telefónnu ústredňu). Réžia na prenos hlasu je v prostredí 100-megabitového prepínaného Ethernetu teda skutočne zanedbateľná.

Keďže v prípade WAN siete je prenos hlasu komprimovaný a jeden hlasový kanál dokážeme preniesť rýchlosťou 8 kbps (pritom sa samozrejme dbá na to, aby bola zachovaná dobrá

kvalita, porovnateľná s klasickou telefóniou), pripočítaním hlavičky a ďalšej réžie spojenej s prenosom paketov sa dostávame k reálnej rýchlosti cca 12 kbps. Pri kapacite prenosovej linky 64 kbps je teda možné preniesť prostredníctvom takejto WAN linky až 5 hlasových kanálov súčasne.

Budúcnosť nasadenia

Jednoduchosť šírenia tejto koncepcie zabezpečuje fakt, že nie je nutné meniť technické prostriedky na hardvérovej úrovni – tu sa využíva princíp licencií (neexistujú problémy s plne osadenou pobočkovou ústredňou, ktorú je nutné v určitom okamihu vymeniť). Ďalším faktorom podporujúcim túto koncepciu je aj skutočnosť, že ide o **implementáciu otvoreného riešenia postaveného na báze overených komunikačných štandardov**, a to zaraďuje IP telefóniu k spoľahlivým komunikačným riešeniam, s vysokou mierou ochrany a efektívnosti vynaložených investícií.



Obr. 2 Konvergovaná sieť. Všetky koncové zariadenia sú zapojené iba v digitálnej sieti.

Literatúra

- [1] Telecom ABC: <http://www.telecomabc.com/n/ngn.html>
- [2] NGM Forum: <http://www.imsforum.org/>
- [3] ITU-T: <http://www.itu.int/en/ITU-T/gsi/ngn>

OPTICKÉ KONEKTORY

Metódy spájania optických vlákien:

1. rozoberateľné spoje
 - konektory
 - mechanické spojky (rozoberateľné, laboratórne aplikácie)
2. nerozoberateľné spoje
 - zváranie
 - nerozoberateľné mechanické spojky (fiber-lock)

Dôležité optické vlastnosti a parametre

1. nízky vložný útlm: 0,1 -1 dB
2. spätný rozptyl -14 až -65 dB
3. umožňuje opakované spojenie a rozpojenie vlákien
4. jednoduché spojovanie
5. chráni konce vlákien pred poškodením
6. sú necitlivé na prach a vlhkosť
7. ľahovo odľahčujú vlákna
8. používajú sa vo vnútri budov, ale aj v prepojovacích šachtách, resp. skrinách umiestených vo vonkajšom prostredí
9. konektory sú väčšinou jednovláknové, často aj mnohovláknové

Na konektory sú kladené tieto hlavné požiadavky:

- jednoduchá manipulácia
- rozoberateľnosť
- opakovateľnosť spojenia bez zníženia väzbovej účinnosti a
- odolnosť voči klimatickým vplyvom.

Optické konektory radíme medzi pasívne prvky optických trás, lebo u nich nedochádza k zosilneniu alebo regenerácii optického signálu. Vykazujú určitú mieru útlmu energie. Požiadavky na spojenie optickými konektormi sú vysoké a rastú s klesajúcim priemerom jadra vlákna. Aby na spojení nedochádzalo k stratám energie, mali by spojované vlákna ležať v jednej spoločnej osi, v tesnom kontakte oboch stýkajúcich sa plôšok s opticky upraveným povrchom.

Konštrukcia

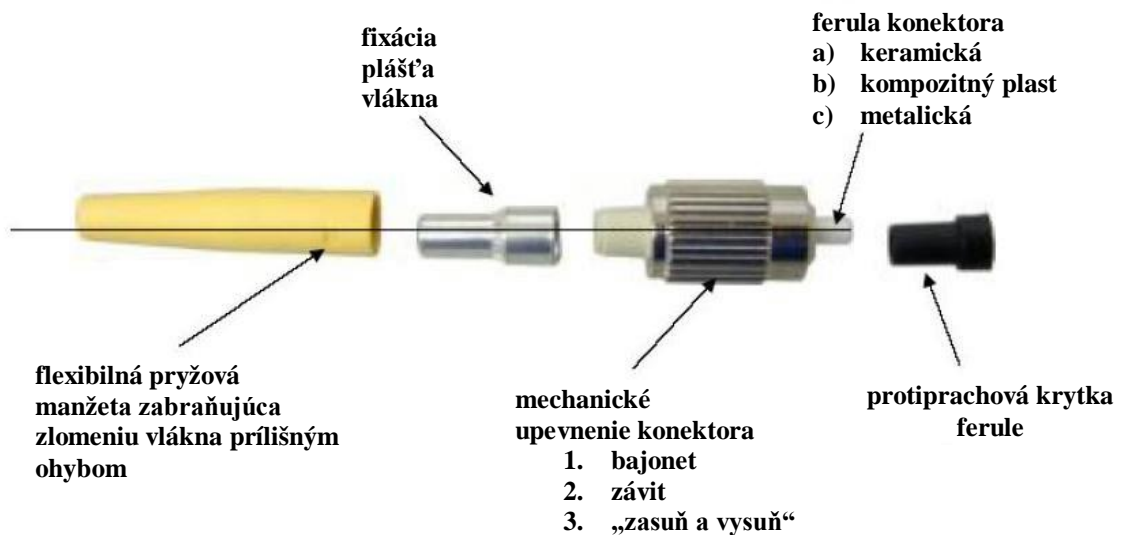
Konektory sa skladajú najmenej z troch častí (ferula, telo/zadná časť, spájacia matica) a môžu mať až 15 súčiastok

Ferula je časť optického konektora, v ktorej dochádza k spojeniu dvoch optických vlákien. Z toho dôvodu je to najpresnejšia časť konektora s najprísnejšími toleranciami. Konštrukcia feruly je znázornená na Obr. 1 a 2.

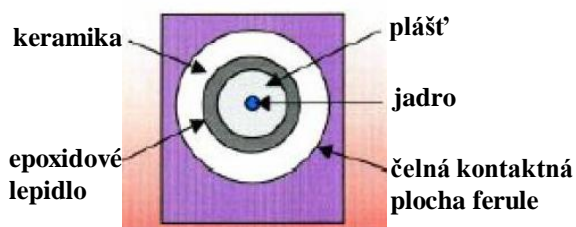
V strede feruly je valcový otvor s priemerom väčším ako je vonkajší priemer plášťa vlákna. Vlákno sa do feruly zasúva a lepí špeciálnym epoxidovým lepidlom. Je nutné zaistiť, aby vlákno nebolo príliš utopené vo ferule alebo naopak z nej nepresahovalo.

Ferula sa vyrába z kovu (hlavne v minulosti), keramických materiálov (najmä dnes), kompozitných plastov (začína sa v dnešnej dobe).

Ferula sa do žiadaného tvaru vybrusuje ručne alebo strojovo. Na kvalite a spôsobe jej zabrúsenia veľmi závisia optické parametre konektora.



Obr. 1. Vonkajšia časť optického konektora



Obr. 2. Čelný pohľad na ferulu



Obr. 3. Optický konektor FC

Niektoré typy optických vláknových konektorov

Typov optických konektorov je veľa. Uvedieme z nich iba niekoľko.

FC-konektor – (Fiber Connector)

- optický konektor určený pre spojenie MM (Multi Mode) a SM (Single Mode) vlákien (Obr.3). Používa štandardnú ferulu s priemerom 2,5mm vyrobenú zo striekaného plastu alebo kovu. Spoľahlivú polohu feruly pri spojení zaručuje valcové telo konektora s perom. Dodávajú sa taktiež feruly typu APC. Používajú sa veľmi často v telekomunikačných zariadeniach, CCTV alebo CATV aplikáciách.

ST-konektor

- optický konektor určený pre spojenie MM a SM vlákien. U nás sa s ním stretávame predovšetkým v LAN rozvodoch, kde sa používa MM-GI vlákno. Patrí k veľmi rozšíreným typom konektorov. Používa štandardný priemer feruly 2,5mm. K mechanickému zaisteniu využíva bajonetový princíp. Telo môže byť ako z plastu, tak i z keramiky.



Obr. 4 Optický konektor ST



Obr. 5. Optický konektor SC

Konektor E2000

Je to konektor určený predovšetkým pre spojenie SM vlákien, poprípade iných komponentov. Vyznačuje sa malými rozmermi (systém „Small Form Factor“). Väčšinou sa uňho používa keramická ferula. Čo do návrhu je podobný konektorom typu LC (Lucent alebo Little Connector). Pre spojenie používa princíp „zasuň a vytiahni“ – nie je potrebné skrutkovať (na rozdiel od FC, ST). Je svojou konštrukciou predurčený do rozvodu s veľkým počtom konektorov na jednotku plochy. Na čele konektora je krytka brániaca vniknutiu častíc prachu k ferule.



Obr. 6. Optický konektor E2000

SC Connector

- optický konektor určený pre jednovidové vlákna s kompozitnou alebo keramickou ferulou PC – modrý, APC – zelený. Je vyrobený z plastu a po mechanickej stránke používa systém „zasuň a vysuň“. Je možné ľahko vytvoriť duplexný typ. Doporučený EIA-TIA 568B. Je často vytláčaný typom LC.

Čistenie a kontrola optických konektorov

Pre určenie znečistenia či poškodenia konektora sa definujú 3 základné zóny: jadro, plášť a ferula. Nečistoty (poruchy) bližšie k jadru ovplyvnia optické žiarenie viac než nečistoty ďalej od jadra.

Znečistenie je významným zdrojom porúch v optických sieťach. Nečistota na jadre vlákna je príčinou veľkého spätného odrazu, zvýšeného útlmu, a môže viesť až k poškodeniu konektorov. Nečistoty je možné odhaliť pomocou optického inšpekčného mikroskopu.

V optike neexistuje jav typu presluchovej, ako sa vyskytuje pri rádioelektronickom šírení, ani rušenie vplyvom vonkajšieho elektromagnetického poľa či šumu. Problémom je tlmenie, ktorého častou príčinou sú odrazy spôsobené nesprávne nainštalovanými konektormi.

Literatúra

[1] www.mikrokom.eu

[2] http://www.fiber-optics.info/articles/fiber_optic_connectors

Optické spojky (optic coupler)

Optická spojka je pasívnym prvkom optickej siete, ktorý má jeden alebo viac vstupných portov určených pre optické vlákna, a jeden alebo niekoľko výstupných portov. Svetlo zo vstupného portu sa môže na výstupe preniesť na jeden alebo aj na viac portov, pričom rozloženie celkovej energie závisí od vlnovej dĺžky a od polarizácie. Takéto spojky sa vyrábajú rozličnými spôsobmi, napríklad tepelnou fúziou optických vlákien (thermally fusing fibers), takže ich jadrá sú dosť blízko seba.

Pri používaní optického vlákna v single móde (podporuje len jediný mód pri danej polarizácii a pri danej vlnovej dĺžke) existuje niekoľko fyzických obmedzení použiteľnosti týchto spojok. Konkrétne nie je možné zlúčiť dva alebo viac vstupov s rovnakou optickou frekvenciou do jedného výstupu s jedinou polarizáciou bez toho, aby došlo k podstatným stratám v signáli. Takéto obmedzenia nenastávajú pri rozličných vstupných vlnových dĺžkach: existujú optické spojky, ktoré spájajú dva vstupy na rôznych vlnových dĺžkach do jedného výstupu, a to bez prejavovania sa nejakých veľkých strát. Takéto spojky sa využívajú napríklad vo vláknových zosilňovačoch na zlúčenie vstupného signálu a postupujúcej vlny. Ďalšie optické spojky citlivé na vlnovú dĺžku, sa používajú v multiplexoroch WDM (Wavelength Division Multiplexing) na zlučovanie niekoľkých vstupných kanálov s rozličnými vlnovými dĺžkami, alebo na oddelenie kanálov.

Optickými spojkami sa niekedy nahrádzajú aj optické konektory. Spojky sa často využívajú na distribúciu signálu, monitorovanie svetla a na meracie aplikácie. Ak prechádza svetlo zo zdroja do cieľa cez spojky, dochádza k stratám. Veľkosť strát sa zvyčajne udáva v dB medzi portami a závisí od návrhu a konštrukcie spojky.

V kombinácii s optickým detektorom, svetelným zdrojom a elektrickým napájaním môžu vzniknúť aktívne spojky.

Typy optických spojok

- typ zlučovač (combiner)
- typ rozdeľovač (splitter)
- typ X (2×2)
- typ hviezda (star coupler) – môže mať M vstupných a N výstupných portov. Signál z hociktorého vstupného portu tejto pasívnej spojky vchádza do všetkých výstupných portov. Z podstaty konštrukcie optickej spojky vyplýva, že počet portov je $2n$. Teda môže mať napr. 2 vstupné porty a 2 výstupné porty (táto 2-portová spojka sa zvyčajne nazýva riadená spojka alebo rozdeľovač), ďalej to môže byť 4 portová spojka (4vstupy+4výstupy), 8 portová, atď.
- typ strom (tree coupler) – pasívna optická spojka, ktorá má jeden vstup a M výstupov ($1 \times M$), alebo N vstupov a jeden výstup ($N \times 1$).

Všeobecné vlastnosti optických spojok

Výhody:

- univerzálnosť – môže byť použitých niekoľko druhov vlákien pre rôzne aplikácie
- konfiguračné nastavenia portov vytvárajú ideálne podmienky pre špecifické požiadavky
- malé rozmery redukujú požiadavky pre fyzický priestor
- vysoko definovateľné pomery spojenia (coupling ratios) slúžia na to, aby boli dodržané presne stanovené požiadavky užívateľa
- obal je navrhnutý tak, aby sa dodržovali rozmery, tvar, alebo požiadavky na drsnosť

- vlastnosti týchto spojok poskytujú bezproblémové integrovanie do existujúcich systémov

Hlavné znaky:

- single mód, multimód, rôzne typy optických vlákien
- konfigurácia niekoľkonásobných portov
- kompaktná veľkosť
- rôznorodé pomery spojenia (coupling ratios), od 50:50 až do 1:99
- PC, UPC a APC typy konektorov
- dostupné pre FC, SC, ST, LC a MU zakončenia

Aplikácie:

- telekomunikačné systémy
- digitálne a hybridné video systémy
- CATV systémy
- senzory
- ústredné kancelárie

Metódy spájania optických vlákien

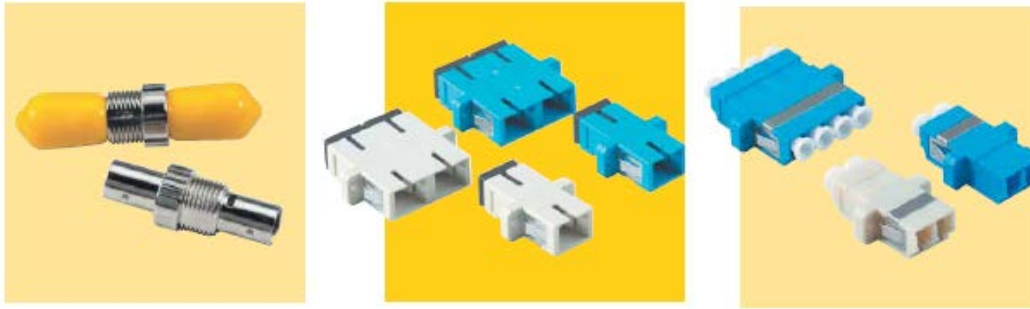
Metódy spájania optických vlákien delíme na nerozoberateľné (zváranie) a rozoberateľné spoje (konektory, mechanické spojky). Porovnanie metód spájania optických vlákien je uvedené v Tabuľke 1.

Tabuľka 1 Porovnanie metód spájania optických vlákien

Kritérium	Konektory	Mech. spojky	Zváranie
vložný útlm spätný odraz	0,2÷1 dB -20÷-65 dB	0,1÷0,2 dB -40÷-50 dB	0,04÷0,15 dB > -70 dB
potrebná zručnosť	vysoká	nízka	stredná
čas montáže	≈ 15 min	1 min	≈ 2 min
cena za spoj	vysoká 45 USD/spoj	stredná 15 USD/spoj	nízka < 1 USD/spoj

Príklady optických spojok

Spojky sú dostupné v rôznych prevedeniach, veľkostiach, konfiguráciách portov a špecifikáciách vlnových dĺžok, čo umožňuje vysoký stupeň flexibility pre čo najpresnejšie dodržanie požiadaviek zákazníkov. Na Obr. 1 sú zobrazené rôzne typy optických spojok.



Obr. 1. Rôzne typy optických spojok – zľava: spojka ST, spojka SC, spojka LC.

Optické väzobné členy

Moduly optických prepojovacích väzobných členov sa používajú, keď na rozhranie medzi periférnymi zariadeniami procesorov a elektronikou sú kladené nasledujúce požiadavky:

- malý výkon ovládacieho riadenia
- vysoké spínacie frekvencie
- žiadne rázy na kontaktných spojoch
- necitlivosť voči otrasom a okolitému prostrediu obsahujúcemu škodlivé látky
- dlhodobá životnosť nezávislá od počtu spínacích cyklov

Optický väzobný člen napr. môže multiplikovať optický signál prijímaný na vstupe až pre štyri výstupy, môže mať dosah 1,5 km s multimodálnym vláknom, RS232 rozhranie pre lokálny prístup, modulačnú rýchlosť 1,5 Mbaud, široký okruh napájania s funkciou vlastného monitorovania.



Obr. 2 Príklad optického väzobného člena

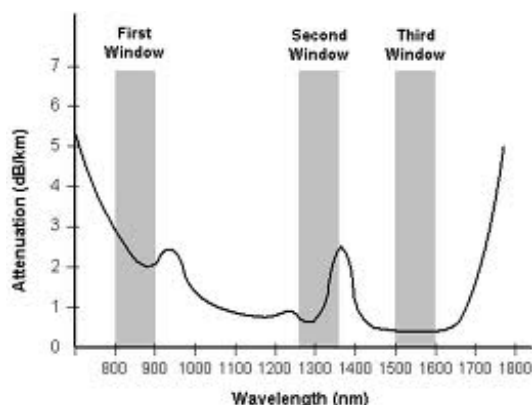
Literatúra

- [1] <http://www.plankoe.com/products/coupler.htm>
- [2] <http://w3.siemens.com/smartgrid/global/en/products-systems-solutions/protection/accessories/communication-equipment/pages/7xv5450.aspx#>

Optické vlákna a ich základné vlastnosti

Použitím optických vlákien (optical fiber) v prístupových sieťach je možné obslúžiť rozsiahle prístupové oblasti a integrovať doteraz existujúce siete.

Optické vlákna sa vyrábajú na báze kremičitého skla alebo na báze plastov (perfluorový amorfný polymér, a pod.). Využívajú sa na prenos informácie modulujúcej svetelné žiarenie z oblasti približne 800 až 1600 nm, teda z infračervenej oblasti. Spomínaný interval je však rozdelený na neprekrývajúce sa tzv. **optické okná** (optical windows), čo sú intervaly okolo 800 nm (1. optické okno), okolo 1310 nm (2. okno) a okolo 1550 nm (3. okno), oddelené intervalmi vlnových dĺžok nepoužiteľných z dôvodu vysokého útlmu spôsobeného rôznymi fyzikálnymi javmi (prímesami OH⁻, štruktúrou optických materiálov, a pod.). Ilustrácia závislosti tlmenia optických vlákien od vlnovej dĺžky je na Obr. 1.



Obr. 1 Závislosť tlmenia vlákna od vlnovej dĺžky svetla. Optické okná I., II., III (first, second, third).

Okno 850 nm sa už v telekomunikáciách bežne nevyužíva. K spomínaným trom oknám v poslednom období pribudlo IV. okno v oblasti 1565 až 1610 nm, určené pre systémy WDM (Wavelength Division Multiplex) s novými druhmi zdrojov žiarenia, a V. okno, spojené s II. oknom vďaka novej technológii výroby, eliminujúcej množstvo prímiesi OH⁻.

Konštrukčne je vlákno pod ochrannými obalmi zložené z dvoch optických (priehľadných) vrstiev s odlišným indexom lomu: z jadra (core) a plášťa (cladding). Na ich rozhraní pri správnom naviazaní svetla do jadra dochádza k totálnemu odrazu, čo umožňuje svetlu šíriť sa v jadre s malými stratami, a keďže ide o šírenie svetla – vyššími rýchlosťami, než je to pri šírení elektrického signálu v elektrickom vedení. Energeticky aj z pohľadu rýchlosti je preto prenos signálu optickými vláknami výhodnejší, než prenos jeho elektrickej verzie pomocou metalických vedení. Problém a väčšie straty pri šírení svetla v optickom vlákne však môžu nastať pri ohnutí vlákna už od malých odchýlok, pretože v takomto prípade princíp totálneho odrazu nie je dodržaný, a istá časť svetla prechádza do plášťa. Optické vlákna sú všeobecne citlivé na zaobchádzanie, čo bude ešte opísané nižšie.

Základné fyzikálno-optické vlastnosti materiálu optických vlákien, ktoré určujú ich parametre

Index lomu – n je funkciou materiálových konštánt:

$$n = \sqrt{\mu_r \epsilon_r},$$

kde μ_r je relatívna permeabilita a ϵ_r je relatívna permitivita optického materiálu vlákna.

Pomer rýchlosti svetla c a indexu lomu n dáva tzv. **fázovú alebo skupinovú** (grupovú) rýchlosť, t. zn. rýchlosť, akou sa šíri skupina svetelných lúčov s blízskymi vlnovými dĺžkami, prenášajúca dáta tvoriace jednu službu (obraz a pod.)

$$v = \frac{c}{n} = \frac{\omega}{k} = f \cdot \lambda,$$

kde ω je uhlová rýchlosť, k je vlnové číslo, λ je vlnová dĺžka [m] a f je frekvencia [Hz].

Pre vlnové číslo k platí:

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

a v prípade spojitého prenosového spektra pre skupinovú rýchlosť samozrejme platí:

$$v = \frac{\delta\omega}{\delta k}$$

Rýchlosť, akou sa svetelný signál šíri vo vlákne, je pritom asi dvojtretinová oproti rýchlosti jeho šírenia c vo vákuu (c je približne 3×10^8 m/s).

Parametre optických vlákien

Parameter **chromatická disperzia** [ps/nm.km – pikosekundy ...] je dôležitá vlastnosť optického materiálu charakterizujúca rozdiely medzi dobami prenosu svetiel s rôznymi vlnovými dĺžkami v danom materiáli. To samozrejme súvisí s rýchlosťou svetla a s indexom lomu. Dobrou a zapamätateľnou ilustráciou tejto vlastnosti, je rozklad zloženého (napr. bieleho) svetla na jeho jednotlivé (spektrálne) zložky na rozhraní napr. optického hranola, alebo na kvapkách dažďa, čo je známy efekt dúhy. Disperzia zloženého svetla prenášajúceho vo vlákne jednu službu môže byť problémom na prijímacej strane, a spôsobiť rozdiel oneskorenia jednotlivých zložiek kompozitného signálu.

Od disperzie z vyššie uvedených dôvodov závisí parameter **maximálna modulačná šírka pásma** použiteľná pre prenos signálu pri danom type vlákna.

Parameter **tlmenie** (v skutočnosti merné tlmenie) a je definovaný nasledovne:

$$a = 10 \log \frac{P_1}{P_2} / \text{dĺžka [dB/km]},$$

kde P_1 je výkon signálu naviazaného do vlákna a P_2 je výkon signálu vystupujúceho z vlákna. Tlmenie je spôsobené absorpciou svetla (čo závisí od typu materiálu, nečistôt, atómových porúch), rozptylom a geometrickými vplyvmi. Vlákna na báze kremíka majú tento parameter výrazne nižší, než plastové vlákna. Sú to hodnoty už takmer na hranici fyzikálneho minima (spôsobeného Rayleighovým rozptylom – 0,28 dB/km pri 1310nm a 0,14 dB/km pri 1550 nm) Tiež treba mať na pamäti, že so zvyšujúcou sa vlnovou dĺžkou tlmenie vlákna klesá, čo už bolo uvedené vyššie. Útlm je však veľmi ovplyvnený kvalitou kladenia káblov (polomery ohybov), kvalitou spájania, rozbočovania, konektormi, údržbou, atď. Narastá aj starnutím.

Okrem použitého materiálu (sklo, plasty) môžeme optické vlákna rozdeliť do 2 skupín z hľadiska ďalšieho parametra, a to **počtu prenášaných vidov**:

- **Jednovidové** – prenos len jednej vlnovej dĺžky.

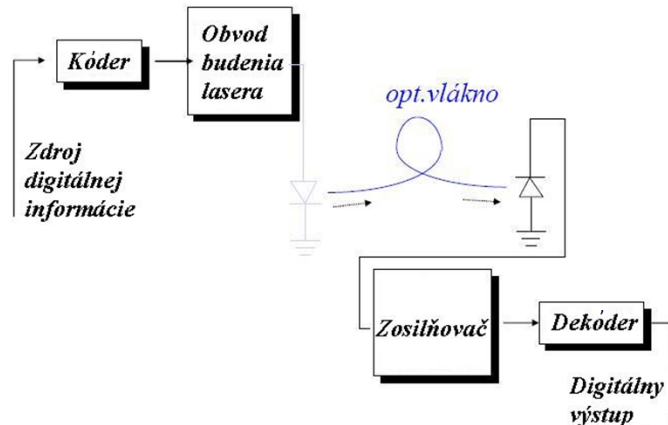
Majú menší priemer (menej než 10 μm). Využívajú sa v PON (Pasívne optické siete), a to prednostne okno 1310 nm (konkrétne 1260 až 1360 nm). Pri použití diplexu sa v smere od OLT (Optical Line Termination – zakončenie linky na strane poskytovateľa) k ONU (Optical Network Unit – zakončenie na strane užívateľa) využíva aj okno 1550 nm (1480 až 1580 nm).

- **Mnohovidové** – prenos viacerých vlnových dĺžok súčasne.

Majú väčší priemer (50 μm až stovky μm), pričom profil indexu lomu materiálu vlákna od stredu ku jeho okraju môže mať charakter skokový alebo plynulý (gradientný).

Optické zdroje laserové

LASER (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation - zosilňovanie svetla stimulovanou emisiou žiarení) je optický zdroj elektromagnetického žiarenia, tj. svetla v širšom zmysle. Svetlo je z lasera vyžarované vo forme úzkeho zväzku; na rozdiel od svetla prirodzených zdrojov je koherentné a monochromatické. Princíp lasera využíva zákony kvantovej mechaniky a termodynamiky.



Obr 1. Zapojenie obvodu s laserovým budením: Zdroj digitálnej informácie → Kóder → Obvod budenia lasera → Optické vlákno → Zosilňovač → Dekóder → Digitálny výstup

Základný koncept

- Absorpcia a emisia - vyžarovanie a pohlcovanie fotónov.
- Stav teplotnej rovnováhy - počet prechodov elektrónov „hore“ a „dolu“ je rovnaký.
- Rýchlosť prechodu - rýchlosť prechodu medzi dvoma energetickými hladinami.
- Stimulovaná vs. spontánna emisia.
- Populačná inverzia - podmienky: malá absorpcia, malá spontánna emisia, veľká stimulovaná emisia.
- Materiálový zisk - závisí od aktívneho materiálu, ktorý prenáša fotóny.
- Fabry - Perotov rezonátor - dĺžka dutiny musí byť celočíselným m -násobkom polovičky vlnovej dĺžky uvažovanej v materiáli dutiny, aby mohla nastať rezonancia.
- Prah vzniku oscilácie – oscilácia vzniká, ak sa strata rezonátora rovná jeho zosilneniu.

Polovodičové lasery

- Vlastné polovodiče - čisté polovodičové prvky ako kremík, germánium
- Polovodiče typu N - vznikajú pridaním päťmocného prvku do čistého štvormocného kremíka, päťmocný prvok nazývame donor
- Polovodiče typu P - vznikajú pridaním trojmocného prvku do čistého štvormocného kremíka; trojmocný prvok nazývame akceptor.
- PN priechod - oblasť na rozhraní prímiesového polovodiča typu P a polovodiča typu N. Tento priechod sa chová ako hradlo, a prepúšťa elektrický prúd iba jedným smerom.
- Degenerovaný PN priechod - silne polarizovaný priechod v priepustnom smere.
- Laser s homoprechodom - skladá sa z Fabry - Perotovho rezonátora polovodiča typu P a polovodiča typu N.
- Lasery s heteroprechodom - skladá sa z dvoch polovodičov typu P a polovodiča typu N.

Optické a elektrické charakteristiky polovodičových laserov

- Účinnosť – podiel medzi zmenou počtu fotónov na výstupe k odpovedajúcemu počtu injektovaných fotónov; typicky 40 – 60%.
- Závislosť prahového prúdu na teplote – s rastúcou teplotou rastie aj prahový prúd.
- Dynamické správanie.
- Šum
 - a) Relatívny intenzívny šum (RIN)
 - b) Fázový, alebo frekvenčný šum
 - c) Šum z dôvodu nestability výkonu vidov (MVL)
 - d) Spätné odrazy do rezonátorov laserov
- Stabilita výkonu vidov
- Väzba lasera k optickému vláknu
 - e) Priama väzba (10% účinnosť)
 - f) Použitie mikroočiek (65% účinnosť)
 - g) Konfokálny systém šošoviek (40% účinnosť)

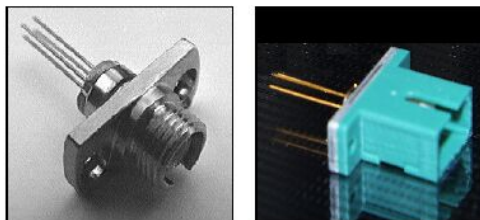
Hlavné druhy laserových zdrojov

Laserové diódy (LD)

Najvýznamnejšie použitie LD je v optických telekomunikačných systémoch, kde sa na prenos využívajú optické vlákna v oblastiach vlnových dĺžok 800-900nm a 1,3-1,55 μ m. Laserové diódy prevádzajú elektrický signál v podobe modulačného elektrického prúdu na odpovedajúci optický signál, ktorý je naviazaný do optických vlákien a nimi prenášaný na malé alebo veľké vzdialenosti.



Obr. 2 Pigtailové laserové diódy



Obr. 3 Laserové diódy s konektorom pre optické vlákno, typ FC a SC

Laserové diódy majú mnoho výhodných vlastností; pre technickú prax sú najdôležitejšie:

- vysoká účinnosť premeny elektrickej energie na energiu optického žiarenia
- malá zotrvačnosť umožňujúca moduláciu lasera až do frekvencie 1010 Hz
- miniatúrne rozmery, vysoké hodnoty zisku
- jednoduchosť súčiastky, nízkonapäťové napájanie a zlučiteľnosť s integrovanými obvody

Súčasné technológie dovoľujú pripraviť lasery so zaručenými parametrami. Uvedené okolnosti spôsobujú, že LD majú široké aplikačné možnosti.

DFB Laser (Distributed Feedback Laser)

Sú vhodným zdrojom pre systémy integrovanej optiky pre pásmo 1,3-1,55 μm , pretože nahradením Fabry - Perotovho rezonátora optickou mriežkou umožňujú jednomódový režim (perióda mriežky určuje vlnovú dĺžku žiarenia) pri kvalitnom napojení na optický vlnovod. Ďalšou výhodou je ich zlučiteľnosť s planárnymi vlnovodmi pripravenými na jednej podložke, teda ich jednoduchá výroba. DFB lasery dosahujú veľmi úzku spektrálnu šírku (pod 1 nm) a poskytujú modulačnú šírku pásma hlboko do oblasti GHz. Používajú sa v rôznych aplikáciách vrátane komunikácií s optickými vláknami pre vlnové dĺžky 1300 a 1550 nm.

DBR Laser (Distributed Bragg Reflector)

Patria do tej istej kategórie ako DFB. Pri tomto type sa generácia optického žiarenia a spätná väzba (opäť pomocou optickej mriežky) uskutočňuje v samostatných častiach štruktúry. Používajú sa dva typy konštrukcie, s jedným alebo s dvoma Braggovými zrkadlami. V bežnej praxi sa častejšie stretávame s typom s dvoma Braggovými zrkadlami na koncoch vlnovodu.

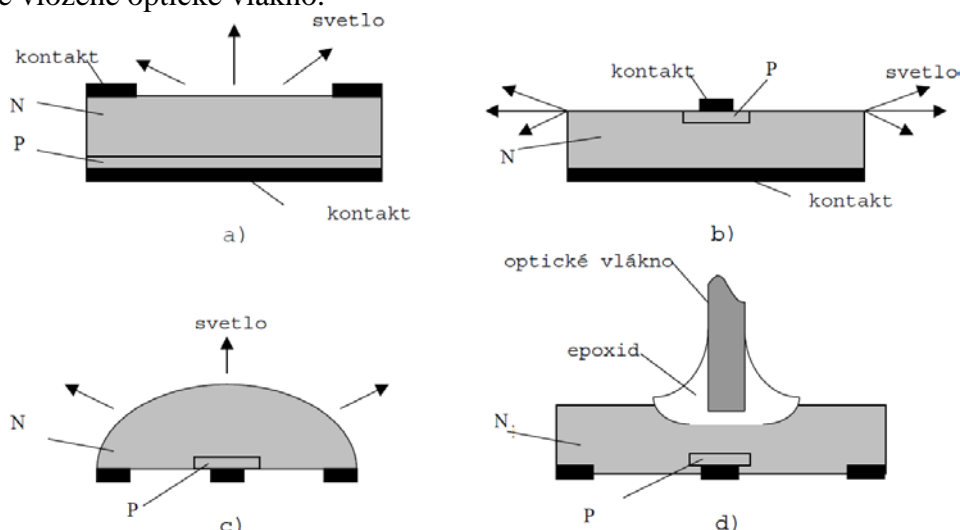
Optické zdroje - LED

Najbežnejšie využívané optické vysielачe sú tvorené optickými polovodičovými prvkami ako sú LED diódy alebo laserové diódy (LD). LED dióda (Light-Emitting Diode) je polovodičová elektronická súčiastka, ktorá vyžaruje úzkospektrálne svetlo, keď ňou prechádza elektrický prúd v priepustnom smere. Svietiaci efekt je následkom žiarivej rekombinácie páru elektrón - diera a je formou elektroluminiscencie. Konštrukčne sa materiály pre LED volia tak, aby emitovali svetlo v oblasti blízkej infračervenému žiareniu. Najčastejšie sú zhotovené z intermetalických zliatin (polovodičových zlúčenín), a to z arzenidu gália (GaAs), fosfidu gália (GaP), alebo zo zliatin typu gálium-arzenid-fosfid (GaAsP).

Základné typy LED

Vo vysielacích systémoch pre optické vlákna sa najbežnejšie používajú štyri základné typy LED (Obr. 1):

1. obyčajné plošné (planar), alebo tiež čelne emitujúce, označované ako S-LED, majú potenciálne najvyššiu prenosovú rýchlosť, ale majú príliš veľkú plochu emitujúceho svetla, čo pri určitom prúde v priepustnom smere spôsobuje, že emitujú menej svetla než ostatné typy LED.
2. hranovo emitujúce (edge), E-LED produkujú väčšinu svojho svetla bočnými hranami. Napriek tomu, že produkujú menej svetla než čelne emitujúce LED, ich geometria umožňuje sústrediť do vlákna viac svetla.
3. polgulové MESA (dome), sú účinnejšie vďaka svojej geometrii. Priechod medzi materiálmi typu P a N je konštruovaný ako pologuľa. Toto zaisťuje, že žiarenie nedopadá na rozhranie LED/epoxid pod uhlom, ktorý by prekročil medzný uhol. LED-diódy tohto typu sa používajú iba ako svetelný zdroj pre zväzky optických vlákien.
4. Burrusove (B-LED), sú vylepšením plošného emitovania a bežne sa používajú ako svetelné zdroje pre jednotlivé vlákna. Do vrchnej plochy polovodiča typu N je vyleptaná priehlbina, a do nej je vložené optické vlákno.



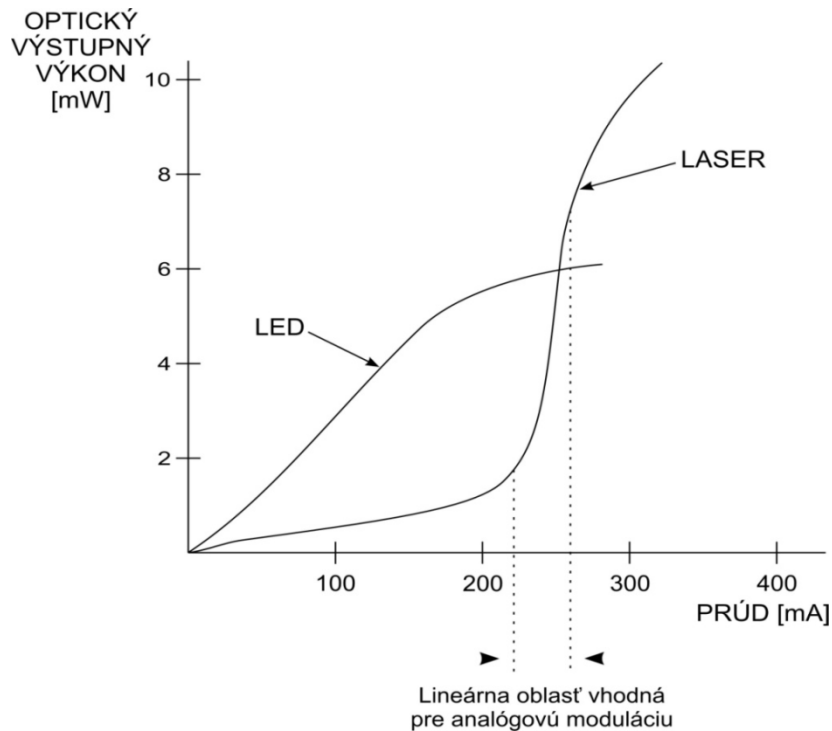
Obr. 1 Typy LED a) plošná dióda, b) hranovo emitujúca dióda, c) polgulová dióda d) Burrusova dióda

Vstupné charakteristiky LED

Elektrický výkon potrebný na budenie LED je vo všeobecnosti podobný ako u laserových diód, s typickou úrovňou prúdov medzi 20 až 300 mA a úbytkom napätia 1,2 až 2,5 V.

Výstupné charakteristiky LED

Výstupné charakteristiky zdrojov svetla typu LED sa však podstatne líšia od LD (Obr. 2). Typický výstupný optický výkon LED je medzi 1 až 7 mW. Linearita výstupnej charakteristiky LED ako zdroja svetla je dôležitá zvlášť pre aplikáciu v analógových prenosových systémoch. V prvom priblížení sa zdá výstupná charakteristika LED lineárna v širokom rozsahu, pretože výstupný optický výkon je priamo úmerný budiacemu prúdu. Väčšina LED má však nelineárnu výstupnú charakteristiku v dôsledku pôsobenia javov spojených s generáciou tepla v priechode (ohriatím priechodu). Toto buď ohraničuje aplikáciu takýchto LED v analógových systémoch alebo si vyžaduje aplikáciu obvodov na linearizáciu výstupnej charakteristiky.



Obr. 2 Rozdiel výstupných charakteristík LED a LD

Optická šírka čiary $\Delta\lambda$

Svetlo produkované zdrojom LED je nekoherentné (svetlo rôznej vlnovej dĺžky s meniacou sa fázou) s pomerne veľkou optickou šírkou, a to 35 až 55 nm, oproti laserovému zdroju (0,01 pri DFB laseri, 2 nm pri jednovidovom FB laseri). Nenulová šírka spektra spôsobuje v dôsledku materiálnej disperzie rozšírenie optických impulzov v optickom vlákne. LED sa používa väčšinou pri mnohovidových (MM - Multi-Mode) optických vláknach (Obr.3).

jednovidové optické vlákno	mnohovidové optické vlákno
menšie jadro (5 – 8 μm)	väčšie jadro (50 μm alebo 62,5 μm)
slabšie pohlcovanie svetla	silnejšie pohlcovanie svetla
dosah na 3 km	dosah na 2 km
zdrojom svetla je LASER	zdrojom svetla je LED
využitie v chrbticovej sieti	využitie v LAN

Obr. 3 Porovnanie jednovidového a mnohovidového vlákna

Účinnosť naviazania optického výkonu

Pri elektrickom vstupnom výkone (~ 200 mW) je LED schopná do optického vlákna (priemer jadra $\sim 50\mu\text{m}$) dodať optický výkon $300\ \mu\text{W}$ a LD až 3 mW. Pritom celkový emitovaný optický výkon pre LED je ~ 7 mW a pre LD ~ 10 mW. Omnoho väčší naviazaný optický výkon je často hlavným kritériom pre voľbu LD ako zdrojov svetla na prenos pre veľké vzdialenosti, pretože účinnosť naviazania LD je 7x lepšia. LED sú vhodnejšie pre lacné aplikácie, ako sú napríklad zdroje pre vysieláče na krátke vzdialenosti, pretože sú omnoho ekonomickejšie ako LD.

Impulzová odozva

Rýchlosť odozvy LED je určená fyzikálnymi mechanizmami emisie svetla. Definuje sa ako čas návratu optického výkonu z 10% na 90% svojej hodnoty pri buzení ideálnym prúdovým impulzom. Rýchlosť odozvy súčasne dostupných LED je medzi 2 až 50 ns, čo poskytuje rôzne šírky pásma od 7 do 175 MHz. LED sú preto predurčené pre komunikačné systémy s relatívne malou šírkou pásma.

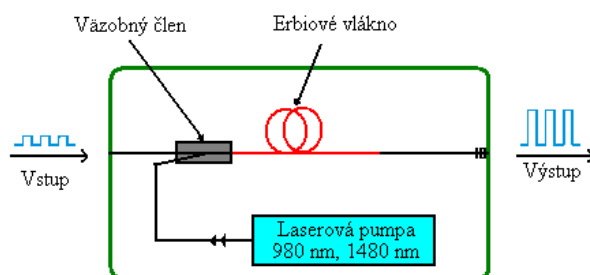
Optické zosilňovače

Optické zosilňovače (Optical Amplifiers – OA) sú zariadenia primárne určené na zosilnenie signálu šíriaceho sa v optickom vlákne, teda svetla. V tejto kapitole bude opísané fungovanie troch druhov optických zosilňovačov.

Vstupný signál je modulovaný na vlnovú dĺžku, ktorú je optický vodič schopný optimálne preniesť. Vzhľadom k nerovnakej veľkosti útlmu pre rôzne vlnové dĺžky sú používané také vlnové dĺžky, pri ktorých je útlm minimálny. Sú to najmä hodnoty okolo 850 nm, 1310 nm (tzv. S band) a 1550 nm (C band). Oblasť okolo 850 nm je veľmi úzka a má stále pomerne veľký útlm. Táto oblasť sa využíva pri prenose na krátke vzdialenosti. Prechodom optického signálu vedením dochádza k jeho útlmu. Po určitej vzdialenosti je potrebné signál zosilniť tak, aby dorazil v prijateľnej podobe do cieľovej lokality. Zároveň si ale musíme uvedomiť, že nebudeme zosilňovať iba jeden signál, ale všetky, ktoré vedením prechádzajú. Keby sa celá operácia mala prevádzať prevodom všetkých prenášaných vlnových dĺžok na príslušné elektrické signály (takto to fungovalo u prvých OA), ktoré by sa následne zosilnili a opäť previedli na optický signál, predstavoval by takýto zosilňovač značne nákladné riešenie. Kľúčovou technológiou pre rozvoj DWDM sietí sú optické zosilňovače (OA), ktoré dokážu opticky zosilniť všetky signály, ktoré vedením prechádzajú.

Zosilňovač EDFA

Najčastejšie používaným je zosilňovač používajúci niekoľko metrov dlhé optické vlákno obohatené erbiom (Erbium-doped fiber amplifier, EDFA). Do tohto vlákna je privedený DWDM signál a zároveň je k nemu pripojený laserový zdroj (laserová pumpa) pracujúci v pásme 850nm, vid'. Obr. 1. Energia dodávaná laserom spôsobí prechod elektrónu erbia do excitovaného stavu, teda na najvyššiu energetickú hladinu. Pokiaľ v tejto dobe príde do EDFA signál s vlnovou dĺžkou okolo 1550nm, spôsobí pád elektrónu späť do základnej energetickej hladiny, ale zároveň je emitovaný fotón o presne rovnakej vlnovej dĺžke, akú mal vstupný signál. Vstupný signál je teda takto zosilnený. Pretože excitovaný stav je veľmi nestabilný a trvá len veľmi krátku dobu, môže sa stať, že počas tejto doby sa neobjaví žiadny zosilňovaný signál. Elektrón potom prejde do základného stavu za súčasného uvoľnenia fotónu, čo je nežiadúci efekt zavádzajúci do prenosu šum.

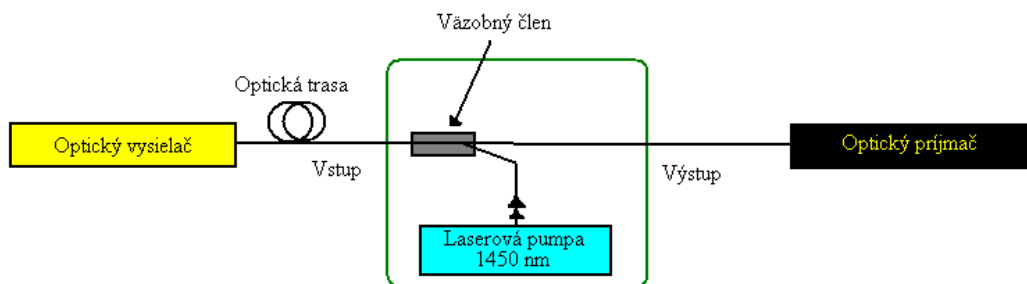


Obr. 1 Bloková schéma EDFA zosilňovača tvorená laserovým zdrojom (pumpou) a špeciálnym optickým vláknom.

Je potrebné dodať, že optické zosilňovače sa tiež často používajú po multiplexingu a pred demultiplexingom. Zároveň ale tiež, že optický zosilňovač iba zosilňuje a neupravuje tvar signálu (reshape) a časovú informáciu (retime). Tento typ zosilňovača umožní zvýšenie úrovne signálu až o 50 dB. Prvýkrát sa začal objavovať v 80. rokoch 20. storočia.

Ramanov zosilňovač

Ďalším najčastejšie používaným optickým zosilňovačom je Ramanov zosilňovač (Raman amplifier). Tento zosilňovač pracuje na základe javu nazývaného Ramanov rozptyl. Podstata tohto javu je vo vzájomnej interakcii svetla šíriaceho sa v určitom prostredí, ktorého dôsledkom je frekvenčný posuv. Princíp činnosti Ramanovho zosilňovača spočíva vo vytvorení stimulovaného Ramanovho rozptylu SRS (Stimulated Raman Scattering) v materiáli optického vlákna. Pri tomto rozptyle dochádza k presunu energie z nižších vlnových dĺžok na vyššie a tak aj k zosilneniu signálu. Zosilnenie optického signálu nastáva priamo vo vlastnom vlákne prenosovej trasy. Nie je teda nutné žiadne špeciálne vlákno. Na Obr. 2 môžeme vidieť blokovú schému Ramanovho zosilňovača. U tohto typu zosilňovača sa nedosahuje také veľké zosilnenie ako u EDFA. Úroveň signálu sa zvyšuje o 15 až 20 dB.



Obr. 2 Bloková schéma Ramanovho zosilňovača

Zosilňovač PDFA

Ďalším typom je zosilňovač PDFA, ktorý je vhodný na zosilnenie v dátových prenosových systémoch alebo signálu CATV (Cable Access TeleVision - káblová televízia) v pásme 1310 nm. V oblasti CATV sa v tomto pásme jedná o nové, najprv nedostupné využitie zosilňovačov, ktoré prinášajú nové možnosti návrhu CATV trás. Viac-menej využitie pre telekomunikačné prenosy môže vnieť nové pohľady na návrh diaľkových alebo vysoko-rýchlostných dátových prenosových trás.

Literatúra

Firemné stránky: HT - HANGZHOU HUATAI OPTIC TECH. CO., LTD
RP – Photonics
a pod.

ORBCOMM

ORBCOMM je telekomunikačná spoločnosť, ktorá poskytuje prenos dát bezdrôtovou formou M2M (Machine-to-Machine), využitím nízkoletiacich satelitov LEO (Low Earth Orbit) a pozemných staníc. Architektúra ORBCOMM sa skladá zo štyroch častí:

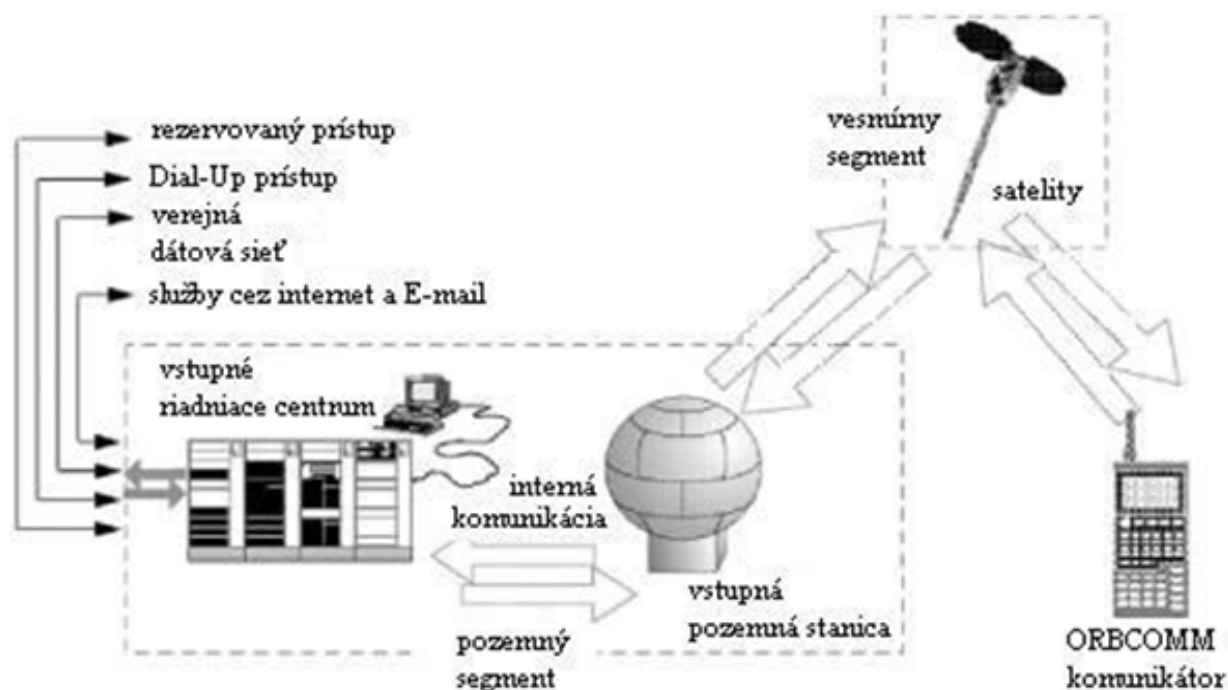
- Space Segment – vesmírny segment
- Ground Segment – pozemný segment
- User Equipment – užívateľské zariadenie (komunikátor)
- GSM Segment -

Základnými heslami systému sú:

- Globálnosť - užívatelia nie sú teritoriálne obmedzení
- Mobilný e-mail - komunikátor má pridelenú vlastnú e-mailovú schránku
- Cenová dostupnosť – cenovo prijateľné zariadenia a služby

Ako pracuje ORBCOMM?

Správa z komunikátora je prenesená na družicu, a z nej späť na Zem do vstupných pozemných staníc GES (Gateway Earth Station), odtiaľ do kontrolného centra GCC (Gateway Control Center), a z GCC sa posiela koncovým adresátom prostredníctvom Internetu .



Obr. 2: Architektúra systému ORBCOMM

Vesmírny segment

- Tvorí ho 30 satelitov, ktoré sú vo výške 775 km nad povrchom Zeme.
- Družice sú malé a ľahké a nepotrebujú pohonné hmoty.
- Pracujú s frekvenciami v pásmach VHF a UHF
- Pri komunikácii sa využíva DCAAS (Dynamic Channel Activity Assignment System)
- Družice majú schopnosť smerovania paketov, vrátane schopnosti store-and-forward (ukladať a prenášať).

Pozemný segment

Gateway Earth Station (GES) – Pozemný anténový systém

- Skladá sa z dvoch parabol s uzavretými VHF anténami, ktoré pracujú nezávisle.
- Sleduje a zabezpečuje komunikáciu, prenáša správy a telemetrické informácie medzi satelitmi a GCC.
- Sleduje stav hardvéru miestnych GES.

Gateway Control Center (GCC) – Pozemné kontrolné centrum

- Spracúva dáta a umožňuje prepojenie s pozemnými komunikáciami.
- Rozhranie GCC umožňuje integráciu systému do existujúcich alebo nových informačných systémov.

Network Control Center (NCC) – Sieťové kontrolné centrum

- Spravuje prvky ústredne, monitoruje a kontroluje satelity a výkon, poskytuje nástroje pre príkazy, kontrolu a analýzu satelitov

Užívateľské rozhranie a GSM segment

Užívateľské rozhranie - ORBCOMM komunikátory

- Môžu byť vybavené GPS (Global Positioning System) a SATA (Serial Advanced Technology Attachment – rozhranie pre prepojenie adaptéra hlavnej zbernice s veľkokapacitnými úložiskami dát) rozhraním.
- Umožňujú pripojenie do privátnych alebo verejných sietí.
- Inštalujú sa na nákladné automobily, vlaky, lode, atď.
- Majú výkon 5W, dynamický rozsah -116 až -80 dBm a dokážu pracovať v teplotách od mínus 30 do plus 60 °C.

GSM segment - spolupracuje s vrstvou 1 GSM

- Nonstop poskytuje technickú podporu.
- Ponúka kombináciu GSM / GPRS / EDGE sietí s LEO satelitnou sieťou, pre poskytnutie M2M sieťových služieb.

Literatúra

- [1] <http://www.orbcomm.cz/>
- [2] <http://www.orbcomm.com/>

PBX (Private Branch Exchange)

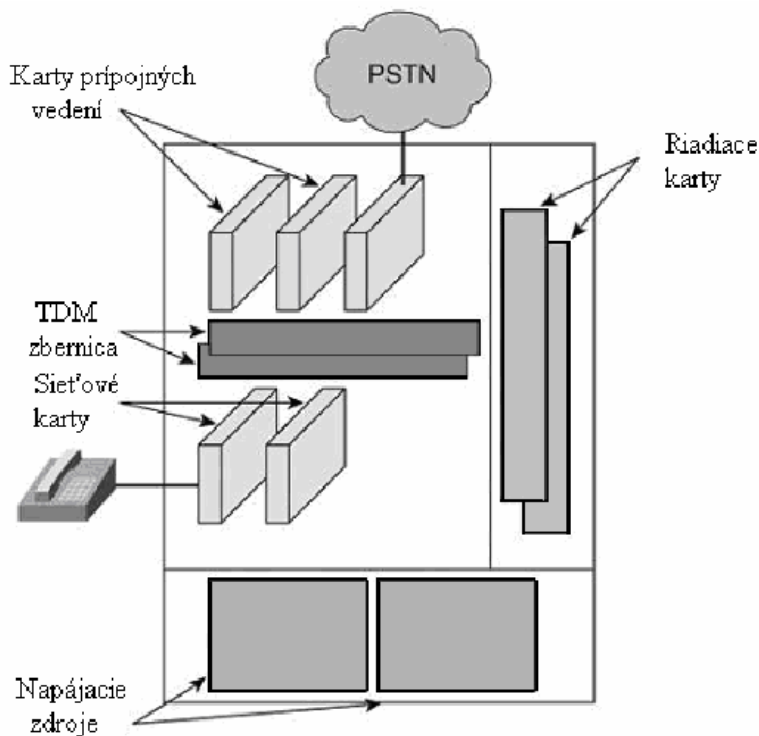
PBX je pobočková telefónna ústredňa, zariadenie, ktorého úlohou je vytvárať telefonické spojenia v internej sieti organizácie. Nahrádza tak veľké telefónne spoločnosti, ktoré poskytujú tieto a iné služby širokej verejnosti. Samozrejme umožňuje spojenie aj s verejnými sieťami. Hlavnou výhodou PBX je úspora nákladov na interné telefónne hovory. Časom začali PBX ponúkať rozšírené služby napr. presmerovanie hovoru, alebo rozšírené vytáčanie. PBX nekomunikuje len s telefónmi, dokáže obsluhovať faxy, modemy a iné podobné zariadenia.

PBX sa tiež označujú ako:

- PABX (Private Automatic Branch Exchange) – automatické PBX
- EPABX (Electronic PABX) elektronické automatické PBX

Komponenty systému PBX (Obr.1)

- integrovaný obvod slúžiaci na spracovanie dát a riadenie systému
- karty pre spínanie, riadiace karty, napájacie karty a inak súvisiace zariadenia
- koncové zariadenia, niekedy nazývané aj linky
- vonkajšie zbernice, ktoré doručujú signály do/od PBX
- konzola, ktorá umožňuje operátorovi kontrolovať prichádzajúce hovory
- neprerušiteľný zdroj energie pozostávajúci zo snímačov, vypínačov a batérií
- kabeláž
- skrinky, iné úložné zariadenia



Obr. 1 Základná štruktúra pobočkovej ústredne

Funkcie PBX

Pobočkové ústredne plnia 4 hlavné úlohy spracovania volaní (Obr.2):

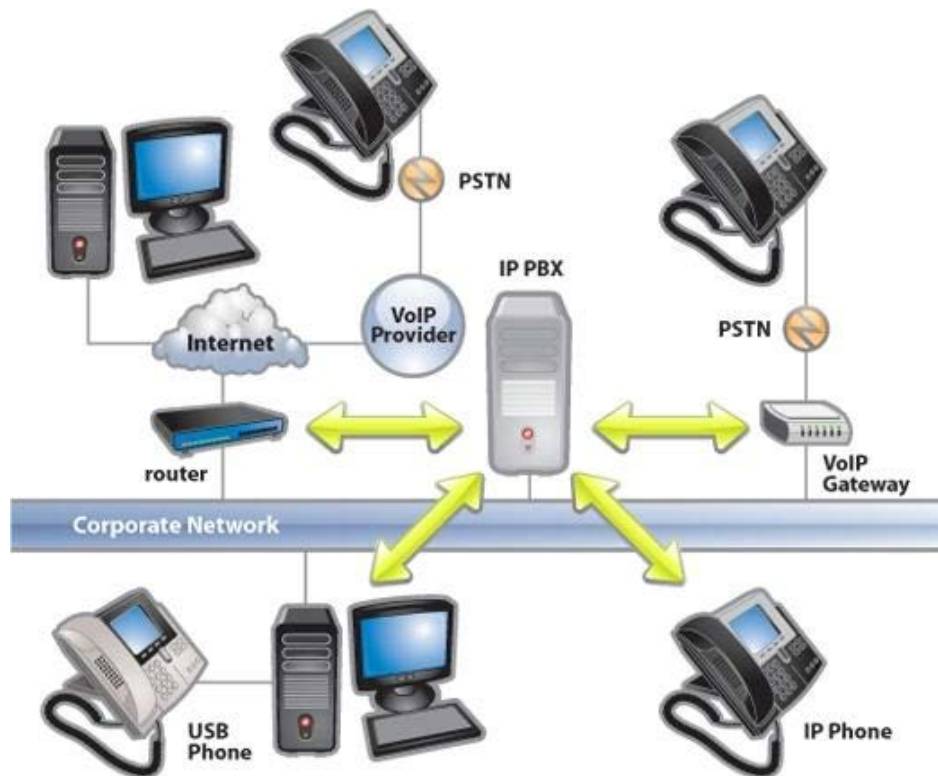
- vytváranie spojenia medzi telefónnymi prístrojmi dvoch účastníkov (zistenie či je telefón obsadený, ...)

- udržiavanie spojenia
- zrušenie spojenia
- poskytovanie informácií pre účtovné účely, napr. meranie hovorov,...

Okrem týchto základných funkcií poskytuje PBX aj mnoho iných, napr. blokovanie hovoru, automatické vytáčanie, konferenčné hovory, DND (Do-Not-Disturb – „nerušiť“).

Jedným z najnovších trendov v oblasti PBX je vývoj VoIP PBX, známy aj ako IP-PBX, alebo IPBX, ktorý na vytváranie spojení využíva internetový protokol (IP). Väčšina moderných ústrední podporuje VoIP.

ISDN PBX nahradili niektoré pôvodné PBX z 90-tych rokov, pretože ISDN ponúka iné možnosti ako obyčajné analógové, alebo polodigitálne siete, napr. konferenčné hovory, presmerovanie hovorov, alebo programovateľné ID volajúceho.



Obr. 2 Príklad fungovania IP PBX vo firemnej sieti.

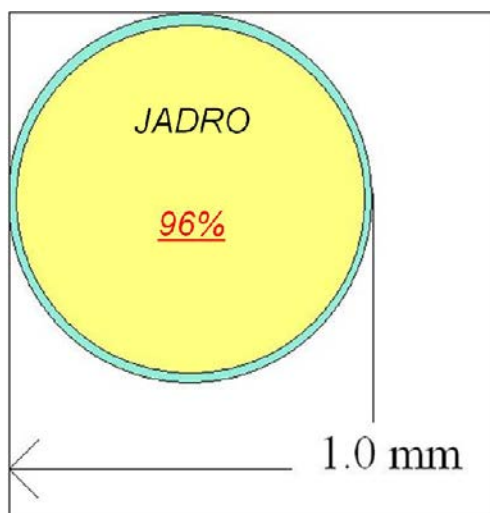
Literatúra

- [1] <http://www.tech-faq.com/pbx.shtml>
- [2] <http://www.pbxinfo.com/>
- [3] <http://www.voip-news.com/pbx/>
- [4] <https://www.silabs.com/applications/communicationstelecom/Pages/PBX.aspx>

PLASTOVÉ OPTICKÉ VLÁKNA

Plastové optické vlákno (Plastic Optical Fiber - POF) je najčastejšie vyrobené z PMMA (polymetylmetakrylát – mnohoúčelová živica) ako základného materiálu a z fluorovaných polymérov ako obalového materiálu.

Jadro, ktoré uľahčuje prenos svetla, zaberá v priereze vlákna 96 % (Obr. 1).



Obr. 1 Prierez plastovým optickým vláknom (POF)

Napriek širokému využitiu kremenných optických vlákien v infraštruktúrach boli práve POF nazvané „spotrebiteľskými“. Je to spôsobené tým, že náklady na POF, ich spoje, konektory a všeobecné náklady na inštaláciu, sú nízke.

PMMA plastové optické vlákno sa využíva na prepojenie krátkych vzdialeností pre elektronické zariadenia a motorové vozidlá:

- digitálne rozhrania domácich spotrebičov
- domáce siete
- siete v automobiloch

Tiež boli vyvinuté ďalšie typy plastových optických vlákien, vrátane fluórovaných a polykarbonátových.

Charakteristiky POF

POF využíva na prenos svetla oveľa väčší priemer ako kremičité optické vlákna. Plastové optické vlákno má priemer 1000 μm , pričom priemer jadra prenášajúceho svetlo je 980 μm . Vzhľadom k svojej veľkosti, je prenos možný, aj keď konce vlákna sú mierne znečistené alebo poškodené, alebo keď nie je os svetla presne v strede. Vďaka tomu môžu byť rôzne diely lacnejšie, ako napríklad optické konektory, a montážne práce sú tiež jednoduchšie.

POF je silné a veľmi ťažko ohýbatelné. Stratí len malé množstvo svetla, keď sa ohne s polomerom 25 mm, takže môže byť inštalované v úzkych trubiciach. Je tiež vhodné pre osvetlenie v tesných miestach.

Inštalácia POF je jednoduchá. Existuje niekoľko spôsobov, ale ten najbežnejší pre ľahšie prenosové aplikácie je Hot Plate metóda. Využíva fakt, že vlákno je z plastu, takže konce vlákien sa nahrejú, zmäknú, potom sa stlačia plochami zrkadlovo proti sebe. Tento proces je rýchly a môže sa zopakovať s veľmi malou odchýlkou. Inštalácia je jednoduchá aj pre tých, ktorí ešte nikdy nemanipulovali s optickými vláknami.

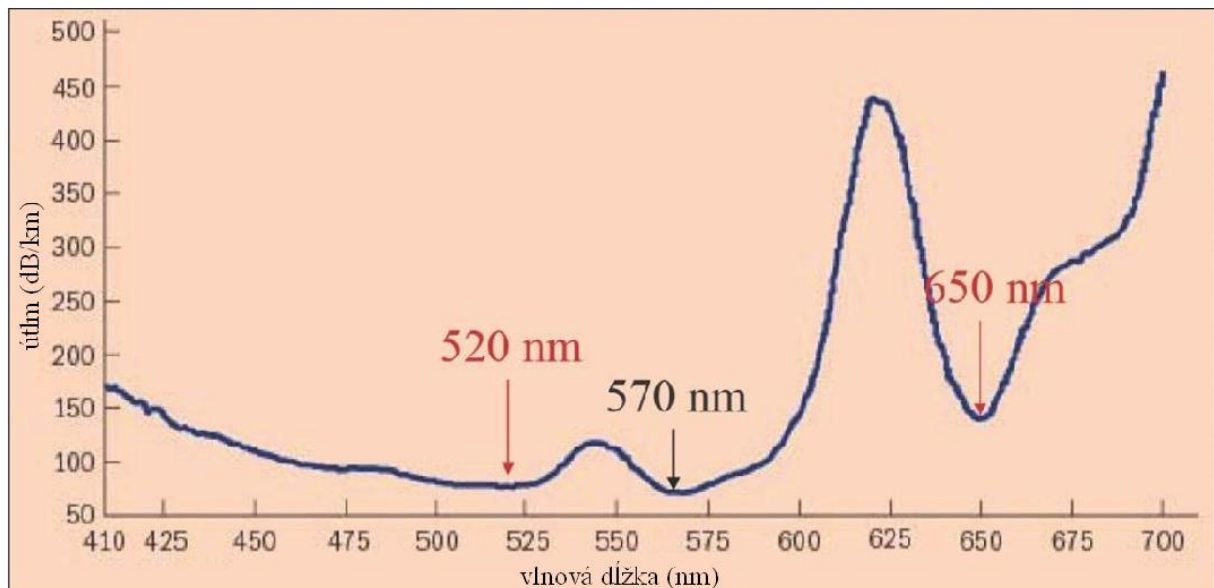
Ďalšie informácie

Ako zdroj svetla pre POF v optických moduloch vysieláčov je spravidla použitá 650 nm-LED (červená). Keďže je to v oblasti viditeľného svetla, užívatelia sa môžu chrániť pred priamym zasiahnutím oka lúčom svetla. Vlnovú dĺžku 650 nm využíva veľké množstvo DVD svetelných zdrojov, takže tiež môžeme očakávať, že cena POF bude klesať.

POF nie je vhodné na prenos na veľké vzdialenosti. V porovnaní s kremenným vláknom má veľké prenosové straty (Obr. 2). Avšak, domáce a kancelárske aplikácie nevyžadujú prenos na veľké vzdialenosti. Tam sa kladie dôraz na pohodlnosť používania, nízke náklady a stabilitu, v čom POF vyhovuje najviac.

Vzhľadom k tomu, že POF odoláva vibráciám a ohýbaniu, popri svojom bežnom využití v rýchlostných vlakoch a automobiloch sa POF v poslednej dobe čoraz viac uplatňujú v multimediálnych sieťach vnútri motorových vozidiel vďaka dopytu vodičov.

Vzhľadom k tomu, že POF vysiela infračervené svetlo veľmi zriedka, môže byť POF použité pre svetelné aplikácie, v ktorých teplo nie je žiaduce, vrátane zariadení na výrobu polovodičov a osvetlenie umeleckých diel.



Obr. 2 POF z materiálu PMMA so skokovou zmenou indexu lomu. Znížený útlm je na vlnových dĺžkach 520 a 650 nm, ktoré boli vybrané na prenos 100 Mbps, resp. 1 Gbps.

Literatúra

- [1] MITSUBISHI RAYON CO., LTD., Optical Fiber Department, 6-41, Konan 1-chome, Minato-ku, Tokyo 108-8506, JAPAN, <http://www.i-fiberoptics.com/basics.php>
- [2] http://www.ieee802.org/3/GEPOFSG/public/CFI/GigPOF%20CFI%20v_1_0.pdf

Prístupové siete - Úvod

Prístupové siete sú časťou, jednou vrstvou celkového systému telekomunikačných sietí, tou, ktorá pripája koncových používateľov k poskytovateľovi. Sú tzv. poslednou míľou na ceste širokopásmového signálu od globálnej siete kužívateľovi, alebo prvou míľou v opačnom smere. Služby a signál, ktorý prístupové siete poskytujú, sú digitálne, a z toho dôvodu sa často nazývajú širokopásmovými. Súvisí to so šírkou frekvenčného spektra, ktorú zaberajú, a ktorá je väčšia, než pri pôvodných starých jednotlivých analógových službách (televízia, stará telefónna služba a pod.).

Prístupové siete sa vyvíjali paralelne niekoľkými „cestami“. Vo veľkej miere vznikli z účastníckych telefónnych sietí, realizovaných metalickými (medenými) krútenými párami (twisted pairs). Sú to tzv. xDSL systémy (niekoľko typov DSL – Digital Subscriber Line – digitálna účastnícka linka). K prístupovým sieťam patria aj ďalšie siete, pôvodne navrhnuté a slúžiace pre jeden špeciálny typ služby (internetové, televízne, hlasové mobilné siete, a pod.). Nové, z pohľadu typu prenosového média najmodernejšie, a zrejme zatiaľ najrýchlejšie a najspoľahlivejšie sú prístupové siete optické, realizované pomocou optických vlákien. Ich relatívne vysoká cena už prestáva hrať významnú úlohu vďaka vysokému nárastu počtu užívateľov, a to ako jednotlivcov, tak aj veľkých zákazníkov (firiem a organizácií).

Klasifikácia prístupových sietí

Z vyššie uvedeného začína byť jasné, že typov prístupových sietí je viac (je ich dokonca veľa), a že je viac aj pohľadov na ich rozdelenie do skupín.

Z hľadiska typu prenosového média, sú siete vodičové a bezvodičové. Vodičové siete môžu byť drôtové (metalické, z krútených párov alebo koaxiálnych káblov) alebo vláknové (optické, z optických káblov a ďalších komponentov). Bezvodičové alebo bezdrôtové siete rozdeľujeme tiež podľa typu signálu na rádiové (prenos signálu pomocou elektromagnetického vlnenia v oblasti omnoho nižších než optických frekvencií) a optické (FSO – Free Space Optics – prenos signálu na vlnovej dĺžke v infračervenej oblasti).

Z hľadiska slobody prístupu používateľov k sieti rozlišujeme siete verejné, prístupné v istom zmysle každému, a siete neverejné (privátne, pobočkové), prístupné na základe platby, alebo príslušnosti, premietnutej do podoby kódu, alebo špeciálneho typu zariadení.

Podľa veľkosti územia, pokrytého signálom danej prístupovej siete (vlastnenej konkrétnym operátorom alebo poskytovateľom služieb) alebo podľa dosahu signálu od prístupového bodu ku koncovému zariadeniu rozlišujeme siete s dosahom rádovo okolo 1 metra (PAN – personal Area Network - osobné siete), lokálne (LAN – Local Area Network) a rozsiahle siete (WAN – Wide Area Network, alebo MAN – Metropolitan Area Network). Satelitné siete, z ktorých viaceré tiež môžu poskytovať prístup k širokopásmovým službám, a to aj účastníkom rozptýleným po celom zemskom povrchu, majú charakter globálny.

Na základe **spôsobu zdieľania spoločného prenosového média** mnohými účastníkmi poznáme odlišenie kanálov na princípe časového delenia (TDM – Time Division Multiplex), frekvenčného delenia (FDM - Frequency Division Multiplex), priestorového delenia (Space Division Multiplex; samostatné vedenie, krútený pár, vlákno, a pod. pre každý kanál) a kódového delenia (CDM – Code Division Multiplex). Jednotlivé typy multiplexov sa na trase signálu môžu aj niekoľkokrát meniť – transformovať, prípadne aj kombinovať (napr. FDM signál môže byť namodulovaný na jednu optickú vlnovú dĺžku a podobne). S typom prenosového multiplexu potom súvisí aj typ prístupu – TDMA (TDM Access), a podobne FDMA, CDMA, WDMA.

Z jednotlivých konkrétnych typov prístupových sietí vyplýva, že sa dajú použiť aj ďalšie hľadiská ich hrubšieho aj podrobnejšieho delenia (pevné – mobilné, obojsmerné – jednosmerné/distribučné, príp. ďalšie).

Mnohí zástupcovia jednotlivých spomenutých (aj nespomenutých) skupín sú uvedení v tejto publikácii. Určite to však nie sú všetky známe typy prístupových sietí.

Okrem typov prístupových sietí sú tu zvlášť predstavené aj viaceré metódy prenosu, ktoré tieto siete charakterizujú, prípadne jednotlivé komponenty rôznych typov prístupových sietí.

Podľa rozsahu knihy je jasné, že ani táto kategória hesiel nie je úplne vyčerpaná.

Dopĺňanie ako aj aktualizácia obsahu knihy je záležitosťou budúcej práce na nej.

SIP protokol

Session Initiation Protocol (SIP) je rozšírený signalizačný protokol určený na vytváranie a ukončovanie multimediálnych spojení (telefónny hovor, videohovor) cez Internet. Ďalšie možné použitia sú hlasové- a videokonferencie, rýchle správy, strímovanie multimediálnych dát, presence, on-line hry. Spojenie môže predstavovať akýkoľvek multimediálny prenos, v praxi sa však najčastejšie SIP používa na telefonovanie po IP-sieti (Internet Protocol). SIP je textový protokol. Využíva prvky dvoch veľmi často používaných internetových protokolov, a to protokolu HTTP (Hypertext Transport Protocol), ktorý slúži na prehliadanie internetových stránok, a protokolu SMTP (Simple Mail Transfer Protocol), slúžiaceho na prenos elektronickej pošty. Správy samotného protokolu sú vždy požiadavky (requests) alebo odpovede (responses).

Charakteristiky SIP protokolu

Protokol zabezpečuje možnosť vytvorenia multimediálneho dialógu medzi dvoma koncovými bodmi. Za hlavné signalizačné úlohy sa považujú:

- registrácia účastníkov
- vyhľadanie volaného účastníka
- zisťovanie jeho súhlasu/akceptovania vlastností spojenia
- modifikácia existujúcich spojení
- ukončenie existujúcich spojení

Je nezávislý na transportnej vrstve. Je založený na textovej báze, čo umožňuje ľuďom čítať a analyzovať SIP správy.

Štruktúra SIP protokolu

SIP je štruktúrovaný ako vrstvový protokol, čo znamená že jeho správanie je opísané v podmienkach jednotlivých nezávislých stupňov spracovávania protokolu.

Najnižšou časťou SIP je jeho **syntax a kódovanie**. Kódovanie je špecifikované použitím rozšírenej formy gramatiky Backus-Naur Form (BNF)

Druhou vrstvou SIP je **transportná** vrstva. Definuje, ako klient posieľa požiadavky a prijíma odpovede, a ako server prijíma požiadavky a posieľa odpovede prostredníctvom siete. Je zodpovedná za riadenie trvalého spojenia pre prenos protokolov ako TC alebo TLS (Transport Layer Security).

Treťou vrstvou SIP je **transakčná** vrstva. Transakcie sú základné zložky SIP. Transakcia je poslanie žiadosti klientom serveru použitím transportnej vrstvy spolu so všetkými odpoveďami na žiadosť poslanú serverom späť klientovi. Transakčná vrstva riadi opakovaný prenos aplikačnej vrstvy, prispôbenie odpovede na požiadavku a časový limit aplikačnej vrstvy.

Ďalšou vrstvou SIP je **transakčný užívateľ** (TU). Každý prvok SIP, okrem bezpamät'ového proxy, je transakčný užívateľ. Ak transakčný užívateľ chce poslať požiadavku, vytvorí žiadosť spolu s IP adresou a portom, a prenesie ju tomu, komu posieľa túto požiadavku. TU ktorý vytvára požiadavku, ju môže aj zrušiť.

SIP-elementy siete

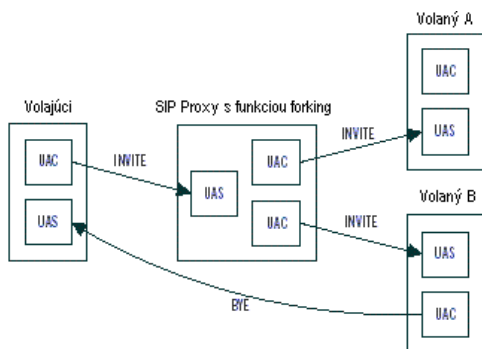
Hoci v najjednoduchšej konfigurácii je možné použiť dva UA (user agent) posielajúce si správy priamo navzájom, typická SIP sieť bude obsahovať viac ako jeden typ SIP-elementu. Základné SIP-elementy sú: user agent, servre proxy, registrar a redirect. Treba si povšimnúť, že elementy, ako sú tu prezentované, sú často len logické entity, keďže je často efektívne ich lokalizovať spoločne na jednom hardvéri.

User agent (UA)

Je to koncový bod Internetu používajúci SIP pre vzájomné vyhľadanie a pre vyjednanie charakteristík relácie. Zvyčajne sa nachádza na počítači užívateľa vo forme aplikácie, avšak UA môže byť aj mobilný telefón, PSTN brána a pod. Každý UA obsahuje UAC (User Agent Client) aj UAS (User Agent Server).

Na Obr. 1 sú zobrazené 3 UA a jeden SIP proxy s funkciou vetvenia (forking). Každý UA obsahuje UAC a UAS. Časť SIP proxy, ktorá prijíma INVITE od volajúcej strany, fakticky funguje ako UAS. Ak požiadavku posieľa ďalej a udržiava informáciu o stavoch spojenia (statefull proxy), vytvorí dva UAC, každý z nich zodpovedný za jednu vetvu.

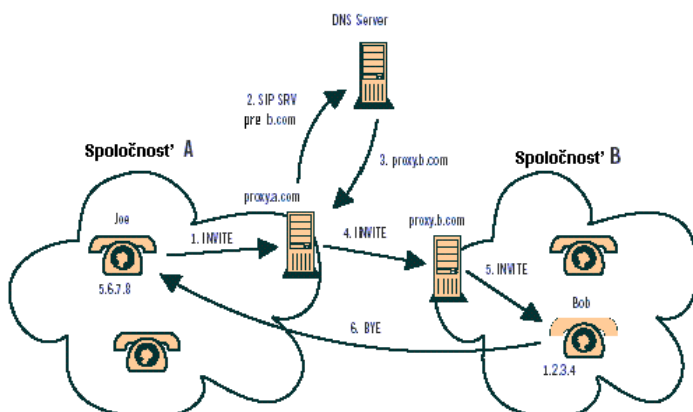
V príklade volaná strana B odpovedala na volanie, a neskôr, keď chce zrušiť spojenie, vyšle BYE. V tomto okamihu UA, ktorý bol predtým UAS, sa stane UAC a naopak.



Obr.1 Traja UA (User Agent) a jeden SIP Proxy s funkciou vetvenia (forking).

Proxy server

Najdôležitejšou úlohou proxy servera je smerovať požiadavky na spojenie "bližšie" ku volanému účastníkovi. Pri inicializácii zostavenia spojenia bude zvyčajne prechádzať rad serverov, až kým nenájde ten, ktorý pozná aktuálne umiestnenie volaného. Tento proxy doručí požiadavku na spojenie priamo volanému účastníkovi, a volaný potom túto požiadavku akceptuje alebo odmieta. Existujú dva základné typy SIP proxy serverov, a to bezstavový (stateless) a s pamätaním stavov (stateful). Dole na obrázku je príklad požiadavky na spojenie medzi firmami.



Obr.2 Ukážka cesty požiadavky na spojenie od zamestnanca Joe vo firme A ku zamestnancovi Bob vo firme B.

Registrar server

Je to špeciálna SIP entita ktorá prijíma registráciu od účastníkov, extrahuje informáciu o ich aktuálnom umiestnení (napr. IP adresa, port a username), a túto informáciu uloží do

lokalizačnej databázy. Lokalizačná databáza je prehľadávaná pri požiadavke o vytvorenie spojenia s konkrétnym účastníkom, kde nájde jeho informácie o umiestnení a požiadavka je poslaná ďalej.

Redirect server

Entita, ktorá prijíma požiadavku a odosiela naspäť odpoveď obsahujúcu lokalizáciu konkrétneho účastníka, sa volá Redirect server. Redirect server prijíma požiadavky a vyhľadáva príjemcov požiadavky v lokalizačnej databáze, vytvorenej registrar serverom.

Signalizácia

SIP je protokol typu klient-server. Klient nadväzuje spojenie so serverom. Jedno zariadenie môže pracovať súčasne ako klient aj ako server. Napríklad telefón pracuje ako klient pre odchádzajúce hovory a ako server pre prichádzajúce hovory. Hovor, ktorý môže byť hlasový alebo multimediálny, môže prebiehať medzi viacerými účastníkmi. Správy protokolu SIP sú dvojakého druhu – žiadosti a odpovede:

INVITE – žiadosť o nadviazanie spojenia alebo o zmenu parametrov existujúceho spojenia

BYE – žiadosť o ukončenie spojenia

ACK – žiadosť, ktorou klient potvrdzuje, že dostal odpoveď na žiadosť INVITE

REGISTER – žiadosť o registráciu klienta na registrar serveri

CANCEL – žiadosť o zrušenie prebiehajúcej žiadosti INVITE

Odpovede na SIP metódy sú správy uvedené číselným kódom. Systém kódov je prevzatý z HTTP protokolu. Číselné kódy odpovedí sú členené do 6 skupín:

- 1xx – informačné správy (napr. “100 Trying”, “180 Ringing”)
- 2xx – úspešné ukončenie žiadosti (“200 OK”)
- 3xx – presmerovanie, požiadavku je potrebné smerovať inde (“305 Use Proxy”)
- 4xx – chyba; požiadavka by sa nemala v rovnakej podobe opakovať (“403 Forbidden”)
- 5xx – chyba servera (“500 Server Internal Error”)
- 6xx – globálne zlyhanie (“606 Not Acceptable”)

Identifikácia volaného v sieti SIP

Zatiaľ čo v bežnej telefónii je zvykom identifikovať bežného účastníka pomocou telefónneho čísla, v rámci SIP sa používa Uniform Resource Identifier (URI), resp. Universal Resource Locator (URL), čo je znova ukážkou toho, ako SIP využíva existujúce štandardy. Týmto spôsobom sú identifikovaní nielen koncoví účastníci, ale aj hlasové záznamníky, brány do iných sietí, skupina účastníkov, atď.

Záver

SIP protokol a jeho správy sú na báze textov, a preto je ľahké ich čítať a odlaďovať. Účelom SIP je práve umožniť komunikáciu. Komunikácia samotná musí byť docieľená inými prostriedkami (protokolmi).

Literatúra

- [1] <http://voip.cnl.tuke.sk>
- [2] <http://www.networkworld.com/article/2332980/lan-wan/what-is-sip-.html>
- [3] <http://www.voip-info.org/wiki/view/SIP>
- [4] <http://www.siptutorial.net/SIP/>

Skybridge

Skybridge je širokopásmový satelitný systém typu LEO, zdieľajúci pásmo Ku s GEO satelitmi, plánovaný a predstavený spoločnosťou Alcatel na konci 90-tych rokov. Tento projekt však už pravdepodobne zanikol a o Ku-pásmo prejavila záujem spoločnosť Google v rámci svojho projektu satelitných komunikácií (info z r. 2014). Skybridge mal zabezpečovať poskytovanie služieb pre rýchly prístup k Internetu a videokonferencie pre vidiecke, mestské aj prímestské oblasti, ktoré doposiaľ neboli pripojené k širokopásmovým terestriálnym infraštruktúram, a rovnako aj pre oblasti, ktoré nie je vhodné pokryť terestriálnymi infraštruktúrami z ekonomického hľadiska. Skybridge mal navrhnutú konšteláciu 64 satelitov. Mali slúžiť na pripojenie používateľov k terestriálnym ústredniam. Používateľ mal byť vybavený lacným terminálom.

Služby systému

Skybridge má poskytovať šírku pásma na požiadanie koncovým užívateľom. Systém bude ponúkať symetrické širokopásmové pripojenie k pevným sieťam rýchlosťou do 60 Mbps k užívateľovi a do 2 Mbps v spätnom kanáli. Podporuje rýchle internetové služby, ako obojsmerné video v reálnom čase (vysoko kvalitnú videokonferenciu a videotelefón), video na požiadanie, interaktívne hry aj zvuk, telekomunikáciu prostredníctvom prístupu k pracovným serverom a k lokálnym sieťam, elektronickú poštu, prenos súborov, pripojenie LAN a WAN sietí, telemedicínu.

Architektúra

Systém Skybridge pozostáva z dvoch segmentov – kozmického a pozemného.

Kozmický segment

Systém je založený na kombinácii dvoch symetrických subkonštelácií. Obsahuje 64 LEO satelitov (2 x 32) umiestnených na ôsmich orbitálnych dráhach so štyrmi rovnomerne rozloženými satelitmi na obežnej dráhe. Satelity sú umiestnené vo výške 1457 km. Fázový posun medzi dvoma konšteláciami vedie k párovaniu satelitov. Tento segment zabezpečuje stále pokrytie v pásme od +68 do -68 stupňov zemepisnej šírky. Kľúčový element pri návrhu satelitu sa týka používania aktívnych antén. Aktívne antény sa použijú na generovanie bodového lúča, ktorý ožaruje bunku s polomerom 350 km. Každý satelit pokrýva plochu (oblasť) s polomerom 3000 km. Tieto satelity môžu súčasne generovať až 45 bodových lúčov.

Pozemný segment

Pozemný segment pozostáva z ústredňovej pozemnej stanice a užívateľských terminálov. Ústredňa zabezpečuje spojenie cez ATM prepínač s lokálnymi servermi a so širokopásmovými a úzkopásmovými sieťami. Skybridge je sieť, ktorá je založená na ATM prístupe.

Prevádzka terminálov je prenášaná pomocou satelitu k ústredni. Ústredňa v sebe zahrňuje spojovaciu funkciu a rozhranie pre terestriálne siete.

Bunky tohto systému sú trvalo iluminované jedným satelitným lúčom. V našich zemepisných šírkach sa vyžaduje dosah minimálne dvoch satelitov. Keď je satelit v pohybe, z času na čas musia ústredne prepínať prevádzku na iné satelity.

Alternatívne technológie

Širokopásmový prístup zabezpečuje v súčasnosti niekoľko pozemných spojovacích technológií a systémov. Výkonnosť systému Skybridge je porovnateľná s digitálnymi

technológiami, ako je ADSL/ XDSL a optickými prístupovými technológiami, akými sú HFC (Hybrid Fiber Coax) a FTTC (Fiber To The Curb). V prípade nižšej hustoty populácie poskytuje efektívnejšie riešenie, než rozmiestnenie klasických sietí.

Do konca nasledujúceho desaťročia bude službu Skybridge využívať 15 – 20 miliónov ľudí na celom svete.

Ochrana geostacionárnych systémov voči Skybridge

Podľa Medzinárodnej telekomunikačnej únie (ITU) geostacionárne siete majú byť chránené proti interferencii z iných nie geostacionárnych systémov. Za účelom dosiahnuť túto ochranu budú satelity a pozemné stanice akceptovať bezoperačné zóny okolo geostacionárneho satelitu. Prenos medzi Skybridge-satelitom a bunkou sa zastaví, ak sa satelit nachádza vo vnútri tejto bezoperačnej zóny, ktorá pokrýva oblasť rozprestierajúcu sa od -10 do +10 stupňov od geostacionárneho oblúka.

Literatúra

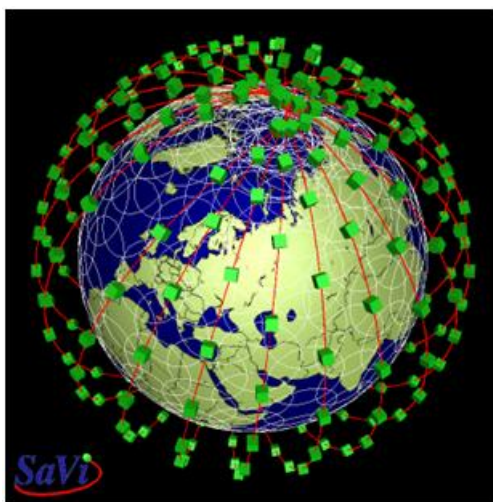
- [1] <http://web.archive.org/web/20041119092939/http://www.skybridgesatellite.com/>
- [2] ITU, <http://www.itu.int/newsarchive/press/WRC97/SkyBridge.html>
- [3] <http://personal.ee.surrey.ac.uk/Personal/L.Wood/publications/WoodICT98/>. Posledná aktualizácia v r.2001

Teledesic

Ide o spoločnosť založenú v r. 1990 s veľmi ambicióznym cieľom vybudovať komerčnú satelitnú sieť poskytujúcu internetové služby - prístup k zvukovým, dátovým alebo videokomunikačným službám. Teledesic založili prezident Microsoftu Bill Gates, Craig McCaw - zakladateľ spoločnosti McCaw Cellular, a podporili ju spoločnosti The Abu Dhabi Investment Company, The Boeing Company a Motorola. V roku 2002 sa však práce na tomto projekte zastavili. Všetky uvedené údaje boli plánované, no plány ostali nenaplnené.

Konštelácia satelitov

Tento systém plánoval pôvodne 840 satelitov, neskôr už len konšteláciu 288 satelitov (Obr.1), ktoré by boli vzájomne prepojené. Mali byť rozdelené do 12 rovín po 24 satelitov. Družice mali obiehať okolo Zeme vo výške 700 km. Každý satelit je uzlom v sieti s intersatelitnými linkami a s paketovým spínaním. Intersatelitné linky sú vytvorené medzi satelitmi v rámci tej istej roviny aj so susednými rovinami. Toto vzájomné prepojenie tvorí úplne poprepájanú sieť (mesh), robustnú sieťovú konfiguráciu odolnú voči poruchám a miestnym preťaženiám.



Obr. 1. Ilustrácia predstavy konštelácie 288 satelitov

Orbita a elevačný uhol

Mobilná linka v pásme Ka bola vybraná na dosiahnutie dostatočného pásma pre vysokú prenosovú rýchlosť, ktorú Teledesic požadoval. Pre požadované nízke oneskorenia sa orbita synchronná so slnkom nastavila na výšku 700 km, s inklináciou približne 98° a eleváciou pozemnej antény 40° . Tento vysoký minimálny elevačný uhol je potrebný na prekonanie útlmu počas dažďa v pásme Ka alebo keď je užívateľ medzi vysokými budovami. Elevačný uhol a nízka orbita spolu diktujú počet satelitov, ktoré majú zabezpečiť permanentné globálne pokrytie.

Frekvenčné pásmo

Teledesic mal pracovať v Ka-pásme na frekvenciách 28,6 – 29,1 GHz pre uplink a 18,8 – 19,3 GHz pre downlink.

Rozdelenie satelitov a ich pokrytia

Teledesic plánoval otáčacie antény a regionálne mapovanie zdrojov na redukovanie počtu „handovers“ (odovzdávanie spojenia z jedného satelitu na druhý) potrebných vzhľadom na pohyb satelitov voči Zemi. Zemský povrch bol rozdelený na pevnú sieť približne 20 000 „superbuniek“. Každá superbunka bola rozdelená na 9 buniek. Rozmer superbunky má tvar štvorca so stranou 160 km. Satelitný „footprint“ (stopa, obrazec plochy pokrytia signálom na zemskom povrchu) zahrňuje maximálne 64 superbuniek. To je 576 buniek, čo korešponduje s jedným lúčom na superbunku. Zdroje kanálu (frekvencie a časové sloty) sú spojené s každou bunkou a riadené satelitom. Mobilný terminál si počas komunikácie udržuje stále ten istý kanál nezávisle na tom, ktoré a koľko satelitov bude obsluhovať daný terminál počas hovoru. Vysielania zo satelitu sú synchronizované, takže každá superbunka prijme vysielanie v rovnakom čase a má plánované ochranné pásmo (guard band) 0,292 ms na bunku na vyhnutie sa prekrytiu medzi signálmi v bunkách nasledujúcich po sebe. Kvôli priestorovému rozdeleniu systému Teledesic všetky superbunky používajú všetky dostupné frekvencie súčasne. Avšak iba jedna bunka z deviatich v superbunke využíva všetky frekvencie v jednom časovom okamihu. Teledesic mal v pláne ponúkať širokú paletu terminálov s rýchlosťami od 16 kbps + 2 kbps pre signalizáciu až po 2,048 Mbps (128 základných kanálov po 16 kbps) pre mobilných používateľov. Antény mobilných terminálov mali mať rôzne veľkosti od 8 cm do 180 cm a priemerný výstupný výkon od 0,001 W do 4,7 W.

Literatúra

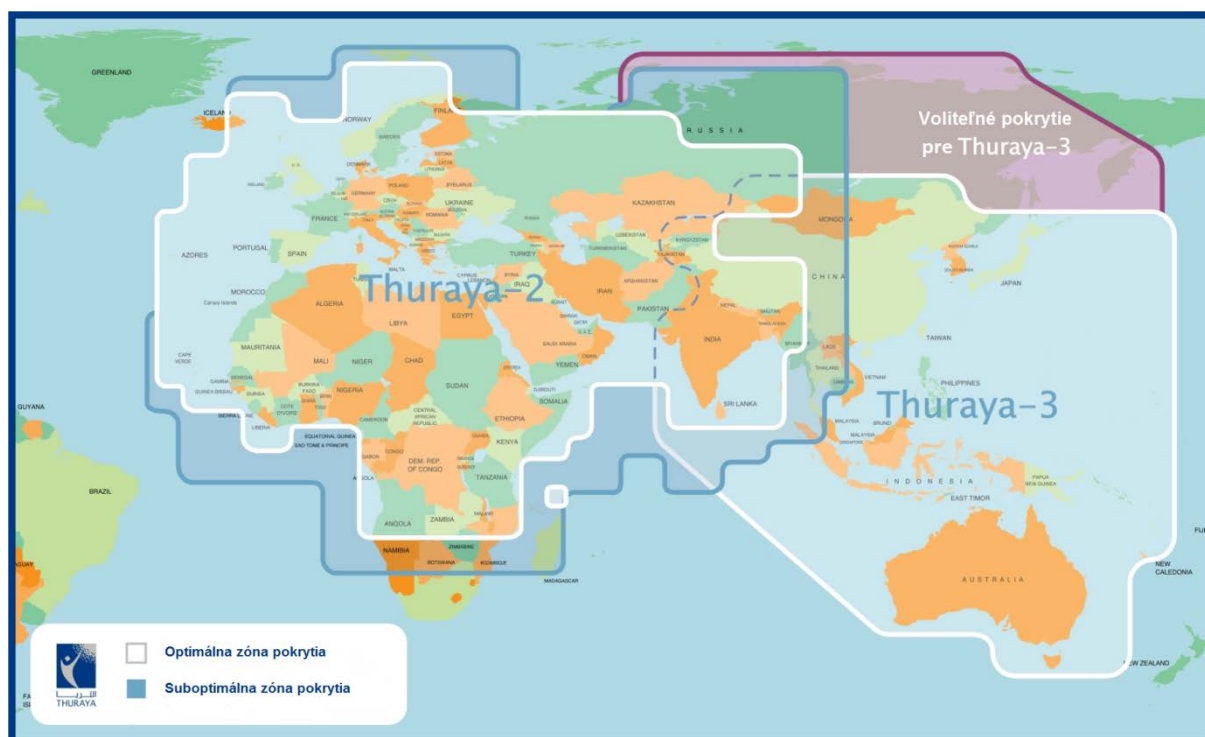
- [1] <http://zone.ni.com/devzone/cda/tut/p/id/4805#toc1>.
- [2] <http://info.ee.surrey.ac.uk/Personal/L.Wood/constellations/teledesic.html>
- [3] M. A. Sturza, F. Ghazvinian: TELEDESIC SATELLITE SYSTEM OVERVIEW. Teledesic Corporation.

THURAYA

Thuraya je regionálny poskytovateľ satelitného telefonovania. Pokrýva väčšinu Európy, stredný východ, severnú, strednú a východnú Afriku, Áziu a Austráliu.

Spoločnosť sídli v Spojených Arabských emirátoch a svoje produkty a služby distribuuje prostredníctvom autorizovaných poskytovateľov služby. Akcie tejto spoločnosti vlastní rôzne telekomunikačné firmy z oblasti stredného východu a Severnej Afriky (z ktorých väčšinovým vlastníkom je Etisalat – najsilnejší strednovýchodný telekomunikačný operátor, pôsobiaci aj v Afrike a Ázii) a investičné spoločnosti.

Aktuálny počet abonentov je okolo 250 000 (údaj z marca 2006). Od spustenia služby v roku 2001 bolo uvedených do prevádzky 360 000 handsetov systému Thuraya. Rast počtu zákazníkov sa v posledných rokoch spomaľuje, no Thuraya je stále zisková.



Obr. 1. Mapa pokrytia satelitmi Thuraya-2 a Thuraya-3 [2].

SLUŽBY

- Hlasové komunikácie prostredníctvom handheldov (Thuraya SO-2510, SG-2520), alebo s použitím fixných terminálov
- Služba SMS
- 9,6 kbps pre dátové a faxové služby
- 60 kbps downlink a 15 kbps uplink pre mobilnú dátovú službu „GmPRS“ na handsetoch SO a SG
- 144 kbps vysokorychlostné dátové prenosy prostredníctvom terminálov o veľkosti notebookov (Thuraya DSL)
- GPS podporujú všetky handsety

- Množstvo služieb s pridanou hodnotou, ako sú správy, zmeškané hovory, hlasová schránka, WAP, atď.
- Jednosmerná schopnosť vyslania tzv. „high power poplachu“, ktorá používateľom oznámi, že majú prichádzajúci hovor, v prípade, že na ceste signálu k satelitu sú prekážky (napr. vnútri budovy)
- Služby pre námorníctvo - kombinácia špeciálnych (pevne umiestnených) základňových staníc a predplatnej služby ponúkajúcej hlasové, faxové a dátové služby a neustály prístup na Internet. Tiež je k dispozícii tzv. pohotovostná služba, ktorá v prípade aktivovania, vysiela do vopred definovaných destinácií mnoho SMS správ, obsahujúcich poplachový status a aktuálnu pozíciu [3].

VÝBAVA ZÁKAZNÍKA

Handsety

Všetky handsety spoločnosti Thuraya (okrem modelu Thuraya SO-2510), majú schopnosť pracovať v dvoch režimoch, čo im umožňuje pracovať v satelitnej sieti Thuraya ako aj v terestriálnych mobilných digitálnych sieťach GSM. Spoločnosť Thuraya má uzavreté roamingové dohody s viac ako 200 mobilnými operátormi z celého sveta, čo poskytuje jej zákazníkom možnosť používať ich Thuraya telefóny aj mimo satelitného pokrytia. Schopnosť pracovať v dvoch režimoch týchto handsetov je podobná handsetom Telit (GSM/satelit) a Qualcomm (CDMA/satelit) v systéme Globalstar. Roaming pre odchádzajúce hovory je k dispozícii len pre predplateľov. Pre používateľov používajúcich predplatné karty je roaming k dispozícii len pre prichádzajúce hovory [4].

Model schopný len satelitnej prevádzky Thuraya SO-2510 bol vydaný v novembri 2006. Má farebnú obrazovku a vyhlasuje sa za najmenší a najľahší satelitný telefón na svete, a používa operačný systém VxWorks. Model Thuraya SG-2520 bol vydaný začiatkom roka 2007. Toto je handset schopný práce v dvoch režimoch, ktorý sa pripája tiež do sietí GSM/GPRS, a je založený na systéme Windows CE. Vyrába ho spoločnosť Apsat v Južnej Kórei. Toto zariadenie je značne väčšie ako Thuraya SO-2510, ale má tiež k dispozícii fotoaparát, GPS a podporu pre SD karty. Operačný systém je skôr upravenou verziou Windows CE a vôbec sa nepodobá systému Windows Mobile. Má podporu pre spúšťanie Java-aplikácií J2ME.

Dokovacia stanica

Pre modely Thuraya SO-2510 a Thuraya SG-2520 je k dispozícii dokovacia stanica: FDU 3500. Táto dokovacia stanica zmení handset na pevný terminál pre použitie vo vnútri budovy s použitím externých antén pre komunikáciu a GPS. Hovory môžu byť uskutočňované prostredníctvom externej antény FDU (typ plošnej antény) alebo cez štandardný POTS telefón pripojený k FDU. Tiež je možné k FDU pripojiť skupinu 3 faxov a PC (prostredníctvom USB alebo COM sériového rozhrania). Podobné zariadenie existuje aj pre prvú generáciu handsetov spoločnosti Thuraya.

Modemy a moduly pre vysielanie a príjem

Thuraya tiež uviedla na trh „Thuraya modul“, malú jednotku (70x50x20 mm) navrhnutú na integráciu do iných zariadení. Ten poskytuje USB a digitálne audio rozhrania a pracuje na operačnom systéme VxWorks. Dovtedy výrobcovia hardvéru tretích strán zvykli odstraňovať elektroniku z handsetov a integrovať ju do ich hardvéru.

Pre dátový terminál o veľkosti A5 je k dispozícii neustále TCP/IP pripojenie do Internetu cez ethernetové rozhranie v PC pri rýchlostiach až do 444 kbps.

Tiež existuje analógový telefónny adaptér pre sieť Thuraya.

Technické detaily siete

Transceivery komunikujú priamo so satelitmi s použitím antény približne rovnakej dĺžky, akú má handset, a s maximálnym výstupným výkonom 2 W. Je použitá modulácia QPSK. SIM karty operátora Thuraya budú fungovať na bežných GSM telefónoch, ako aj bežné GSM SIM karty budú fungovať v satelitnej sieti, pokiaľ má GSM operátor roamingovú zmluvu s operátorom Thuraya. Počas hovoru je prítomné badateľné oneskorenie.

Použitie GPS

Každá telefónna jednotka a samostatný transceiver Thuraya sú vybavené GPS prijímačom a periodicky prenášajú ich lokáciu do siete Thuraya. Napriek týmto sledovacím schopnostiam sú tieto telefóny populárne u teroristov.

Satelite

Thuraya spravuje tri telekomunikačné satelity postavené spoločnosťou Boeing, Aktuálne využíva dva z nich.

- Prvý satelit nazvaný Thuraya 1 mal nedostatočné solárne panely a nemohol správne pracovať. Aktuálne je umiestnený nad Kóreou. Bol vypustený v októbri roku 2000. Vážil 5250 kg. Používal sa na testovacie účely a na účely zálohy. V máji sa skončila životnosť tohto satelitu a v súčasnosti sa nepoužíva.
- Satelit Thuraya 2 bol vypustený v júni roku 2003. Nachádza sa na geostacionárnej orbite na 44 °E. Tento satelit zvládne naraz obslúžiť 13750 hlasových hovorov súčasne. V súčasnosti pokrýva väčšinu Európy, stredný východ, Afriku a časti Ázie. Má dva anténové systémy – anténu pre C pásmo a pre L pásmo.
- Tretí satelit Thuraya bol vypustený v r. 2008. Je technicky zhodný so satelitom Thuraya 2. Bude poskytovať služby satelitnej telefónie pre oblasť Ázie a Pacifiku, konkrétne ide o Japonsko, Čínu, Austráliu a Kóreu. [4]

Literatúra

- [1] Všeobecné informácie THURAYA: <http://en.wikipedia.org/wiki/Thuraya>>
- [2] Mapa pokrytia THURAYA: <www.us21communications.com/coverage/>.
- [3] Mobilné komunikačné prístroje: <www.highspeedsat.com/thuraya-phone.htm>.
- [4] Vyslanie tretieho satelitu na obežnú dráhu: <http://www.space-travel.com/reports/Thuraya_3_Satellite_Successfully_Launched_To_Orbit_999.html>

UMTS a UTRAN

UMTS - Universal Mobile Telecommunications System

Technológia UMTS je jednou z mobilných technológií známych ako 3G (tretia generácia). Systémy 3G sú navrhnuté tak, aby zahŕňali klasické telefonické služby (volania, hlasová schránka, paging) ale aj nové technologické služby (prístup k Internetu, SMS, video, text messaging). Prvá UMTS sieť bola spustená v Japonsku v roku 2001, o dva roky neskôr v Rakúsku a počas ďalších dvoch rokov sa pridalo mnoho ďalších európskych krajín, niekoľko afrických a takisto niekoľko väčších miest v USA. Jedným z hlavných cieľov UMTS je integrovať všetky druhy mobilných sietí do jednej univerzálnej mobilnej siete.

UMTS bol koncipovaný ako nástupca GSM. UMTS pre prístup používa WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access), je štandardizovaný organizáciou 3GPP a je európskym štandardom, ktorý spĺňa požiadavky ITU IMT-2000 pre mobilné bunkové siete tretej generácie. Hlavnou výhodou UMTS je rýchlosť.

Špecifikácie UMTS sú uvedené v nasledujúcej tabuľke:

Tabuľka 1 Špecifikácie technológie UMTS

Parameter	Špecifikácia
Frekvenčné pásmo	1920 - 1980 MHz a 2110 - 2170 MHz
Dátová rýchlosť	2048 kbps - krátka vzdialenosť 384 kbps - mesto a vonkajší priestor
Šírka kanála	5 MHz
Prístupová metóda	CDMA
Duplexné metódy	FDD a tiež TDD
Modulácia	QPSK
Šírka kanála	cca. 5 MHz
Kódovanie hlasu	AMR (4.75 kHz - 12.2 kHz, GSM EFR=12.2 kHz) a SID (1.8 kHz)
Kanálové kódovanie	Konvolučné kódy, Turbo kód pre vysokorýchlostné dáta

Architektúru UMTS tvoria 3 navzájom spolupracujúce domény (Obr.1):

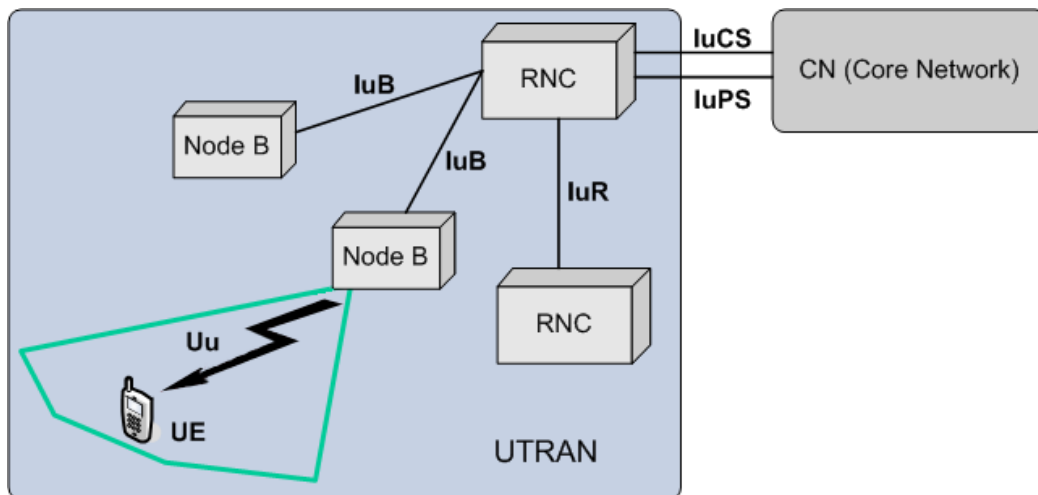
- CN – Core Network: prepínanie (switching), smerovanie (routing), a prenos dát; obsahuje databázy a funkcie sieťového manažmentu. Základná CN pre UMTS je založená na GSM sieti spolu s GPRS.
- UTRAN – UMTS Terrestrial Radio Access Network: bezdrôtový prístup pre UE.
- UE – User Equipment: nie je nijako obmedzené štandardami UMTS

Služby UMTS majú rôzne QoS triedy pre štyri typy prenosu:

- Conversational class – konverzačná trieda (hlas, videotelefónia, videohry)
- Streaming class – stríming (prúd dát) (multimédiá, video on demand, webcast)
- Interactive class – interaktívna trieda (web browsing, sieťové hry, prístup k databáze)
- Background class – služby na pozadí (email, SMS, sťahovanie)

UTRAN - UMTS Terrestrial Radio Access Network

UTRAN je súhrny názov pre RNC (Radio Network Controller) a Node B (vysielač, uzol), ktoré spolu vytvárajú UMTS sieť s rádiovým prístupom. UTRAN umožňuje spojenie medzi UE (User Equipment) a CN (Core Network). RNC poskytuje funkcie ovládania jedného alebo viacerých uzlov B. Uzol B a RNC môžu byť jedno zariadenie, napriek tomu typická implementácia má tieto dva prvky oddelené – RNC umiestnené v centrálnej ústredni odkiaľ obsluhuje viaceré uzly B. Oddelené pritom nemusia byť fyzicky, ale rozdeľuje ich logické rozhranie IuB. RNC spoločne s odpovedajúcim uzlom B sa nazývajú RNS (Radio Network Subsystem). V architektúre UTRAN môže byť viac ako jeden prítomný RNS.



Obr. 1 Architektúra UTRAN

Na prepojenie jednotlivých prvkov slúžia rôzne externé a interné rozhrania:

- Iu – externé rozhranie, pripája RNC k CN, 2typy: CS (circuit switched) a PS (packet switched)
- Uu – externé rádiové rozhranie, spája uzly B s UE
- IuB – interné rozhranie, spája uzol B a RNC
- IuR – spája dva RNC, je to interné rozhranie ale v niektorých architektúrach môže byť aj externé. Je to nový prvok oproti GSM. Toto rozhranie slúži na:
 - a) zabezpečenie prehodenia bez prerušenia aj pri vysokých prenosových rýchlostiach,
 - b) prenos paketov zo zásobníka jedného RNC do druhého RNC v prípade, že užívateľ už bol prehodенý a zásobník predošlého RNC ešte obsahuje pakety, ktoré nestihol poslať užívateľovi;
 - c) za pomoci IuR rozhrania je možné aj zdieľanie zdrojov jednotlivých RNC navzájom.

Špecifiká rádiového rozhrania UMTS

Prvým špecifikom, ktoré sa viaže na CDMA je tzv. **near-far problem** - signál od MS (Mobile Station) blízko BS (Base Station) by bez kontroly a riadenia vysielačieho výkonu bol oveľa silnejší ako signál od vzdialených MS.

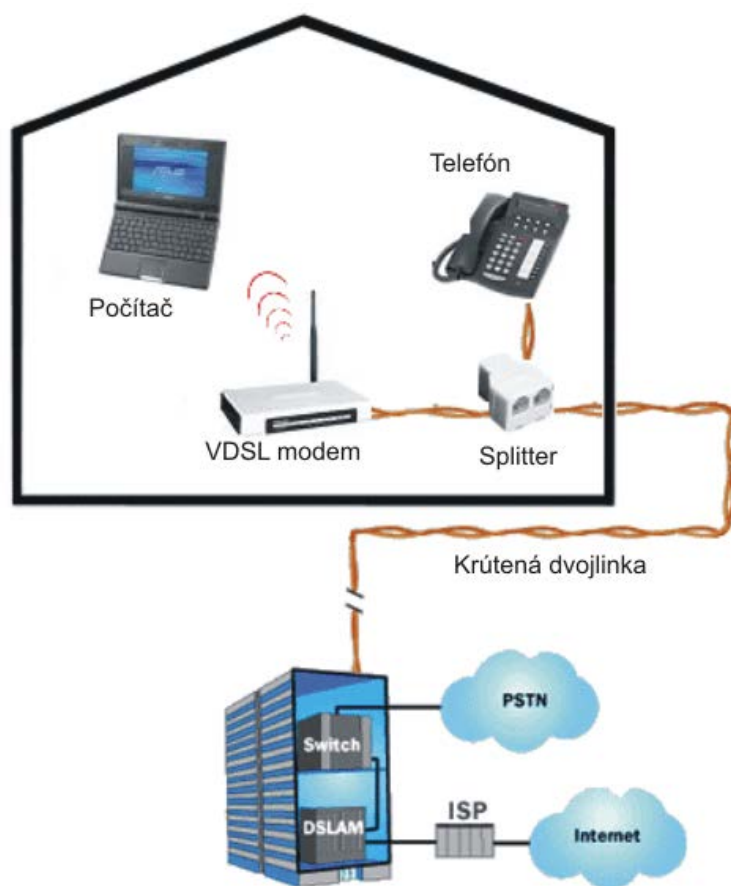
Ďalším špecifikom je **hierarchická štruktúra buniek**. Susediace bunky na rovnakej úrovni sú oddelené pomocou rôznych skramblovacích kódov. Susediace, alebo navzájom sa prekrývajúce bunky, ktoré sú na rôznych úrovniach, sú zasa oddelené použitím rôznych frekvencií.

Literatúra

- [1] Overview of The Universal Mobile Telecommunication System.
<http://www.umtsworld.com/technology/overview.htm>

VDSL - Very high speed Digital Subscriber Line

Niekedy sa pre tú istú technológiu používa skratka VHDSL - Very High-Bit-Rate Digital Subscriber Line. Je to technológia typu DSL, ktorá umožňuje dátové prenosy po metalických pároch vyššími rýchlosťami, než sú dnes používané technológie ADSL, príp. ADSL2. Nevýhodou je však jej podstatne kratší dosah. Technológia VDSL je určená pre kombináciu s optickou sieťou, ukončenou priamo v objekte, a metalické telefónne linky smerom ku klientom nepresahujú dĺžku niekoľko sto metrov (pre maximálne rýchlosti VDSL iba 300 m). Ako prenosové prostredie sa používa jeden metalický pár (Obr.1). Vzhľadom na vysokú rýchlosť je táto technológia vhodná pre nasadenie širokopásmových služieb ako napr. HDTV, VoIP, prístup do siete Internet, spolu s klasickou telefónnou linkou.



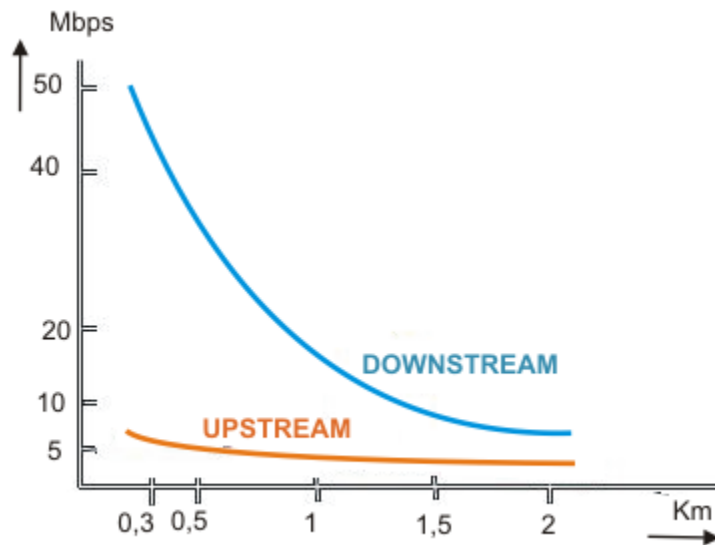
Obr. 1 Architektúra VDSL

Prenosové rýchlosti – symetrická/asymetrická prevádzka

Technológia VDSL umožňuje prenášať rýchlosti rádovo desiatky Mbps, ale s obmedzením dosahu do 1,5 km (Obr.2). Skracovaním tejto vzdialenosti dochádza ku výraznému zvýšeniu rýchlosti až na maximálnu hodnotu, ktorá je 52 Mbps pre downstream. VDSL umožňuje symetrický ako aj asymetrický prenos, podľa druhu aplikácie.

V asymetrickej prevádzke umožňuje VDSL prenášať dáta v smere downstream rýchlosťami: 12,96 Mbps do 1500m, 26 Mbps do 1 km, a 51,94 Mbps do 300 m. V smere upstream sú to rýchlosti: 1,6 Mbps do 1500 m, 3,2 Mbps do 1000 m a 6,4 Mbps do 300 m.

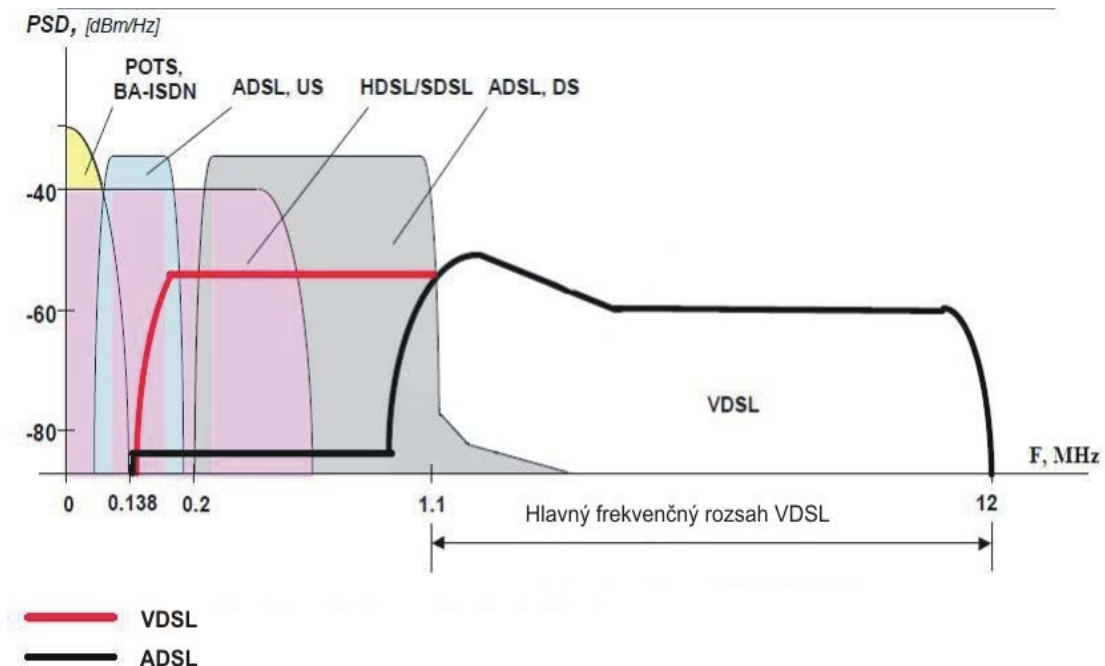
V prípade symetrickej prevádzky VDSL je dosah približne do 3 km. Rýchlosti s ohľadom na vzdialenosť sú v oboch smeroch nasledujúce: 2,3 Mbps do 3,5 km, 4,3 Mbps do 2,5 km, 6,5 Mbps do 1,5 km, 13 Mbps do 1000 m a 26 Mbps do 300m.



Obr.2 Závislosť rýchlostí upstream a downstream od vzdialenosti užívateľa asymetrickej linky VDSL

Frekvenčné pásmo a jeho delenie

VDSL využíva DMT moduláciu (Discrete MultiTone) v kombinácii s digitálnou moduláciou QAM (Quadrature Amplitude Modulation). Využíva sa pásmo od 138 kHz až do 30 MHz. Ako spodná hranica pásma sa zvykne používať frekvencia okolo 300 kHz, aby bolo možné eliminovať vzájomné rušenie s inými technológiami typu DSL. Horná hranica taktiež nie je v praxi dosiahnutá. Maximálna hranica je buď 12 alebo 18 MHz (Obr.3). Minimálna šírka pásma je do 10 MHz. Táto technológia je definovaná v štandarde ITU-T s označením ITU G.993.1.



Obr.3 Porovnanie frekvenčných rozsahov VDSL a niektorých xDSL

Presluchy v technológii VDSL

V pásme od 300 kHz do 12 MHz sú značným problémom straty šírenia a presluchy. Príčinou vzniku presluchov je kapacitná a induktívna väzba (alebo presnejšie nevyváženosť väzieb) medzi párami v káblovom zväzku.

Miera presluchov typu NEXT (Near End Crosstalk – presluch na blízkom konci) vzrastá so zvyšujúcou sa frekvenciou, a pri VDSL je ich existencia neakceptovateľná. Preto sú VDSL systémy navrhované tak, aby nedochádzalo ku vzniku tohto typu presluchov.

Aplikácie

VDSL pripojenie je ideálne riešenie pre uskutočnenie video konferencií a prenosov, najviac však pre dátové hlasové služby VoIP, ktoré sa stále viac presadzujú oproti klasickej TDM technológii.

V kombinácii s technológiou optických liniek VDSL využíva systémy FTTB a FTTN, FTTB. S využitím VDSL (spolu s FTTB) sa počíta vo veľkých spoločnostiach a obchodných centrách. FTTN predpokladá využitie VDSL v domácnostiach vo viacposchodových obytných domoch.

VDSL2

Špecifikácie tejto novej generácie sú uvedené v štandarde ITU G.993.2, prijatom v r. 2005. VDSL2 tiež používa DMT-moduláciu v podobe tzv. Zipper DMT, ktorá umožňuje aj jednotlivo nastaviť rýchlosti a smery (duplexu) jednotlivých subkanálov adaptívne podľa požiadaviek a podľa aktuálnych podmienok na linke. Pri šírke pásma 30 MHz môže byť subkanálov širokých 4 kHz maximálne až 4096. V rámci Zipper DMT sa pásmo môže rozdeliť aj na subkanály široké 8 kHz, a v takom prípade ich môže byť 2048. Maximálne (pri najkratšom dosahu, najväčšej šírke pásma a pri najlepších podmienkach) môžu byť teoretické agregované rýchlosti až do 200 Mbps. Rýchlosť so vzdialenosťou rýchlo klesá na 100 Mbps pri 500 m a na 50 Mbps pri dosahu 1 km. Od tejto vzdialenosti pokles nie je taký rýchly, a prenos dosahuje rýchlosti podobné tým, ktoré sú pri takýchto vzdialenostiach možné aj pri základnej VDSL. Od vzdialenosti približne 1,6 km poskytuje technológia VDSL2 rýchlosti porovnateľné s rýchlosťami technológie ADSL2+. Práve táto vlastnosť VDSL2 umožňuje jej nasadenie aj na stredne dlhé vzdialenosti, kedy medzi účastníkom a ústredňou je vzdialenosť viac ako 2 km. Na vzdialenosť 4-5 km je možné prenášať dáta rýchlosťou 1 až 4 Mbps v smere downstream.

VDSL a súčasnosť

Technológie VDSL resp. VDSL2 sú už v súčasnosti nasadené vo viacerých krajinách sveta. Vysoko rozvinuté sú v krajinách Ázie ako napr. Kórea a Japonsko. V Európe sú používané napr. vo Veľkej Británii, Francúzsku, Španielsku, Švajčiarsku, Nemecku a ďalších. Na Slovensku ho už ponúkajú s čoraz väčším pokrytím všetci súčasní – aj pôvodne mobilní – operátori (dec. 2014).

Literatúra

- [1] Micronet, www.micronet.sk/vdsl.html, aktualizácia 1.12.2007
- [2] J.Vodrážka, ACCESS server, <http://access.feld.cvut.cz/view.php?navezclanku=rozsirovani-pasma-u-pripojky-vdsl&cislocclanku=2004120302>, aktualizácia 03. 12. 2004

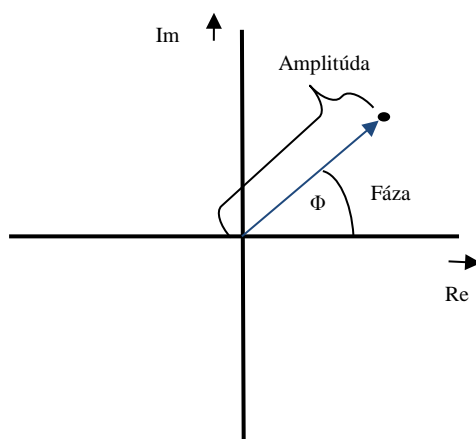
Vektorová modulácia

Informácie možno zakódovať a prenášať pomocou zmeny vysokofrekvenčnej sínusoidy, čiže pomocou **modulácie tzv. nosnej vlny**. Matematický vzorec predstavujúci sínusoidu (harmonický časový priebeh nejakej veličiny s amplitúdou A) je nasledovný:

$$A \cdot \cos(2\pi ft + \phi) \quad (1),$$

kde t je argument (čas), A je amplitúda, f je frekvencia a Φ je fáza sínusoidy.

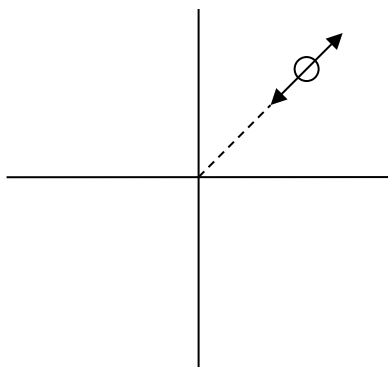
Vo vektorovej rovine si okamžitý stav veličiny meniacej sa v rytme sínusoidy môžeme zobrazit' pomocou **vektora** (alebo len jeho vrcholu), ktorý má veľkosť A a fázu Φ (uhol, ktorý zvierá s reálnou osou Re/horizontálnou osou/osou nulovej fázy, Obr. 1).



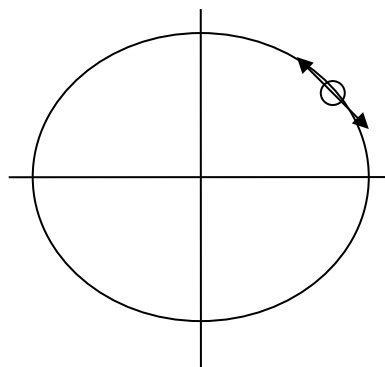
Obr. 1 Polárna reprezentácia okamžitého stavu sínusoidy

Frekvencia (rýchlosť rotácie vektora okolo počiatku súradnicového systému) sa vo vektorovej rovine zobrazit' nedá, je len parametrom uvedeným v popise. Pričom rozlišujeme uhlovú frekvenciu ω (v stupňoch alebo radiánoch za sekundu), a frekvenciu opakovní f (počet opakovaní/cyklov/periód za sekundu; uvedené v Hz), ktoré sú vo vzťahu: $\omega = 2\pi f$. Súradnice vektora sa nazývajú tiež **polárnymi súradnicami**.

AM I-Q diagram



FM I-Q diagram

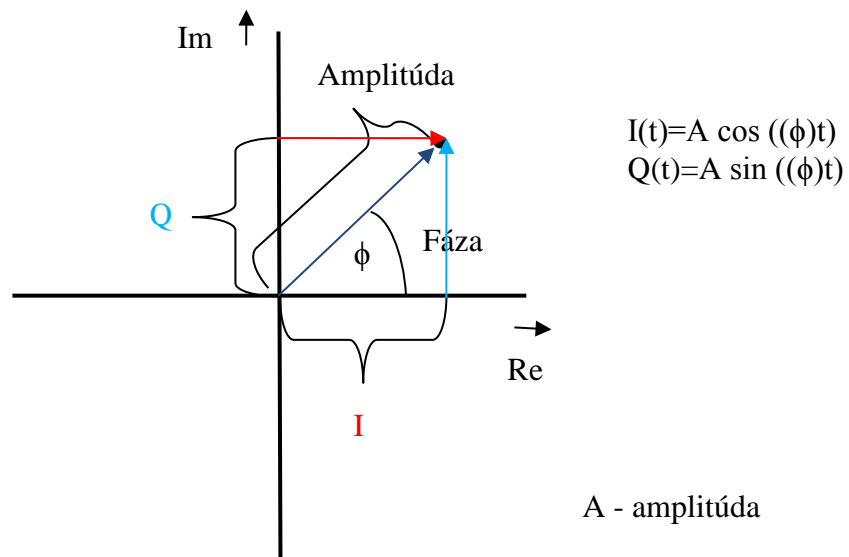


Obr. 2 I-Q diagramy amplitúdovej a frekvenčnej modulácie

Jednotlivé parametre rotujúceho vektora (rýchlosť rotácie, amplitúda vektora aj fázový posun) sa môžu v čase plynulo alebo skokom meniť v rytme informácie. Tak dostávame **signál**. Ak sa s časom mení amplitúda, získame amplitúdovú moduláciu (AM), analogicky získame frekvenčnú (FM) a fázovú moduláciu.

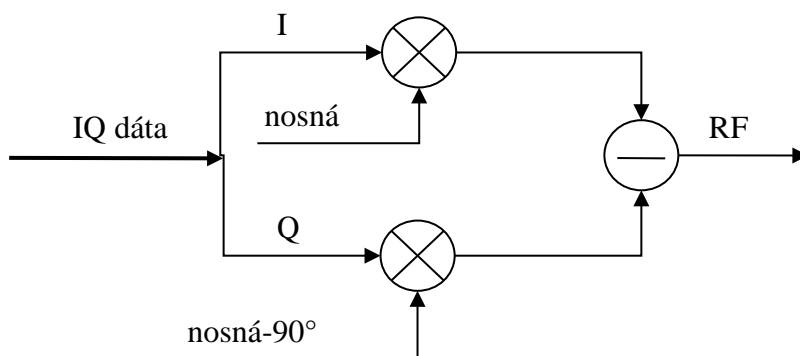
V súlade s filozofiou: reálna os polárneho systému je osou nulovej fázy („in phase“) a imaginárna os je osou fázy $\pi/2$, kvadraturej fázy („quadrature phase“) – majú osi polárneho súradnicového systému označenie tiež I, Q, a vektorové modulácie majú tiež názov IQ-modulácie. Pri ktoromkoľvek type vektorovej modulácie, a hlavne pri ich kombinácii, sa totiž menia s časom obe súradnice, I aj Q.

IQ-diagram (Obr. 2 a Obr.3) možno považovať za zobrazenie polohy vektora v karteziánskej sústave. Tieto dve sústavy ekvivalentne zobrazujú tú istú skutočnosť, ale inou formou.



Obr. 3 Súvis polárnej a karteziánskej sústavy súradníc

Bloková schéma IQ modulátora

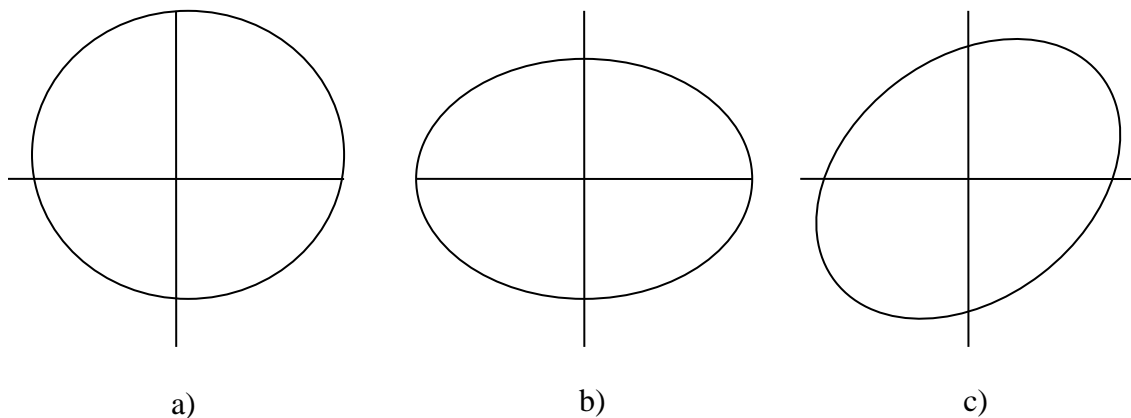


Obr.4 Bloková schéma I-Q modulátora

Označenie IQ-modulácie ešte užšie súvisí s ich praktickou realizáciou. Na Obr. 4 môžeme vidieť blokovú schému IQ-modulátora. Bloky „X“ sú zmiešavače, kde sa okrem iného prenásobuje, prípadne delí frekvencia. Zmiešavač I zlúči (vynásobí) I-zložku s **nosnou** (sínusovkou, ktorá má frekvenciu f) a zmiešavač Q zlúči Q-zložku s tou istou **nosnou**, ale posunutou o 90° . To isté možno urobiť na ktorejkoľvek frekvencii. Problém vzájomného rušenia pri súčasnom prenose takýchto signálov s rôznymi nosnými tou istou prenosovou cestou je, že ich frekvenčné spektrá sa do istej miery vzájomne prekrývajú. Tento problém však musí byť a je riešený ďalšími opatreniami (vzdialenosti medzi nosnými a pravidlá pre ich nastavenie). Napr. pri OFDM sú nosné navzájom ortogonálne, v iných prípadoch sa stanovuje dostatočný frekvenčný odstup a výkonové obmedzenie prenosu na jednotlivých nosných.

I-Q modulácie v praxi

I-Q modulácie majú v praxi množstvo problémov, a to ako pri vysielaní, tak aj pri prijímaní/detekcii. Okrem zložitosti a výkonovej náročnosti (pri mnohonosnom systéme) ide napr. o presné fázové naladenie zlučovčov vo vysielajúcej a na strane prijímania o problém správnej detekcie, keď signál pri prenose okrem útlmu získa aj istú fázovú odchýlku. Chyby modulátora sú ilustrované na Obr. 5.



a) V praxi vygenerovaná chyba I-Q generátora, b), c) Dva kanály nie sú v praxi posunuté o presne o 90° , a to vytvára natočenie

Obr. 5 Chyby vytvárané I-Q modulátorom

Literatúra

- [1] Agilent Technologies: IQ modulation, dostupný na Internete
http://education.tm.agilent.com/index.cgi?CONTENT_ID=4 .
- [2] National Instruments: What is I/Q Data? ,
<http://zone.ni.com/devzone/cda/tut/p/id/4805#toc1>.

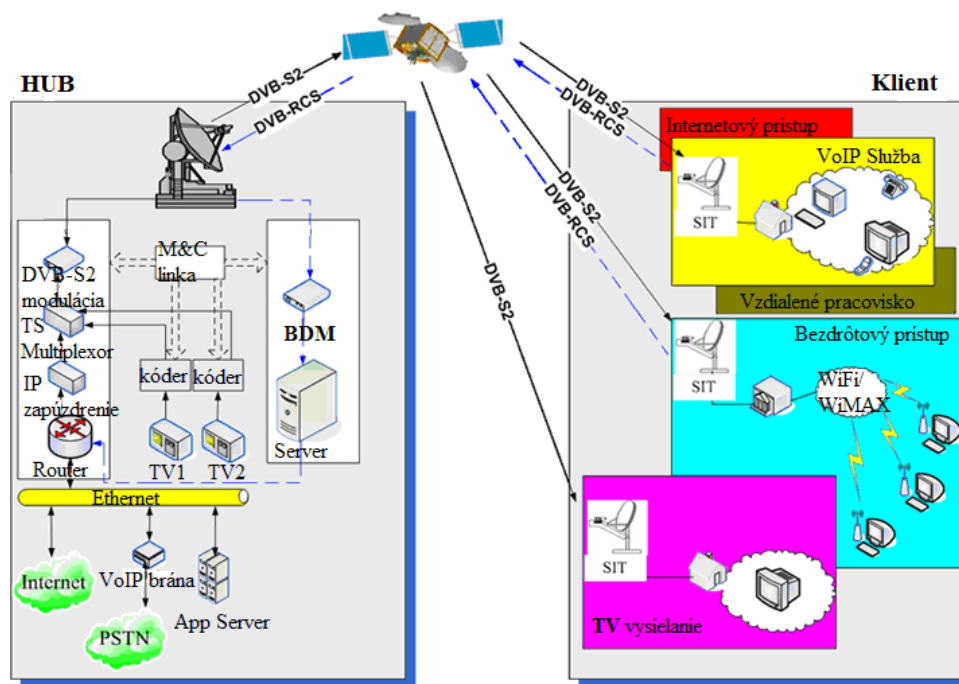
Technológia VSAT (Very Small Aperture Terminal)

Názov tejto satelitnej prístupovej technológie je odvodený od „malých rozmerov“ prijímacej antény, čo v čase jej vzniku znamenalo menej než 3 m. VSAT umožňuje pripojiť vzdialených klientov k informačnému centru firmy, prepojiť počítačové siete pobočiek alebo partnerov s centrárou firmy (Obr. 1), budovať rozsiahle systémy a siete bankomatov, platobných terminálov a čipových kariet, diaľkovo kontrolovať a riadiť technologické procesy. Systémy VSAT sú bezkonkurenčné predovšetkým v prípadoch, kedy zákazník vyžaduje geograficky rozsiahle dátové (niekedy aj telefónne) služby pri rýchlej národnej, či nadnárodnej expanzii firmy. Táto výhoda sa ešte umocňuje na územiach s chýbajúcou telekomunikačnou infraštruktúrou. VSAT pokrýva zákazníkov na mori, pevné a mobilné stanice na súši a v lietadlách. Ponúka riešenia typu WLAN pre krátke a stredné vzdialenosti ako aj komunikáciu P2P so stredným, dlhým a mobilným dosahom.

Služby VSAT je možné využiť pre:

- prenos súborov, upgrade softvéru, e-mailovú komunikáciu a aplikácie typu klient-server
- firemné tréningy a e-learning
- multimediálny prenos v reálnom čase (aktuality, burzové správy, business TV)
- reklama do miest predaja
- audiovysielanie
- distribúcia súborov multimediálnych dát
- pripájanie bankomatov a EFT POS terminálov
- vysokorýchlostný prístup do Internetu
- širokopásmový intranet
- IP multicast, unicast a broadcast

Multimedia Streaming



Obr.1. Multimediálny prenos pomocou VSAT (televízne vysielanie, Internet a VoIP)

Satelitná služba Multimedia Streaming umožňuje príjem audio- aj videosignálu prostredníctvom MPEG-dekodéra integrovaného do účastníckeho satelitného interaktívneho terminálu (SIT). Služba je určená pre zákazníkov, ktorí vo svojich lokalitách prevádzkujú audio- alebo videoprodukciiu. V rámci služby je možné realizovať alternatívu rozhlasového alebo televízneho vysielania. Všetky uvedené satelitné služby sa môžu ľubovoľne kombinovať.

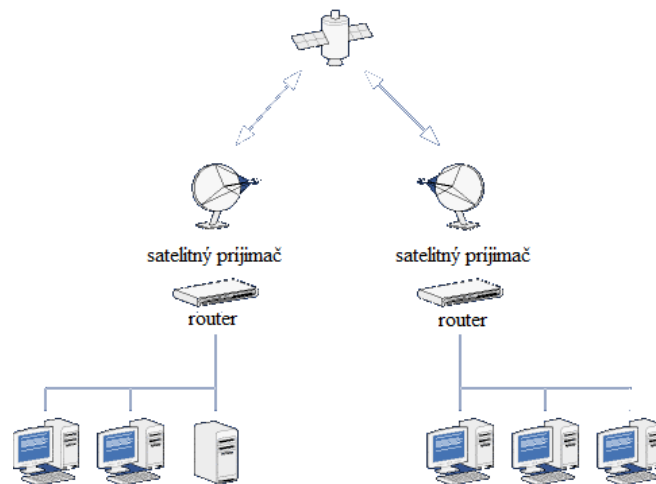
Hlavné výhody služby VSAT

- nezávislosť od existujúcej telekomunikačnej infraštruktúry
- bezpečná komunikácia
- vysoká priepustnosť
- nezávislosť ceny od vzdialenosti komunikujúcich subjektov
- dostupnosť na celom území Európy
- kompletne zaistenie služby od jedného poskytovateľa
- nepretržitý dohľad siete počas 24 hodín denne

Nevýhody služby VSAT

Problémom je doba odozvy pri poskytovaní hlasových služieb, či vznik echa, čo je síce odstrániteľná závada, ale vedie k vyšším nákladom. Veľká vzdialenosť satelitu od zemského povrchu (GEO) spôsobuje oneskorenie, ktoré je dané rýchlosťou šírenia elektromagnetického vlnenia (300 tisíc km/s) vo vákuu. Prenos dát medzi družicami a povrchom zeme sa oneskorí o 120 ms. Treba zohľadniť aj niektoré ďalšie oneskorenia a čas potrebný pre spracovanie dát. Celkové oneskorenie je potom 270 ms pri topológii mesh a 540 ms pri hviezdicovej topológii.

Dvojsmerná satelitná komunikácia

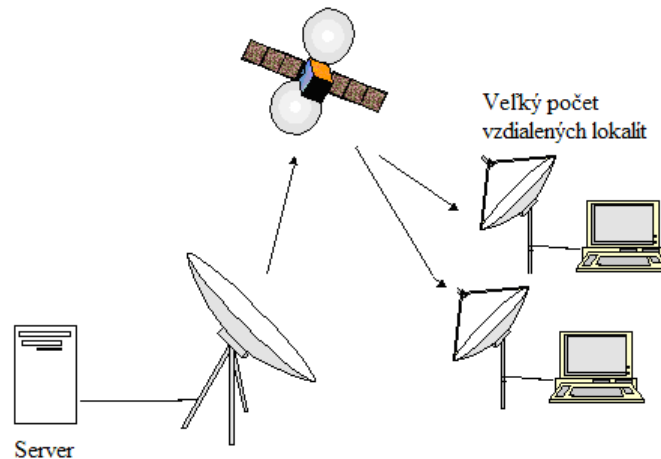


Obr. 2. Príklad dvojsmernej prevádzky medzi rovnocennými sieťami

VSAT umožňuje komunikáciu medzi lokalitami v ľubovoľnej topológii dvoch (Obr. 2), alebo viacerých sietí. Pri komunikácii satelitného terminálu v smere k užívateľovi je možné dosahovať rýchlosti 48 Mbps a 256 kbps v smere od užívateľa. Systém je vysoko mobilný a spoľahlivý. Inštalácia celého systému je rýchla a nenáročná. Je výhodný predovšetkým pre tvorbu firemných dátových sietí, sietí dohľadových a monitorovacích zariadení, pripojenie dočasných pracovísk, ale aj pre tvorbu nezávislých záloh pozemnej dátovej infraštruktúry.

Jednosmerná satelitná komunikácia

Systém VSAT umožňuje rozposielanie súborov z centrálného miesta na neobmedzený počet vzdialených lokalít (Obr.3). Zariadenie, ktoré zaisťuje komunikáciu na strane používateľa, umožňuje príjem dát rýchlosťou až do 48 Mbps. Spätný vysielač smer je možné riešiť aj prostredníctvom alternatívnej terestriálnej technológie (dial-up, ISDN, GPRS a podobne). Jednosmerná satelitná komunikácia je vhodná pre dátové služby vyžadujúce vysokú rýchlosť distribúcie informácií z centrálného bodu.



Obr.3. Komunikácia centrálného servera s viacerými pracoviskami

Má využitie napríklad pri rozosielaní multimediálnych informácií, vzdialenej interaktívnej výučbe, či prijímaní internetového, resp. intranetového obsahu.

Špecifikácie VSAT

GEO (geostacionárne) satelity

Topológia: MESH, STAR alebo ich kombinácia

Prenosové rýchlosti (v závislosti od technológie):

VSAT-TDMA: 1024/64-256 kbps

VSAT-DVB: 48 000/64-256 kbps

Rozhranie:

sériové: RS-232, RS-422, V.35, RS-530

LAN: Ethernet (UTP, BNC), Token-Ring (Typ 1, Typ 3)

video: S-video výstup, Composite video a audio

Podporované protokoly

Ethernet (10/100 BaseT), Token-Ring (4/16 Mbps), SDLC

X.25, X.3/X.28 PAD, BITT Async, BITT SyncTCP/IP, UDP/IP, IP multicast

Podpora videa: MPEG 2 a MPEG 1

Anténa: parabolická s priemerom 0,75m - 1,2 m

Ďalšie komponenty pozemskej užívateľskej stanice: block upconverter (BUC) pre signál z vysielača do uplinku (konverzia z L do K_u , alebo z C do K_a -pásma), Low-noise block downconverter (LNB) pre konverziu signálu v downlinku, vlnovodná časť – polarizátor/duplexer (orthomode transducer) s časťou pre vysielenie a s časťou pre príjem, spojovací kábel/napájač, zvod, pig-tail, vnútorná jednotka.

Literatúra

- [1] <http://www.cgwic.com/images/application/VAST.gif>

WiMAX - Worldwide interoperability for Microwave Access

WiMAX, je telekomunikačná technológia, ktorá umožňuje bezdrôtový prenos dát pomocou rôznych prenosových režimov, od spojenia typu point-to-multipoint po prenosný a plne mobilný prístup k Internetu. Táto technológia poskytuje širokopásmové pripojenie v oblasti mikrovln s rýchlosťou až 10 Mbps.

História

WiMAX technológia je založená na štandarde IEEE 802.16 (nazývanom aj Broadband Wireless Access). Meno WiMAX bolo vytvorené spoločnosťou WiMAX-Forum, ktorá bola založená v júni 2001. Fórum opisuje WiMAX ako bezdrôtový štandard alternatívny ku káblovému (koaxiál) a DSL-širokopásmovému prístupu. WiMAX ako štandard bol akceptovaný inštitútom IEEE v roku 2001, keď vzniká štandard IEEE 802.16 WiMAX súčasnej podoby. Mobilný WiMAX je založený na štandarde IEEE 802.16e-2005, schválenom v decembri 2005. Je to dodatok k štandardu IEEE 802.16-2004. Aby sme porozumeli novému štandardu IEEE 802.16e-2005 musíme obidva štandardy čítať spoločne. Štandard IEEE 802.16-2004 sa zaoberá iba pevnými systémami, nahradil štandardy IEEE 802.16-2001, 802.16c-2002 a 802.16e-2003.

Použitie

Šírka frekvenčného pásma a jeho umiestnenie umožňujú:

- pripojenie WiFi-hotspotov na Internet a poskytovanie prenosnej konektivity
- poskytovanie bezdrôtového širokopásmového pripojenia, alternatívu ku káblovému a DSL pripojeniu

Wi-Fi –pre porovnanie

WiFi - 802.11b pracuje v bezlicenčnom pásme 2,4 GHz. Nie je teda potrebné zakúpiť licenciu. Prenosové rýchlosti sú až 11 Mbps, rýchlosť je dosiahnutá použitím modulácie CCK (Complementary Code Keying). Technológia WiFi je určená na krátku vzdialenosť - bezdrôtové pripojenie v rámci bytu, kancelárie, budovy, haly, alebo menšieho areálu (používa sa napr. na pokrytie ulíc, námestí, letiskových hál, atď.). Dosah pokrytia z prístupových bodov, tzv. hotspotov, je desiatky metrov v rámci budov, maximálne stovky metrov v otvorenom priestore. Na rovnakých frekvenciách však môže byť viac prenosov naraz vedľa seba, a tie sa môžu navzájom rušiť. WiFi je určená tak poskytovateľom dátového pripojenia, ako aj bežným koncovým užívateľom. WiFi nemá mechanizmy na dosahovanie a ovplyvňovanie QoS (Quality of Services), funguje štýlom best-effort. Nehodí sa teda ako technológia pre poskytovateľov (a užívateľov), ktorí chcú poskytovať (resp. využívať) garantované služby na väčšiu vzdialenosť. Často sa v tejto úlohe používa, no skôr z núdzových dôvodov.

Špecifikácie WiMAX

Technológia WiMAX je určená pre bezdrôtové metropolitné siete (WMAN), teda na **prenosy dát na väčšie vzdialenosti**. Poskytovatelia môžu cez WiMAX pripojiť k dátovým sieťam ako firemných tak aj rezidenčných zákazníkov (domácnosti). Títo môžu tiež cez WiMAX prepojiť svoje hotspoty, cez ktoré šíria konektivitu ďalej, napr. pomocou WiFi. Prostredníctvom technológie WiMAX je možné tiež poskytovať klasické hlasové služby. Dáta možno prenášať až do 50 km vo voľnej krajine bez prekážok (v praxi sa uvažuje dosah cca 20 km) a do 2 - 10 km v mestských aglomeráciách. **Priama viditeľnosť nie je podmienkou**. Pri

tomto dosahu sa dá systematicky pokryť určitá oblasť **na bunkovom princípe**. WiMAX je širokopásmové pripojenie s kapacitou **rádovo desiatok Mbps**. Umožňuje nastavovať **rozličné QoS** a poskytovať aj hlasové služby.

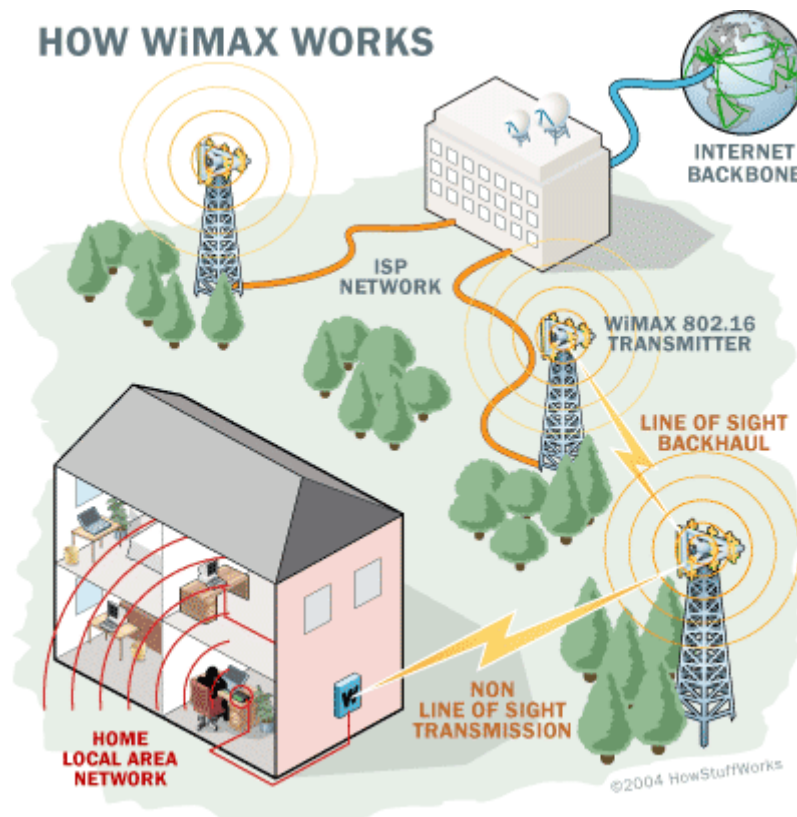
Pri technológii WiMax je možné využívať tak **licenčné ako aj bezlicenčné prenosové pásma**. Bezlicenčné pásma umožňujú operátorom sprevádzkovať túto technológiu jednoducho a prakticky bez administratívnych poplatkov, stačí splniť všeobecné podmienky Telekomunikačného úradu. Takto však môže WiMAX systémy použiť prakticky hocikto, čo vedie k zaplneniu voľných pásiem a k problémom so znížením prenosovej kapacity, vzniku rušenia, a ďalej k nestabilite a nespoľahlivosti takýchto pripojení. Citelne sa to prejavuje najmä pri hlasových službách.

WiMAX bol pôvodne plánovaný pre využitie **na frekvenciách 10 - 66 GHz**. Neskôr sa rozsah rozšíril aj na ďalšie pásma od 2 do 11 GHz. Šírka kanála sa pohybuje od 1,25 MHz do 20 MHz. WiMAX je vo svete nasadzovaný v licenčnom pásme 3,5 GHz, v ktorom udelil 4 licencie aj Telekomunikačný úrad SR. WiMAX na týchto frekvenciách sa niekedy označuje aj ako FWA 3,5 GHz (Fixed Wireless Access) - hoci teoreticky by mohol operátor použiť pre FWA 3,5 GHz aj inú technológiu.

WiMAX podporuje **pružné pridelovanie šírky pásma** rádiových kanálov a **ich opakované využívanie** pre zvyšovanie kapacity siete. Lepšiu efektívitu využitia spektra umožňuje **riadenie vysielacieho výkonu** (Transmit Power Control - TPC). V nelicencovaných pásmach navyše pristupuje povinne **dynamický výber frekvencií** (DFS - dynamic frequency selection). Jeden kanál môžu naraz využívať desiatky účastníkov.

WiMAX antény umožňujú riadenie a formovanie lúča.

Na fyzickej vrstve využíva WiMAX **časovo delený duplex TDD** - (Time-Division duplex) v



Obr.1 Ukážka ako pracuje WiMax v režime N-LOS (non-line-of-sight - bez priamej viditeľnosti) a v režime LOS (line-of-sight - s priamou viditeľnosťou).

bezlicenčných pásmach. V licenčnom pásme sa používa TDD **alebo frekvenčný duplex FDD**.

Na Obr. 1 je ukážka ako funguje WiMAX technológia. Jednotlivé bezdrôtové vysieláče (transmitters) sú pripojené (pomocou pevného média) k už existujúcej internetovej sieti. Vysielajú signál k ďalším anténam, a tie ďalej šíria signál až do domácností.

Budúci vývoj

Na medzinárodnej konferencii ITU Telecom World 2009 v Ženeve bol predložený návrh Mobile WiMAX Release 2 založený na norme IEEE 802.16m. Norma IEEE 802.16m umožňuje efektívnejšie, rýchlejšie a konvergovanejšie dátové komunikácie. Bola predložená Medzinárodnej telekomunikačnej únii (ITU) a je jedným z hlavných kandidátov na IMT-Advanced technológiu ITU. Z mnohých vylepšení poskytujú IEEE 802.16m systémy štyrikrát vyššiu dátovú rýchlosť ako súčasné mobilné WiMAX Release 1 založené na štandarde IEEE 802.16e. Mobilný WiMAX Release 2 bude predstavovať silnú spätnú kompatibilitu s Release 1 riešením. Umožní súčasným mobilným WiMAX operátorom, aby presunuli svoje Release 1 riešenia na Release 2 upgradom kanálových kariet alebo softvéru ich systémov. Aj účastníci, ktorí používajú v súčasnej dobe WiMAX zariadenia, môžu komunikovať s novými systémami WiMAX Release 2 bez ťažkostí. Predpokladá sa, že v praktickom nasadení použitie 4X2 MIMO (Multiple-Input and Multiple-Output) antén v mestskom mikrocelulárnom prostredí môže 802.16m systém podporovať downlink 120 Mbps a uplink 60 Mbps súčasne iba s jediným TDD kanálom širokým 20 MHz. Predpokladá sa, že WiMAX Release 2 bude komerčne dostupný v časovom horizonte rokov 2011 - 2012. Cieľom dlhodobého vývoja je dosiahnuť 100 Mbps mobilnú sieť a 1 Gbps pevnú sieť podľa noriem ITU pre 4G siete (siete NGMN - Next Generation Mobile Network).

Literatúra

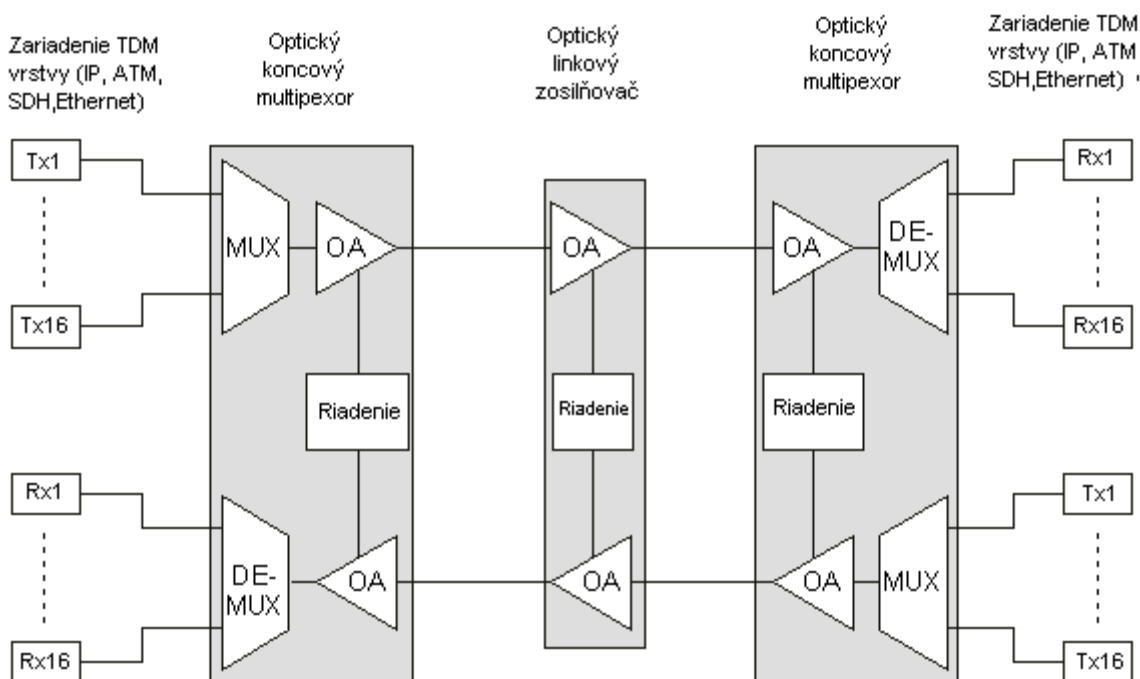
- [1] <http://www.intel.com/technology/wimax/>
- [2] <http://computer.howstuffworks.com/wimax.htm>
- [3] <http://www.samsunghub.com/2009/10/08/samsung-will-support-next-gen-mobile-wimax-standard/>
- [4] <http://www.itu.int/ITU-R/>
- [5] IEEE 802.16 standards

WMUX, WDM

WMUX je skratka označujúca vlnový multiplexor, zariadenie, ktoré na základe vlnovo delného multiplexu (WDM - Wavelength Division Multiplex) združuje do jedného vlákna optické kanály, ktoré boli prenášané predtým každý jedným osobitným vláknom. WMUX môže byť začlenený aj v priebehu optickej trasy pre vkladanie alebo oddeľovanie príslušných optických kanálov. Technológia WDM umožňuje transparentný prenos optických kanálov od 140 Mbps až po 10 Gbps.

Prenosový systém WDM

Obr. 1. znázorňuje blokovo usporiadaný obojsmerný linkový 16-kanálový prenosový systém WDM.



Obr. 1. Bloková schéma prenosového systému WDM

Zdroje čiastkových nosných frekvencií Tx1 až Tx16 na obrázku sú vlastne generátory nosných frekvencií. Ako generátory sa používajú **optické zdroje** v podobe najmä luminiscenčných alebo laserových diód. Výhodou laserových diód je najmä vyšší výkon oproti luminiscenčným, no pri mnohovlnových laserových diódach je nevýhodou rozdeľovací šum. Zdroj nesmie vykazovať veľkú fluktuáciu – šum, pretože oproti bežným jednocanálovým systémom sú prenosové systémy WDM veľmi náročné na stabilitu jednotlivých nosných frekvencií.

V multiplexore MUX sa skombinujú všetky optické kanály do jedného vlákna. Ako multiplexor môže v najjednoduchšom prípade slúžiť prostý pasívny prvok - **smerná odbočnica** použitá v obrátenom smere.

Ďalšia časť prenosového systému je **optický zosilňovač**, označený ako OA (Optical Amplifier). Hlavnou úlohou optického zosilňovača je zosilniť signál pred jeho vyslaním. Ak je trasa dlhšia ako 120 km, je nutné umiestniť jeden alebo viac zosilňovačov na prenosovú trasu. Zosilňovač zosilňuje všetky kanály WDM naraz plne opticky, táto analógová podstata zosilnenia

zapríčiňuje nárast šumu pozdĺž trasy. Požadované vlastnosti pre optické zosilňovače sú dostatočný zisk pri nízkom šume, teplotná stabilita a spoľahlivosť.

V prijímacom linkovom zakončení dôjde po prechode signálu optickým predzosilňovačom k jeho **demultiplexovaniu** podľa frekvenčných pásiem na signály v okolí jednotlivých nosných frekvencií, a tie sú potom prijaté, vyhodnotené a ďalej spracovávané jednotlivými prijímačmi Rx1 až Rx16.

Demultiplexory „DEMUX“ rozdeľujú prijatý signál vlnovou filtráciou na jednotlivé kanály podľa frekvenčných pásiem. Dajú sa v zásade realizovať tromi spôsobmi: ako sústava dielektrických filtrov, vlnovody usporiadané do mriežky alebo pomocou vláknovej Braggovej mriežky.

V usporiadaní demultiplexorov **ako sústavy dielektrických filtrov** dopadá signál WDM na prvý filter, ten prepustí prvý optický kanál na príslušný prijímač a ostatné signály odrazí. Takto pokračuje demultiplexovanie až kým posledný optický kanál z pôvodného signálu WDM nedopadne na posledný prijímač.

Demultiplexory **s vlnovodmi usporiadanými do mriežky** pracujú na princípe striedania širších vlnovodov a vetvenia signálu do rôzne dlhých, mierne zatočených menších vlnovodov. Rôzne dĺžky vlnovodov a ich následne striedanie so širšími miestami má za následok rôzne fázové oneskorenie v prvom širšom mieste vlnovodu. Oneskorenie je väčšie pre zložky signálov s kratšími vlnovými dĺžkami. Výsledkom je, že v druhom širšom mieste dôjde k vzájomnej interferencii časti signálov prichádzajúcich z rôznych vetiev, a celý signál WDM sa rozdelí tak, že intenzita prvého príspevkového kanálu sa objaví v prvej výstupnej vetve, intenzita druhého príspevkového kanálu sa objaví v druhej výstupnej vetve, atď. Demultiplexovanie sa uskutočňuje, až kým sa intenzita posledného príspevkového kanála neobjaví v poslednej výstupnej vetve.

V treťom prípade je základom demultiplexoru **Braggova mriežka**, vytvorená napr. ióvou výmenou alebo molekulárnou epitaxiou vo vlnovodnej štruktúre, ktorá je napojená na vlákno. Princíp spočíva v tom, že výkon signálu WDM z vlákna vyžaruje v niekoľkých diskretných smeroch pričom každý smer odpovedá určitému frekvenčnému pásmu. Následne už je len treba zaistiť, aby detektory jednotlivých príspevkových kanálov boli situované tak, aby na ne dopadal signál na tej správnej nosnej frekvencii. Pre multiplexory je možné použitie rovnakých technológií ako pre demultiplexory. Dopadom optického signálu na detektor a jeho premenou na elektrický signál končí optická vrstva.

Základné technológie WDM

WDM sa najčastejšie uplatňuje vo variante tzv. hustého WDM (**DWDM - Dense Wavelength Division Multiplexing**). DWDM využíva menšie odstupy medzi jednotlivými nosnými vlnovými dĺžkami, takže dovoľuje vyšší počet paralelných vlnových dĺžok na jednotlivom vlákne - 32, 64, alebo nové systémy až 96 vlnových dĺžok. Každá z nich potom môže prenášať signál rýchlosťou 2,5 Gbps alebo 10 Gbps, takže šírka pásma jedného vlákna môže dosahovať rýchlosť takmer 1 Tbps. Technológia DWDM sa stáva veľmi výhodnou prenosovou technológiou na veľké a ultra veľké vzdialenosti.

Lacnejšia a novšia varianta WDM je tzv. hrubý WDM (**CWDM - Coarse Wavelength Division Multiplexing**). Táto technológia používa lacnejšie terminály než DWDM, pretože lasery nemusia pracovať tak presne (odtiaľ pochádza názov coarse - hrubý). CWDM používa väčšie medzery medzi vlnovými dĺžkami a preto lasery nepotrebujú riadiť teplotu (termoelektrické chladenie ako pri DWDM). Technológia CWDM môže na jednom vlákne pracovať s 8 alebo 16 vlnovými dĺžkami. Teda nemá takú kapacitu ako DWDM. Základné porovnanie technológií CWDM a DWDM je uvedené v Tabuľke 1.

Tabuľka 1. Porovnanie technológií WDM

Parameter / Aplikácia	CWDM - metro- politná sieť	DWDM - metro- politná alebo re- gionálna sieť	DWDM - diaľ- kové spoje
Počet kanálov vo vlákne	4 – 16	32 – 80	80 - 160
Vzdialenosti medzi kanálmi	20 nm (2500 GHz)	0,8 nm (100 GHz)	0,4 nm (50 GHz)
Kapacita 1 vlnovej dĺžky	1,5 Gbps	10 Gbps	10 - 40 Gbps
Kapacita vlákna	20 - 40 Gbps	100 - 100 Gbps	Tbps
Typ laseru	nechladený DFB (Distributed Feed- back Laser)	chladený DFB	chladený DBF
Dosah	do 50 – 80 km	stovky km	tisíce km
Optický zosilňovač	žiadny	EDFA (Erbium- Dopped Fiber Am- plifier)	EDFA, Raman

Uplatnenie CWDM

Systémy CWDM sú všeobecne lacnejšie v porovnaní s DWDM pri rovnakom počte kanálov. CWDM sa uplatní v metropolitných optických sieťach a v riešení prvej míle optickými vláknami. Zatiaľ sa CWDM uplatňuje len v sieťach káblových spoločností alebo v podnikových sieťach väčších podnikov. CWDM ale svojou cenou umožňujú rýchlu optickú komunikáciu aj pre stredné a malé podniky, napr. pre prepojenie pobočiek alebo pre riešenie prepojenia SAN (Storage Area Network).

Väčšina v súčasnosti implementovaných systémov CWDM sa používa v podnikových sieťach na prenos veľkých objemov dát. Najčastejšie sa CWDM uplatňuje v dvojbodových spojoch alebo v kruhových topológiách do štyroch uzlov. CWDM umožňuje prenášať gigabitový ethernet až do vzdialenosti 80 kilometrov, pričom na väčšie vzdialenosti je možné použiť technológiu DWDM.

Podľa posledných správ spoločností zaoberajúcich sa technológiami združovania optických signálov majú služby založené na vlnových dĺžkach zmeniť trh s veľkoobchodnými sieťovými službami, pretože záujem zo strany podnikov o rýchle pripojenie rastie. Vlnové delenie umožňuje zákazníkom zaobstarat' si „vlnovú dĺžku“ namiesto pasívne ležiaceho optického vlákna.

ZigBee

Úvod do ZigBee

ZigBee svojím dosahom patrí k sieťam malého dosahu (PAN – Personal Area Network). Protokol ZigBee je komunikačný protokol vyššej úrovne, navrhnutý na použitie v malých, nízko príkonových rádiových zariadeniach, založených na štandarde IEEE 802.15.4 pre bezdrôtové osobné siete WPAN (Wireless Personal Area Network). ZigBee protokol by mohol nájsť uplatnenie v aplikáciách požadujúcich malú prenosovú rýchlosť a malú spotrebu energie.

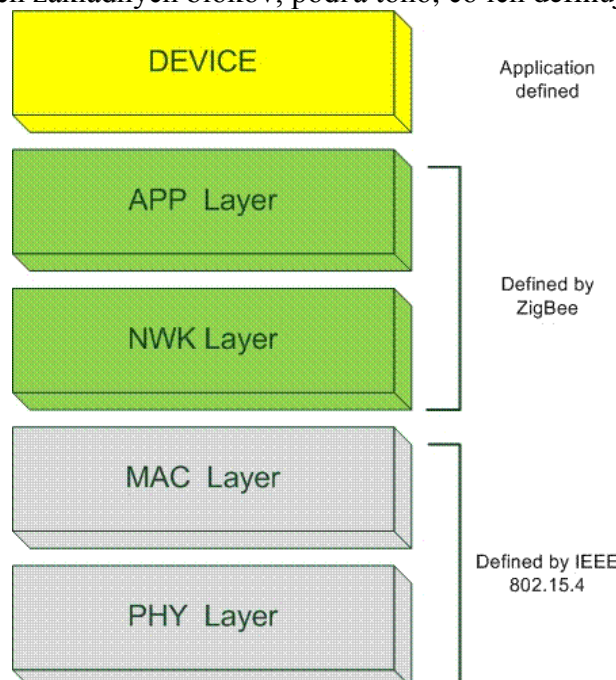
ZigBee technológia je navrhnutá tak, aby bola jednoduchšia a lacnejšia než niektoré iné WPAN (ako napr. Bluetooth).

Niektoré základné údaje o ZigBee:

- prenos v pásmach 868/915 MHz a 2450 MHz
- v pásme 2450 MHz je možno bezdrôtovo prenášať dáta rýchlosťou 250 kbps, v pásme 868/915 MHz sú prenosové rýchlosti 20 kbps, resp. 40 kbps
- 16 kanálov v pásme 2450 MHz, 10 kanálov v pásme 915 MHz, jeden kanál v pásme 868 MHz
- 16 bitové alebo rozšírené 64 bitové adresovanie
- dosah 30m v uzavretých budovách, 100m na voľnom priestranstve

Všeobecná štruktúra protokolu ZigBee

Rovnako ako každý iný komunikačný štandard, aj ZigBee možno popísať OSI modelom. Ten možno rozdeliť do troch základných blokov, podľa toho, čo ich definuje (Obr. 1).



Obr.1 OSI model komunikačného protokolu IEEE 802.15.4 / ZigBee

Štandard IEEE 802.15.4 definuje fyzickú (PHY Layer) a linkovú vrstvu (MAC Layer) ZigBee komunikácie. Fyzická vrstva určuje spôsob konkrétnej fyzickej bezdrôtovej komunikácie realizovanej transceiverom, ktorému bolo pridelených niekoľko rádiových pásiem (spomenuté v úvode). Pre prenos sa dátový signál moduluje metódou O-QPSK a vzduchom sa prenáša pro-

stredníctvom DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum), teda podobne ako v prípade technológie WiFi. Pre prístup na kanál sa využíva metóda CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance and optional time slotting).

Typy zariadení a aplikácia

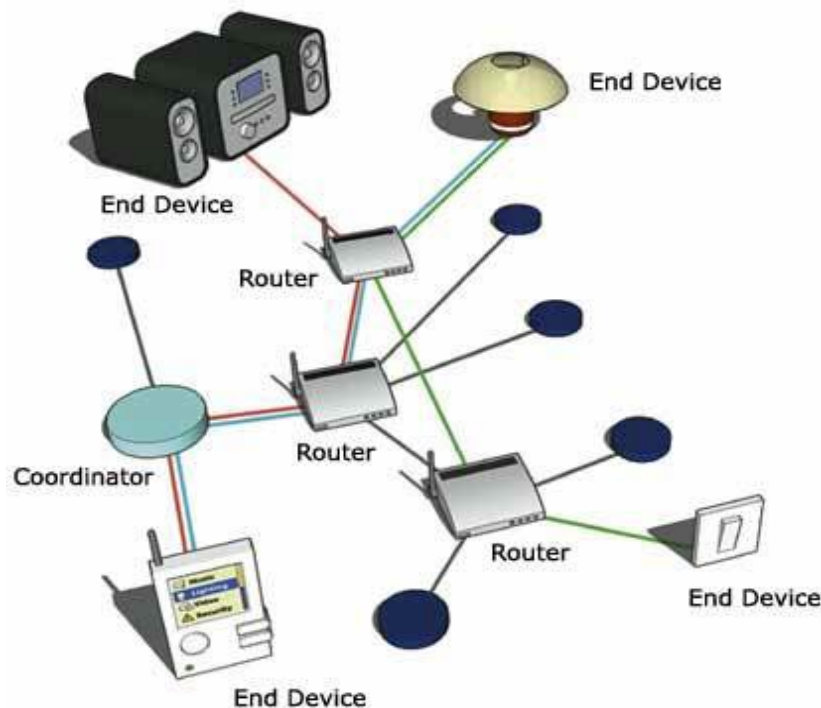
Celá sieť môže pracovať v niekoľkých režimoch, podľa typu zariadení, ktoré sa zúčastňujú na prenose dát:

Režim siete bez beacon-ov (beacon – malý dátový packet, ktorým uzol oznamuje svoju existenciu). V tomto type siete majú ZigBee routery svoje prijímače trvalo aktívne, čo vyžaduje výkonnejší zdroj energie.

Režim siete s beacon-mi, kde uzly medzi jednotlivými beacon-mi „spia“, aby predĺžili životnosť batérií.

Existujú 3 typy ZigBee zariadení (Obr. 2):

- ZigBee Coordinator (ZC): zariadenie s najväčšími možnosťami; ZC vytvára koreň stromu siete a vytvára most do iných sietí. Je schopný udržiavať informácie o sieti. V každej ZigBee sieti je práve jeden ZC. Služi tiež na úschovu bezpečnostných kľúčov.
- ZigBee Router (ZR): slúži ako medzičlánok pri prenose dát medzi inými zariadeniami.
- ZigBee End Device (ZED): jedinou jeho schopnosťou je komunikovať so svojím ZC, avšak nedokáže prenášať dáta z iných zariadení. Vďaka tomu vyžaduje najmenej pamäte, a je teda pre výrobcov menej nákladný ako ZR alebo ZC.



Obr. 2 ZigBee zariadenia s rôznymi stupňami úloh: ZigBee Coordinator, ZigBee Router, ZigBee End Device

Príklady aplikácie ZigBee jednotiek:

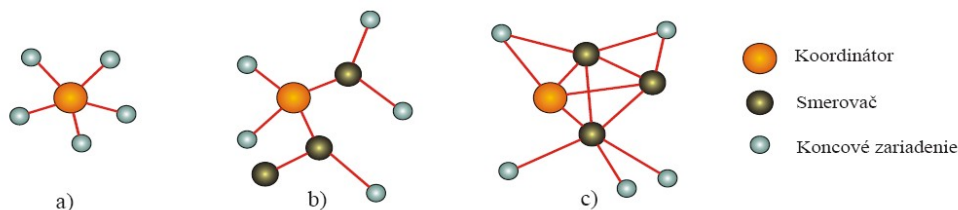
- Jednu skupinu tvoria periférie počítačov, napríklad bezdrôtové myši, klávesnice a ovládače hier.
- Vďaka ZigBee postačuje jedno univerzálne diaľkové ovládanie pre všetky audio/video zariadenia v domácnosti.

- Pomocou ZigBee je možné diaľkovo ovládať aj osvetlenie, kúrenie, klimatizáciu, otváranie brán a pod.
- ZigBee môže nájsť svoje uplatnenie aj v zabezpečovacej technike, napríklad na bezdrôtový prenos informácií z rôznych snímačov, protipožiarnych senzorov, detektorov plynov, atď.
- V priemysle sa predpokladá použitie technológie ZigBee najmä na automatizáciu a riadenie.

Topológia siete ZigBee

Najbežnejšími topológiami sú (Obr.3):

- hviezda (Star)
- strom (Tree)
- zmiešaná topológia hviezd a stromu (Mesh)



Topologie siete ZigBee, a – hviezda, b – strom, c – zmiešaná topológia

Obr.3 Topológie siete ZigBee

Zabezpečenie komunikácie

Počas prenosu cez fyzické médium môže dôjsť k chybám. Pre odhalenie takto vzniknutých chýb sa používa cyklický kód (CRC alebo FCS), kedy každý rámec je doplnený o zvyšok po delení polynómom. V štandarde ZigBee je použitý polynóm tvaru:

$$G_{16}(x) = x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$$

Užívateľom, ktorí nepoznajú mechanizmus vytvárania pseudonáhodnej sekvencie sa prenášané dáta javia ako šum.

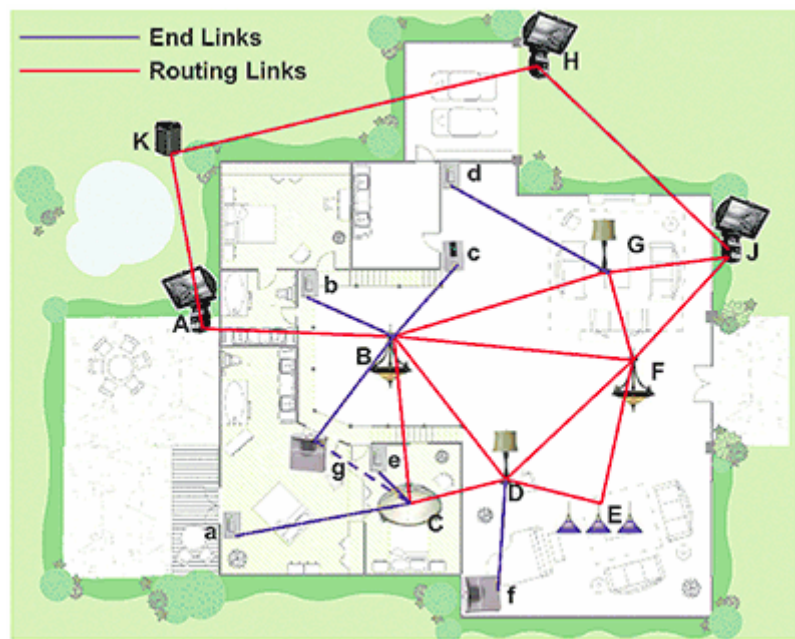
Prenášané dáta medzi jednotlivými účastníkmi sa dajú potom zabezpečiť proti strataniu.

Štandard definuje tri režimy a to:

- nezabezpečený prístup,
- prístup na základe práv,
- zabezpečený prístup.

Praktické použitie ZigBee

Uvedieme príklad, ktorý predstavuje dom, kde sú pomocou siete ZigBee ovládané svetlá, bezpečnostný a protipožiarny systém, vykurovanie a klimatizácia.. Obrázok 4 zobrazuje niekoľko zariadení ZigBee. Červené čiary predstavujú spojenia medzi routrami navzájom (ZR) a modré čiary znázorňujú spojenia medzi koncovými zariadeniami a routrami (ED a ZR). Prípojka osvetlenia B (ktorá v tomto prípade plní úlohu „koordinátora“ ZC) identifikovala a vytvorila spojenia cez ďalšie prípojky osvetlenia A a F, detektor dymu C a stolnú lampu D. Všetky routre (lampy, tepelné čerpadlo, prípojky svetiel, detektory dymu) sú napájané z hlavného rozvodu energie a koncové zariadenia sú napájané batériami (vypínače, termostat, detektory pohybu).



Obr. 4 Spôsoby využitia ZigBee v bežnej domácnosti

Literatúra

- [1] <http://www.digi.com/technology/rf-articles/wireless-zigbee.jsp>
- [2] <http://hw.cz/novinky/freescale/art1997-bezdratova-komunikace-zigbee-obvody-freescale.html>
- [3] <http://zigbee.org/zigbee-for-developers/zigbeecertified/>